

REPUBLICA DEL ECUADOR

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

CONADE - INERHI - ORSTOM

FUNCIONAMIENTO DEL RIEGO PARTICULAR
EN LOS ANDES ECUATORIANOS
Recomendaciones para el Plan Nacional de Riego

FONCTIONNEMENT DE L'IRRIGATION TRADITIONNELLE
DANS LES ANDES EQUATORIENNES
Recommandations pour le Plan National d'Irrigation

ARTICLES PUBLIES

SUR L'IRRIGATION TRADITIONNELLE

DANS LES ANDES EQUATORIENNES

Période 1987 - 1992



Document élaboré par :

INERHI

Hugo RIBADENEIRA

Miguel ALEMAN

Thierry RUF

Patrick LE GOULVEN

Jean-Luc SABATIER

Pablo NUNEZ

Jean-François NOUVELOT

ORSTOM

**ARTICLES PUBLIES
SUR L'IRRIGATION TRADITIONNELLE
DANS LES ANDES EQUATORIENNES**

Période 1987 - 1992

Quito, juin 1993

Ont participé au Projet

POUR L'INERHI

DEPARTEMENT PLAN NATIONAL D'IRRIGATION

Ing. Hugo Ribadeneira

Ing. Alex Salazar

Section de Planification Hydro-agricole

Ing. Wellington Carrera

Ing. Maribell Montenegro

Ing. Marcelo Proaño

Ing. Edgar Pazmiño

Ing. Manuel Rojas

Ing. Eva Gavilanez

Mr Efraín Guerra

Mr Milton Hermosa

Me Marcia Lalama

Mlle Jeannette Veira

Section de Programmation Opérationnelle

Ec. Omar Silva

Ec. Edison Juna

Mr Mario Galarza

Mr Rodolfo Romero

DIRECTION D'ADMINISTRATION DE L'EAU

Ing. Homero Villacres

Ing. Fernando Serrano

Hid. Angel Segovia

POUR L'EPN

Ing. Luis Bastidas

Ing. Francisco Cruz (INAMHI)

DEPARTEMENT PLAN NATIONAL DE RESSOURCES HYDRAULIQUES

Ing. Elder Aragundi

Section d'Evaluation des Ressources et des Analyses Hydro-économiques

Ing. Edmundo Góngora

Ing. Patricio Moncayo

Ing. José Silva

Ing. Patricio Nájera

Ec. Martha Durango

Hid. Antonio Gonzalez

Arq. Mercedes Jara

Arq. Guido Mantilla

Mlle Yadira Carrión

Mr Jorge Cisneros

Mr Edison Echeverría

Mr Patricio Cueva

Mlle Patricia Andrade

Section de Planification Hydraulique

Ing. Iván Osorno

Ing. Miriam Ayala

Ing. Pedro Mosquera

Ec. Cesar Yumiseva

Mr Ricardo Díaz

UNITE D'INFORMATIQUE

Ing. Miguel Alemán (Chercheur Associé 2ans)

POUR L'ORSTOM

DEPARTEMENT EAUX CONTINENTALES

Ing. Patrick Le Goulven

Ing. Roger Calvez (01/91 -)

Ing. Xavier Bonhommeau (VSN 14 mois)

Ing. Jean-Louis Augeras (VSN 16 mois)

Ing. Luc Gilot (VSN16 mois, Alloc. 8 mois)

MISSIONS D'APPUI

Ing. Michel Goueffon (CEMAGREF 1 mois)

Ing. Jean-Luc Sabatier (CIRAD 3 mois)

Ing. Alain Vidal (CEMAGREF 1 mois)

Ing. Isabelle Chaffaut (BCEOM 1 mois)

DEPARTEMENT SOCIETE, URBANISATION, DEVELOPPEMENT

Ing. Thierry Ruf

Ing. Emmanuel Dattée (VSN 14 mois)

Ing. Francis Haberstock (VSN 16, Alloc. 2)

PERSONNEL LOCAL TEMPORAIRE

Ing. Catherine Perroud

Ing. Isabelle Linossier

Mr Pablo Nuñez (puis Allocataire 18 mois)

Mr Geovanny Teran

Mlle Miriam Cisneros

Me Amparo de Egüez

Les noms en italiques indiquent des interventions ponctuelles, les noms soulignés indiquent les responsables administratifs ou scientifiques, et les doublement soulignés les co-directeurs respectifs.

FONCTIONNEMENT DE L'IRRIGATION TRADITIONNELLE EN ÉQUATEUR

L'ORSTOM et la Direction de la Planification de l'INERHI collaborent depuis 1987 pour mener des études nécessaires à l'élaboration du Plan National d'Irrigation de l'Équateur. La coopération entre les deux instituts a été renouvelée en décembre 1989 pour trois ans.

L'ORSTOM intervient avec des chercheurs de deux départements : un hydrologue du Département des Eaux Continentales (DEC) et un agro-économiste du Département Sociétés, Urbanisation, Développement (SUD).

L'INERHI intervient avec des ingénieurs et techniciens de la Direction de Planification (Départements Plan National d'Irrigation et Plan National Hydraulique).

Le projet scientifique pluri-disciplinaire traite de plusieurs thèmes de recherche sur le plan tant du milieu physique que du milieu socio-économique.

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

L'irrigation andine traditionnelle a une importance fondamentale dans le développement agricole des Andes équatoriennes. Elle touche plus de 200 000 hectares, mais on connaît très mal ses problèmes et ses performances.

Le projet ORSTOM-INERHI se propose d'analyser le fonctionnement de ces systèmes d'irrigation en vue de préparer une réhabilitation planifiée à coûts raisonnables, ensemble d'actions qui permettront d'augmenter la productivité, d'assurer une rentabilité économique aux investissements, et d'améliorer les conditions de vie des paysans.

Pour atteindre ces objectifs autant complexes qu'ambitieux, le projet a mis au point une série d'analyses thématiques dont les résultats alimentent la compréhension globale du fonctionnement de l'irrigation traditionnelle dans les Andes équatoriennes.

THÈMES SPÉCIFIQUES ABORDÉS

- A Choix Raisonnable des Aires Significatives pour l'Étude des Dysfonctionnements de l'Irrigation Équatorienne (CRASEDIE)
- B Travaux et Actions Pluridisciplinaires sur l'Agriculture de Terrains Représentatifs de l'Irrigation Équatorienne (TAPATRIE)
- C Localisation, Organisation et Caractérisation de l'Irrigation Équatorienne (LOCIE)
- D L'Eau et sa Gestion Rationnelle : une Aide au Développement de l'Irrigation Équatorienne (EGRADIE).
- E Observatoire des Changements Agricoles et Socio-Économiques dans les Zones Irriguées Équatoriennes (OCASEZIE)
- F Étude Pédologique Orientée vers les Problèmes de l'Irrigation en Équateur (EPOPIE).
- H Histoire du développement des systèmes d'irrigation andins
- I Intégration, Banque Informatisée des Données Relatives à l'Irrigation Équatorienne (BIDRIE).

Le projet a accumulé une série de références fondamentales dans tous les domaines liés à l'irrigation, en essayant de compléter les lacunes de connaissances techniques et socio-économiques dans les conditions équatoriennes.

ORGANISATION ORSTOM

Patrick LE GOULVEN, hydrologue du DEC,
Directeur International du Projet

Thierry RUF, agro-économiste du SUD

ORGANISATION INERHI

Hugo RIBADENEIRA, Directeur National du
Projet (1987-1990)

Alex SALAZAR (1991)

PUBLICATIONS GENERALES DU PROJET INERHI-ORSTOM

Pour assurer une gestion efficace du projet, les 8 opérations décrites à la page précédente sont divisées en 58 activités spécifiques.

A chaque activité correspond :

- une tâche précise,
- du personnel français et équatorien nommément désigné, avec un responsable d'activité,
- une description des produits attendus,
- un chronogramme de travail pour l'année en cours.

Cette structuration permet d'évaluer rapidement l'avancement du travail, de gérer l'ensemble du personnel et de prévoir le plan de publication des résultats.

Les produits attendus d'une activité sont de différentes natures : logiciels, banque de données, cartes, rapports méthodologiques, rapports de synthèse, présentation de données, annexes de mesures, ...

Pour donner une certaine cohérence aux divers rapports, ceux-ci sont publiés dans une même collection sous une couverture identique et sont identifiés par :

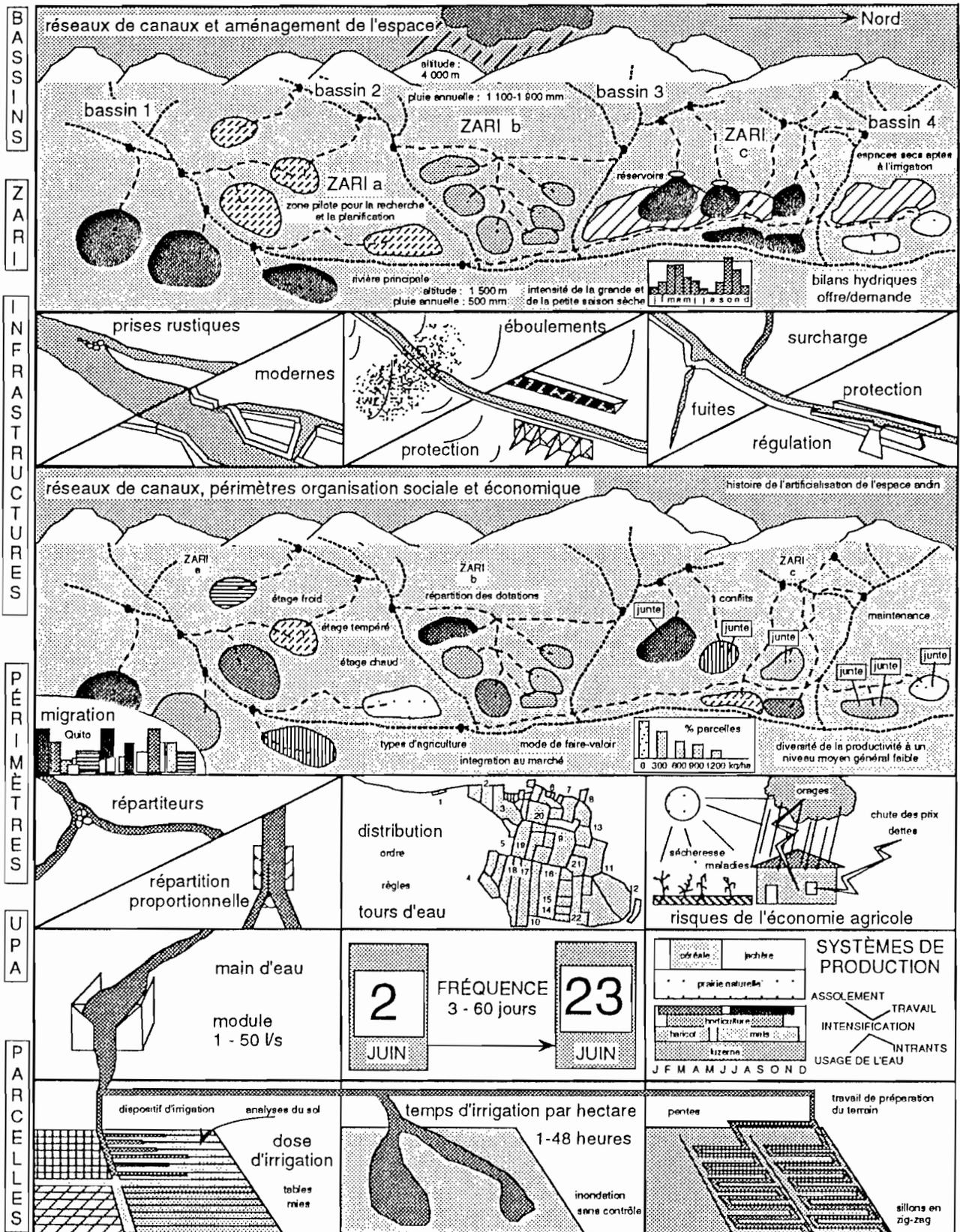
- un numéro de série qui correspond à l'activité,
- un nom de volume qui précise soit le thème traité (méthodologie, présentation d'un logiciel), soit l'espace étudié selon les différentes échelles de travail proposées (cf. ci-contre),
- un numéro de tome quand le volume correspond à un rapport trop volumineux.

PRESENTATION DE CE VOLUME

Dans le cas présent, le rapport ne correspond pas à une publication ordinaire du projet. Il rassemble les principaux articles publiés par des revues (françaises, équatoriennes, étrangères) durant la période de validité des 2 conventions qui furent signées entre l'ORSTOM et l'INERHI (décembre 1986 - février 1993).

Il s'agit donc d'un effort de restitution des appréciations et des conclusions qui se sont affinées au fur et à mesure de l'obtention de nouvelles données.

LES ÉCHELLES DE TRAVAIL SUR LE FONCTIONNEMENT DE L'IRRIGATION DANS LES ANDES



SOMMAIRE

Présentation du projet ORSTOM-INERHI	
Patrick LE GOULVEN, Thierry RUF, Hugo RIBADENEIRA, 1987.....	p 1
L'exploitation des inventaires réalisés en Equateur pour une recherche sur les fonctionnements de l'irrigation.	
<i>Bulletin de liaison n° 12 " Equateur ", Dpt. H, 06/87, ORSTOM, Paris, pp 30-47.</i>	
Thierry RUF, Patrick LE GOULVEN, 1987.....	p 25
Dynamiques des systèmes agraires irrigués anciens : représentations synchroniques et diachroniques - L'exemple d'Urcuqui en Equateur.	
<i>Cahiers de la Recherche-Développement n° 29, 03/91, DSA/CIRAD, Montpellier, pp 30-44.</i>	
Jean-Luc SABATIER, Thierry RUF, Patrick LE GOULVEN, 1991.....	p 41
Vision historique de l'irrigation traditionnelle dans les Andes équatoriennes	
<i>MEMORIA, año 2, n° 2, 11/91, Institut d'histoire et d'anthropologie andine MARKA, Quito, pp 185-282.</i>	
Thierry RUF, Pablo NUNEZ, 1991.....	p 89
Irrigation traditionnelle andine en Equateur.	
<i>Revue de Développement Rural Alternatif RURALTER n° 9, 2nd semestre 1991, CICDA, Lima, pp 177-198.</i>	
Thierry RUF, Patrick LE GOULVEN, Hugo RIBADENEIRA, 1991.....	p 151
Analyse statistique et régionalisation des précipitations en Equateur.	
<i>L'Eau en Equateur - Résultats et textes choisis (1974-1988), chap. V, Série Travaux et Documents, ORSTOM, Paris, pp 40-76.</i>	
J.-F. NOUVELOT, P. LE GOULVEN, M. ALEMAN, P. POURRUT, 1992.....	p 165

PRESENTATION DU PROJET ORSTOM - INERHI

par P. LE GOULVEN *, T. RUF **, H. RIBADENEIRA ***

Quito, mai 1987

- * hydrologue ORSTOM, Mission ORSTOM, CP 17-11-06596, Quito, Equateur.
- ** agro-économiste ORSTOM, Mission ORSTOM, CP 17-11-06596, Quito, Equateur.
- *** Ingénieur civil EPN, INERHI, 532 Juan Larréa y Río Frío, Quito, Equateur.

INTRODUCTION

Le 17 octobre 1985, à Paris, l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) et l'INERHI (*Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos*) signaient un accord provisoire de travail, concrétisant ainsi plusieurs années de discussions concernant une éventuelle coopération scientifique et technique en vue de contribuer à la formulation du Plan National d'Irrigation.

Cet accord prenait effet en février 1986, avec l'arrivée d'un hydrologue de l'ORSTOM (P. LE GOULVEN), et en juillet de la même année, avec l'affectation d'un agro-économiste (T. RUF).

En mai 1986, deux documents sont publiés:

- Analyse de la situation actuelle et conception générale du Plan National d'Irrigation
- Termes de référence d'un projet spécifique de coopération

Élaborés avec le chef du département *Plan Nacional de Riego* de l'INERHI (H. RIBADENEIRA) et approuvés par le Représentant de l'ORSTOM en Équateur (P. POURRUT), ces textes tiennent compte des besoins formulés par l'INERHI, de l'information déjà existante et des travaux réalisés ou en cours dans ce domaine.

Puis le projet spécifique de coopération fut adressé aux diverses instances des deux instituts et modifié en fonction des remarques et commentaires reçus. Le texte définitif entreprit alors une course de longue haleine dans les arcanes administratives, aboutissant le 18 décembre 1986 à la signature du projet spécifique de coopération scientifique et technique entre l'INERHI et l'ORSTOM par le Ministre équatorien des Relations Extérieures, le Directeur Exécutif de l'INERHI et le Représentant de l'ORSTOM dans ce pays, en présence du représentant de l'Ambassade de France en Équateur.

Le travail ne commença réellement qu'en février 1987 soit plus d'un an après la signature de l'accord provisoire.

Mais loin d'être inutile, ce laps de temps à été mis à profit pour :

- analyser de manière exhaustive la documentation existante sur l'irrigation actuelle ;
- visiter plusieurs systèmes d'irrigation tant publique que privée ;
- préciser les objectifs du projet en fonction des deux points antérieurs et délimiter les domaines de travail ;
- prendre contact avec divers instituts équatoriens et leur proposer une collaboration ;
- affiner les méthodes de travail et adapter les programmes informatiques d'analyse et de traitement des données ;
- formuler les tâches à effectuer et constituer les équipes.

Enfin, un ingénieur du CEMAGREF (Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural des Eaux et des Forêts) est venu en mission d'appui du 1^{er} décembre 1986 au 15 janvier 1987 pour observer le fonctionnement des grands types d'irrigation actuels et essayer de définir, avec nous, les modalités d'observation. Un rapport sur la « Caractérisation préliminaire de l'irrigation et des observations à réaliser sur les infrastructures » concluait la mission.

Les travaux antérieurs ont été l'objet de rapports, de notes manuscrites, ou simplement de commentaires lors des multiples réunions, cependant, l'ensemble restait disparate et le besoin s'est donc fait sentir de publier un texte général qui réunisse toutes les conclusions des étapes

préparatoires, qui précise les différents thèmes abordés, en éclaire les relations et tente donc de répondre aux inquiétudes pressenties.

Le présent document est un résumé de ce rapport sur " la méthodologie générale et le détails des opérations du projet INERHI - ORSTOM " paru en 1987.

Après une analyse de la situation actuelle, on expose les objectifs poursuivis, définit les unités spatiales d'analyse et leur différentes échelles, met en relation les travaux de terrain et les études thématiques proposées et précise certains termes qui seront utilisés postérieurement.

Sont présentées finalement les différentes opérations envisagées et leurs relations.

Ce document n'était qu'une base de départ qui sera modifiée au fur et à mesure de notre avancement dans ce domaine encore peu connu.

Néanmoins, il nous permettra de mieux présenter ce projet au sein même des deux instituts concernés, ainsi qu'aux équipes locales ou étrangères travaillant sur le même sujet.

I - OBJECTIFS GÉNÉRAUX

1. ASPECT LÉGAL ET INSTITUTIONNEL

La création de l'INERHI en 1966 répond à la nécessité d'avoir un organisme public qui gère les obligations de l'État en matière d'irrigation et de conservation du sol, selon une politique unique et cohérente.

Les principales attributions de l'Institut sont définies dans l'article 3 et concernent les aspects suivants :

- élaborer et exécuter le Plan National d'Irrigation comme partie intégrante du Plan National de Développement Économique et Social du pays et collaborer avec le Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage et le Conseil National de Développement (CONADE) pour actualiser ce plan ;
- projeter, étudier, construire et exploiter les systèmes d'irrigation, seul ou en coopération avec d'autres institutions ;
- évaluer les ressources en eau du pays avec l'Institut National de Météorologie et d'Hydrologie (INAMHI), en dresser l'inventaire et le maintenir actualisé ;
- étudier et fixer les nécessités en eau pour l'irrigation ;
- connaître et autoriser les sollicitudes de concession d'usage de l'eau.

La Loi sur l'eau de 1972 vient renforcer la position de l'Institut en décrétant l'eau superficielle et souterraine comme bien national d'utilité publique et en confiant sa gestion à l'INERHI.

2. CONCEPTION GÉNÉRALE

Le contexte légal antérieur définit donc le Plan National d'Irrigation comme une réponse à une analyse socio-économique globale.

L'identification, la caractérisation et la hiérarchisation des actions doivent orienter les décideurs et le calendrier d'exécution des projets, leur permettre de respecter les objectifs nationaux fixés.

Durant l'époque du boom pétrolier, la principale préoccupation fut de satisfaire l'autosuffisance alimentaire du pays. Actuellement, la forte baisse des prix du pétrole et l'endettement extérieur incitent le gouvernement à chercher d'autres sources de devises. Or, l'exportation des produits agricoles en est une.

La hiérarchisation des actions et la planification des investissements destinés à leur exécution sont par conséquent des éléments extrêmement variables qui dépendent de facteurs stratégiques et politiques strictement internes à l'Équateur et peuvent donc difficilement faire l'objet d'une collaboration avec un organisme étranger.

Enfin, l'INERHI étant avant tout un institut technique, il n'a pas la capacité professionnelle et institutionnelle pour mener à bien cette tâche.

Par contre, pour répondre à ses attributions légales, il peut construire des instruments techniques capables de s'adapter à différentes stratégies en considérant le Plan comme une série d'opérations distinctes et successives :

- **Caractérisation des actions possibles**

On peut considérer cette opération comme l'élaboration d'une matrice dont chaque ligne représente un projet et chaque colonne un paramètre. Cette matrice constitue un instrument d'aide à la décision indépendant du Plan. Ce sont la hiérarchisation et les prises de décision postérieures qui permettent de passer de la matrice au Plan.

La matrice de caractérisation est donc un instrument permanent dont les paramètres peuvent être précisés et réactualisés et dont la flexibilité permet de le réduire ou l'augmenter. C'est surtout par le biais de l'informatique qu'on profitera de cette souplesse d'utilisation.

- **Présélection**

Cette étape marque l'entrée des décideurs (et donc du CONADE) qui devront effectuer une première sélection, en agissant principalement sur les paramètres indicatifs (localisation administrative, types de production possible...) et selon les orientations gouvernementales en vigueur.

Les données restantes conformeront ce que nous appellerons la *Matrice de décision*.

- **Analyse et hiérarchisation**

L'utilisation d'un modèle d'analyse multidimensionnelle facilitera la prise de décisions en présence de critères multiples, dont l'importance pourra être modifiée en agissant sur le poids de chaque paramètre. Cela devrait faciliter la sélection des projets dans lesquels l'investissement public favorisera au mieux l'accroissement des productions commercialisées et, par voie de conséquence, l'augmentation du revenu des agriculteurs.

Les paramètres de caractérisation seront établis à partir de diagnostics scientifiques fondés sur les données réelles du milieu physique et socio-économique, données qu'il conviendra de rechercher sur le terrain dans la plupart des cas, et qui viendront remplacer les données internationales normatives, très difficiles à transposer dans un pays comme l'Équateur.

II - GÉNÉRALITÉS SUR L'IRRIGATION EN ÉQUATEUR

1. PRÉSENTATION DU PAYS

La République d'Équateur est située au nord-ouest du continent sud-américain, entre les parallèles 1°20' de latitude Nord et 5° de latitude Sud. Elle s'étend de l'Océan Pacifique jusqu'au bassin amazonien entre les méridiens 75° et 81° de longitude ouest.

À peu près à 1000 km à l'ouest, les îles Galápagos sont distribuées de part et d'autre de la ligne équatoriale.

La superficie du territoire est d'un peu plus de 281 000 km² répartis d'ouest en est en 3 grandes régions naturelles :

- La **Costa** comprend une frange littorale de 100 km de large en moyenne. Dans ses parties occidentale et nord-occidentale, s'élève une petite cordillère qui ne dépasse pas les 800 m d'altitude.
- La **Sierra** est caractérisée par l'imposante barrière montagneuse de la cordillère des Andes dont la largeur oscille entre 100 et 140 km.

Dans la partie nord, on distingue 2 massifs (cordillères Occidentale et Royale) bien séparés par un couloir interandin d'environ 40 km de large et couronnés de volcans dépassant les 6 000 m d'altitude.

Dans le Sud du pays, les cordillères perdent leur individualité et les cimes leur altitude (2 000 à 3 500 m).

- L'**Oriente** est en grande partie constitué par le bassin amazonien où s'étendent de grandes vallées alluviales parfois marécageuses.

Seuls 22 % du territoire sont consacrés à l'agriculture proprement dite ; le reste est occupé par les forêts vierges ou les *páramos* (formation herbacée de haute montagne).

	milliers d'hectares	% superficie	% agricole
Superficie cultivée	1 730	6,2	28,0
Prairies artificielles	25	0,1	0,4
Prairies naturelles	4 433	15,7	71,6
Total superficie agricole	6 188	22,0	100,0
Forêts et páramos	21 994	78,0	100,0

Usage actuel du sol en Équateur (source : MAG)

2. LE CLIMAT ET LES RESSOURCES HYDRIQUES : UNE RÉPARTITION INÉGALE DANS L'ESPACE ET LE TEMPS

Sur un plan général, l'Équateur est un pays doté d'un grand potentiel hydrique. Les deux versants, l'oriental amazonien comme l'occidental pacifique, offrent suffisamment d'eau pour satisfaire les différents types de demande. Cependant, la grande variabilité des ressources dans le temps et dans l'espace induit de graves problèmes, caractérisés par une succession de sécheresses (couloir interandin) et d'inondations (*Costa*).

La pluviosité annuelle varie de 100 à 5 000 mm.

La région amazonienne et la partie nord de la *Costa* sont les zones les plus pluvieuses et reçoivent plus de 3 000 mm. Les précipitations sont bien réparties tout au long de l'année avec une légère diminution entre décembre et février.

Du littoral jusqu'au piémont de la cordillère Occidentale, les précipitations augmentent régulièrement (moins de 200 mm à 3 000 mm). Le régime pluviométrique comprend une saison de pluies de décembre à mai et une saison sèche assez marquée le reste de l'année.

Dans la partie sud, on note une nette tendance à la sécheresse dont il faudra tenir compte dans un processus de planification à moyen et long terme.

Enfin, la région andine reçoit alternativement des masses d'air océanique et amazonien qui définissent un régime à deux saisons de pluies (de février à mai et d'octobre à novembre). Les totaux pluviométriques ne sont pas très élevés (entre 800 et 1 500 mm) et peuvent descendre à 300 mm dans les vallées bien abritées.

D'autre part, le relief très marqué implique une ample variation de la température et certaines parties cultivées de la *Sierra* sont touchées par les gelées.

3. LE DÉVELOPPEMENT DE L'IRRIGATION DANS LE PAYS : UNE HISTOIRE ANCIENNE MAIS UNE INTERVENTION RÉCENTE DE L'ÉTAT

En raison de la distribution irrégulière des pluies, l'irrigation a été pratiquée en Équateur depuis déjà longtemps, bien que dans le cadre d'aménagements de faible amplitude.

Il semble même que les Quitus, anciens habitants vivant aux alentours de l'actuelle capitale Quito, aient su dès le début de l'ère chrétienne, organiser un système d'administration de l'eau.

Puis les Incas, qui dominèrent la zone interandine de l'actuel Équateur entre les années 1460 et 1534, durent établir un réseau appréciable de canaux d'irrigation dont subsistent encore çà et là quelques vestiges.

Mais les colonisateurs espagnols détruisirent une bonne partie de ces ouvrages, ou les utilisèrent à leur profit, et bien que quelques secteurs (la *Sierra* en particulier) aient connu l'irrigation dès le début de l'époque coloniale, en fait, presque tous les ouvrages qui fonctionnent aujourd'hui dans le pays ont été établis à l'époque de la République, c'est-à-dire durant le XIX^e et le XX^e siècles.

L'importance des ouvrages d'irrigation dépendait alors de la situation économique du propriétaire qui les faisait construire et qui se trouvait être également propriétaire de l'eau et du système de distribution.

C'est ainsi que bon nombre de propriétaires vendaient l'eau, ou la louaient à des prix et des conditions fixés par eux seuls, exploitant ainsi les agriculteurs.

On a même recensé des propriétaires qui ne possédaient pas de terre mais toute l'eau, et qui firent fortune !

Cette situation changea — au moins sur le plan légal — à partir de 1972 : la Loi sur les eaux décréta que l'eau, sous quelque forme que ce soit, était patrimoine de l'État, et que son administration revenait à l'INERHI.

En fait l'intervention gouvernementale sur l'irrigation remonte au début du XX^e siècle : la première loi sur les eaux (de 1936) tentait de créer des bases juridiques à une meilleure répartition des ressources hydriques ; en 1944, une loi complémentaire, la Loi d'irrigation et d'assainissement, donnait à l'État le pouvoir de réaliser des ouvrages d'intérêt public, à travers la création d'une première institution : **la Caisse Nationale d'Irrigation**.

Cette institution ne reçut pourtant pas d'attribution nationale en matière de planification et de contrôle de l'usage des eaux. En fait, elle se comporta comme une simple entreprise publique de construction et ne se préoccupa jamais de l'agriculture, ni du développement en général.

Ce n'est qu'en 1966 que fut créé l'INERHI, avec l'intention de lui confier l'administration de l'eau sous ses aspects techniques et juridiques, et le souci de définir une politique de l'eau et planifier l'accès aux ressources hydriques.

Avant la création de l'Institut, des structures régionales de développement s'étaient constituées afin de promouvoir des aménagements hydro-agricoles propres.

Certaines fonctionnent aujourd'hui encore et gèrent quelques-uns des principaux aménagements du pays.

Par ailleurs, des particuliers ont construit, à leur initiative propre, un grand nombre d'ouvrages allant de simples petits canaux, ayant une prise rudimentaire dans un rio, à des systèmes très complexes, comme dans le cas des grandes exploitations agro-exportatrices.

C'est ainsi qu'au moins les deux tiers de la superficie irriguée du pays correspondent à des aménagements réalisés sans aucune intervention publique.

On notera également une très forte progression des superficies irriguées au cours du XX^e siècle, surtout dans les trente dernières années où elles auront pratiquement quadruplé.

année	superficie agricole (milliers d'hectares)	superficie irriguée (milliers d'hectares)
1900	500	40
1954	2 080	112
1971	3 800	117
1981	5 820	426
1986	6 190	550

Évolution des superficies agricoles irriguées en Équateur
(prairies et forêts artificielles comprises)

4. LES GRANDS PROBLÈMES DE L'IRRIGATION EN ÉQUATEUR

Les aménagements existants ont été entrepris sans tenir compte d'un contrôle de planification régionale ou nationale. Il est donc normal que les solutions adoptées ne soient pas toujours les meilleures et que les rendements agricoles comme les surplus de commercialisation ne répondent pas aux espérances.

L'INERHI essaie de résoudre ces problèmes à travers son département du Plan National d'Irrigation et de Drainage.

Avant lui, aucune institution publique n'eut telle charge, si bien que certaines décisions ont été prises sous l'influence de pressions politiques sans tenir compte des priorités établies ou même du simple bon sens (disponibilité en eau).

Par ailleurs, l'État n'a pas toujours porté l'attention nécessaire au secteur irrigué, en matière d'investissement.

Malgré tout, le récent effort entrepris, notamment par les organismes régionaux de développement, a doté le pays de quelques aménagements de grande envergure.

Jusqu'au début des années soixante-dix, on notait les principaux problèmes suivants :

- l'absence de toute planification, aboutissant à des décisions subjectives et parfois même irrationnelles ;
- l'absence de lois en ce domaine (jusqu'à celle de 1972), entraînant une situation juridique inextricable ;
- de faibles ressources économiques et une dispersion des programmes au sein de structures inadéquates et agissant sans coordination ;
- l'absence d'assistance technique et financière pour créer les conditions favorables au développement de périmètres irrigués ;
- des structures de commercialisation inadaptées....

À partir de 1970, certains de ces défauts ont été corrigés notamment dans la nouvelle approche par « projet de développement intégré », où l'irrigation est simplement considérée comme un moyen et non comme une finalité.

En plus de l'accroissement des investissements publics et la création d'une planification nationale, on constate une certaine redistribution foncière (effets de la Réforme Agraire) ; en même temps, les coopératives amplifient leur action et la construction de réservoirs permet d'améliorer le fonctionnement des périmètres.

Ceci dénote que le pays a pris conscience de l'intérêt de l'irrigation et de la nécessité de la promouvoir.

Actuellement la « demande sociale » (articles de presse, délégation de paysans venant au siège de l'INERHI), pour obtenir soit des droits d'eau soit des infrastructures, se fait plus forte ; l'accroissement démographique y contribue sûrement.

Par ailleurs, il semble que ce qui existe, fonctionne en dessous de son potentiel et que les problèmes ne manquent pas. Un rapide survol du pays et la compilation de la documentation existante permettent de dégager les points suivants :

- **L'irrigation publique** semble pâtir d'un manque d'eau, dû, d'une part, à une surestimation des débits disponibles (carence de données) et, d'autre part, à l'aménagement de superficies plus étendues que celles initialement prévues.

Cela entraîne une grande variation des débits disponibles (600 à 20 000 m³/ha/an), pour des projets aux caractéristiques agro-climatiques voisines.

Par ailleurs, le fonctionnement réel de certains périmètres diffère de celui prévu à la conception des projets : par exemple, l'irrigation de nuit, nécessaire en cas d'alimentation insuffisante, est peu appréciée, et l'utilisation de forts débits durant des temps très courts avec une fréquence faible du tour d'eau, ne correspond pas au dimensionnement classique des tertiaires (main d'eau = surface x débit fictif continu).

Enfin, les différents secteurs d'un même aménagement peuvent connaître une mise en valeur très inégale selon les cultures pratiquées, les possibilités de commercialisation, l'ancienneté des exploitants et la concurrence des sources d'emploi (proximité des grandes villes).

- **Les réseaux privés** sont caractérisés par une très grande complexité due à leur nombre et à leur tracé. Par conséquent, les recensements effectués sont souvent incomplets ou inexacts, d'autant que l'accès en est difficile et le contrôle presque impossible.

L'examen au niveau d'une vallée (rio Mira) des ratios débits concédés / surfaces irriguées met en évidence une très grande variation (0,12 à 1,6 l/seg/ha) que les seules différences de cultures ne peuvent expliquer, trahissant par là une méconnaissance des surfaces et des débits réels et/ou une répartition inégalitaire des ressources.

De ce fait, les exploitants semblent avant tout attendre un approvisionnement sûr (amélioration des prises, juste attribution des dotations) et une meilleure desserte (rectification des tracés, revêtements des canaux...).

Sauf étude particulière (thèse, etc.), les données agro-socio-économiques sont inexistantes.

5. CONCLUSION : DES PRÉCISIONS SUR LES OBJECTIFS

Actuellement, il est vrai que la plupart des sites idéaux ont été aménagés, principalement dans la *Sierra*. Tout nouvel aménagement coûtera de plus en plus cher, au moment où, dans un contexte de crise économique et pétrolière, l'État doit compter ses deniers. Qui plus est, le tremblement de terre du 5 mars 1987 a aggravé la situation macro-économique du pays et renforcé le besoin de « mieux cadrer » les actions publiques de développement.

Jusqu'à présent l'INERHI a surtout porté ses efforts sur l'extension des superficies irriguées, par la construction de nouveaux périmètres dont il connaît peu les succès comme les échecs (pas d'évaluation). Il est temps d'examiner si l'amélioration de ceux déjà existants ne permettrait pas d'obtenir les mêmes résultats pour des investissements bien moindres.

Extension ou intensification, le choix n'est pas nouveau : il est d'actualité dans plusieurs pays et d'autres continents. Pour l'effectuer de manière réaliste, l'INERHI se doit de posséder un instrument de jugement objectif sur la situation des projets existants tant privés que publics.

La construction de cet instrument constitue donc l'objectif de recherche en coopération par le développement qui devra fournir des bases scientifiques aux débats politiques sur l'irrigation.

Dans ces conditions, les efforts devront surtout porter sur l'irrigation privée pour les raisons suivantes :

- c'est une irrigation très mal connue ;
- elle constitue, et continuera de constituer, la part prédominante des surfaces irriguées (**plus de 75 %**) et recèle à ce titre les plus grandes potentialités de développement de la production et de la population ;
- elle est présente dans l'ensemble du pays et coexiste avec des réalisations publiques qui, en quelque sorte, forment le dernier maillon d'une chaîne historique d'aménagements superposés ;
- en raison de l'existence d'une forte tradition d'irrigation, les exploitants savent irriguer, connaissent les améliorations à apporter à leurs réseaux et sont probablement prêts à participer : il est donc justifié de penser que toute intervention, même d'un coût limité et débordant le cadre de l'irrigation au sens strict, aura une rentabilité marginale et un impact très importants ;
- la pression sociale sur l'eau semble s'intensifier dans la *Sierra*, et risque de créer de nouvelles tensions. Afin de les éviter, il devient urgent de bien connaître l'irrigation privée, pour y détecter les améliorations techniques et sociales appropriées.

III - LES UNITÉS SPATIALES DE LA RECHERCHE ET DE LA PLANIFICATION

Une politique de développement agricole s'appuie sur l'aménagement d'espaces caractérisés qui conviennent également aux décisions.

Actuellement, elle s'exerce sur des unités administratives régionales ou sur des projets locaux.

On tentera donc de concevoir une unité spatiale adéquate qui concorde à la fois avec les échelles d'étude et celles de décision.

On favorisera l'étude d'échelles emboîtées pour alimenter les diagnostics par les études ponctuelles de terrain et passer ensuite à la planification régionale, puis nationale.

Ce sont ces échelles que nous allons examiner maintenant.

1. LE NIVEAU NATIONAL

Le pays est organisé en grand nombre de bassins hydrographiques bien différenciés en général, sauf sur le littoral, où il a fallu procéder à certains regroupements.

Tous n'ont pas la même importance, les mêmes ressources en eau ni les mêmes besoins : c'est pourquoi il faudra d'abord raisonner par comparaison de projets d'un bassin à l'autre.

Les transferts hydriques entre bassins hydrographiques seront envisagés ultérieurement si nécessaire, après un premier diagnostic.

Cette problématique diffère totalement des systèmes du type « Tennessee Valley » ou « Vallée du Nil », où toute intervention se répercute sur l'ensemble des aménagements.

2. LE GRAND BASSIN HYDROGRAPHIQUE

À cette échelle, on rencontre des aménagements dépendants (relation amont-aval) mais aussi des projets plus ou moins autonomes sur des affluents ramifiés.

Le bassin hydrographique est fondamental pour le bilan hydrologique global, mais il est encore trop vaste pour la mise en œuvre d'un projet d'aménagement unique. Chaque bassin est d'ailleurs fort hétérogène et contient des secteurs de forte production d'eau, d'autres très déficitaires, sans que nécessairement ces derniers soient situés à l'aval des premiers.

Sur le plan agro-socio-économique, le bassin hydrographique n'est pas non plus une unité homogène. On y trouve une grande diversité de systèmes agraires. En revanche, il peut constituer un ensemble économique (bassin d'emploi, pôle de commercialisation...) qui donne le cadre général de l'économie agricole d'unités spatiales plus petites.

3. LE BASSIN VERSANT UNITAIRE

Cette entité hydrographique de moindre importance a été définie dans le cadre des travaux menés par l'ORSTOM et le PRONAREG : il s'agit de bassins versants de 50 à 120 km² dans lesquels les facteurs conditionnant le régime hydrologique varient peu.

Dans la *Sierra*, ces bassins contiennent une zone de haute montagne (souvent supérieure à 3 000 m d'altitude) productrice d'eau, et une partie basse largement aménagée et très

demandeuse en eau à cause d'un déficit pluviométrique très marqué ; on distinguera parfois une partie médiane de petits périmètres irrigués alimentés à partir des affluents latéraux les plus proches.

À première vue, le bassin unitaire semble correspondre à l'aménagement traditionnel.

Il pourrait donc constituer l'unité de recherche et de réflexion sur l'aménagement et l'amélioration des systèmes irrigués traditionnels, car c'est à ce niveau que l'on peut apprécier le bilan entre l'offre et la demande en eau, s'intéresser à l'efficacité des infrastructures et comprendre la répartition des ressources entre groupes d'utilisateurs : en résumé, porter un jugement sur la gestion collective de l'eau.

Hélas, les tournées de terrain ont montré que le bassin unitaire ne correspond pas toujours à l'unité spatiale de base des aménagements hydro-agricoles : il existe des transferts d'eau importants, surtout dans les parties inférieures, où les séparations entre bassins ne sont pas très marquées.

4. LE PÉRIMÈTRE UNITAIRE

C'est une unité aménagée dépendant d'un seul canal d'irrigation et dont l'usage du sol paraît suffisamment homogène d'après la cartographie élaborée par ORSTOM-PRONAREG.

Chaque bassin unitaire compte plusieurs types d'utilisation correspondant à différents périmètres unitaires.

Par exemple, le bassin de Palacara (bassin hydrographique du MIRA) voit sa partie basse occupée par un périmètre sucrier (haciendas) tandis que sa partie médiane est utilisée par le périmètre vivrier de Cahuasquí.

Le périmètre unitaire correspond bien à la notion de système agraire. Il s'agit d'un certain type d'établissement humain dont le canal d'irrigation porte souvent le nom d'*acequia del pueblo*, pour le périmètre strictement paysan, et *acequia* suivi d'un nom propre ou d'un lieu-dit, pour les haciendas.

Cette unité correspond également au type d'administration de l'eau effectuée par l'INERHI ; théoriquement, chaque canal d'irrigation doit être officiellement enregistré et l'INERHI lui attribue une dotation officielle : il existe donc un embryon de base de données à cette échelle.

5. LA ZARI (ZONE D'ANALYSE ET DE RECOMMANDATIONS POUR L'IRRIGATION)

Une unité opérationnelle de recherche et de planification conçue après observation de plusieurs aménagements hydro-agricoles.

5.1. Les étapes de la conception

Le bassin unitaire est l'unité fondamentale des hydrologues : elle leur permet d'étudier les transformations pluies-débits et de fixer la ressource en eau.

En cas de modélisation d'un grand bassin hydrographique, il constitue l'unité spatiale élémentaire, la maille sur laquelle se calculeront les bilans d'offre et de demande en eau.

Le premier inconvénient apparaît dans sa définition : en tant que bassin versant, ses limites sont définies par des lignes de séparation d'écoulement bien visibles dans les parties montagneuses, mais assez floues quand on arrive dans le couloir interandin ou que l'on travaille dans la *Costa*.

Additionnellement, des bassins de liaison ont été dessinés pour relier les bassins unitaires entre eux et constituer un canevas hydrologique complet des grands bassins. Évidemment, ces unités additionnelles respectent le sens du drainage, gardent les mêmes dimensions que les bassins tracés par ORSTOM-PRONAREG et tiennent compte des stations hydrométriques existantes.

Malheureusement, la plupart sont situés dans le fond des vallées et rassemblent des entités physiques et humaines souvent différentes.

Or, c'est sur ces zones que l'irrigation est la plus nécessaire et qu'elle s'est le plus développée, en captant une partie des ressources hydriques des bassins unitaires avoisinants.

La première idée était d'admettre une prolongation des bassins unitaires qui éliminerait, ainsi, les bassins de liaison. Les limites restaient, cependant, difficiles à établir à cause de la grande complexité des réseaux caractérisés par :

- **une très forte densité de canaux** et de multiples croisements (imbrication de réseaux d'irrigation) ;
- **un manque d'information fiable** sur la localisation des prises, le débit qu'elles captent, les trajets que les canaux empruntent, les subdivisions, etc. ;
- **de très nombreux transferts** entre bassins, rendant très difficile la compréhension de leur fonctionnement.

Face à ces problèmes, il était indispensable de trouver une unité spatiale avec une définition claire et sensée, et aux limites relativement simples à repérer sur le terrain.

La notion de ZARI tente de répondre à ce problème d'entité spatiale et de limites claires. Sa définition est la suivante :

ZARI : unité spatiale d'organisation du prélèvement, du transport et de l'utilisation de l'eau d'irrigation.

Il s'agit donc d'une zone élémentaire dans laquelle on trouvera les prises, les canaux et les périmètres irrigués. Dans le cas de deux bassins unitaires juxtaposés, la limite correspondra le plus souvent aux rios eux-mêmes, et par conséquent la ZARI sera formée de deux moitiés de bassins unitaires, augmentées d'une partie du bassin de liaison.

Dans d'autres cas, la ZARI sera limitée par une grande ligne de crête et par un rio (simple demi-bassin unitaire) ; parfois, il y aura même correspondance entre le bassin unitaire et la ZARI.

Le fait de prendre comme limites les obstacles naturels adaptés à chaque cas réel, nous laisse penser que la définition de la ZARI sera valable aussi bien dans la *Sierra* que dans la *Costa*.

Il subsistera, malgré tout, quelques transferts entre bassins très éloignés, mais ces cas devraient être en nombre réduit.

5.2. Conséquences pour l'analyse hydrologique

La discordance entre bassins versants et ZARI exigera deux trames différentes pour chaque bassin hydrographique, mais comme chaque type de demande (agricole, hydroélectrique, humaine) est relié au réseau hydrographique par la prise d'eau correspondante, il sera cependant facile de passer de l'un à l'autre.

En revanche, les demandes potentielles devront être affectées à un bassin unitaire pour vérifier la disponibilité en eau et mesurer leur impact en aval.

Lors des études détaillées de terrain sur les ZARI représentatives, on s'intéressera aussi aux bassins versants environnants pour analyser les dépendances propres de chaque prise d'eau.

6. L'EXPLOITATION ET LA PARCELLE

Ces deux dernières échelles ne concernent pas la planification mais sont indispensables aux études de terrain.

C'est à travers des enquêtes sur les exploitations et des observations sur les parcelles que l'on espère obtenir les références techniques nécessaires à l'analyse des ZARI.

Dans chaque ZARI représentative, on choisira un périmètre spécifique, dans lequel on étudiera une ou deux parcelles caractéristiques. Ces parcelles correspondront, dans la mesure du possible, à un champ (ou une portion de champ) occupé par un système de culture bien défini, dont on pourra principalement chiffrer la consommation en eau et la productivité.

L'analyse de ces espaces emboîtés favorisera le transfert des résultats de la parcelle à la ZARI, notamment pour ce qui concerne l'évaluation des besoins et des consommations en eau, et l'estimation des productivités actuelles et potentielles des périmètres irrigués.

IV - LES ÉTUDES DE TERRAIN

1. LE POURQUOI ET LE COMMENT

Les périmètres unitaires et les ZARI constituent des espaces privilégiés puisqu'ils conviennent à la fois aux études techniques (espaces d'aménagement) et au concept de planification (espaces de décision).

Cependant, nous ne pouvons étudier 500 ZARI sur lesquelles nous manquons cruellement des données de base, tant descriptives (localisation, infrastructure...), qu'analytiques (efficacité des réseaux, rendements agricoles, suivis agro-socio-économiques...).

Si donc les études de terrain sont indispensables, elles devront s'effectuer seulement sur un choix de ZARI représentatives, choix, du reste délicat, que nous devons réaliser à partir de données et d'informations hétérogènes.

Restera, enfin, à transposer les résultats obtenus sur le terrain à l'ensemble des ZARI.

L'idée de base est donc la suivante :

- procéder à un regroupement des ZARI en fonction de tous les paramètres descriptifs rencontrés (notamment les résultats d'ORSTOM-PRONAREG) ;
- déterminer sur le terrain les indicateurs caractéristiques du fonctionnement et essayer de les relier à des paramètres descriptifs ;
- transférer ces indicateurs par analyse des éléments descriptifs ou en adoptant les résultats de terrain pour les ZARI apparentées. Ce transfert sera pondéré en fonction des caractéristiques favorables ou défavorables ;
- en cas de financement extérieur, un inventaire systématique des indicateurs serait dressé sur chaque ZARI.

2. LES ÉLÉMENTS DE FONCTIONNEMENT SUSCEPTIBLES DE TRANSFERT

- **Premièrement, la circulation de l'eau**, qui repose sur trois approches : la disponibilité de la ressource à la prise, les performances de l'infrastructure et la sociologie de la répartition de l'eau.

On estimera la première au niveau des bassins unitaires.

On évaluera la deuxième par des mesures d'efficacité sur les canaux d'irrigation principaux.

La troisième constituera, quant à elle, un thème commun à plusieurs disciplines ; on aura recours à des mesures de débits aux points stratégiques et à des enquêtes agro-sociologiques.

- **Deuxièmement, le fonctionnement général de l'agriculture** et ses performances tant physiques (production-rendements) que socio-économiques (production-revenus).

En étudiant les périmètres unitaires des ZARI représentatives, on espère répertorier l'ensemble des principaux systèmes de production actuels, en révéler les dynamismes et les

principales contraintes (approche agronomique à l'échelle d'un échantillon de parcelles et approche socio-économique et historique à l'échelle d'un échantillon d'exploitations).

Les enquêtes expliqueront les stratégies d'utilisation de l'eau en fonction de la structure des exploitations, de leur évolution passée et des objectifs que se fixent les familles concernées : on élaborera alors des comptes d'exploitation qui nous mèneront à ceux des ZARI puis, par transfert, aux comptes macro-économiques indispensables à la planification.

Les suivis de parcelles, réalisés concrètement par des enquêteurs recrutés sur place, serviront à cerner les conditions dans lesquelles s'élaborent les principales productions irriguées de base (maïs, pomme de terre, haricot, riz...).

Les données sur le climat, l'irrigation, l'état de la végétation, l'état du milieu (sur le plan hydrique) et les interventions de l'agriculteur seront prises en compte.

Cette recherche permettra d'instaurer sur le terrain un climat de confiance, autorisant par la suite l'établissement de comptes « plus vrais » que lors de simples enquêtes agro-économiques.

- **Enfin, l'irrigation, comme facteur d'érosion**, sera étudiée en collaboration avec l'équipe ORSTOM-Ministère de l'Agriculture travaillant depuis longtemps sur la question. Des solutions seront testées sur les parcelles expérimentales que cette équipe a déjà installées.

L'importance de cet aspect réside dans le fait qu'en Équateur on irrigue sur des pentes dépassant les 50 % alors que la plupart des manuels de référence excluent tout terrain dont la pente est supérieure à 6 % .

La transposition des résultats ne sera pas chose facile. On proposera donc toujours des fourchettes qui tiennent compte de la réalité. On abordera ensuite l'objectif opérationnel du travail : définir les différents potentiels, les chiffrer en termes de production, de coûts et de bénéfices possibles pour les différents agents intéressés au développement.

V - LES POTENTIELS ET LEUR DÉFINITION

Chaque bassin unitaire comporte généralement plusieurs périmètres unitaires, dans lesquels nous distinguerons quatre types de potentiels.

1. DÉFINITIONS

- **L'extension « externe »**

Le premier potentiel qui vient à l'esprit des aménageurs, c'est d'étendre la superficie irriguée à tout ce qui est potentiellement irrigable.

Définir ce potentiel théorique revient à interpréter les cartes de sols de l'Équateur déjà publiées par ORSTOM-PRONAREG ; cela exige l'appui d'un pédologue connaissant bien le pays et ses cartes.

- **L'extension « interne »**

Le deuxième potentiel, correspondant à l'observation du géographe, c'est d'irriguer les parties délaissées d'un périmètre déjà aménagé.

- **L'intensification agricole**

Le troisième potentiel, qui correspond aux observations de l'agro-économiste, c'est d'augmenter, quand cela est possible, le nombre de cultures par an.

- **L'intensification culturale**

Le quatrième potentiel, correspondant aux observations des agronomes, c'est d'améliorer le rendement de chaque culture.

Il ne s'agit pas cependant de vouloir atteindre les références établies en station agronomique où toutes les conditions sont favorables et les coûts de production et les contraintes de main d'œuvre ne sont pas abordés.

Avec le troisième et le quatrième potentiels, nous tenterons d'établir pour chaque système de culture, en fonction du type d'agriculture (manuelle, attelée, mécanisée et degré d'intégration aux échanges marchands), une productivité agricole potentielle (PAP), réaliste (fourchettes), en poids ou en volume de production.

2. LES POTENTIELS ET LEUR UTILISATION

En réalité, chaque ZARI (ou ensemble de périmètres unitaires) dispose d'une capacité de production complexe, dans laquelle interfèrent les 4 potentiels antérieurs.

Les estimer ne suffira pas pour établir une hiérarchie nécessaire au Plan National d'Irrigation. Il faudra encore passer aux conditions d'extériorisation de ces potentiels, sans oublier que tous les projets ne peuvent être indépendants. La condition de leur indépendance sera celle de la disponibilité en eau et de son coût.

Les conditions d'extériorisation dépendront principalement des comptes économiques des périmètres et des exploitations, qui nous amèneront à définir des conditions impératives (seuils de rejet de projets).

VI - CONCLUSION UN DÉCOUPAGE EN PLUSIEURS OPÉRATIONS

Le projet de recherche pluridisciplinaire ORSTOM-INNERHI s'efforcera de présenter les éléments indispensables à la formulation de plans nationaux d'irrigation réalistes, évolutifs, et modifiables en fonction des conjonctures nationales et internationales.

Les efforts porteront principalement sur la caractérisation des dysfonctionnements dans l'irrigation privée, la plus importante, et la plus méconnue.

La variété des situations nous a obligé à élaborer une unité spatiale qui fasse la liaison entre la planification et les diagnostics de situation.

Enfin, le manque crucial de données de base rend nécessaires quelques études de terrain très complètes qui serviront de référentiels techniques aux différents thèmes abordés.

Pour plus de clarté, nous avons divisé ce programme d'étude, très complexe, en une série d'opérations que nous allons présenter avec leurs différentes composantes.

OPÉRATION A

Choix Raisonné des Aires Significatives pour l'Étude des Dysfonctionnements de l'Irrigation Équatorienne — CRASEDIE —

- A₁** Délimitation des zones climatiquement sèches, et leur maillage en unités hydrauliques (bassins versants unitaires)
- A₂** Sélection des ZARI représentatives sur lesquelles se feront les études de terrain

OPÉRATION B

Travaux et Actions Pluridisciplinaires sur l'Agriculture de Terrains Représentatifs de l'Irrigation Équatorienne — TAPATRIE —

- B₁** Délimitation précise des ZARI représentatives, tracé de l'infrastructure, schéma de fonctionnement, choix des périmètres et des parcelles à étudier
- B₂** Travaux pluridisciplinaires au niveau de la ZARI (ensemble des canaux d'irrigation et des périmètres)
- B₃** Travaux pluridisciplinaires sur les unités d'usage du sol et les exploitations
- B₄** Travaux pluridisciplinaires sur les parcelles

OPÉRATION C

Localisation, Organisation et Caractérisation de l'Irrigation Équatorienne — LOCIE —

- C₁** Localisation et organisation structurelle sur la base de la documentation existante et de données obtenues par photo-interprétation
- C₂** Caractérisation fonctionnelle sur la base des données de terrain

OPÉRATION D

L'Eau et sa Gestion Rationnelle : une Aide au Développement de l'Irrigation Équatorienne — EGRADIE —

- D₁** Caractérisation hydroclimatique préliminaire, analyse des données de base, constitution de fichiers opérationnels
- D₂** Calcul des demandes théoriques et confrontation avec la réalité
- D₃** Évaluation de la ressource en eau par modélisation hydro-pluviométrique
- D₄** Bilan entre l'offre et la demande en eau par grand bassin hydrographique

OPÉRATION E

Observatoire des Changements Agricoles et Socio-Économiques dans les Zones Irriguées Équatoriennes — OCASEZIE —

- E₁** Méthodologie du diagnostic sur la répartition de l'eau dans les ZARI, et recherche sur l'amélioration des tours d'eau
- E₂** Dynamiques agraires autour des aménagements hydro-agricoles (perspectives historiques)
- E₃** Détermination des productions agricoles actuelles et potentielles dans chaque ZARI
- E₄** Évaluation *ex-post* d'un projet public d'irrigation, comparaison avec une situation voisine « hors projet »
- E₅** Établissement de comptes macro-économiques par ZARI

OPÉRATION F

Étude Pédologique Orientée vers les Problèmes de l'Irrigation en Équateur — EPOPIE —

- F₁ Caractérisation hydrodynamique des différents types de sol par prélèvements et analyse de laboratoire.
- F₂ Délimitation des zones potentiellement irrigables et constitution d'une banque de données par ZARI et par grand bassin avec leurs caractéristiques précises.

OPÉRATION G

Étude des Phénomènes d'Érosion Liés à l'Irrigation en Équateur — EPELIE —

Étude des paramètres intervenant dans la dégradation des sols sous l'effet d'irrigation mal maîtrisée.

Elle devait être menée en collaboration avec l'équipe ORSTOM-MAG qui travaille sur l'érosion depuis déjà un bon nombre d'années. Elle n'a pu se réaliser mais l'aspect érosion-irrigation reste un thème d'actualité qui devra être analysé un jour ou l'autre.

OPÉRATION H

Traitement des Archives Historiques Relatives à l'Irrigation Équatorienne — TAHRIE —

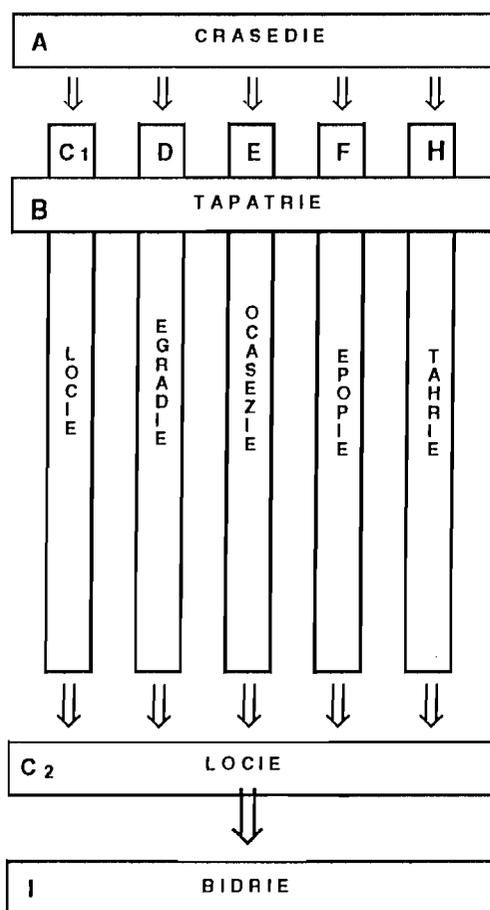
- H₁ Elaboration du catalogue des procès su l'eau et constitution d'une banque de données par bassin avec le résumé de chaque procès.
- H₂ Evaluation du développement spatial de l'irrigation depuis la colonie jusqu'à nos jours, des étapes de construction des réseaux et des changements dans la propriété de l'eau.

OPÉRATION I

Banque Informatisée des Données Relatives à l'Irrigation Équatorienne — BIDRIE —

Rassemblement, sous fichier informatique, des données descriptives et analytiques issues des opérations antérieures et analyse intégrale pour les recommandations.

Ces différentes opérations s'articulent selon le schéma suivant :



Après une première analyse (A) visant à circonscrire les zones d'étude et de terrain, les différentes opérations thématiques (D, E, F et G) s'efforceront de trouver les indicateurs de fonctionnement relatifs à leur domaine, en s'appuyant sur les études de terrain (B), prévues dans les ZARI représentatives.

Elles tenteront ensuite, dans la mesure du possible, de les relier à des paramètres descriptifs facilement accessibles.

La première partie de l'opération C (C₁) rassemblera tous les éléments descriptifs obtenus, par compilation de l'information existante ou par photo-interprétation. Elle aura aussi besoin des travaux de terrain pour vérifier le travail des photo-interprètes et mettre au point l'analyse des images du satellite SPOT.

Le calcul des différents indicateurs se fera dans la composante C₁ de l'opération C ; les manquants seront complétés soit par un inventaire systématique, soit par analogie avec des zones affines.

Enfin, toutes les données antérieures seront organisées à l'intérieur d'une banque informatisée (BIDRIE). Celle-ci devra être conçue pour faciliter les corrections nécessaires et l'échange des informations avec les agences de l'INERHI.

In :
Bulletin de liaison n°12 "Equateur", Dpt. H
ORSTOM, Paris, 06/87, pp 30-47

L'EXPLOITATION DES INVENTAIRES RÉALISÉS EN ÉQUATEUR POUR UNE RECHERCHE SUR LES FONCTIONNEMENTS DE L'IRRIGATION

par Thierry RUF^{*}, Patrick LE GOULVEN^{**}

Quito, juin 1987

- INERHI : *Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos* (Institut Équatorien des Ressources Hydrauliques)
INIAP : *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* (Institut National des Recherches Agronomiques)
ORSTOM : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
acequia : canal d'irrigation en espagnol

* agro-économiste ORSTOM, Mission ORSTOM, Apartado 17-11-6596, Quito, ECUADOR

** hydrologue ORSTOM, Mission ORSTOM, Apartado 17-11-6596, Quito, ECUADOR

Depuis janvier 1987, une équipe de l'ORSTOM, composée des deux auteurs de cet article et associée au département « Plan National d'Irrigation » de l'INERHI travaille sur un projet d'étude des fonctionnements de l'irrigation équatorienne non publique. Installés dans l'institution qui administre l'eau, ils se sont donnés pour objectif ambitieux de mettre au point un diagnostic pluridisciplinaire sur les zones irriguées du pays et proposer des recommandations adaptées à chaque situation. Ce travail est considéré comme préliminaire à l'élaboration, par la partie équatorienne, d'un plan national d'irrigation pour les années quatre-vingt-dix.

1. IMPORTANCE SPATIALE ET TEMPORELLE DE L'IRRIGATION

Avant même la signature de l'accord entre l'ORSTOM et l'INERHI, l'équipe s'était rendue compte de l'ampleur considérable des réseaux d'irrigation dits privés ou traditionnels plus ou moins anciens (par opposition aux réseaux modernes réalisés par l'État ici ou là). Bien que les statistiques précises soient inexistantes, on estime à plus des deux tiers de la superficie irriguée du pays celle qui dépend de ces réseaux privés.

La diversité des situations bioclimatiques, la variété des agricultures et des situations socio-économiques constituent une première difficulté. Dans le couloir interandin comme dans la plaine côtière, les climats sont très divers : aux saisons des pluies plus ou moins abondantes et régulières, succèdent des saisons sèches plus ou moins longues et intenses. L'irrigation intervient tantôt pour compléter les pluies en saison humide, tantôt pour poursuivre les cultures en saison sèche. Ainsi, par exemple, les cacaoyers et bananiers des plantations industrielles ou paysannes du sud de la plaine côtière reçoivent six mois durant de fortes pluies (janvier-juin) puis surmontent les six mois de la saison sèche grâce à l'eau des rios descendant des Andes. Ailleurs, dans la *Sierra*, les paysans d'Ambato arrivent à cultiver au moins deux cultures annuelles sur leurs lopins de terre grâce à l'eau provenant du versant nord du volcan Chimborazo, etc.

2. ANTÉCÉDENTS, RICHESSE ET MISÈRE DE L'INFORMATION EXISTANTE

Avant d'étudier un phénomène, il faut le localiser, cerner l'importance des espaces concernés et chercher les informations que d'autres ont rassemblées tant sur le phénomène que sur ces espaces. En Équateur, l'irrigation n'a pas constitué jusqu'à présent un thème de recherche spécifique, ni à l'ORSTOM ni dans les institutions équatoriennes.

Ainsi l'INERHI ne dispose ni de service de recherche ni de service d'évaluation des projets qu'elle met en œuvre. L'INIAP, plus spécifiquement chargé de la recherche agronomique, ne travaille pas sur les problèmes d'irrigation en tant que tels.

Nous ne disposons *a priori* que de très peu d'informations sur les phénomènes que nous voulons caractériser : dysfonctionnements techniques, répartitions inégales, manque d'eau, valorisation agricole limitée, conditions socio-économiques défavorables, etc.

Par contre, nous disposons d'une série impressionnante d'inventaires et de descriptions sous les formes les plus diverses : cartes au 1/50.000 d'usage des sols où l'on perçoit l'étendue des zones irriguées pour la *Sierra* (il n'y a rien sur la plaine côtière), trames hydrologiques, inventaires de prises d'eau, statistiques démographiques, inventaires socio-économiques des paroisses et des cantons, etc.

Malheureusement, les unités spatiales sont chaque fois différentes et les liaisons entre ces informations presque impossibles à réaliser.

En résumé, l'information existe, elle est même foisonnante par endroits, mais elle ne porte pas directement sur les fonctionnements des zones irriguées, ni sur l'espace propre que constituent les zones irriguées.

3. DEUX RECOURS DIFFÉRENTS AUX INVENTAIRES NATIONAUX

Nous allons avoir recours aux inventaires de deux manières : l'exploitation des données existantes et la création d'un inventaire spécifique présentant les problèmes d'irrigation.

3.1. Exploitation des données existantes

3.1.1. *L'étude de l'offre et de la demande en eau s'appuie sur l'exploitation systématique des données chronologiques, climatiques et hydrologiques.*

Parce que les données historiques sont très nombreuses et qu'elles peuvent être partiellement faussées par toute sorte d'erreurs humaines, il est nécessaire de procéder à leur homogénéisation selon la méthode des simples et doubles masses. Dans le cas de données manquantes, il faut les compléter par corrélations entre stations climatiques. L'inventaire ainsi révisé sert à :

1. établir une pluviométrie mensuelle par bassin unitaire, à l'origine des débits disponibles ;
2. établir l'évapotranspiration potentielle (ETP) mensuelle par bassin unitaire, indicateur de la demande en eau.

Par la suite, on évalue la ressource en eau selon un modèle de transformation des pluies en débits qui dépend des caractéristiques de l'écoulement de l'eau dans chaque bassin. Parallèlement, on évalue les besoins en prenant en compte les superficies irriguées, l'ETP et l'efficacité du transport de l'eau (variable selon le type d'infrastructure). Enfin, on peut confronter les ressources avec les besoins et porter un jugement sur l'adéquation ou le déséquilibre.

Dans cette opération, l'unité spatiale pour étudier la ressource est bien définie : c'est le bassin unitaire. Mais l'unité spatiale pour étudier les besoins ne va pas de soi. Nous verrons plus loin qu'il nous a fallu la créer en fonction des aménagements existants.

3.1.2. *En ce qui concerne la valorisation agricole de l'eau, contrairement aux hydrologues, les agro-économistes ne disposent d'aucun inventaire national dans leur domaine.*

En effet, les recensements agricoles et les enquêtes socio-économiques n'isolent pas l'agriculture irriguée du reste de l'agriculture.

Par ailleurs, le fonctionnement de réseaux d'irrigation complexes ne peut se juger sur la base des seuls rendements agricoles des cultures irriguées. On doit considérer la productivité globale des systèmes de production représentés. En outre, l'équité de la répartition de la ressource « eau » entre différents groupes d'utilisateurs en concurrence nous paraît l'un des critères essentiels du jugement sur la valorisation agricole de l'eau.

L'agro-économiste doit donc, dans un premier temps, travailler sur le terrain pour construire les références dont il a besoin. Il rejoint là l'hydrologue qui, lui aussi, manque de références, par exemple sur les efficacités de transport de l'eau, et qui a besoin de confronter avec la réalité les modèles mathématiques d'exploitation des inventaires climatiques et hydrologiques.

3.1.3. *Le choix de terrains d'étude s'appuie sur des inventaires existants.*

Il nous faut disposer de références qui couvrent l'ensemble des systèmes agraires irrigués.

La représentation de leur diversité s'appuie sur des critères physiques définis par l'hydrologue et des critères socio-économiques définis par l'agro-économiste. Nous bénéficions des travaux de « régionalisation agraire » réalisés par les hydrologues et les socio-économistes du programme ORSTOM-PRONAREG. Nous verrons plus loin la conception de ce travail de sélection.

3.2. Création d'un nouvel inventaire

Afin de connaître l'importance des problèmes de l'irrigation sur tout le pays, il faut réaliser un inventaire spécifique des zones irriguées équatoriennes qui doit fournir la localisation précise des canaux et périmètres, leurs agencements et leurs dépendances, et l'existence des divers dysfonctionnements repérés dans les zones d'étude représentatives.

Ce travail s'appuie sur plusieurs sources d'information. L'ORSTOM et PRONAREG connaissent les zones sous influence de l'irrigation à travers l'interprétation de photographies aériennes. Malheureusement, l'imprécision sur l'étendue des terres réellement soumises à l'irrigation apparaît trop importante (plus ou moins 50 % de parcelles irriguées).

Par ailleurs, l'INERHI, en tant qu'administrateur de l'eau, connaît les concessions d'irrigation, c'est-à-dire les prises d'eau et les débits qu'elles sont censées prélever dans les rios. Malheureusement, il existe des prises sans concession officielle.

Enfin, il est presque impossible de confronter l'inventaire des prises à l'inventaire des zones irriguées, du fait de la très grande complexité du troisième ensemble : le réseau des canaux.

Pour donner quelques exemples que nous connaissons bien aujourd'hui, il arrive fréquemment qu'un canal irrigue plusieurs périmètres distincts, ou qu'un périmètre reçoive de l'eau de plusieurs canaux. Souvent l'arrangement spatial des périmètres et canaux offre tout un ensemble de difficultés : des croisements de canaux ; un éloignement considérable entre deux périmètres ; l'usage de *quebradas* (gorges) naturelles qui en réalité constituent des segments de canaux, etc.

À cela il faut ajouter la présence dans certaines régions de réseaux publics modernes cimentés qui, en général, se superposent aux réseaux anciens en terre sans les éliminer.

On ne peut valoriser les travaux de recherche détaillés sur les dysfonctionnements de l'irrigation qu'à une seule condition : disposer d'un inventaire systématique, fiable et adaptable. Nous l'avons affirmé dans le document méthodologique sur le projet (LE GOULVEN, RUF, RIBADENEIRA, 1987) ; l'opération intitulée « Localisation, Organisation et Caractérisation de l'Irrigation Équatorienne » constitue son axe central, la base de la future planification.

Avant de donner plus de précisions sur la manière d'exploiter des inventaires ou d'en réaliser de nouveaux, nous examinerons quelle a été notre démarche pour trouver une unité spatiale adaptée à nos objectifs.

4. LA CRÉATION D'UNE UNITÉ SPATIALE D'INVENTAIRE ET D'ANALYSE DU FONCTIONNEMENT : LA ZARI (ZONE D'ANALYSE ET DE RECOMMANDATIONS POUR L'IRRIGATION)

La ZARI est une unité opérationnelle de recherche et de planification conçue après observation de plusieurs aménagements hydro-agricoles.

4.1. Les étapes de la conception

Le bassin unitaire est l'unité fondamentale des hydrologues : elle leur permet d'étudier les transformations pluies-débits et de fixer la ressource en eau.

En cas de modélisation d'un grand bassin hydrographique, il constitue l'unité spatiale élémentaire, la maille sur laquelle se calculeront les bilans d'offre et de demande (voir schéma n° 1 de bassin unitaire type avec emplacement des canaux, cas du rio Guambi, 30 km à l'est de Quito).

Le premier inconvénient apparaît dans sa définition : en tant que bassin versant, ses limites sont définies par des lignes de séparation d'écoulement bien visibles dans les parties montagneuses, mais assez floues quand on arrive dans le couloir interandin ou que l'on travaille dans la plaine côtière.

Additionnellement, des bassins de liaison ont été dessinés pour relier les bassins unitaires entre eux, et constituer un canevas hydrologique complet des grands bassins. Évidemment, ces unités additionnelles respectent le sens du drainage, gardent les mêmes dimensions que les bassins tracés par ORSTOM-PRONAREG et tiennent compte des stations hydrométriques existantes (voir schéma n° 2 d'un bassin de liaison, cas du rio Guambi).

Malheureusement, la plupart de ces unités comporte des fonds de vallées, obstacles naturels qui séparent des entités physiques et humaines souvent différentes.

Or, c'est sur ces zones que l'irrigation est la plus nécessaire et qu'elle s'est le plus développée, en captant une partie des ressources hydriques des bassins unitaires avoisinants.

La première idée était d'admettre une prolongation des bassins unitaires qui éliminerait, ainsi, les bassins de liaison. Les limites restaient, cependant, difficiles à établir à cause de la grande complexité des réseaux caractérisés par :

- une très forte densité de canaux et de multiples croisements (imbrication de réseaux d'irrigation) ;
- un manque d'information fiable sur la localisation des prises, le débit qu'elles captent, les trajets que les canaux empruntent, les subdivisions, etc.
- de très nombreux transferts entre bassins, rendant très difficile la compréhension de leur fonctionnement.

Face à ces problèmes, il était indispensable de trouver une unité spatiale avec une définition claire et sensée et aux limites relativement simples à repérer sur le terrain.

La notion de Zone d'Analyse et de Recommandations de l'irrigation (ZARI) tente de répondre à ce problème d'entité spatiale et de limites claires. Sa définition est la suivante :

**ZARI : Unité spatiale d'organisation du prélèvement, du transport
et de l'utilisation de l'eau d'irrigation**

Il s'agit donc d'une zone élémentaire dans laquelle on trouvera les prises, les canaux et les périmètres irrigués. Dans le cas de deux bassins unitaires juxtaposés, la limite correspondra le plus souvent aux rios eux-mêmes, et par conséquent la ZARI sera formée de deux moitiés de bassins unitaires, augmentées d'une partie du bassin de liaison (voir schéma n° 3 d'une ZARI type dans le cas de deux bassins unitaires juxtaposés : ZARI de Puembo-Pifo).

Dans d'autres cas, la ZARI sera limitée par une grande ligne de crête et par un rio (simple demi bassin unitaire) ; parfois, il y aura même correspondance entre le bassin unitaire et la ZARI.

Le fait de prendre comme limites les obstacles naturels adaptés à chaque cas réel, nous laisse penser que la définition de la ZARI sera valable aussi bien dans la *Sierra* que dans la *Costa*. Il subsistera, malgré tout, quelques transferts entre ZARI, mais ces cas devraient être en nombre réduit.

4.2. Conséquences pour l'analyse hydrologique

La discordance entre bassins versants et ZARI exigera deux trames différentes pour chaque bassin hydrographique, mais, comme chaque type de demande (agricole, hydroélectrique, humaine) est reliée au réseau hydrographique par la prise d'eau correspondante, il sera cependant facile de passer de l'une à l'autre.

Par contre, les demandes potentielles devront être affectées à un bassin unitaire pour vérifier la disponibilité en eau et mesurer leur impact en aval.

Lors des études détaillées de terrain sur les ZARI représentatives, on s'intéressera aussi aux bassins versants environnants pour analyser les dépendances propres de chaque prise d'eau (voir schéma n° 4 : théorie des relations entre bassins unitaires et ZARI).

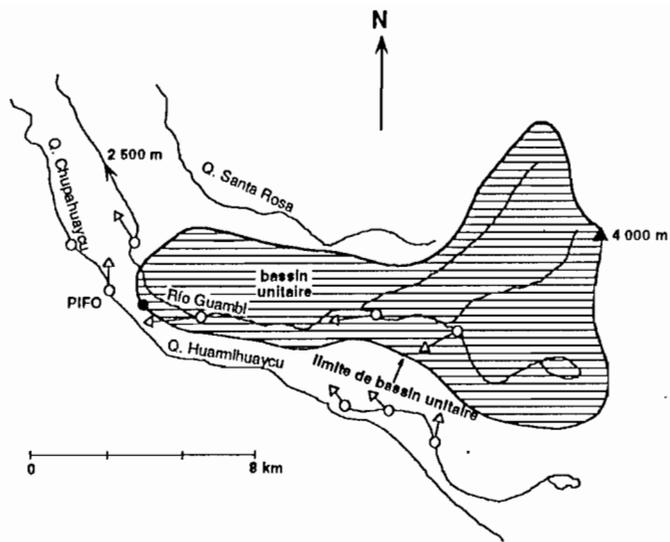


Schéma 1
Exemple de bassin unitaire : celui du rio Guambi (30 km à l'est de Quito)

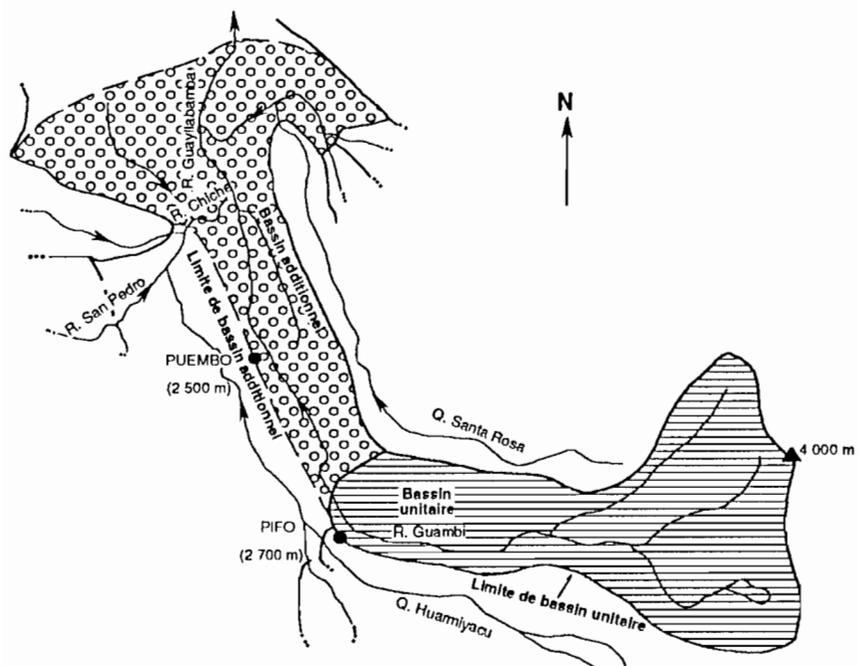


Schéma 2
Exemple de bassin de liaison à l'aval du bassin unitaire du rio Guambi

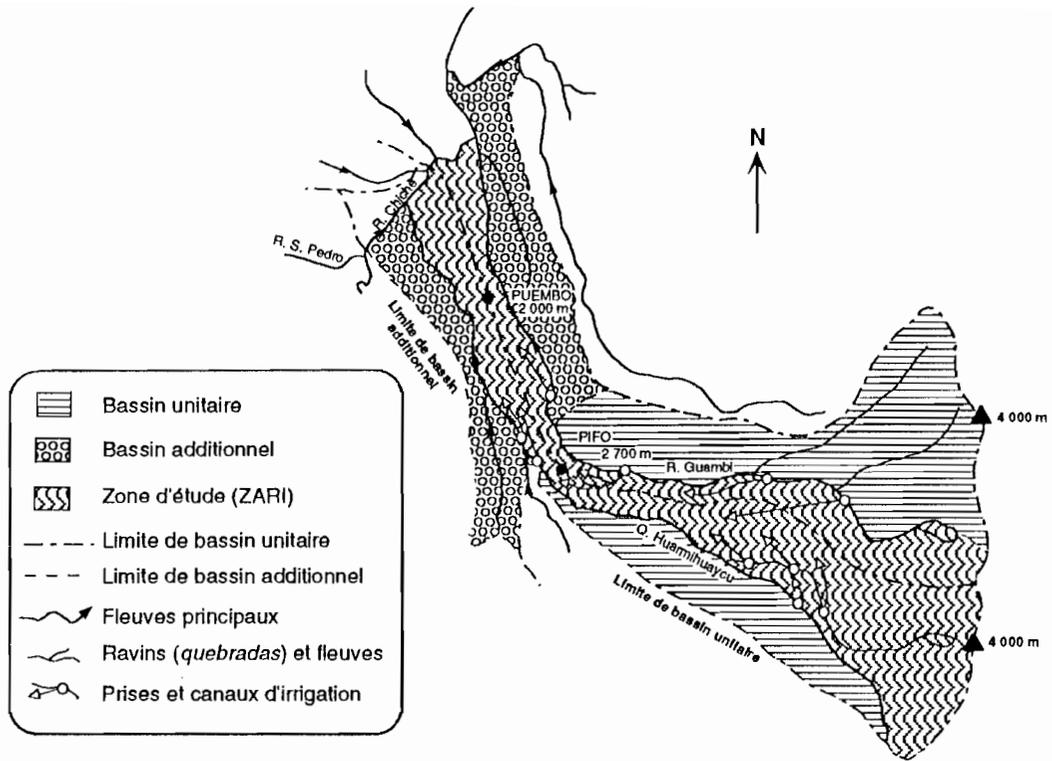


Schéma 3 - Exemple de ZARI : la ZARI de Puenbo-Pio dépendant en partie du bassin unitaire du rio Guambi

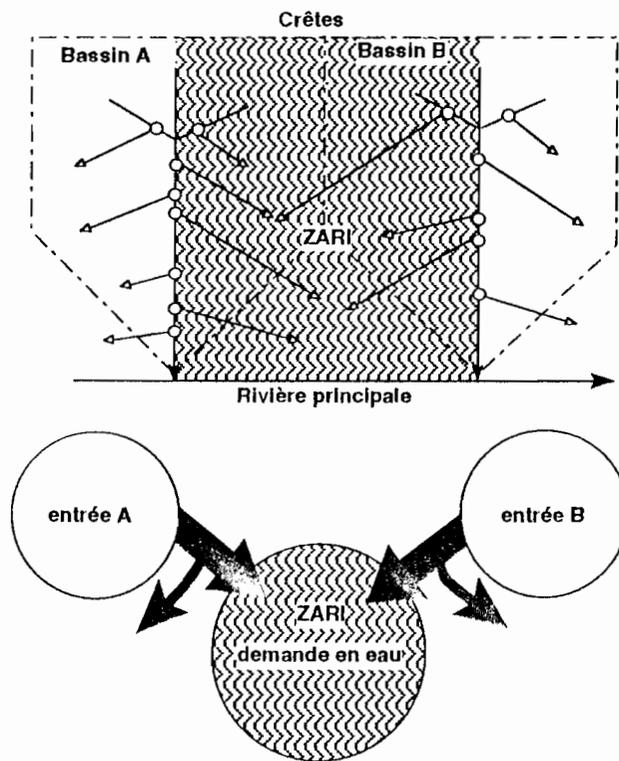


Schéma 4 - Théorie des relations entre bassins unitaires et ZARI

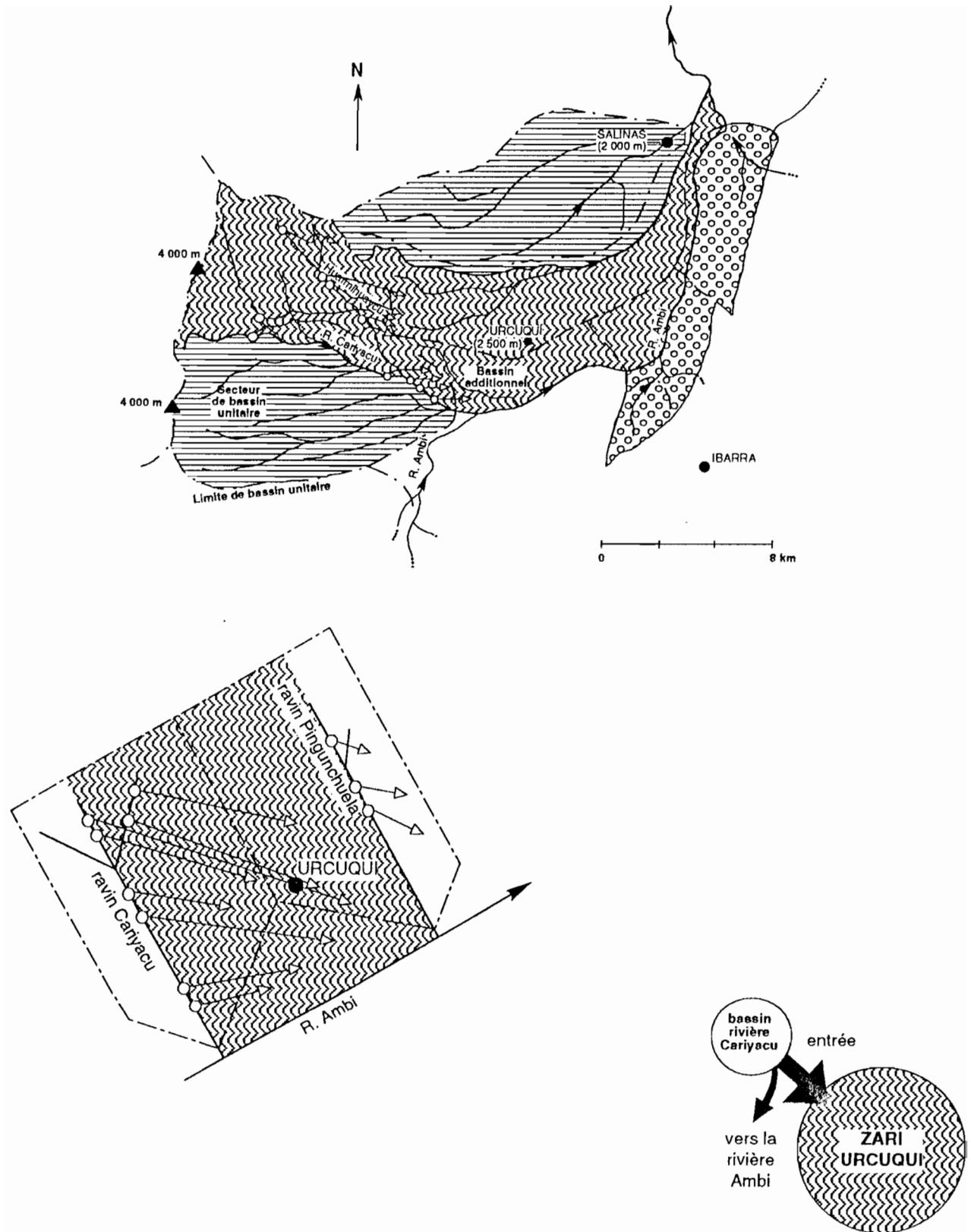


Schéma 5 - La ZARI d'Urcuquí (province d'Imbabura, 130 km au nord de Quito)

4.3. Une application exemplaire : la ZARI d'Urcuquí

Située dans la province d'Imbabura et faisant partie du bassin hydrographique du rio Mira, la ZARI d'Uucuquí a été choisie comme terrain représentatif.

C'est tout d'abord le bassin unitaire du rio Pingunchuela qui avait été retenu, mais ce choix péchait par le fait que les plus gros périmètres s'alimentaient sur le bassin voisin !

En décalant la zone d'étude et en prenant comme nouvelles limites les gorges de fond de vallée, on obtient un ensemble homogène par rapport à l'aménagement, comme le montre le schéma n° 5 de la ZARI d'Urcuquí, entre le rio Cariyacu et la *quebrada* Pingunchuela.

5. UTILISATION DES INVENTAIRES PRÉCÉDENTS EFFECTUÉS SUR TOUT LE PAYS, EN VUE DE LA SÉLECTION DE ZARI REPRÉSENTATIVES

La démarche choisie pour sélectionner les terrains représentatifs dépendait en réalité des données disponibles et exploitables en un minimum de temps. Nous avons procédé en deux étapes :

- une première sélection de petites régions appelées ZAPI (Zone Agricole pour la Programmation Intégrée) par les auteurs de cet inventaire (PORTAIS, ALARCÓN, 1979) ;
- une deuxième sélection d'un petit bassin versant dans chaque ZAPI choisie précédemment.

Dans les deux cas, le choix s'effectue à la lumière de critères physiques et agro-socio-économiques. Bien entendu, on ne retient pas les espaces qui, manifestement, ne sont pas concernés par l'irrigation.

La première sélection s'effectue sur la base de trois grandes séries de critères existant dans l'inventaire des ZAPI :

- la situation climatique (repérage des saisons sèches) et l'importance probable de l'irrigation ;
- la pression démographique, en liaison avec les structures foncières actuelles dominées soit par des haciendas, soit par des *minifundios* (cas de forte densité démographique) ;
- les grands systèmes de production.

Avec l'aide du logiciel DATAVISION de M. ROUX (INRA, Montpellier), nous procédons à une analyse factorielle des correspondances d'où nous tirons un regroupement des ZAPI à caractéristiques voisines. Une ZAPI représentative de chaque groupe est retenue pour la deuxième étape. Cependant, afin de confirmer la validité de ce premier choix, c'est-à-dire une bonne représentation de la diversité régionale, nous cherchons d'autres éléments analytiques qui confirment le fait que l'échantillon couvre bien les diverses situations agricoles.

Ainsi, un autre inventaire offre la possibilité de situer chaque zone dans une perspective socio-historique : celui des zones socio-économiques actuelles homogènes (FAUROUX, RAMOS, 1979). Ce travail s'appuie essentiellement sur l'étude des dynamiques foncières depuis 1950. Nous trouvons effectivement une bonne représentation des diverses évolutions foncières.

Bien que ceci soit déjà satisfaisant, nous pouvons aller plus loin car nous disposons encore d'autres documents d'ORSTOM-PRONAREG qui donnent notamment les calendriers agricoles au niveau cantonal et provincial (SUÁREZ, ..., BERNARD, 1978).

Il est possible de vérifier que le choix de ZAPI (dont les limites épousent plus ou moins les limites cantonales) reflète bien tous les types de calendriers agricoles pour les principales cultures. Par exemple, les différents calendriers du maïs dans la *Sierra* sont bien représentés dans l'échantillon.

En outre, nous pouvons exploiter ces inventaires en montrant que les ZAPI choisies disposent de systèmes agricoles différents selon la présence ou la dominante de saisons culturales. Ainsi, dans la *Sierra* équatorienne, il existe des régions à une seule saison culturale, d'autres à deux saisons culturales, l'une dominant l'autre, et d'autres encore à trois saisons culturales.

6. UTILISATION D'INVENTAIRES LOCAUX POUR LA RECHERCHE SUR LE FONCTIONNEMENT DE L'IRRIGATION

La base même des travaux de terrain repose sur l'exploitation d'inventaires : il s'agit d'établir une carte précise des infrastructures de l'irrigation dite privée ou traditionnelle.

Le tableau 2 montre les types de documents utilisés et la progression des connaissances sur l'exemple de la ZARI de Puembo-Pifo située à 30 kilomètres à l'est de Quito.

À l'issu de ce travail qui allie l'exploitation de documents d'inventaires et les tournées sur le terrain, avec une remise en question du document au terrain et du terrain au document, on établit six produits complémentaires et indispensables au travail de recherche futur :

1. une carte au 1/25 000 de l'irrigation, contenant les prises, les *acequias*, les périmètres et les caractéristiques de tous ces éléments (par exemple : prise rustique, canal en terre, périmètre de *minifundios* avec dominante maïs-haricot) ;
2. un schéma hydraulique de la zone ;
3. un fichier de description de tous les canaux principaux (et secondaires si cela correspond à un périmètre isolé) ;
4. un fichier de description des périmètres ;
5. un plan d'enquêtes sur la répartition de l'eau (choix du nombre d'enquêtés selon l'importance du périmètre et échantillon de parcelles) ;
6. un plan de campagne de jaugeages pour la saison sèche afin de diagnostiquer l'équité de la répartition de l'eau.

Type de documents	Utilisation
1. Carte topographique au 1/50 000	Repérage des limites de la ZARI
2. Carte d'État Major au 1/25 000	Échelle de travail jugée indispensable pour rendre compte des détails des infrastructures.
3. Inventaire des canaux d'irrigation réalisé en 1978 avec contractuels par INERHI	Travail incomplet, peu fiable, mais il donne les noms des canaux et une idée générale sur l'ampleur des infrastructures.
4. Mémoires techniques de l'agence provinciale de l'INERHI	Travail de bonne qualité car issu d'inspections de terrain, mais il n'existe que pour les canaux ayant une concession officielle ; donne généralement les débits dérivés et les superficies « sous influence » d'un canal.
5. Plan quinquennal du projet public d'Irrigation El Pisque, 1982	Repérage des secteurs irrigués par le canal moderne cimenté.
6. Photos aériennes au 1/20 000 de 1973 et de 1983	Repérage des canaux avec précision ; repérage des points particuliers à vérifier sur le terrain ; repérage des contours des périmètres ; réalisation d'un échantillon des parcelles pour l'enquête sur la répartition et utilisation de l'eau.
7. Cadastre au 1/25 000 de 1964 pour la zone basse sous l'influence du canal public Pisque	Vérification des trajets des canaux ; repérage de canaux aujourd'hui disparus.
8. Vérifications sur le terrain (environ 10 journées de travail pour une ZARI de 50 km ² avec 5 000 hectares irrigués répartis en 25 périmètres recevant l'eau.	Justification des limites de ZARI ; confirmation de noms de canaux (un canal porte souvent plusieurs noms) ; visites systématiques aux prises d'eau ; analyses de points

Tableau n° 2 - Utilisation des inventaires comme base d'une étude sur le fonctionnement de l'irrigation dans une ZARI
Exemple du travail réalisé pour la ZARI de Puembo-Pifo en avril-juin 1987

Nous avons alors exploité au maximum l'information préexistante sur les espaces régionaux (ZAPI et cantons) ; nous pouvons passer à la phase suivante : le choix d'un bassin versant représentatif.

Pourquoi ne passe-t-on pas directement à la ZARI représentative ? La réponse est simple : à ce stade de l'étude, l'infrastructure de l'irrigation reste toujours une inconnue. Il est encore impossible de définir une ZARI qui contiendrait avec certitude les prises d'eau, les canaux et les périmètres correspondants. Les seules limites spatiales connues sont fournies soit par les inventaires des hydrologues — les limites de bassins —, soit par ceux des socio-économistes — les limites de paroisses.

Le choix du bassin versant représentatif de la ZAPI s'effectue à partir de l'analyse d'indicateurs descriptifs retenus par l'hydrologue et l'agro-économiste, disponibles soit au niveau des cartes thématiques au 1/200 000 réalisées par ORSTOM-PRONAREG, soit au niveau des inventaires démographiques et socio-économiques rassemblés dans une fiche de synthèse (voir tableau 1). Il faut signaler ici encore une fois le problème de l'unité spatiale qui diffère pour les données socio-économiques : nous sommes forcés de pondérer assez grossièrement ces indicateurs selon la part prise par chaque territoire paroissial dans un bassin versant.

Une commission de travail rassemblant l'équipe franco-équatorienne examine les fiches descriptives des bassins versants et sélectionne celui qui paraît le mieux représenter la ZAPI.

Alors commence l'opération pluridisciplinaire sur le terrain pour diagnostiquer comment fonctionne l'irrigation. On commencera par définir les limites de la ZARI, appelée dès lors ZARI représentative, ou encore ZARI pilote.

Données d'inventaire rassemblées dans une fiche de synthèse

Utilisation

1. Extrait de la carte d'usage du sol au 1/200 000 avec le détail des unités d'usage du sol représentées irriguées à plus de 50 %.
2. Caractéristiques physiques (altitude maximale, moyenne, minimale, type de relief, superficie totale, pluviométrie annuelle, nombre de mois secs, déficit annuel, emplacement des stations climatologiques et hydrométriques).

Données issues des inventaires hydrologiques du programme ORSTOM-PRONAREG (travaux de P. POURRUT).

3. Caractéristiques agricoles (pourcentages superficie agricole / totale, superficie irriguée/ agricole) et socio-économiques (densité de population, types de structures foncières dominantes).

Données issues :

- du recensement démographique de 1982 (DELAUNAY, 1986) ;
- des cartes d'usage du sol (travaux de P. GONDARD) ;
- des inventaires des ZAPI (PORTAIS, 1979)

On cherche une zone qui dispose de la plupart des systèmes de production existant dans la ZAPI.

On cherche une zone qui corresponde bien au modèle général de la région car elle servira de référence pour le calage des modèles mathématiques de transformation des pluies en débits.

On cherche à obtenir dans l'échantillon des situations variées pour chacun des critères : par exemple, zones très denses ou peu denses, zones très « artificialisées » par l'irrigation ou non, zones dominées ou non par les haciendas traditionnelles, etc.

Tableau n° 1
Utilisation des inventaires en vue de sélectionner des terrains représentatifs pour les études de fonctionnement

7. ÉLABORATION D'UN NOUVEL INVENTAIRE ADAPTÉ, ÉVOLUTIF DES ZARI

Nous mettons au point cette opération en commençant par la réaliser pour un grand bassin hydrographique du nord de la *Sierra*, le bassin du Mira, dont l'étendue est approximativement de 3 000 km². On y trouve une cinquantaine de bassins unitaires presque tous exploités pour l'irrigation des zones basses soumises à un climat souvent sec ou très sec en été.

Bien entendu, ce travail s'inspire directement de l'expérience acquise dans les ZARI représentatives, mais l'opération devra se dérouler plus rapidement et probablement avec peu de vérifications terrain, au moins dans la première phase de l'inventaire.

En effet, rentre en jeu le financement d'une telle opération, forcément limité.

Après avoir rassemblé toute la documentation existante provenant des services centraux de l'INERHI ou des agences régionales, nous procédons à la délimitation de l'ensemble des ZARI du grand bassin hydrographique.

La validité des limites dépend de la qualité de l'information recueillie sur les prises et les *acequias*. Dans certains cas, des modifications seront apportées s'il apparaît que des canaux connus au départ sortent des limites initiales.

Vingt et une ZARI ont ainsi été définies (juillet 1987). Quatre groupes de travail de deux personnes se repartissent l'inventaire.

Il s'agit, comme pour la ZARI représentative, d'élaborer une carte de situation au 1/50 000 représentant les prises, les canaux et les périmètres. Nous considérons que cette échelle est adaptée au travail d'inventaire systématique et au niveau de précision souhaité dans la plupart des ZARI. Cependant, dans certains cas très complexes, nous travaillerons à une échelle plus grande, le 1/25 000.

Pour admettre l'existence d'un réseau, nous avons adopté le principe suivant : si trois sources différentes s'avèrent cohérentes, nous considérons comme fiable son existence. Par exemple, un inventaire de 1967 indique un canal avec sa prise et sa zone d'influence ; on retrouve ce réseau dans les documents de l'agence régionale de l'INERHI donnant en 1980 la concession administrative de la prise et un rapport technique la justifiant ; enfin, la carte d'usage des sols au 1/50 000 confirme la présence du périmètre irrigué.

Si on ne dispose pas de trois éléments, le réseau est seulement supposé exister. Il faut trouver une confirmation en ayant recours à deux possibilités.

1. La photo-interprétation sur la base des photos aériennes déjà semi-interprétées d'ORSTOM-PRONAREG ou sur celle de nouvelles photographies plus récentes dans certains cas où nous estimerons que les réseaux ont beaucoup évolué (la couverture utilisée par ORSTOM-PRONAREG date du début des années 1960) : à l'aide du tracé supposé de l'*acequia*, on cherche à confirmer son existence et à préciser les contours des périmètres.
2. S'il reste un doute sur ce réseau, on effectuera une visite sur le terrain.

La carte n'est pas le seul produit de cette synthèse des inventaires. Comme dans la ZARI représentative, on obtient également un schéma hydraulique, des fiches de description et de caractérisation des *acequias* et des périmètres, une fiche de synthèse sur chaque ZARI du nouvel inventaire.

Dans une deuxième phase, il est prévu, si nous obtenons le financement adéquat, de procéder à un complément d'inventaire exhaustif sur le terrain, portant :

- d'une part, sur les données descriptives manquantes
- d'autre part sur les indicateurs du fonctionnement définis lors des études de ZARI représentatives.

Ce travail s'effectuera par voie d'enquêteurs recrutés et formés spécialement.

En l'absence de financement, nous travaillerons de manière moins fiable en essayant de relier, dans les ZARI représentatives, les indicateurs du fonctionnement aux données structurelles pour effectuer ensuite le transfert des résultats de recherche aux groupes de ZARI à structures équivalentes.

Bien entendu, c'est la première démarche qui nous paraît la plus souhaitable.

L'ensemble des données structurelles et fonctionnelles sera ensuite informatisé, permettant un dialogue instantané entre les agences locales et l'ordinateur central de l'INERHI.

8. CONCLUSION

Nous avons tenté de démontrer que les inventaires sont fondamentaux lorsque l'on veut connaître comment fonctionnent les systèmes agraires irrigués de l'Équateur.

Ils permettent de raisonner un échantillon. Ils offrent le cadre de l'étude des fonctionnements précis des ZARI. Enfin, la poursuite logique de telles études consiste à chercher la représentativité des dysfonctionnements, découverts au moyen d'un nouvel inventaire bien adapté, dans la définition tant des unités spatiales de référence que du contenu structurel et fonctionnel.

Sur cette base, l'INERHI pourra raisonner les choix de projets d'amélioration de l'irrigation existante en Équateur.

Par ailleurs, au delà de la planification à moyen terme, l'institut possédera un tableau de bord de la situation de l'irrigation avec la possibilité d'actualiser les informations. Il sera possible de procéder à des évaluations périodiques.

En outre, la base de données pourra être exploitée de diverses manières par la recherche. Ainsi, si l'on souhaite sélectionner les ZARI ou les *acequias* selon deux critères prédéterminés, par exemple « zone de *minifundios* » et « anomalies du fonctionnement du tour d'eau », on en obtiendra une représentation très complète sur l'ensemble du pays et l'on pourra poursuivre des recherches sur le thème considéré.

ÉLÉMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

- DELAUNAY, D., 1986. *Demografía en el Ecuador: una bibliografía; poblaciones de las parroquias, Ecuador 1950-1982*, Documentos de Investigación, série Demografía y geografía de la población, n° 1 et 2, CEDIG, Quito, 67 p.
- FAUROUX, E. ; RAMOS, M. et al., 1979. *Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano. Formación de las estructuras agrarias en el Ecuador. Metodología*, MAG-ORSTOM, Quito, 95 p. multig.
- FAUROUX, E. ; RAMOS, M. et al., 1979. *Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano. B. ZSEH de la Costa, C. ZSEH de la Sierra*, MAG-ORSTOM, Quito, 2 vol., B 194 p., C 178 p., multig.
- GONDARD, P. 1984, *Inventario y cartografía del uso actual del suelo en los Andes ecuatorianos*, MAG-ORSTOM-CEPEIGE, Quito, 92 p., fig., cart., phot., biblio.
- GONDARD, P. 1985, L'utilisation des terres dans les Andes équatoriennes. De l'inventaire à la dynamique des transformations, in *Car. Rech. Dévt.*, n° 6, avril 1985, Montpellier, p. 45-54.
- INAMHI, 1960-1987, Données des stations météorologiques et hydrologiques.
- INERHI, 1966 à 1987, Inventaires des prises et des canaux d'irrigation (couverture incomplète et de qualité variable), INERHI, Quito.
- INERHI, 1966 à 1967, Mémoires techniques pour la concession des débits réalisés par les agences régionales.
- INERHI-CEDEX, 1987. Résultats obtenus par le Plan National des Ressources Hydriques dans le cadre de la collaboration avec le CEDEX, INERHI, Quito.
- INERHI-ORSTOM, 1987. *Choix des micro-bassins d'étude dans la Sierra. 1^{ère} partie : choix des zones agricoles et vérification de leur représentativité*, document provisoire, INERHI-ORSTOM, Quito.
- POURRUT, P. ; CADIER, E., 1976 à 1986. *Études hydrométriques et hydrogéologiques préliminaires (ríos Pastaza, Chimbo, Chanchán, etc) ; autres études : L'eau en vue de l'irrigation*. MAG-ORSTOM, Quito.
- SUÁREZ, E. ; VERA, D. ; ENDARA, J. ; ARIAS, E. ; BERNARD, A. ; PRONAREG, 1978. *Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano, A. Producción agrícola; B. Productividad agrícola; C. Insumos agrícolas; D. Calendario agrícola*, doc. n° 4, MAG-ORSTOM, Quito, 4 vol., A 294 p., B 397 p., C 517 p., D 528 p. multig.
- VERA ALARCÓN, D. ; PORTAIS, M., 1979, Delimitación de las zonas agrícolas para la programación integral (ZAPI) 1. Costa 2. Sierra. PRONAREG-ORSTOM, MAG, Quito, 391 p.
- LE GOULVEN, P. ; RUF, T. ; RIBADENEIRA, H., 1987. *Méthodologie générale et détails des opérations du projet INERHI-ORSTOM*, INERHI-ORSTOM, Quito, 91 p. + ann.

CARTOGRAPHIE

Travaux d'ORSTOM-PRONAREG au 1/200 000

Cartes de synthèse des études hydrométéorologiques

Cartes de l'usage du sol et des formations végétales (synthèse) pour la *Sierra*

Cartes des formations végétales et de l'usage du sol pour la *Costa*

Travaux d'ORSTOM-PRONAREG au 1/50 000

Cartes de l'usage du sol pour la *Sierra*

Autres

Cartes des projets publics d'irrigation de l'INERHI

Cartes des limites paroissiales et cantonales

Cartes accompagnant certains inventaires d'infrastructures d'irrigation

In :
Les Cahiers de la Recherche Développement
n° 29, mars 1991, pp 30-44.
Centre International de Recherche Agronomique
pour le Développement,
DSA/CIRAD, Montpellier, 1991.

DYNAMIQUES DES SYSTEMES AGRAIRES IRRIGUES ANCIENS : REPRESENTATIONS SYNCHRONIQUES ET DIACHRONIQUES.

L'exemple d'Urcuquí en Equateur.

par Jean-Luc SABATIER*, Thierry RUF** y Patrick LE GOULVEN**

Résumé

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 Équateur 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 agraire irrigué local a été réalisée ex-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 clefs : Modélisation - Hydraulique agricole - Gestion de l'eau - Economie - Réhabilitación - Andes - Equateur.

* CIRAD-CNEARC

** ORSTOM

Abstract

Nearly half of irrigated areas in the world are supplied by old irrigation networks, and the majority of farmers using irrigation use canal 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 farmer's associations.

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

Resumen

Las redes antiguas de riego representan en el mundo cerca de la mitad de las superficies regadas y la mayoría de los campesinos que utilizan el riego producen utilizando esos canales a veces milenarios. Abandonadas por el desarrollo moderno, desconocidas por los investigadores, tales redes presentan gran cantidad de dificultades de funcionamiento. La rehabilitación de esos sistemas parece constituir un tema mayor para el desarrollo agrícola de los próximos decenios.

Investigadores comprometidos en una reflexión sobre la rehabilitación de redes de montaña en el Ecuador dan cuenta de la complejidad de sus disfuncionamientos y proponen medios de acción para comprender su evolución combinando un análisis diacrónico de las redes con una representación sincrónica de los sistemas agrarios.

Previamente, se realizó la modelización de un sistema agrario regado local con el objetivo de promover una negociación relativa al cambio técnico y social entre los participantes en la rehabilitación, los organismos que manejan el agua y las asociaciones de campesinos.

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

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 soutient, 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.

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 représentation dont les contradictions théoriques ne manquent pas, mais qui ont la vertu de leur simplicité et quelquefois de leur efficacité.

Un système irrigué est 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.

À 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 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.

DEFINITIONS DES CONCEPTS ET PROBLÈMES DE REPRÉSENTATION DE SYSTÈMES AGRAIRES IRRIGUÉS ANCIENS

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 de l'artificialisation est terminée, impulsée, dans le cadre de relations socio-économiques pré-capitalistes, 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 ancien a longtemps été considéré comme la réponse courante à une explosion du facteur démographique (E. BOSERUP) 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 le mode de production asiatique, il décrit les sociétés hydrauliques comme des formations sociales despotiques. Ces sociétés (Chine, Égypte, Sumer) reposent sur un pouvoir central fort, des masses laborieuses nombreuses et 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'Akoça à Sri Lanka). Ces sociétés ont résisté longtemps au mode de production capitaliste dominant.

On ne peut transposer l'analyse de WITTFOGEL aux systèmes d'irrigation 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 aux XI^{ème} et XII^{ème} siècles ; *encomienda* espagnole aux débuts de la colonisation en Équateur.

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 modèles méfiants, hostiles quelquefois : ville-campagne, seigneur-paysans, etc. 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 G. BÉDOUCHA, 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-faire 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 réalisant les principales 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 ses 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 Âge, 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 » cité plus haut, obéissant à des règles anciennes, jamais totalement figé mais souvent évoluant au sein de rapports sociaux de production stables. Dans les sociétés pré-capitalistes, 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. À ce titre, elle était reconnue comme autorité sociale et en tant qu'autorité, elle pouvait exiger un travail et une ponction sur la production, cette ponction étant prévue pour servir à la reproduction, voire l'élargissement du système.

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, etc.) et l'hydrographie (régimes torrentiels, fluviaux avec crue, oued 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)

l'ancienneté des aménagements (technologies de l'irrigation, organisations sociales, règles de fonctionnement)

la situation démographique actuelle

les types d'agriculture (paysanne, grandes unités de production, intégrés plus ou moins aux marchés régionaux, nationaux ou mondiaux).

Hypothèse de dysfonctionnement

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

des demandes sociales de nouveaux acteurs qui rendent plus complexe l'application des règles anciennes et augmentent les risques de dysfonctionnements

de l'individualisation des processus de production et de décision 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 besoins 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 pré-capitalistes, dans des conditions démographiques différentes à celles connues aujourd'hui

Elle a été soumise aux changements agro-économiques liés à l'intégration 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 respect 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, comme par exemple, paysan en métayage, imposition d'une sole collective, imposition d'une culture de rente, etc.).

I - REPRESENTATION DES SYSTEMES AGRAIRES

1. Les problèmes de représentation

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'information se trouvent dans différentes archives historiques régionales et locales. La méthode d'investigation se base sur une très bonne connaissance du système agricole actuel acquise par enquêtes et observations de terrain (associées aux consultations bibliographiques et techniques disponibles, comme les éléments décrivant les milieux physiques, le climat, etc.).

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 agricole 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 agricole irrigué (technologie, 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.

Plus spécifiquement, la modélisation de l'économie dans un système agricole 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, consommation, 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 agricole qui permet le dialogue et qui appuie la prise de décisions.

Mais ce n'est pas simplement un artefact.

L'étude des systèmes agricoles 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) — qui faisaient 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 — « peasants are seen as representing a fraction from relatively dispersed isolated and self sufficiency communities toward fully integrated market economies » (Frank ELLIS). 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 unité de production, examine non seulement les ajustements internes à l'environnement économique — accès au travail, à la terre, au capital, trésorerie etc. — mais encore le cheminement social et le choix des individus. L'économie classique et néoclassique a largement développé l'idée de choix en développant les concepts de coût, d'opportunité et d'avantages comparés.

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 (F. ELLIS, p. 37).

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.

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'État, 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 Urcuquí 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 Urcuquí (figure 1)

Les types d'activités sont :

- activités de production végétale (exemple : culture extensive du maïs) ;
- activités de production animale (exemple : atelier de porcs) ;
- activités d'artificialisation du milieu (exemple : irrigation) ;
- activités d'échanges économiques : autoconsommation, ventes et achats (exemple : de céréales alimentaires) ;
- activités de la population : travail agricole ou extérieur, migration, etc.

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 (cf. annexes) : eau, terre capital.

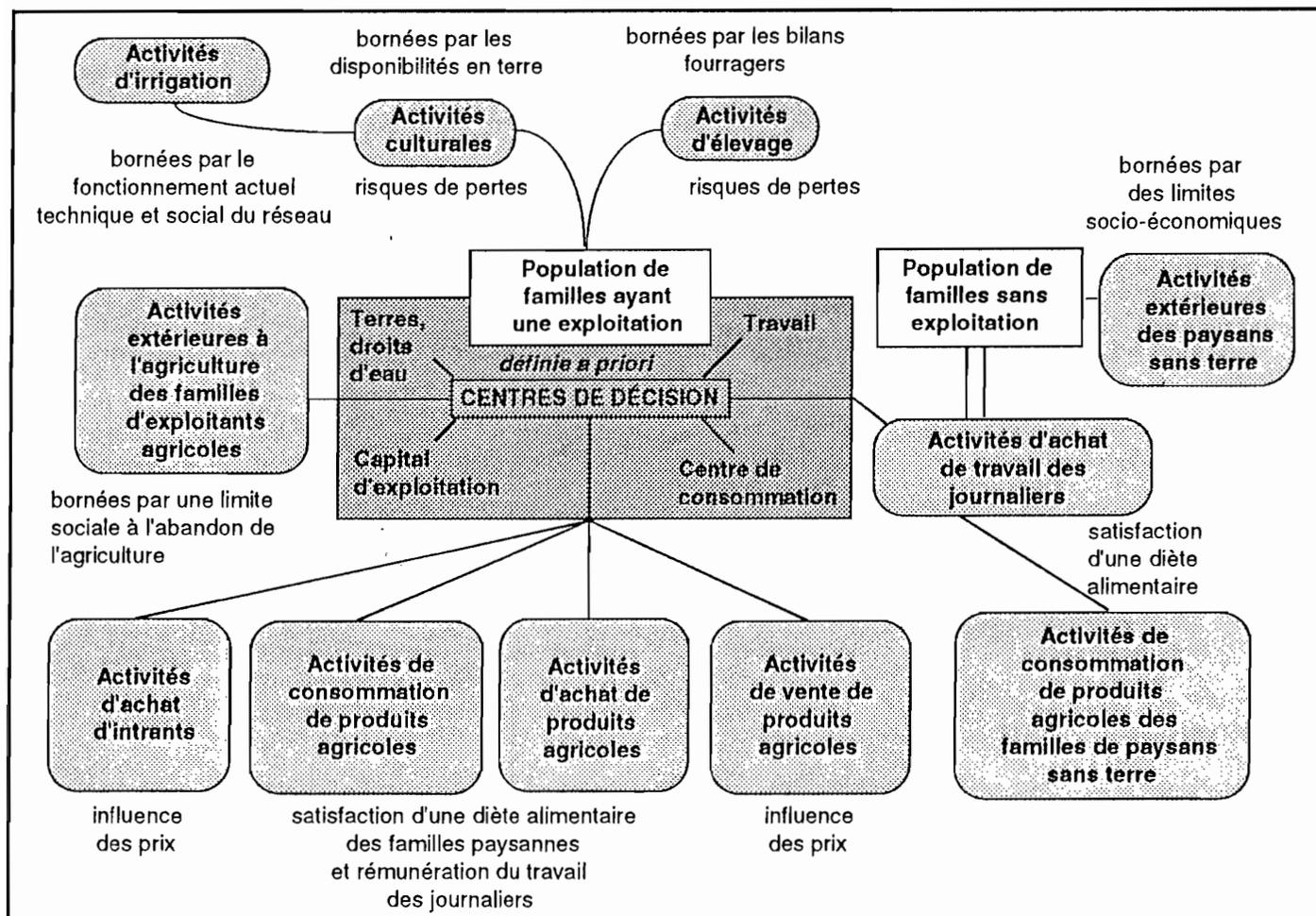


Fig. 1 - Schéma général de la modélisation d'un étage agro-écologique

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, etc.), 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 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 SYSTEME D'URCUQUI DANS LES ANDES EQUATORIENNES.

1. Présentation du système agricole d'Urcuquí

Les systèmes agricoles irrigués andins du Nord de l'Équateur sont caractérisés par :

- un climat tropical d'altitude à deux saisons sèches dont la pluviométrie varie de 300 à 1 000 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). À 2 000 m d'altitude, une analyse fréquentielle de la pluie fait apparaître un déficit hydrique mensuel compris entre 70 et 100 mm toute l'année (voir annexe 1) ; cependant, les périodes de février-mars et octobre-novembre peuvent être considérées comme sub-humides ($P > ETP/2$) et aident à la réalisation de 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, Huarmi-huaycu et Cariyacu) ;
- un relief d'*altiplano* volcanique structuré par deux cordillères et entaillé par un réseau hydrographique torrentiel agressif avec création de gorges isolant les terroirs agricoles constitués sur andosols (texture légère) ;
- une présence de réseaux d'irrigation nombreux et denses dérivant 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 ;
- une démographie forte dans l'étage tempéré (de l'ordre de 300 habitants au kilomètre carré), 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 agricole 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 espace social de production de l'irrigation.

2. Situation actuelle du système agricole

La ZARI d'Urcuquí comprend les trois étages bioclimatiques. Le village de paysans métis se trouve dans la zone tempérée, à 2 300 m d'altitude.

Environ 225 familles paysannes utilisent un finage de quelques 320 ha où ils pratiquent une polyculture plus ou moins associée à l'élevage. Par ailleurs, dans cet étage, des haciendas et de petits propriétaires de *fincas* exploitent encore près de 400 ha irrigués par divers canaux, le plus souvent sous forme de pâturages, et 200 ha en sec où l'on tente une culture de maïs très risquée.

Au-dessus du périmètre villageois, une population métisse et indienne vit dans l'étage froid (1 000 ha en sec et 500 ha pouvant être irrigués par de petits canaux).

Une réserve fourragère de 1 000 ha 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'Urcuquí s'étend une vaste zone subtropicale de 3 300 ha irrigués et exploités par de grandes haciendas de canne à sucre et d'élevage.

Elles 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 leurs prises loin en amont, et des infrastructures d'une certaine ampleur, tunnels, aqueducs, etc.).

Mapa de repartición de los perímetros dentro de los pisos agro-ecológicos
Carte de répartition des périmètres selon les étages agro-écologiques

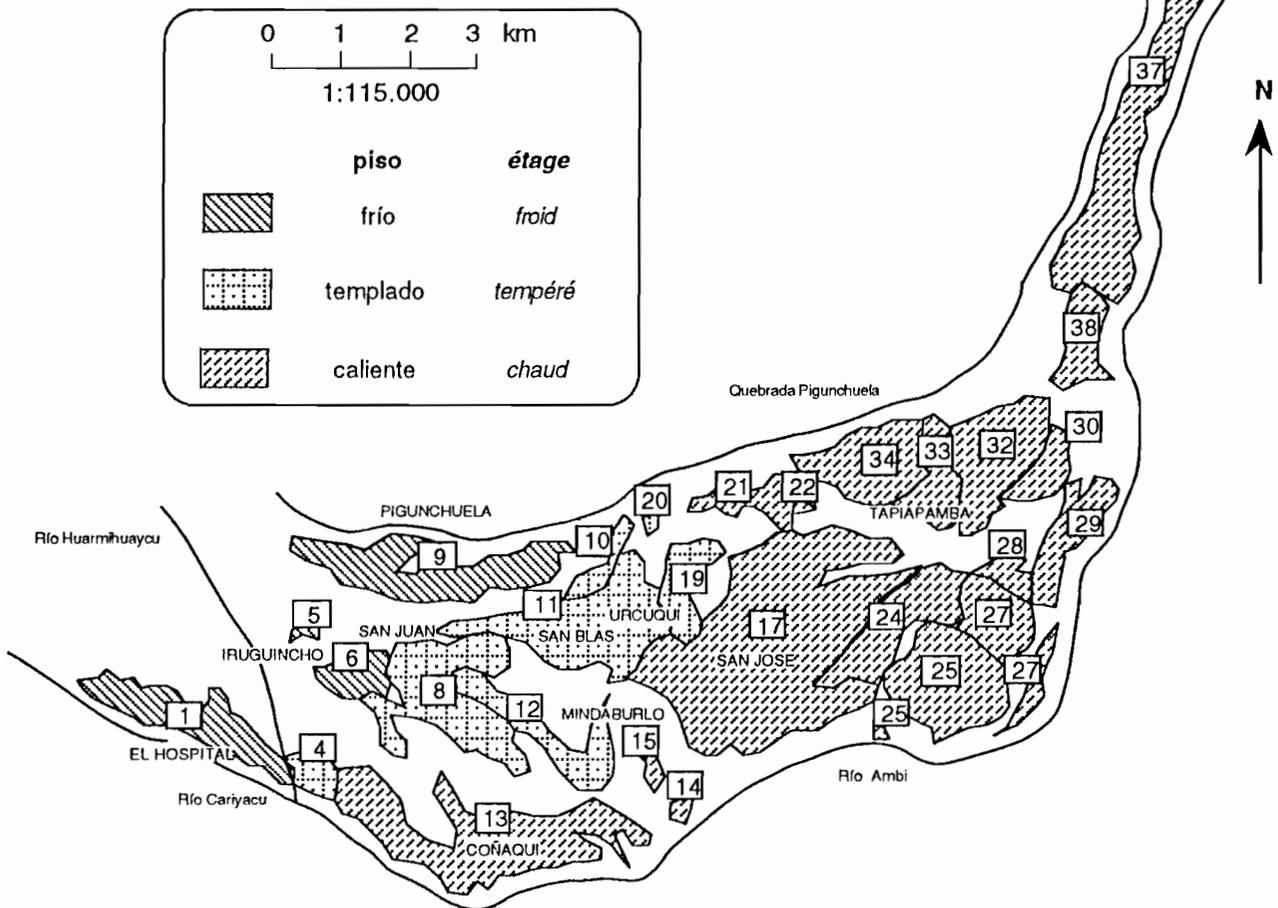


Figure 2
Plan de situation de la ZARI d'Urcuquí, espace social de l'aménagement hydro-agricole depuis 1582 jusqu'à nos jours

3. Représentation diachronique du système agraire d'Urcuquí

Du début des travaux d'aménagement à nos jours, quatre siècles se sont écoulés. Dans le nord des Andes équatoriennes, c'est dans la deuxième partie du XVI^e siècle que 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 fleuve Huarmihuaycu puis Carihauyacu. 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 canal du village d'Urcuquí 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 qui se résout par un partage des droits au profit de ces derniers contre la prise en charge de la maintenance du canal de 15 km 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 de 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, ainsi que 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 aux 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.

4. Représentation synchronique du système agraire irrigué d'Urcuquí

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 un projet nouveau d'irrigation (transfert par tunnel de 12 km 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 distribution des eaux d'irrigation par réduction des activités de maintenance.

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 — *fréjol* —) (Fig 3). La productivité est faible en termes de rendement, de revenu du travail et de capital d'exploitation. 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 (trésorerie, marchés). La situation conjoncturelle des taux de change entre la Colombie voisine et l'Équateur, a gonflé le secteur spéculatif spécifiquement sur le haricot sec.

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 (voir Fig 4).

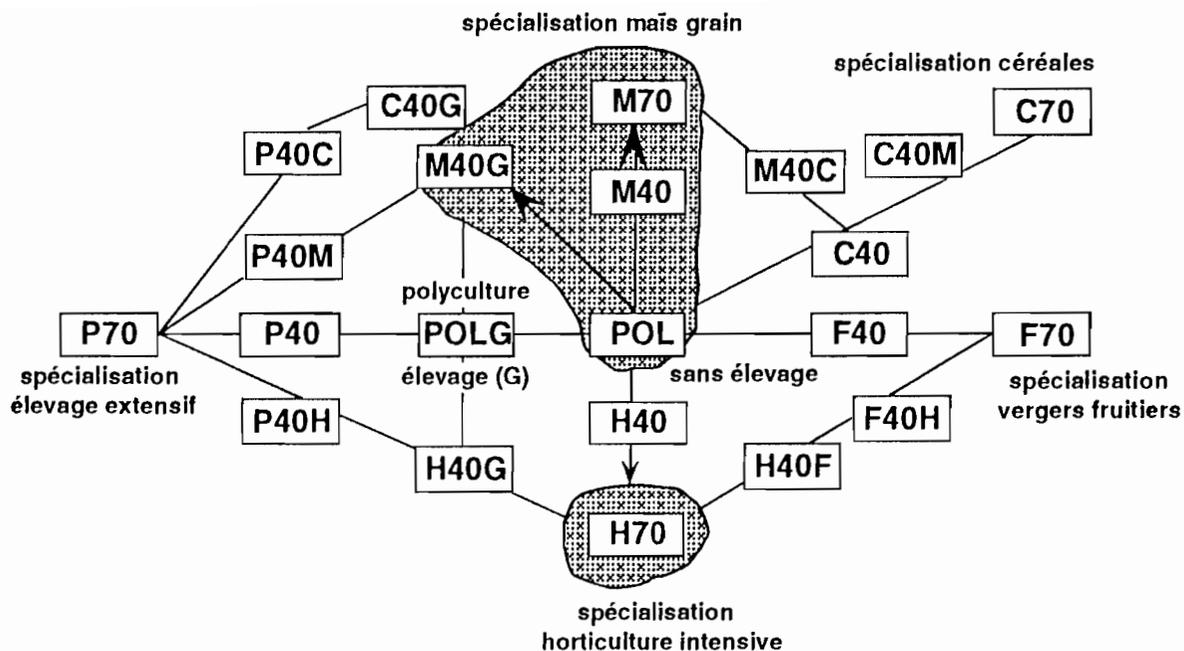


Figure 5
Modèles de production des petites exploitations paysannes
dans l'étage tempéré du bassin du Mira

L'axe horizontal représente le travail - L'axe vertical le capital.
C = céréales - 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

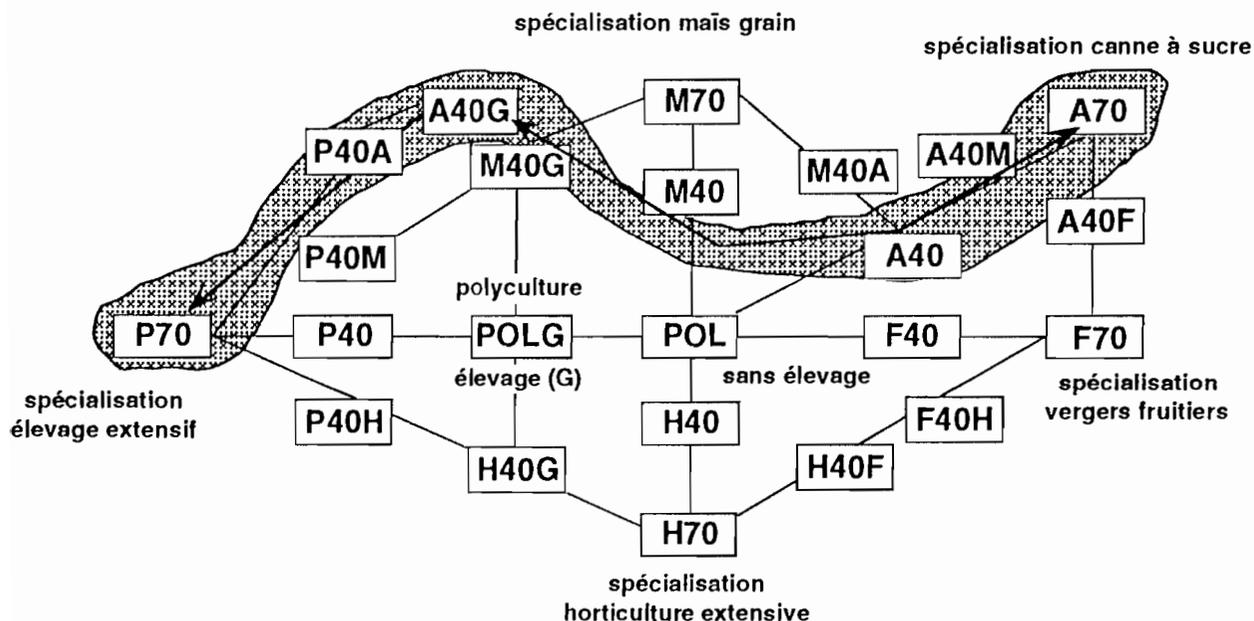


Figure 4
Modèles de production des haciendas de l'étage subtropical
dans le bassin du Mira (Équateur)

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) — voir annexe 2.

La matrice des coefficients techniques a été constituée à partir des données statistiques et d'enquêtes, et de suivis menés à Urcuquí et dans la région du Nord de l'Équateur (projet ORSTOM-INERHI). 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, etc.

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.

Les résultats des simulations sont les suivants :

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

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

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 repli 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.

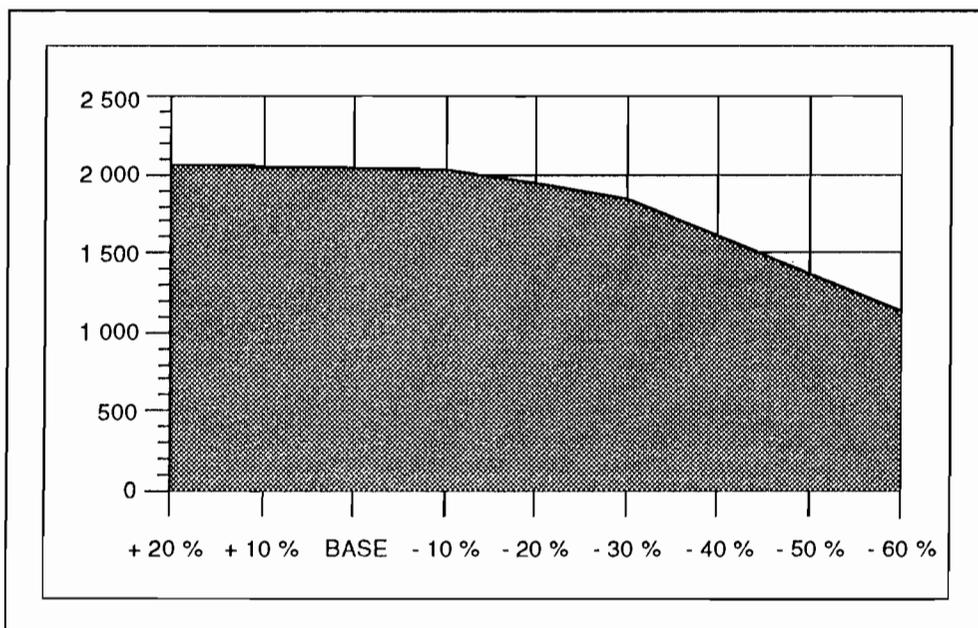


Figure 5
Évolution du revenu global agricole (tous étages confondus)
 unité : milliers de USD

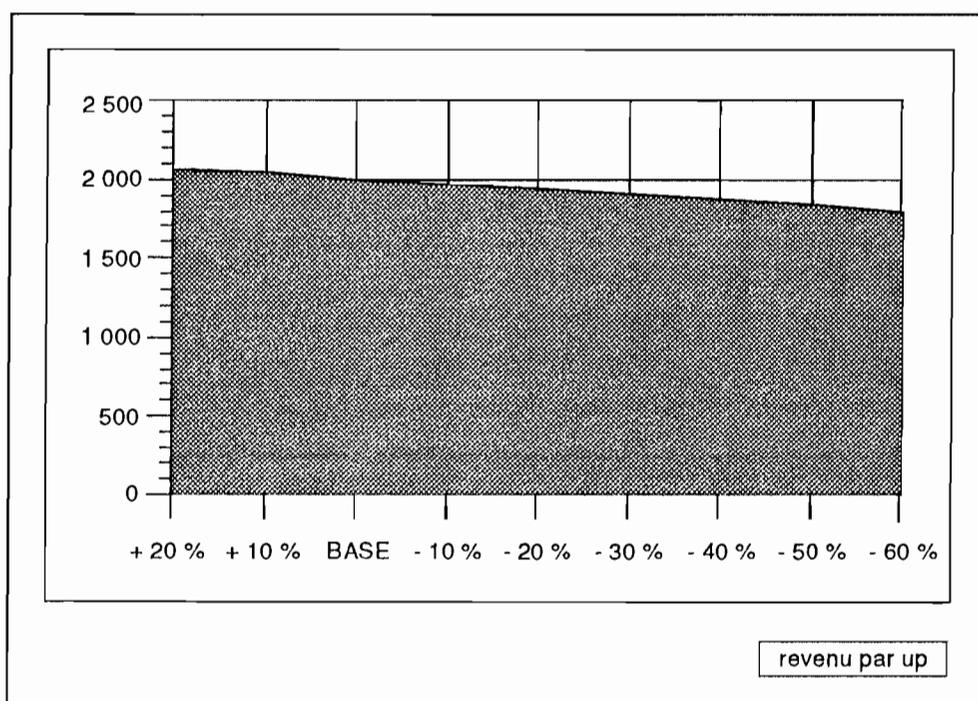


Figure 6
Revenu agricole net moyen par UPA dans l'étage froid (hors autoconsommation)
 unité : milliers de USD

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.

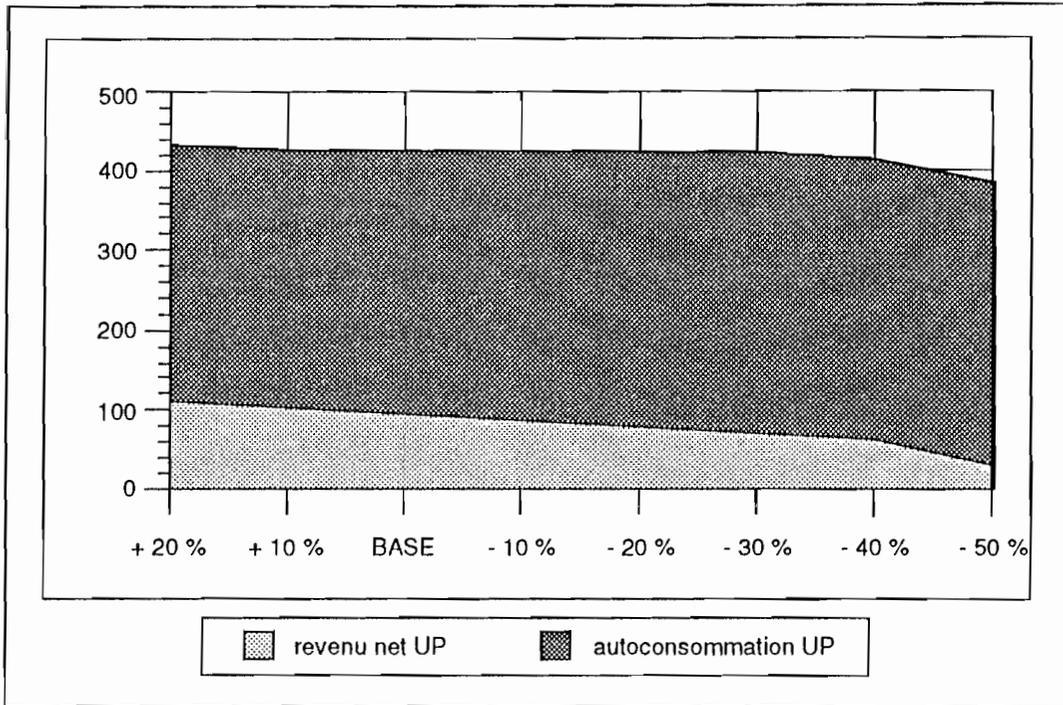


Figure 7
 Revenu agricole net moyen et autoconsommation par UPA dans l'étage tempéré
 unité : USD

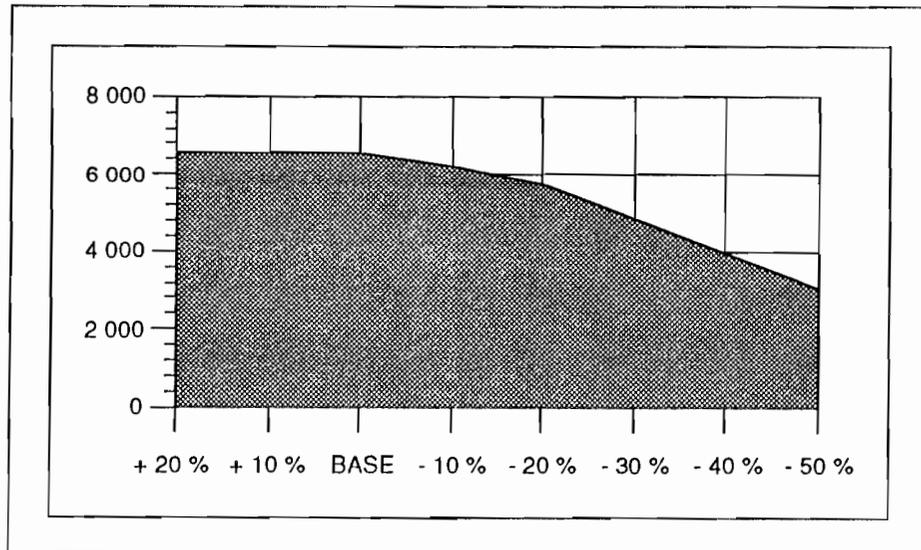


Figure 8
 Revenu agricole net moyen par UPA de l'étage subtropical
 unité : USD

Dans tous les cas, il existe des risques de pertes de récolte importants 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, régulation 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.

Dans l'étage subtropical, la combinaison d'activités où dominant 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 de 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.

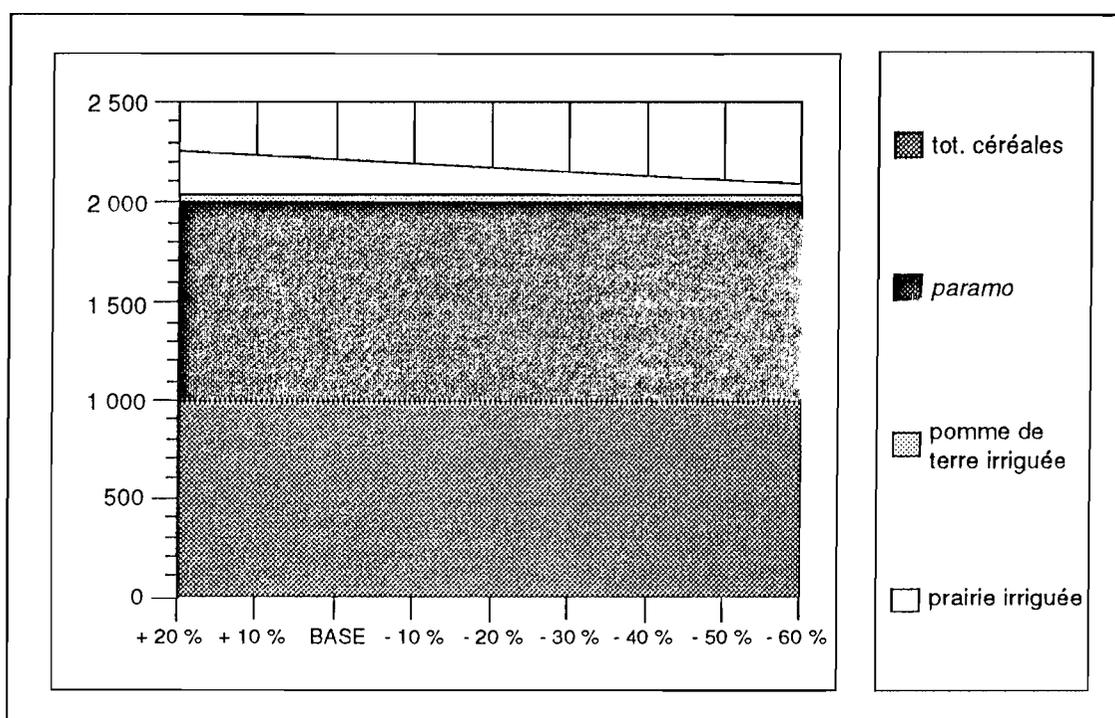


Figure 9
Évolution de l'assolement de l'étage froid en fonction des dotations en eau

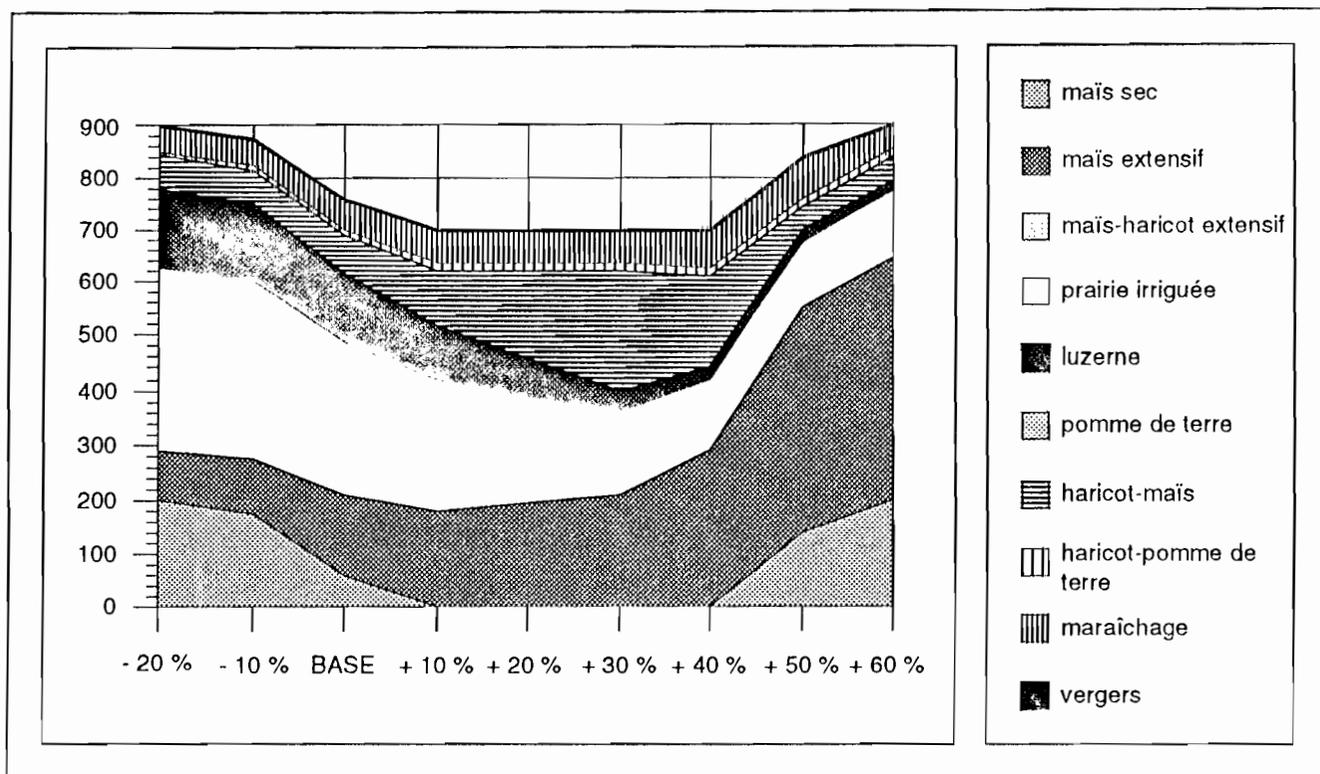


Figure 10
Évolution de l'assolement dans l'étage tempéré en fonction des dotations en eau

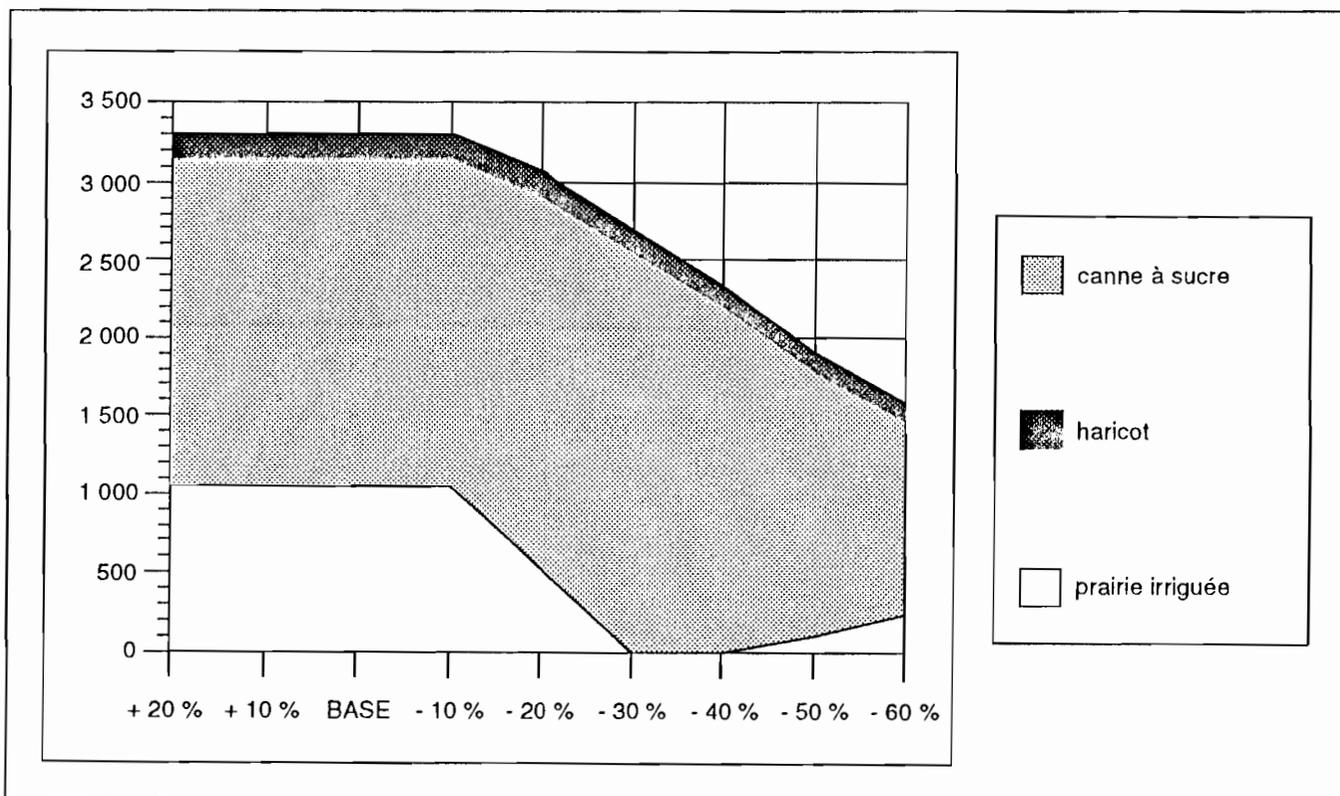


Figure 11
Évolution de l'assolement de l'étage subtropical chaud en fonction des dotations en eau

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 sur les relations entre différents espaces et systèmes. Elle autorise une actualisation et une révision relativement facile des simulations.

En Équateur, le projet ORSTOM-INNERHI 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-Pilahuín.

2. Les limites de la modélisation

L'édifice mathématique de la programmation 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. Cependant — nous avons déjà insisté là-dessus —, en cas de changement de système agraire, rupture de relations de production, changement démographique brutal, etc., il faut construire un nouveau modèle.

BIBLIOGRAPHIE

BÉDOUCHA, G. (1984), *L'eau, l'amie du puissant*, Ed. Lhomond, Paris.

BOSERUP, E. (1970), *Évolution agraire et pression démographique*, Flammarion, Nouvelle Bibliothèque Scientifique, Paris, 222 p.

BROOKE, A., KENDRICK, D., MEERAUS, A., (1988), *GAMS (General Algebraic Modeling System), a user's guide*, BIRD, The Scientific Press, Redwood City, USA, 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*, Brace & Co., Harcourt, New York.

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

MAZOYER, M., (1985), *Rapport de synthèse du comité « Systèmes Agraires »*, Min. Recherche et Technologie, Paris, 16 p.

LE GOULVEN, P., RUF, T., RIBADENEIRA, H., (1990), *Principaux problèmes du diagnostic sur les réseaux traditionnels andins en Équateur*, comm. séminaire « Manejo del agua y adecuación de las tecnologías en la región andina », Cajamarca, Pérou, 21-26 janvier 1990, 13 p. (fr., esp.).

RUF, T., (1990), *Agricultures dans le bassin du Mira, essai sur une classification et une caractérisation des modèles de production andins*, document de travail, projet INNERHI-ORSTOM, Quito.

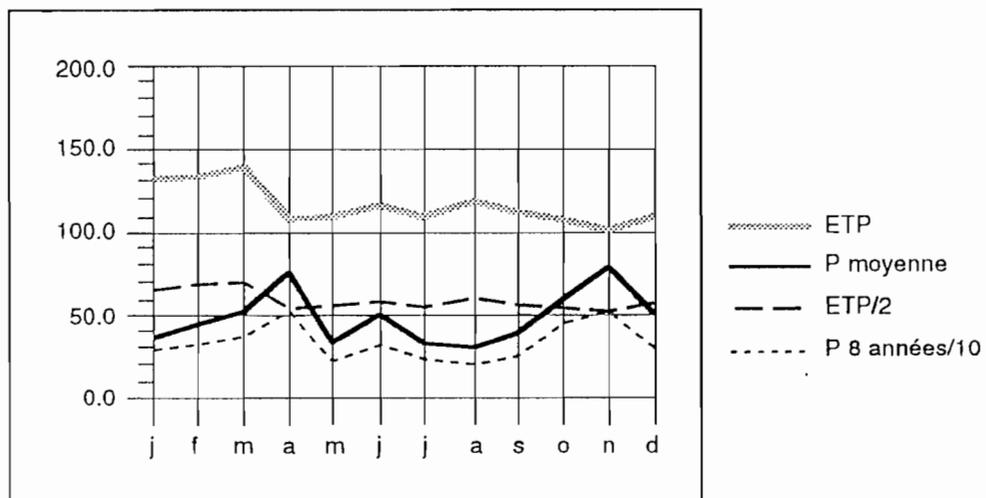
WITTFOGEL, (1933, 1956 2^e édition), *Le despotisme asiatique*, Éditions de minuit, Paris.

ANNEXE 1

	P moyenne	P (8 ans/10)	ETP mm mois	ETP/2	ETP mm jour
janvier	39.0	28.0	132.0	66.0	4.4
février	46.0	32.0	135.0	67.5	4.5
mars	52.0	36.0	141.0	70.5	4.7
avril	75.0	52.0	108.0	54.0	3.6
mai	33.0	23.0	111.0	55.5	3.7
juin	50.0	32.0	117.0	58.5	3.9
juillet	34.0	24.0	111.0	55.5	3.7
août	32.0	20.0	120.0	60.0	4.0
septembre	40.0	25.0	114.0	57.0	3.8
octobre	60.0	45.0	108.0	54.0	3.6
novembre	80.0	52.0	105.0	52.5	3.5
décembre	50.0	33.0	111.0	55.5	3.7
total	591.0	402.2	1 413.0		

ETP calculée par la méthode de Hargreaves
(altitude de référence : 2 000 m)

déficit hydrique annuel : 822.00
 déficit hydrique moyen : 68.50
 déficit hydrique 8 années/10 : 1 011.00
 déficit hydrique mensuel 8/10 : 84.25



PROGRAMA BASICO de la ZARI d'URCUQUI (Cuenca del MIRA)
PROGRAMME de BASE de la ZARI d'URCUQUI (bassin du MIRA)

\$TITLE modelo urcuqui

\$OFFUPPER

OPTION LIMROW =120, ITERLIM =1000, RESLIM =15;

* SABATIER J.L., RUF T. & LE GOULVEN P., juin 1991

SETS I

* *ensemble de toutes les activites*

* conjunto de todas las actividades

* *ensemble activites agri et elevage etage froid*

* conjunto actividades agropecuarias piso frio

/ F-PARAMO, F-PNAT, F-PN-REG, F-TRIGO, F-CEBADA, F-PP-REG,
F-BOVINO, F-PUERCO,
F-PERDIDO, F-PERDIAN,
F-SCULSEC, F-SCULREG,

* *ensemble population familles paysans journaliers etage froid*

* conjunto poblacion familias campesinas jornaleros piso frio

F-UP-FAM, F-POBLA, F-POB-FAM, F-POB-JOR,

* *ensemble activites echanges alimentaires etage froid*

* conjunto actividades intercambios alimenticios piso frio

F-CONS-CER, F-VENT-CER,
F-COMP-ARR,
F-CONS-PAP, F-VENT-PAP,
F-CONS-LEC, F-VENT-LEC,
F-CONS-CAR, F-VENT-CAR,

* *ensemble activites consommations intermediaires etage froid*

* conjunto actividades consumos intermediarios piso frio

F-DF-INT, F-DF-APZ,
F-ABON-N, F-ABON-P, F-ABON-K, F-FITOS,
F-BUEYES, F-TRACTOR,

* *ensemble activites agri et elevage etage tempere*

* conjunto actividades agropecuarias piso templado

T-PN-REG, T-ALFALFA, T-MAIZ-SEC, T-MAIZ-OCT,
T-MAIZ-JUI, T-FREJ-MAR, T-MAFR-OCT, T-PAPA-FEB,
T-FRE-MAIZ, T-FRE-PAPA,
T-HORTALIZ, T-HUERTA,
T-BOVINO, T-PUERCO,
T-PERDIDO, T-PERDIAN,
T-SCULSEC, T-SCULREG,

* *ensemble population familles paysans journaliers etage tempere*

* conjunto poblacion familias campesinas jornaleros piso templado

T-UP-FAM, T-POBLA, T-POB-FAM, T-POB-JOR,

* *ensemble activités échanges alimentaires etage tempere*

* conjunto actividades intercambios alimenticios piso templado

T-CONS-CER, T-VENT-CER, T-CE-JFRIO,
T-CONS-CHO, T-VENT-CHO,
T-COMP-ARR,
T-CONS-PAP, T-VENT-PAP,
T-CONS-FRE, T-VENT-FRE,
T-CONS-LEG, T-VENT-LEG,
T-CONS-FRU, T-VENT-FRU,
T-CONS-LEC, T-VENT-LEC,
T-CONS-CAR, T-VENT-CAR,

* *ensemble activites consommations intermediaires etage tempere*

* conjunto actividades consumos intermediarios piso templado

T-DF-INT, T-DF-AFZ,
T-ABON-N, T-ABON-P, T-ABON-K, T-FITOS,
T-BUEYES, T-TRACTOR,

* *ensemble activites agri elevage etage chaud*

* conjunto actividades agropecuarias piso caliente

C-PN-REG, C-ALFALFA, C-CANA, C-MAIZ,
C-FREJOL, C-FRE-MAIZ,
C-HUERTA, C-HORTALIZ,
C-BOVINO,
C-PERDIDO, C-PERDIAN,
C-SCULREG,

* *ensemble population familles paysans journaliers etage chaud*

* conjunto poblacion familias campesinas jornaleros piso caliente

C-UP-FAM, C-POBLA, C-POB-FAM, C-POB-JOR,

* *ensemble activites échanges alimentaires etage chaud*

* conjunto actividades intercambios alimenticios piso caliente

C-CONS-CHO, C-VENT-CHO,
C-COMP-ARR, C-ARR-JEXT,
C-CONS-FRE, C-VENT-FRE,
C-VENT-CAN,
C-CONS-LEG, C-VENT-LEG,
C-CONS-FRU, C-VENT-FRU,
C-CONS-LEC, C-VENT-LEC,
C-CONS-CAR, C-VENT-CAR,

* *ensemble des activites consommations intermediaires etage chaud*

* conjunto de actividades consumos intermediarios piso caliente

C-DF-INT, C-DF-AFZ,
C-ABON-N, C-ABON-P, C-ABON-K, C-FITOS,
C-BUEYES, C-TRACTOR,

* *ensemble activites irrigation tous etages*

* conjunto actividades riego todos pisos

F-IRRI-INV, F-IRRI-VER,
T-IRRI-INV, T-IRRI-VER,
C-IRRI-INV, C-IRRI-VER,

* *ensemble echanges generaux journaliers entre etages*

* conjunto intercambios jornaleros entre pisos

F-VDJ-INT, F-VDJ-TEMP, F-VDJ-CALI,
T-VDJ-INT, T-VDJ-CALI,
C-VDJ-INT, C-CDJ-EXT /

J

* *ensemble de tous les inputs de la matrice finale*

* conjunto de todos los insumos de la matriz final

* *etage froid* piso frio

* *equations utilisation superficie agricole utile*

* ecuaciones uso superficie agricola util

/ F-HAPARAMO, F-HA-SECOS, F-HACULSEC,
F-HA-REGAD, F-HACULREG,

* *equations estimation risques par pertes hectares et unites animales*

* ecuaciones estimacion riesgos por perdidas hectareas y unidades animales

F-HAPERDID, F-UAPERDID,

* *equations demande en eau en saison des pluies et en saison seche*

* ecuaciones demanda en aguas en invierno y en verano

F-M3-INV, F-M3-VER,

* *equations calcul populations*

* ecuaciones calculo poblaciones

F-NUM-UP, F-HOMBRES, F-EQ-JOR, F-HOM-FAM,

* *equations calcul journees travail paysans et journaliers*

* ecuaciones calculo dias de trabajo campesinos y jornaleros

F-DIAS-FAM, F-DIAS-PAG,

* *equations besoins en intrants agricoles*

* ecuaciones necesidades en insumos agricolas

F-HORA-MEC, F-HORA-YUN,
F-KG-N, F-KG-P, F-KG-K, F-USD-FITO,

* *equations calcul des productions agricoles et fourrageres*

* ecuaciones calculo de producciones agricolas y forrajeras

F-UNID-FOR,
F-PRO-CER, F-PRO-PAPA, F-PRO-LECH, F-PRO-CARN,

- * *etage tempere* piso templado
- * *equations utilisation superficie agricole utile*
- * ecuaciones uso superficie agricola util
T-HA-SECOS, T-HACULSEC, T-HA-REGAD, T-HACULREG,
- * *equations estimation risques avec pertes hectares et unites animales*
- * ecuaciones estimacion riesgos con perdidas hectareas y unidades animales
T-HAPERDID, T-UAPERDID,
- * *equations demande en eau en saison des pluies et en saison seche*
- * ecuaciones demanda en agua en invierno y en verano
T-M3-INV, T-M3-VER,
- * *equations calcul populations*
- * ecuaciones calculo poblaciones
T-NUM-UP, T-HOMBRES, T-EQ-JOR, T-HOM-FAM,
- * *equations calcul journees travail paysans et journaliers*
- * ecuaciones calculo días trabajo campesinos y jornaleros
T-DIAS-FAM, T-DIAS-PAG,
- * *equations calculs intrants agricoles divers*
- * ecuaciones calculo varios insumos agricolas
T-HORA-MEC, T-HORA-YUN,
T-KG-N, T-KG-P, T-KG-K, T-USD-FITO,
- * *equations production fourragere et contrainte minimum prairie*
- * ecuaciones produccion forrajera y limite minimo pasto
T-UNID-FOR, T-HAPARC,
- * *equations productions agricoles*
- * ecuaciones produccion agricola
T-PRO-CER, T-PRO-PAPA,
T-PRO-CHOC,
T-PRO-FRE, T-PRO-LEG, T-PRO-FRU,
T-PRO-LECH, T-PRO-CARN,
- * *etage chaud* piso caliente
- * *equations utilisation superficie agricole utile*
- * ecuaciones uso superficie agricola util
C-HA-REGAD, C-HACULREG,
- * *equations estimation risques par perte hectares et unites animales*
- * ecuaciones estimacion riesgos por perdidas hectareas y unidades animales
C-HAPERDID, C-UAPERDID,
- * *equations demande en eau en saison des pluies et en saison seche*
- * ecuaciones demanda en aguas por invierno y verano
C-M3-INV, C-M3-VER,
- * *equations calcul populations*
- * ecuaciones calculo poblaciones
C-NUM-UP, C-HOMBRES, C-EQ-JOR, C-HOM-FAM,

- * *equations calculs journees travail paysans et journaliers*
- * ecuaciones calculo dias de trabajo campesinos y jornaleros
C-DIAS-FAM, C-DIAS-PAG,

- * *equations calcul intrants agricoles divers*
- * ecuaciones calculo varios insumos agricolas
C-HORA-MEC, C-HORA-YUN,
C-KG-N, C-KG-P, C-KG-K, C-USD-FITO,

- * *equations calcul production fourragere et contrainte prairie mini*
- * ecuaciones calculo produccion forrajera y limite minimo pasto
C-UNID-FOR, C-HAPARC,

- * *equations calcul productions agricoles*
- * ecuaciones calculo producciones agricolas
C-PRO-CHOC, C-PRO-FRE, C-PRO-CANA,
C-PRO-LEG, C-PRO-FRU,
C-PRO-LECH, C-PRO-CARN,

- * *ensemble bilans echanges equilibres*
- * conjunto balances intercambios equilibrios

- * *etage froid* piso frio

- * *bilans de travail*
- * balances de trabajo
F-EQ-WFAM, F-LIM-WF, F-EQ-WJOR, F-LIM-VDJE,

- * *bilans alimentaires*
- * balances alimenticios
F-KGARR-CO, F-BAL-CER,
F-BAL-PAPA,
F-BAL-LEC, F-BAL-CAR,

- * *bilans hydriques demande inferieure a offre en eau systemes irrigation*
- * balances hidricos demanda inferior a oferta en agua sistemas de riego
F-RIEGO-IN, F-RIEGO-VE,

- * *etage tempere* piso templado

- * *bilans de travail*
- * balances de trabajo
T-EQ-WFAM, T-LIM-WF, T-EQ-WJOR, T-LIM-VDJE,

- * *bilans alimentaires*
- * balances alimenticios
T-KGARR-CO, T-KGCE-JE,
T-BAL-CER, T-BAL-CHO,
T-BAL-PAPA,
T-BAL-FRE,
T-BAL-LEG, T-BAL-FRU,
T-BAL-LEC, T-BAL-CAR,

* *bilans hydriques demande inferieure a offre en eau systemes irrigation*

* *balances hidricos demanda inferior oferta en agua sistemas de riego*

T-RIEGO-IN, T-RIEGO-VE,

* *etage chaud piso caliente*

* *bilans de travail*

* *balances de trabajo*

C-EQ-WFAM, C-LIM-WF, C-EQ-WJOR, C-LIM-CDJ,

* *bilans alimentaires*

* *balances alimenticios*

C-KGARR-CO, C-KGARR-JE, C-BAL-CER,

C-BAL-FRE,

C-BAL-LEG, C-BAL-FRU,

C-BAL-LEC, C-BAL-CAR,

* *bilans hydriques demande inferieure a offre en eau systemes irrigation*

* *balances hidricos demanda inferior a oferta en agua sistemas de riego*

C-RIEGO-IN, C-RIEGO-VE / ;

* *fin de la declaration des activites et des inputs de la matrice finale*

* *fin de la declaracion de las actividades y insumos de la matriz final*

* debut entree des donnees techniques et des regles et bilans
 * par sous matrices successives que le programme utilise pour
 * construire la matrice generale du modele
 * rappel les activites et inputs sont codes avec une lettre place en tete
 * etage froid avec un F etage tempere avec un T etage chaud avec un C

* principio entrada de datos tecnicos y de las reglas y balances
 * por submatrices sucesivas que el programa usa para contruir la
 * matriz general del modelo
 * recuerda las actividades y insumos son codificados con una letra
 * a principio
 * piso frio con un F piso templado con un T piso caliente con un C

* liste des tableaux
 * lista de los marcos

TABLE FRI01 (*, *)

* activites agri elevage et inputs correspondants
 * actividades agropecuarias e insumos correspondientes

	F-SCULSEC	F-SCULREG					
F-HA-SECOS	-1						
F-HA-REGAD			-1				
F-HACULSEC	1						
F-HACULREG			1				
F-DIAS-FAM			5				
F-DIAS-PAG			5				
		F-PNAT	F-PN-REG	F-TRIGO	F-CEBADA	F-PP-REG	F-BOVINO
F-HAPARAMO							1
F-HA-SECOS	1			1	1		
F-HA-REGAD			1			1	
F-HAPERDID	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.8	
F-UAPERDID							-0.3
F-M3-INV		1260				350	
F-M3-VER		1240				410	
F-DIAS-FAM	1	1	35	30	100	3	0.1
F-DIAS-PAG	3	10	15	10	40	7	0.1
F-HORA-MEC			2	2	2		
F-HORA-YUN			1	1	4		-70
F-KG-N			10	5	65		
F-KG-P			30	15	120		
F-KG-K			10	5	75		
F-USD-FITO					100		
F-UNID-FOR	-500	-1900	-380	-350			1900
F-PRO-CER			-950	-850			
F-PRO-PAPA					-5000		
F-PRO-LECH							-500
F-PRO-CARN							-150
		F-PERDIDO	F-PERDIAN				
F-HAPERDID		1					

F-UAPERDID		1			
	+	F-PUERCO	F-UP-FAM	F-POBLA	F-POB-FAM
F-NUM-UP			1		
F-HOMBRES				1	
F-EQ-JOR			5	-1	5
F-HOM-FAM			-5		1
F-DIAS-FAM		38			
F-UNID-FOR		600			
F-PRO-PAPA		300			
F-PRO-CARN		-100	;		

TABLE TEMP1 (*, *)

* *activites agri elevage et inputs correspondants*
 * actividades agropecuarias e insumos correspondientes

	T-SCULSEC	T-SCULREG			
T-HA-SECOS	-1				
T-HA-REGAD		-1			
T-HACULSEC	1				
T-HACULREG		1			
T-DIAS-FAM		7			
T-DIAS-PAG		7			

	T-PN-REG	T-ALFALFA	T-MAIZ-OCT	T-MAIZ-JUI	T-FREJ-MAR
T-HA-REGAD	1	1	1	1	1
T-HAPERDID	-0.1	-0.5	-0.1	-0.3	-0.4
T-M3-INV	360	2950	630	380	400
T-M3-VER	3830	7000	0	1330	1250
T-DIAS-FAM	10	65	40	45	55
T-DIAS-PAG	5	85	15	20	20
T-HORA-MEC	0.1	0.5	2	2	2
T-HORA-YUN	0	0	1	2	2
T-KG-N	10	0	0	15	20
T-KG-P	0	15	0	5	5
T-KG-K	0	10	0	5	10
T-USD-FITO					30
T-UNID-FOR	-1800	-4600	-300	-200	-300
T-HAPARC	-1				
T-PRO-CER			-1200	-200	0
T-PRO-CHOC				-1800	0
T-PRO-FRE					-800

+	T-MAFR-OCT	T-PAPA-FEB	T-MAIZ-SEC
T-HA-SECOS			1
T-HA-REGAD	1	1	
T-HAPERDID	-0.2	-0.8	-0.5
T-M3-INV	360	680	
T-M3-VER	730	910	
T-DIAS-FAM	45	60	35
T-DIAS-PAG	20	60	10
T-HORA-MEC	2	6	2
T-HORA-YUN	2	8	1
T-KG-N	95	20	
T-KG-P	20	60	
T-KG-K	5	20	
T-USD-FITO	20	60	
T-UNID-FOR	-300	0	-150
T-PRO-CER			-450
T-PRO-CHOC	-1400	0	
T-PRO-PAPA	0	-6000	
T-PRO-FRE	-200		

+	T-FRE-MAIZ	T-FRE-PAPA
T-HA-REGAD	1	1
T-HAPERDID	-0.6	-0.7
T-M3-INV	1080	940
T-M3-VER	2270	2470
T-DIAS-FAM	65	65
T-DIAS-PAG	50	105
T-HORA-MEC	6	8
T-HORA-YUN	4	10
T-KG-N	35	85
T-KG-P	10	125
T-KG-K	35	85
T-USD-FITO	50	90
T-UNID-FOR	-400	-200
T-PRO-CHOC	-2200	
T-PRO-PAPA		-6000
T-PRO-FRE	-800	-600

+	T-HUERTA	T-HORTALIZ	T-BOVINO	T-PUERCO
T-HA-REGAD	1	1		
T-HAPERDID	-0.5	-0.8		
T-UAPERDID			-0.2	-0.2
T-M3-INV	2000	3500		
T-M3-VER	5000	6000		
T-HOMBRES				
T-DIAS-FAM	120	200	5	38
T-DIAS-PAG	40	300	1	
T-HORA-MEC	2	12	0	
T-HORA-YUN	2	12	-50	
T-KG-N	80	200		
T-KG-P	50	150		
T-KG-K	30	100		
T-USD-FITO	50	250		
T-UNID-FOR	-600	-100	2100	500
T-HAPARC			0.5	0.125
T-PRO-CER	-100			50
T-PRO-CHOC	-100			250
T-PRO-PAPA				150
T-PRO-LEG	-1000	-10000		
T-PRO-FRU	-5000			
T-PRO-LECH			-1000	
T-PRO-CARN			-80	-120

+	T-PERDIDO	T-PERDIAN
T-HAPERDID	1	
T-UAPERDID		1

+	T-UP-FAM	T-POBLA	T-POB-FAM	T-POB-JOR
T-NUM-UP	1			
T-HOMBRES		1		
T-EQ-JOR	5	-1		5
T-HOM-FAM	-5		1	

TABLE CALI1 (*, *)

* *activites agri elevage et inputs correspondants*
 * *actividades agropecuarias e insumos correspondientes*

	C-SCULREG					
C-HA-REGAD	-1					
C-HACULREG	1					
C-DIAS-FAM	3					
C-DIAS-PAG	17					
+	C-PN-REG	C-ALFALFA	C-CANA	C-MAIZ	C-FREJOL	C-FRE-MAIZ
C-HA-REGAD	1	1	1	1	1	1
C-HAPERDID	-0.1	-0.5	-0.1	-0.4	-0.4	-0.6
C-M3-INV	3200	6800	2730	1000	1770	2770
C-M3-VER	4650	8100	4440	1350	750	2100
C-DIAS-FAM	5	30	20	25	30	60
C-DIAS-PAG	10	100	60	35	50	90
C-HORA-MEC	0	0.5	20	2	2	6
C-HORA-YUN	0	0	0	2	2	4
C-KG-N	20	0	90	45	95	140
C-KG-P	0	30	0	15	20	35
C-KG-K	0	20	0	15	5	20
C-USD-FITO				15	40	55
C-SEM-FRE					80	80
C-UNID-FOR	-3500	-4800	-800	-400	-200	-500
C-HAPARC	-1					
C-PRO-CHOC				-2000		-2000
C-PRO-FRE					-1100	-1000
C-PRO-CANA			-75000			
+	C-HUERTA	C-HORTALIZ	C-BOVINO			
C-HA-REGAD	1	1				
C-HAPERDID	-0.6	-0.8				
C-UAPERDID					-0.1	
C-M3-INV	3190	4250				
C-M3-VER	6660	6820				
C-DIAS-FAM	30	150			6	
C-DIAS-PAG	80	400			5	
C-HORA-MEC	4	4				
C-HORA-YUN	0	8			-50	
C-KG-N	0	100				
C-KG-P	0	60				
C-KG-K	0	30				
C-USD-FITO	50	250				
C-UNID-FOR	-1000	-800			2500	
C-HAPARC					0.5	
C-PRO-FRU	-6000					
C-PRO-LEG		-15000				
C-PRO-LECH					-1800	
C-PRO-CARN					-90	
+	C-PERDIDO	C-PERDIAN				
C-HAPERDID	1					
C-UAPERDID		1				

	+	C-UP-FAM	C-POBLA	C-POB-FAM	C-POB-JOR	
C-NUM-UP		1				
C-HOMBRES			1			
C-EQ-JOR		5	-1		5	
C-HOM-FAM		-5		1		;

TABLE FRIO2 (*, *)

* *activites echanges alimentaires et inputs*
 * *actividades intercambios alimenticios e insumos*

		F-CONS-CER	F-VENT-CER		
F-PRO-CER		1	1		
	+	F-CONS-PAP	F-VENT-PAP		
F-PRO-PAPA		1	1		
	+	F-CONS-LEC	F-VENT-LEC	F-CONS-CAR	F-VENT-CAR
F-PRO-LECH		1	1		
F-PRO-CARN				1	1

TABLE TEMP2 (*, *)

* *activites echanges alimentaires et inputs*
 * *actividades intercambios alimenticios e insumos*

		T-CONS-CER	T-VENT-CER	T-CE-JFRIO	
T-PRO-CER		1	1	1	
	+	T-CONS-CHO	T-VENT-CHO		
T-PRO-CHOC		1	1		
	+	T-CONS-PAP	T-VENT-PAP		
T-PRO-PAPA		1	1		
	+	T-CONS-FRE	T-VENT-FRE		
T-PRO-FRE		1	1		
	+	T-CONS-LEG	T-VENT-LEG		
T-PRO-LEG		1	1		
	+	T-CONS-FRU	T-VENT-FRU		
T-PRO-FRU		1	1		
	+	T-CONS-LEC	T-VENT-LEC	T-CONS-CAR	T-VENT-CAR
T-PRO-LECH		1	1		
T-PRO-CARN				1	1

TABLE CALI2 (*, *)

* *activites echanges alimentaires et inputs*
 * actividades intercambios alimenticios e insumos

	C-CONS-CHO	C-VENT-CHO		
C-PRO-CHOC	1	1		
+	C-CONS-FRE	C-VENT-FRE	C-VENT-CAN	
C-PRO-FRE	1	1		
C-PRO-CANA			1	
+	C-CONS-LEG	C-VENT-LEG	C-CONS-FRU	C-VENT-FRU
C-PRO-LEG	1	1		
C-PRO-FRU			1	1
+	C-CONS-LEC	C-VENT-LEC	C-CONS-CAR	C-VENT-CAR
C-PRO-LECH	1	1		
C-PRO-CARN			1	1 ;

TABLE FRI03 (*, *)

* *activites consommations intermediaires et inputs*
 * actividades consumos intermediarios e insumos

	F-DF-INT	F-VDJ-INT		
F-DIAS-FAM	-1			
F-DIAS-PAG		-1		
+	F-ABON-N	F-ABON-P	F-ABON-K	F-FITOS
F-KG-N	-1			
F-KG-P		-1		
F-KG-K			-1	
F-USD-FITO				-1
+	F-BUEYES	F-TRACTOR		
F-DIAS-FAM	10			
F-DIAS-PAG	10			
F-HORA-MEC		-1		
F-HORA-YUN	-100			
F-UNID-FOR	2000			;

TABLE TEMP3 (*, *)

* *activites consommations intermediaires et inputs*
 * actividades consumos intermediarios e insumos

	T-DF-INT	T-VDJ-INT	F-VDJ-TEMP	
T-DIAS-FAM	-1			
T-DIAS-PAG		-1	-1	
+	T-ABON-N	T-ABON-P	T-ABON-K	T-FITOS
T-KG-N	-1			
T-KG-P		-1		
T-KG-K			-1	
T-USD-FITO				-1

+	T-BUEYES	T-TRACTOR	
T-DIAS-FAM	10		
T-DIAS-PAG	5		
T-HORA-MEC		-1	
T-HORA-YUN	-100		
T-UNID-FOR	2000		;

TABLE CALI3 (*, *)

* *activites consommations intermediaires et inputs*
 * *actividades consumos intermediarios e insumos*

	C-DF-INT	C-VDJ-INT	F-VDJ-CALI	T-VDJ-CALI	C-CDJ-EXT
C-DIAS-FAM	-1				
C-DIAS-PAG		-1	-1	-1	-1

+	C-ABON-N	C-ABON-P	C-ABON-K	C-FITOS
C-KG-N	-1			
C-KG-P		-1		
C-KG-K			-1	
C-USD-FITO				-1

+	C-BUEYES	C-TRACTOR	
C-DIAS-FAM	3		
C-DIAS-PAG	17		
C-HORA-MEC		-1	
C-HORA-YUN	-100		
C-UNID-FOR	2000		;

TABLE FRIO4 (*, *)

* *equilibres etage froid*
 * *equilibrios piso frio*

	F-POB-FAM	F-DF-INT	F-DF-APZ
F-EQ-WFAM	-90	1	1
F-BAL-CER			-4
F-LIM-WF		-1	1

+	F-POB-JOR	F-VDJ-INT	F-VDJ-TEMP	F-VDJ-CALI
F-EQ-WJOR	-300	1	1	1
F-LIM-VDJE		-2	1	1
F-BAL-CER			-3	-3

+	F-CONS-CER	F-COMP-ARR
F-KGARR-CO		-1
F-BAL-CER	-1	-1

+	F-CONS-PAP
F-BAL-PAPA	-1

+	F-CONS-LEC	F-CONS-CAR
F-BAL-LEC	-1	
F-BAL-CAR		-1

+	F-POBLA
F-KGARR-CO	40
F-BAL-CER	120
F-BAL-PAPA	180
F-BAL-LEC	100
F-BAL-CAR	10

TABLE TEMP4 (*, *)

* *equilibres etage tempere*
 * equilibrios piso templado

	T-POB-FAM	T-DF-INT	T-DF-AFZ
T-EQ-WFAM	-80	1	1
T-BAL-CER			-4
T-LIM-WF		-1	1

+	T-POB-JOR	T-VDJ-INT	T-VDJ-CALI	F-VDJ-TEMP	T-CE-JFRIO
T-EQ-WJOR	-300	1	1		
T-LIM-VDJE		-2	1		
T-BAL-CER			-3		
T-KGCE-JE				3	-1

+	T-CONS-CER	T-COMP-ARR	T-CONS-PAP
T-KGARR-CO		-1	
T-BAL-CER	-1	-1	
T-BAL-PAPA			-1

+	T-CONS-FRE	T-CONS-LEG	T-CONS-FRU	T-CONS-LEC	T-CONS-CAR
T-BAL-FRE	-1				
T-BAL-LEG		-1			
T-BAL-FRU			-1		
T-BAL-LEC				-1	
T-BAL-CAR					-1

+	T-POBLA
T-KGARR-CO	50
T-BAL-CER	200
T-BAL-PAPA	10
T-BAL-FRE	10
T-BAL-LEG	10
T-BAL-FRU	10
T-BAL-LEC	50
T-BAL-CAR	20

TABLE CALI4 (*, *)

* *equilibres etage chaud*
 * *equilibrios piso caliente*

	C-POB-FAM	C-DF-INT	C-DF-AFZ		
C-EQ-WFAM	-50	1	1		
C-BAL-CER			-6		
C-LIM-WF		-1	1		
+	C-POB-JOR	C-VDJ-INT	C-CDJ-EXT	F-VDJ-CALI	T-VDJ-CALI
C-EQ-WJOR	-300	1			
C-LIM-CDJ			1		
C-KGARR-JE			3	3	3
+	C-COMP-ARR	C-ARR-JEXT			
C-KGARR-CO	-1				
C-KGARR-JE		-1			
C-BAL-CER	-1				
+	C-CONS-FRE	C-CONS-LEG	C-CONS-FRU		
C-BAL-FRE	-1				
C-BAL-LEG		-1			
C-BAL-FRU			-1		
+	C-CONS-LEC	C-CONS-CAR			
C-BAL-LEC	-1				
C-BAL-CAR		-1			
+	C-POBLA				
C-KGARR-CO	200				
C-BAL-CER	200				
C-BAL-FRE	60				
C-BAL-LEG	40				
C-BAL-FRU	35				
C-BAL-LEC	75				
C-BAL-CAR	30				

TABLE FIRRI (*, *)

* *demande en eau etage froid*
 * *demanda en agua piso frio*

	F-IRRI-INV	F-IRRI-VER
F-M3-INV	-1	
F-M3-VER		-1

TABLE TIRRI (*, *)

* *demande en eau etage tempere*
 * *demanda en agua piso templado*

	T-IRRI-INV	T-IRRI-VER
T-M3-INV	-1	
T-M3-VER		-1

TABLE CIRRI (*, *)
 * *demande en eau etage chaud*
 * *demanda en agua piso caliente*

	C-IRRI-INV	C-IRRI-VER
C-M3-INV	-1	
C-M3-VER		-1

TABLE FEIRRI (*, *)
 * *limite demande offre etage froid*
 * *limite demanda oferta piso frio*

	F-IRRI-INV	F-IRRI-VER
F-RIEGO-IN	1	
F-RIEGO-VE		1 ;

TABLE TEIRRI (*, *)
 * *limite demande offre etage tempere*
 * *limite demanda oferta piso templado*

	T-IRRI-INV	T-IRRI-VER
T-RIEGO-IN	1	
T-RIEGO-VE		1 ;

TABLE CEIRRI (*, *)
 * *limite demande offre etage chaud*
 * *limite demanda oferta piso caliente*

	C-IRRI-INV	C-IRRI-VER
C-RIEGO-IN	1	
C-RIEGO-VE		1 ;

* *fin de la declaration des donnees techniques sous forme matricielle intermediaire*
 * *fin de la declaracion de los datos tecnicos bajo forma matricial intermedia*

* *declaration et construction de la matrice finale appelee resul*
 * *declaracion y construccion de la matriz final llamada resul*

PARAMETER RESULT(J, I) ;

RESULT(J, I) = FRI01(J, I) + FRI02(J, I) + FRI03(J, I) + FRI04(J, I)
 + TEMP1(J, I) + TEMP2(J, I) + TEMP3(J, I) + TEMP4(J, I)
 + CALI1(J, I) + CALI2(J, I) + CALI3(J, I) + CALI4(J, I)
 + FIRRI(J, I) + FEIRRI(J, I)
 + TIRRI(J, I) + TEIRRI(J, I)
 + CIRRI(J, I) + CEIRRI(J, I) ;

* *declaration de parametres quantitatifs nommes scalars*
* *declaracion de parametros cantitativos llamados scalars*

```
SCALARS  FPOBLA , FUP , FBINF , FQTCNC , FSUPSEC , FPARAMO , FCPERD  
          TPOBLA , TUP , TBINF , TQTCNC , TSUPSEC , TUPERD  
          CPOBLA , CUP , CDJ , CBINF , CQTCNC , CCPERD
```

* *valeurs des parametres dont certains seront variables des simulations*
* *valores de los parametros cuyos algunos seran factores de simulaciones*

```
FUP=100 ;  
FPOBLA=1000 ;  
FBINF=500 ;  
FQTCNC=50 ;  
FSUPSEC=1000 ;  
FPARAMO=1000 ;  
FCPERD=0.3 ;
```

```
TUP=225 ;  
TPOBLA=3000 ;  
TBINF=700 ;  
TSUPSEC=200 ;  
TQTCNC=400 ;  
TUPERD=0.4 ;
```

```
CUP=300 ;  
CPOBLA=2000 ;  
CDJ=1 ;  
CBINF=3300 ;  
CQTCNC=2100 ;  
CCPERD=0.5 ;
```

* *ordre apparition matrice generale dans le listing de resultats*
* *orden aparicion matriz general en la lista de resultados*

```
DISPLAY  RESUL ;
```

* *definition des coefficients techniques ct pour les seconds termes des equations somme xi =<> ct cas general ct est nul*

* *definicion de los coeficientes tecnicos ct para los segundos terminos de las ecuaciones suma xi =<> ct caso general ct es zero*

```
PARAMETER      CT(J) ;

CT(J) = 0 ;
CT('F-HAPARAMO') = FPARAMO      ;
CT('F-HACULSEC') = FSUPSEC      ;
CT('F-HACULREG') = FBINF        ;
CT('F-NUM-UP') = FUP            ;
CT('F-HOMBRES') = FPOBLA       ;
CT('F-RIEGO-IN') = (FCPERD*FQTCONC*86.4)*182.5 ;
CT('F-RIEGO-VE') = CT('F-RIEGO-IN') ;
CT('T-HACULSEC') = TSUPSEC      ;
CT('T-HACULREG') = TBINF        ;
CT('T-NUM-UP') = TUP            ;
CT('T-HOMBRES') = TPOBLA       ;
CT('T-RIEGO-IN') = (TCPERD*TQTCONC*86.4)*182.5 ;
CT('T-RIEGO-VE') = CT('T-RIEGO-IN') ;
CT('C-HACULREG') = CBINF        ;
CT('C-NUM-UP') = CUP            ;
CT('C-HOMBRES') = CPOBLA       ;
CT('C-LIM-CDJ') = CDJ*CPOBLA*50 ;
CT('C-RIEGO-IN') = (CCPERD*CQTCONC*86.4)*182.5 ;
CT('C-RIEGO-VE') = CT('C-RIEGO-IN') ;
```

* *definition du vecteur economique objet affectant a chaque activite*
* *un cout ou un prix (en negatif) exprime en dollars us*

* *definicion del vector economico objet dando a cada actividad un*
* *costo o un precio (en negativo) en dolares usa*

PARAMETER	OBJET(I)	T-MAFR-OCT	55	C-PN-REG	45
/F-PARAMO	0	T-PAPA-FEB	75	C-ALFALFA	80
F-PNAT	3	T-FRE-MAIZ	85	C-CANA	45
F-PN-REG	20	T-FRE-PAPA	140	C-MAIZ	25
F-TRIGO	30	T-HORTALIZ	300	C-FREJOL	15
F-CEBADA	30	T-HUERTA	300	C-FRE-MAIZ	40
F-PP-REG	100	T-BOVINO	5	C-HUERTA	450
F-BOVINO	2	T-PUERCO	40	C-HORTALIZ	270
F-PUERCO	36	T-UP-FAM	0	C-BOVINO	20
F-UP-FAM	0	T-POBLA	0	C-UP-FAM	0
F-POBLA	0	T-POB-FAM	0	C-POBLA	0
F-POB-FAM	0	T-POB-JOR	0	C-POB-FAM	0
F-POB-JOR	0	T-CONS-CER	0	C-POB-JOR	0
F-CONS-CER	0	T-CE-JFRIO	0	C-CONS-CHO	0
F-VENT-CER	-0.25	T-VENT-CER	-0.25	C-VENT-CHO	-0.15
F-COMP-ARR	0.35	T-CONS-CHO	0	C-COMP-ARR	0.35
F-CONS-PAP	0	T-VENT-CHO	-0.15	C-ARR-JEXT	0.35
F-VENT-PAP	-0.10	T-COMP-ARR	0.35	C-CONS-FRE	0
F-CONS-LEC	0	T-CONS-PAP	0	C-VENT-FRE	-0.37
F-VENT-LEC	-0.20	T-VENT-PAP	-0.10	C-VENT-CAN	-0.015
F-CONS-CAR	0	T-CONS-FRE	0	C-CONS-LEG	0
F-VENT-CAR	-1.5	T-VENT-FRE	-0.37	C-VENT-LEG	-0.15
F-DF-INT	0	T-CONS-LEG	0	C-CONS-FRU	0
F-DF-AFZ	0	T-VENT-LEG	-0.15	C-VENT-FRU	-0.10
F-YDJ-INT	0	T-CONS-FRU	0	C-CONS-LEC	0
F-YDJ-TEMP	0	T-VENT-FRU	-0.10	C-VENT-LEC	-0.2
F-YDJ-CALI	0	T-CONS-LEC	0	C-CONS-CAR	0
F-ABON-N	0.4	T-VENT-LEC	-0.20	C-VENT-CAR	-1.5
F-ABON-P	0.4	T-CONS-CAR	0	C-DF-INT	0
F-ABON-K	0.4	T-VENT-CAR	-1.5	C-DF-AFZ	0
F-FITOS	1	T-DF-INT	0	C-YDJ-INT	0
F-BUEYES	100	T-DF-AFZ	0	C-CDJ-EXT	1
F-TRACTOR	10	T-YDJ-INT	0	C-ABON-N	0.4
F-IRRI-INV	0.0030	T-YDJ-CALI	0	C-ABON-P	0.4
F-IRRI-VER	0.0015	T-ABON-N	0.4	C-ABON-K	0.4
F-SCULREG	0	T-ABON-P	0.4	C-FITOS	1
F-SCULSEC	0	T-ABON-K	0.4	C-BUEYES	200
F-PERDIDO	150	T-FITOS	1	C-TRACTOR	15
F-PERDIAN	60	T-BUEYES	100	C-IRRI-INV	0.002
		T-TRACTOR	10	C-IRRI-VER	0.002
T-PN-REG	20	T-IRRI-INV	0.004	C-SCULREG	0
T-ALFALFA	130	T-IRRI-VER	0.002	C-PERDIDO	200
T-MAIZ-SEC	10	T-SCULREG	0	C-PERDIAN	60 / ;
T-MAIZ-OCT	20	T-SCULSEC	0		
T-MAIZ-JUI	40	T-PERDIDO	150		
T-FREJ-MAR	45	T-PERDIAN	60		

* *ordre apparition des coefficients techniques ct (seconds termes equations)*
* *et du vecteur economique objet dans le listing des resultats*

* orden aparicion de los coeficientes tecnicos ct (segundos terminos de las
* ecuaciones) y del vector economico objet en la lista de resultados

```
DISPLAY CT;  
DISPLAY OBJET;
```

* *definition parametre rho pour indiquer le sens des equations*
* definicion parametro rho para indicar el sentido de las ecuaciones

* *par convention* por convencion
* *0 indique <=* 0 indica <=
* *1 indique >=* 1 indica >=
* *2 indique =* 2 indica =

```
PARAMETER RHO (J) ;
```

RHO('F-HA-REGAD')=2 ;	RHO('T-HAPERDID')=2 ;	RHO('T-USD-FITO')=2 ;
RHO('F-HA-SECOS')=2 ;	RHO('T-UAPERDID')=2 ;	RHO('C-HA-REGAD')=2 ;
RHO('F-HAPARAMO')=0 ;	RHO('T-M3-INV')=2 ;	RHO('C-HACULREG')=0 ;
RHO('F-HACULREG')=0 ;	RHO('T-M3-VER')=2 ;	RHO('C-HAPERDID')=2 ;
RHO('F-HACULSEC')=0 ;	RHO('T-NUM-UP')=2 ;	RHO('C-UAPERDID')=2 ;
RHO('F-HAPERDID')=2 ;	RHO('T-HOMBRES')=2 ;	RHO('C-M3-INV')=2 ;
RHO('F-UAPERDID')=2 ;	RHO('T-EQ-JOR')=2 ;	RHO('C-M3-VER')=2 ;
RHO('F-M3-INV')=2 ;	RHO('T-HOM-FAM')=2 ;	RHO('C-NUM-UP')=2 ;
RHO('F-M3-VER')=2 ;	RHO('T-LIM-WF')=0 ;	RHO('C-HOMBRES')=2 ;
RHO('F-NUM-UP')=2 ;	RHO('T-HORA-MEC')=2 ;	RHO('C-EQ-JOR')=2 ;
RHO('F-HOMBRES')=2 ;	RHO('T-KG-N')=2 ;	RHO('C-HOM-FAM')=2 ;
RHO('F-EQ-JOR')=2 ;	RHO('T-KG-P')=2 ;	RHO('C-LIM-WF')=0 ;
RHO('F-HOM-FAM')=2 ;	RHO('T-KG-K')=2 ;	RHO('C-LIM-CDJ')=0 ;
RHO('F-LIM-WF')=0 ;	RHO('T-HORA-YUN')=0 ;	RHO('C-HORA-MEC')=2 ;
RHO('F-HORA-MEC')=2 ;	RHO('T-DIAS-FAM')=2 ;	RHO('C-KG-N')=2 ;
RHO('F-KG-N')=2 ;	RHO('T-DIAS-PAG')=2 ;	RHO('C-KG-P')=2 ;
RHO('F-KG-P')=2 ;	RHO('T-UNID-FOR')=0 ;	RHO('C-KG-K')=2 ;
RHO('F-KG-K')=2 ;	RHO('T-HAPARC')=2 ;	RHO('C-HORA-YUN')=0 ;
RHO('F-HORA-YUN')=0 ;	RHO('T-PRO-CER')=2 ;	RHO('C-DIAS-FAM')=2 ;
RHO('F-DIAS-FAM')=2 ;	RHO('T-PRO-CHOC')=2 ;	RHO('C-DIAS-PAG')=2 ;
RHO('F-DIAS-PAG')=2 ;	RHO('T-PRO-PAPA')=2 ;	RHO('C-UNID-FOR')=0 ;
RHO('F-UNID-FOR')=0 ;	RHO('T-PRO-FRE')=2 ;	RHO('C-HAPARC')=2 ;
RHO('F-PRO-CER')=2 ;	RHO('T-PRO-LEG')=2 ;	RHO('C-PRO-CHOC')=2 ;
RHO('F-PRO-PAPA')=2 ;	RHO('T-PRO-FRU')=2 ;	RHO('C-PRO-FRE')=2 ;
RHO('F-PRO-LECH')=2 ;	RHO('T-PRO-LECH')=2 ;	RHO('C-PRO-CANA')=2 ;
RHO('F-PRO-CARN')=2 ;	RHO('T-PRO-CARN')=2 ;	RHO('C-PRO-LEG')=2 ;
RHO('F-EQ-WFAM')=0 ;	RHO('T-EQ-WFAM')=0 ;	RHO('C-PRO-FRU')=2 ;
RHO('F-EQ-WJOR')=0 ;	RHO('T-EQ-WJOR')=0 ;	RHO('C-PRO-LECH')=2 ;
RHO('F-LIM-VDJE')=0 ;	RHO('T-LIM-VDJE')=0 ;	RHO('C-PRO-CARN')=2 ;
RHO('F-BAL-CER')=2 ;	RHO('T-BAL-CER')=2 ;	RHO('C-EQ-WFAM')=0 ;
RHO('F-BAL-PAPA')=2 ;	RHO('T-BAL-CHO')=2 ;	RHO('C-EQ-WJOR')=0 ;
RHO('F-BAL-LEC')=2 ;	RHO('T-BAL-PAPA')=2 ;	RHO('C-BAL-CER')=2 ;
RHO('F-BAL-CAR')=2 ;	RHO('T-BAL-FRE')=2 ;	RHO('C-BAL-FRE')=2 ;
RHO('F-RIEGO-IN')=0 ;	RHO('T-BAL-LEG')=2 ;	RHO('C-BAL-LEG')=2 ;
RHO('F-RIEGO-VE')=0 ;	RHO('T-BAL-FRU')=2 ;	RHO('C-BAL-FRU')=2 ;
RHO('F-KGARR-CO')=1 ;	RHO('T-BAL-LEC')=2 ;	RHO('C-BAL-LEC')=2 ;
RHO('F-USD-FITO')=2 ;	RHO('T-BAL-CAR')=2 ;	RHO('C-BAL-CAR')=2 ;
RHO('T-HA-REGAD')=2 ;	RHO('T-RIEGO-IN')=0 ;	RHO('C-RIEGO-IN')=0 ;
RHO('T-HA-SECOS')=2 ;	RHO('T-RIEGO-VE')=0 ;	RHO('C-RIEGO-VE')=0 ;
RHO('T-HACULREG')=0 ;	RHO('T-KGARR-CO')=1 ;	RHO('C-KGARR-CO')=1 ;
RHO('T-HACULSEC')=0 ;	RHO('T-KGCE-JE')=2 ;	RHO('C-KGARR-JE')=2 ;
		RHO('C-USD-FITO')=2 ;

* *definition des variables inconnues*
* definiciones de las variables desconocidas

VARIABLES

X(I) *niveaux activites* niveles actividades
Z *fonction objectif* función objetivo ;

POSITIVE VARIABLE X;

* *definition des familles equations a resoudre*
* definicion de las familias ecuaciones que resolver

EQUATIONS

COST
SUPPLY1(J)
SUPPLY2(J)
SUPPLY3(J) ;

COST .. Z =E= -1*(SUM(I,OBJET(I)* X(I)));
SUPPLY1(J)\$(RHO(J) EQ 0).. SUM(I,RESUL(J,I)*X(I)) =L= CT(J);
SUPPLY2(J)\$(RHO(J) EQ 1).. SUM(I,RESUL(J,I)*X(I)) =G= CT(J);
SUPPLY3(J)\$(RHO(J) EQ 2).. SUM(I,RESUL(J,I)*X(I)) =E= CT(J);

* *ordre de resolution du modele selon une certaine optimisation*
* orden de resolucion del modelo segun una optimizacion escogida

MODEL ZARI /ALL/;
SOLVE ZARI USING LP MAXIMIZING Z;

* *ordre d'apparition des resultats des activitees optimisees et des activites rejetees par le modele dans le listing des resultats fichier.lst*

* orden de aparicion de los resultados de las actividades optimizadas y de las actividades rechazadas por el modelo en la lista de resultados fichero.lst

DISPLAY X.L,X.M;

ANNEXE 3

SIMULATION GAMS ZARURUCUQUÍ, Résultat général

dotation œu	- 20 %	- 10 %	BASE	+ 10 %	+ 20 %	+ 30 %	+ 40 %	+ 50 %	+ 60 %
population			6 000						
nombre UPA			825						
pop. fem. paysanne			3 125						
pop. journaliers			575						
revenu net de la population agricole									
total (1 000 USD)	2 073	2 069	2 064	2 060	1 983	1 850	1 602	1 335	1 028
per UPA (USD)	3 317	3 310	3 302	3 296	3 173	2 980	2 563	2 136	1 645

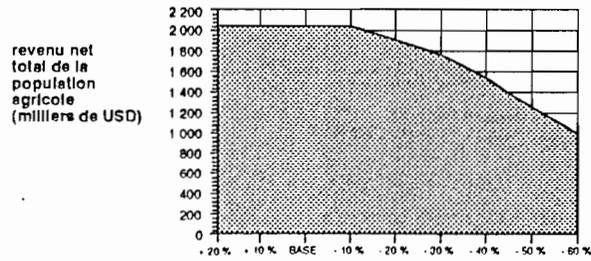


Tableau 1 - Résultat général

Simulation GAMS, ZARU Urequil. Resultados del piso frío

destacación agua	+ 20 %	+ 10 %	BASE	- 10 %	- 20 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %	- 60 %
población	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
mimero UFA	100	100	100	100	100	100	100	100	100
pop. fam. camp.	500	500	500	500	500	500	500	500	500
pop. jornaleros	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Actividades agrícolas (ha)									
trigo	478	559	640	720	0	1.000	1.000	1.000	1.000
cebada	522	441	360	279	1.000	0	0	0	0
tot. cereales	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
parame	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
papa regada	36	36	36	36	36	36	36	36	36
pasto regado	275	178	178	159	141	121	103	83	54
SAU seca	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
SAU regada	257	232	214	195	176	157	139	119	100
Evaluación riesgos (equivalente a hectáreas perdidas)									
ha con riesgos	252	248	247	245	243	241	239	237	235
UA con riesgos	154	148	143	138	129	128	122	117	111
ganado bovino (mim.)	572	495	477	460	430	427	408	389	370
ganado porcino (mim.)	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Actividades de riego (miles de metros cúbicos)									
MM3 de invierno	239	260	237	213	189	166	142	118	94
MM3 de verano	292	258	235	212	189	165	142	118	95
ACTIVIDADES ECONOMICAS									
Compras									
ton. N	12	10	11	11	7	12	12	12	12
ton. P (O)	25	28	29	30	19	34	34	34	34
ton. K	10	10	11	11	8	13	13	13	13
US\$ fertilizantes	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600
tonas tractor	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072
tonas juntas exp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Intercambios W (días de trabajo)									
Campesinos									
días W int.	39.000	39.339	39.578	39.817	36.099	40.888	40.718	40.547	40.375
días W afuera	5.899	5.660	5.422	5.183	8.990	4.111	4.280	4.453	4.624
Jornaleros									
días W int.	21.827	21.827	21.827	21.827	17.730	22.427	22.012	21.593	21.173
días W para T									
días W para C	8.173	8.173	8.173	8.173	12.269	7.572	7.987	8.407	8.825
Actividades de autoconsumo									
ton. cereales	72	73	74	75	47	31	73	77	75
ton. papa	180	180	180	180	180	180	180	180	180
ton. carne	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ton. leche	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Actividades de compra de arroz									
ton. arroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Actividades de venta de productos agrícolas									
ton. cereales	825	833	840	847	803	869	871	873	875
ton. papa									
ton. carne	57	64	62	59	54	54	51	48	45
ton. leche	156	47	39	130	115	113	104	94	85
ingreso	337.979	334.076	330.172	326.251	305.326	320.955	315.308	309.594	303.882
costos	129.544	129.383	129.091	128.768	120.259	129.428	128.288	127.151	126.006
ingreso neto	208.435	204.693	201.081	197.483	185.067	191.528	187.020	182.443	177.876
ingreso por UP	2.084	2.047	2.011	1.975	1.950	1.915	1.870	1.824	1.779
									ingreso corregido

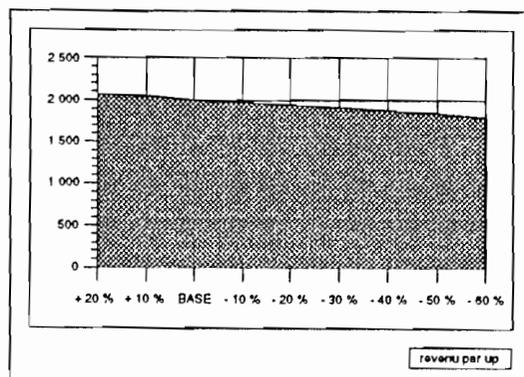
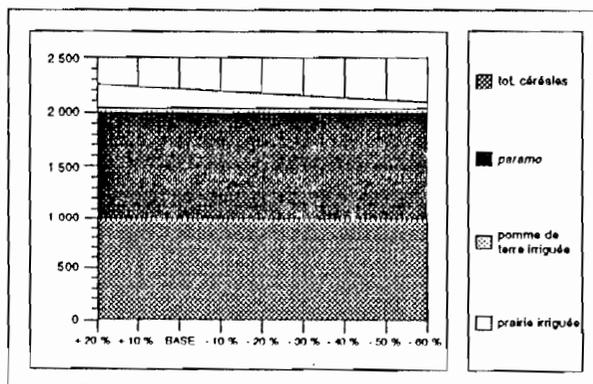


Tableau 2 - Étage froid

Unité/Pratiqué	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
population	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
nombre UPA	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
pop. fam. comp.	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
pop. jornalera	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
Actividades agrícolas (Ha)										
maíz seco	200	175	62	0	0	0	0	140	200	200
maíz extensivo	90	99	145	177	194	210	291	411	448	167
maíz fréjol extensivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
parte regadío	337	327	283	238	194	149	125	125	125	125
alfalfa	156	151	126	99	70	40	26	25	22	14
papas										
fréjol-maíz	51	64	76	109	166	224	171	45	45	336
fréjol-papas	7	7	9	10	12	14	15	15	15	15
hortalizas	44	48	56	60	58	57	66	73	39	37
huerta	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
SA U seca	200	175	62	0	0	0	0	140	200	200
SA U regadío	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Evaluación riesgos (equivalente a hectáreas perdidas)										
ha con pérdidas	300	289	236	215	232	249	224	237	241	265
UA con pérdidas	144	142	135	128	121	114	110	110	110	110
ganado bovino	659	646	528	421	316	208	150	150	150	150
ganado porcino	61	76	148	219	290	361	400	400	400	400
Actividades de riego (miles de metros cúbicos)										
MM3 de invierno	875	873	862	840	815	770	747	708	598	709
MM3 de verano	2.830	2.775	2.523	2.271	2.018	1.766	1.514	1.261	1.009	1.628
ACTIVIDADES ECONOMICAS										
Compras										
inv. N	15	16	18	20	21	22	22	19	11	22
inv. P, O	11	11	12	13	13	13	14	14	8	11
inv. K	9	9	10	12	14	15	14	11	6	17
US\$ Monetarias	14.639	15.318	18.460	21.380	24.039	26.699	26.368	21.944	12.830	27.313
horas tractor	1.650	1.660	1.707	1.896	2.251	2.606	2.555	2.410	2.157	3.342
horas yuntas										
Intercambios W										
Campechinos										
días W Int.	45.000	45.000	45.000	46.836	50.841	54.844	56.527	60.432	57.242	64.074
días W aduan.	45.000	45.000	45.000	43.161	39.158	35.155	33.472	29.567	32.757	25.925
Jornaleros										
días W Int.	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	27.752	37.500
días W para C	75.000	75.000	70.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	55.504	75.000
Actividades de autoconsumo										
ton. cereales	195	195	195	202	218	234	241	257	342	271
ton. papas	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ton. fréjol	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ton. legumbres	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ton. frutas	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ton. carne	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
ton. leche	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Actividades de venta de productos agrícolas										
ton. cereales	0	0	0	0	0	0	88	280	306	0
ton. chorizo	122	122	131	185	294	403	277	0	0	840
ton. papas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ton. fréjol	23	25	36	63	110	158	114	15	6	284
ton. legumbres	416	436	531	576	561	545	634	709	363	343
ton. frutas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ton. carne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ton. leche	509	485	378	271	165	58	0	0	0	0
Ingreso cruda	190.882	190.162	188.226	191.845	202.007	212.166	201.696	182.003	133.257	239.004
Ingreso neto	165.471	165.254	163.971	168.609	180.179	191.730	185.018	172.975	144.095	203.164
Ingreso neto UP	113	111	108	103	97	91	74	40	-48	159
autoconsumo UP	317	317	317	320	327	334	336	343	379	349
total UP	430	428	428	424	424	424	411	383	331	508

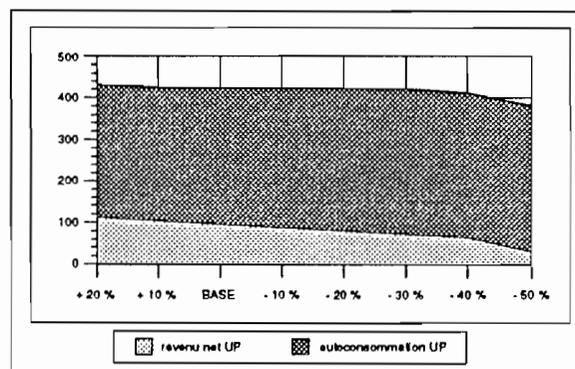
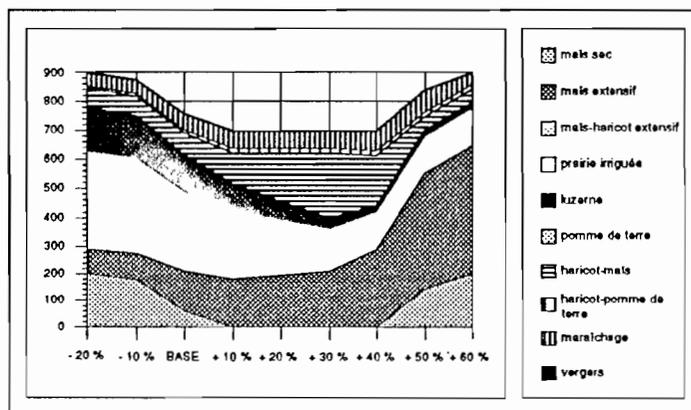


Tableau 3 - Étage tempéré

Simulación GAMS, ZARI Urcuquí. Resultados del piso caliente

distación agua	+ 20 %	+ 10 %	BASE	- 10 %	- 20 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %	- 60 %
populación	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
riñones UFA	300	300	300	300	300	300	300	300	300
prob. fam. comp.	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
prob. jornaleros	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Actividades agrícolas (ha)									
paño regado	1.055	1.055	1.055	1.055	507	0	0	66	177
alfalfa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
caña	2.119	2.119	2.119	2.119	2.408	2.566	2.193	1.752	1.262
maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
trébol	109	109	109	109	109	109	109	109	109
trébol-maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hortalizas	5	5	5	5	5	5	5	5	5
huerta	12	12	12	12	12	12	12	12	12
SAU regada	3.300	3.300	3.300	3.300	3.041	2.892	2.319	1.943	1.565
Evaluación riesgos (equivalente a hectáreas perdidas)									
ha regadas perdidas	372	372	372	372	346	312	274	237	199
UA con pérdidas	217	217	217	217	149	84	72	67	87
paración hórreo	2.170	2.170	2.170	2.170	1.495	836	717	567	687
Actividades de riesgo (miles de nuevos dólares)									
MM3 de invierno	9.413	9.413	9.413	9.413	8.449	7.258	6.240	5.244	4.265
MM3 de verano	14.510	14.510	14.510	14.510	13.245	11.589	9.933	8.278	6.823
ACTIVIDADES ECONOMICAS									
Compras									
inv. N	223	223	223	223	237	242	308	159	128
inv. F(O ₂)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
inv. K	1	1	1	1	1	1	1	1	1
US\$ bioantibiótico	5.897	5.897	5.897	5.897	5.897	5.897	5.897	5.897	5.897
invés tractor	42.671	42.671	42.671	42.671	48.455	51.608	44.150	35.334	25.530
Intercambios W									
Campesinos									
días W int.	75.000	75.000	75.000	75.000	73.218	68.839	59.548	49.625	30.246
días W afuera	0	0	0	0	1.780	6.160	15.353	25.374	35.754
Jornaleros									
días W int.	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Compras días de jornaleros desde afuera									
días plan F	8.173	8.173	8.173	8.173	12.269	7.532	7.987	8.407	8.828
días plan T	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	55.504
días ext. Z	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	99.865	70.141	37.278	21.630
Actividades de autoconsumo									
ton. trébol	120	120	120	120	120	120	120	120	120
ton. legumbres	80	80	80	80	80	80	80	80	80
ton. frutas	70	70	70	70	70	70	70	70	70
ton. carne	60	60	60	60	60	60	60	60	60
ton. leche	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Actividades de compra de arroz									
ton. arroz	400	400	400	400	389	363	307	248	185
ton. arroz jers.	550	550	550	550	562	547	459	362	258
Actividades de venta de productos agrícolas									
1.000 ton. caña	159	159	159	159	181	192	164	131	95
ton. chacha									
ton. trébol									
ton. legumbres									
ton. frutas									
ton. carne	135	135	135	135	74	15	5	0	0
ton. leche	3.756	3.756	3.756	3.756	2.541	1.355	1.140	1.050	1.050
ingresos (1.000 \$/)	3.338	3.338	3.338	3.338	3.329	3.181	2.702	2.181	1.630
costos (1.000 \$/)	1.399	1.399	1.399	1.399	1.453	1.442	1.234	1.000	748
ingreso neto (1.000 \$/)	1.940	1.940	1.940	1.940	1.876	1.739	1.468	1.181	881
ingreso IIP	6.466	6.466	6.466	6.466	6.253	5.796	4.894	3.938	2.938

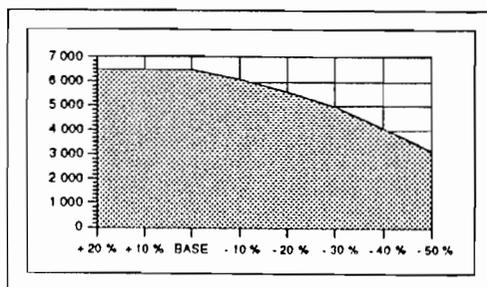
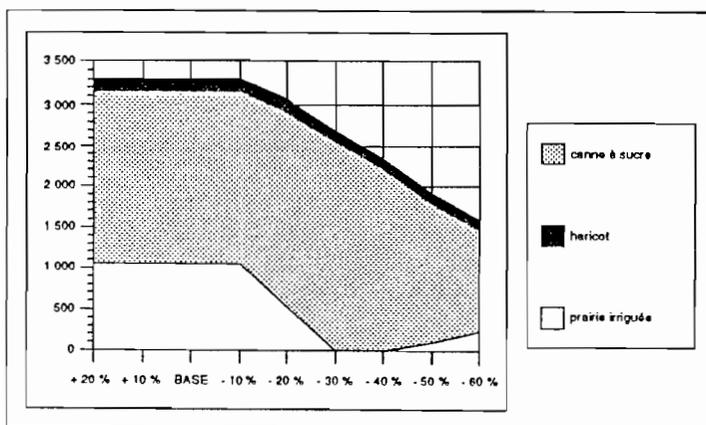


Tableau 4 - Étage chaud

In :
Revue "Memoria ", année 2, n° 2,
Institut d'Histoire et d'Anthropologie Andine
MARKA,
Quito, 1991, pp 185-282.

VISION HISTORIQUE DE L'IRRIGATION TRADITIONNELLE DANS LES ANDES EQUATORIENNES

par Thierry RUF*, Pablo NUÑEZ**

* Agro-économiste, Mission ORSTOM, Apartado 17.11.06596, Quito - Équateur
** Historien, Mission ORSTOM, Apartado 17.11.06596, Quito - Équateur

INTRODUCTION

Depuis 1987, l'INERHI et l'ORSTOM travaillent conjointement sur un programme scientifique pluridisciplinaire concernant le "fonctionnement de l'irrigation traditionnelle dans les Andes équatoriennes". Le but de cette coopération est de découvrir où se trouvent les systèmes d'irrigation particulière et quelles sont les failles de la chaîne d'opérations depuis le captage des eaux, le transport, la répartition des débits dans les périmètres d'irrigation, la distribution parmi les paysans, l'application de l'eau dans la parcelle, la gestion de l'eau dans les systèmes de production ainsi que les productivités atteintes, l'organisation sociale qui lie les utilisateurs et maintient les systèmes d'irrigation. Au sein des diverses opérations du projet, il existe un inventaire des systèmes d'irrigation (avec des cartes au 1/50 000) permettant de situer des prises d'eau, des canaux et des périmètres dans chaque bassin hydrographique des Andes. Des études particulières ont aussi été faites sur des systèmes d'irrigation représentatifs, comme à Urcuquí (bassin du Mira), Pifo-Puembo (Guayllabamba), Santa Rosa-Pilahuín et Guamote (Pastaza), Gualaceo et Ludo (Santiago) (Le Goulven, Ruf, Ribadeneira, 1987).

En étudiant les problèmes actuels de ces zones irriguées, on a découvert des structures d'irrigation complexes, des formes de partage des eaux et des techniques d'application de l'eau qui permettent de se poser des questions quant à l'irrigation et les évolutions des systèmes d'irrigation dans les Andes. C'est Anne Chenuil (1988) qui a entrepris le premier travail historique dans le secteur de Santa Rosa-Pilahuín, dans la province de Tungurahua.

A l'INERHI il existe un nombre de procès incalculables sur les concessions d'eau, mais on a recherché les procès antérieurs dans les assemblées de Santa Rosa. Nous avons trouvé, chez une famille de Santa Rosa, un texte écrit en 1945 par Gabriel Medina qui est un résumé de tous les procès et autres événements survenus, concernant les canaux d'irrigation du village. Nous avons décidé de continuer l'investigation dans les archives historiques de Tungurahua et de Quito. Au début, cette opération semblait aisée, car il s'agissait de trouver des jugements concernant l'eau, en rapport avec les zones pilotes du projet. Mais plusieurs points ont justifié l'extension de la recherche historique :

- la richesse de l'information
- l'intérêt d'étendre l'ensemble des procès, afin de comprendre l'organisation spatiale, sociale et économique de l'irrigation traditionnelle à des époques différentes.
- l'ouverture des différentes archives du pays avec l'appui de ses responsables : María Teresa Larrea (Banque Centrale d'Ambato) et Ramiro Dávila (celle de Quito), Juan Freile (Archives Nationales de Quito) et Jorge Isaac Cazorla (Banque Centrale d'Ibarra).
Le travail s'est avéré difficile car il n'y avait pas toujours de références adéquates sur les procès concernant l'eau, et particulièrement à Quito. Après catalogage des archives utiles à la recherche, le travail a consisté à lire les textes anciens, extraire l'information sur la base d'un cadre donné en notant les lieux les acteurs et les événements successifs du procès, depuis sa demande jusqu'à sa conclusion.

Les participants ont travaillé dans des villes différentes sous la coordination de Thierry Ruf :

QUITO et AMBATO : Archives Nationales et Banque Centrale
Pablo Núñez et Pablo Suárez
(et aussi Patricio Estévez comme photographe et Juan Vega U. dans l'étape de reclassification).

IBARRA : Banque Centrale
Miriam Cisneros

CUENCA : Maison de la Culture
Catherine Perroud

Cet article présente 2 contributions à la connaissance de l'histoire de l'irrigation andine équatorienne :

- **un essai de synthèse sur la problématique de l'irrigation**
- **le catalogue des Archives Nationales de Quito.**

LA PROBLÉMATIQUE HISTORIQUE DE L'IRRIGATION ANDINE EN EQUATEUR

Avant de développer les origines des systèmes d'utilisation artificielle de l'eau dans les Andes équatoriennes et d'en étudier les étapes historiques, il semble nécessaire de fournir des éclaircissements sur l'importance actuelle de l'irrigation traditionnelle.

1. IMPORTANCE DE L'IRRIGATION DANS LES ANDES ÉQUATORIENNES

Le climat des Andes

L'agriculture est actuellement pratiquée à tous les étages climatiques entre 1500 et 4000 mètres d'altitude, trois étages principaux pourvus d'infrastructures d'irrigation pouvant être distingués :

- L'étage subtropical, entre 1500 et 2200 mètres d'altitude, où la température moyenne fluctue autour de 18°C, alors que les précipitations sont très faibles (de 300 à 400 mm par an).
- L'étage tempéré, entre 2300 et 2700 mètres d'altitude, où la température moyenne fluctue autour de 15°C et où les précipitations atteignent 600 à 700 mm par an.
- L'étage froid, entre 2800 et 3300 mètres d'altitude, où la température moyenne est de moins de 13°C et où les pluies passent de 800 à 1000 mm par an.

A tous les étages, la pluviométrie n'est pas régulièrement répartie. Dans les bassins hydrographiques du Pacifique, on trouve un climat bimodal avec deux saisons des pluies et deux saisons sèches. Dans les bassins amazoniens, les sécheresses peuvent survenir au cours de l'année. Dans le sud du pays, le climat se simplifie avec une saison sèche et une saison des pluies. Enfin, dans toutes les régions, le climat est instable et varie d'une année à l'autre avec de grandes différences. La sécheresse peut se présenter à des degrés plus ou moins importants, des périodes sans pluies existant encore aux étages les plus élevés.

L'agriculture en terrain non irrigué est pratiquée à tous les étages. Le maïs, base ancienne de l'alimentation, peut être cultivé entre 200 et 3200 mètres d'altitude. Les paysans produisent aussi, sans irrigation, de l'orge, des pommes de terre, etc., mais avec des rendements faibles et parfois nuls. Sans eau d'irrigation, les pâturages naturels ne permettent pas l'alimentation des animaux, étant donné qu'en Equateur, il n'y a pas de stockage du fourrage.

Le rôle de l'irrigation

L'irrigation joue un rôle fondamental en ce qui concerne les aspects suivants :

- C'est un complément hydrique dans les cultures en terrain non irrigué.
- Elle permet de stabiliser la production de pâturages pendant toute l'année.
- Elle offre des perspectives de cultures nouvelles à des étages où on ne peut cultiver, dans la mesure où la pluviométrie est insuffisante.
- Elle permet de changer les cycles de culture et d'étendre les périodes de travaux agricoles.
- Cela donne lieu à l'intensification de l'utilisation de la terre avec une double culture annuelle.

Géographie de l'Irrigation Andine actuelle

Il existe des canaux d'irrigation anciens et modernes dans tous les grands bassins hydrographiques des Andes équatoriennes. Plus de 200 000 hectares agricoles disposent d'apports artificiels, réguliers ou exceptionnels. Les canaux modernes construits par l'initiative publique depuis 1945, ne représentent pas plus de 5 à 30% des superficies consacrées à l'irrigation. C'est à dire que l'irrigation traditionnelle maintient encore la primauté spatiale dans les Andes.

Les bassins les plus privilégiés sont ceux du centre et du nord de l'Equateur, comme les bassins du Mira, de Guayllabamba et de Pastaza. Les hauts bassins de Cañar et de Jubones possèdent de grandes superficies irriguées, tout comme la vallée de Catamayo dans la province de Loja.

Exemple d'une zone irriguée : Urcuquí dans le bassin de la rivière Mira

Urcuquí est un village situé à l'étage tempéré, à 2300 mètres d'altitude, sur les contreforts du massif de Piñan. Le village existait déjà avant l'arrivée des espagnols. Lors de la visite de 1946, il y avait déjà deux communautés, celle d'"Ulcoqui" et celle de "Yacelga" (Freile, 1981). Aujourd'hui, environ 6000 habitants vivent sur deux paroisses : Urcuquí et San Blas. La composition ethnique est très variée : des indigènes dans la zone haute, des métis dans la zone tempérée, des mulâtres et des noirs dans la zone basse.

L'espace irrigué est situé entre les affluents de la rivière Mira, le Cariyacu au sud et le Pingunchuela au nord. Cet espace comprend 28 périmètres irrigués (zones sous infrastructure hydraulique) avec une superficie de 5000 hectares, irriguée par une vingtaine de canaux qui prennent naissance dans 28 prises, dont le débit approximatif est de 3,5 mètres cubes par seconde.

L'étage tempéré possède des canaux d'irrigation dont les prises d'eau sont situées dans le haut bassin de la rivière Cariyacu. Le périmètre de culture des petits paysans de San Blas est alimenté par le canal d'irrigation "Grande de Caciques", tandis que les haciendas disposent généralement de leur propre canal (Coñaquí, Mindaburlo, El Molino, San Eloy, Pisagancho).

Dans cet étage, les cultures principales sont : le maïs, le haricot, les pâturages naturels et artificiels. On y cultive aussi la pomme de terre, certains légumes (carottes, tomates) et des fruits. Les cultures se partagent les eaux du canal entre San Blas (140 ha) et Urcuquí (180 ha). Dans chaque paroisse, une répartition des eaux est organisée selon les droits de chacun des 600 utilisateurs.

Dans l'étage subtropical, on trouve d'autres canaux d'irrigation gérés par les propriétaires d'haciendas et destinés à l'irrigation de leurs plantations de canne à sucre et de leurs pâturages.

Plusieurs questions concernant l'origine et la gestion des infrastructures d'irrigation sont formulées à partir de ce cas-là. Parmi celles-ci, figurent la question qui est de savoir où et quand l'utilisation de l'eau a débuté, sous quelles formes, quelles connaissances techniques ? De quelle façon a été établi un réseau de canaux d'irrigation si complexe ? Comment l'irrigation se faisait-elle à l'époque préhispanique, coloniale et républicaine ? A chaque époque, quels sont les critères de décision pour la construction d'un canal ? Qui l'exécute ? Comment est effectuée la répartition des eaux ? Qui en organise l'opération et l'entretien ? Qui dirige les conflits concernant les eaux ? De quelle façon les groupes ethniques, indigènes, métisses et espagnols ont-ils eu accès à l'irrigation ? Qu'en est-il aujourd'hui de cet héritage ? Il est vrai que l'accès aux eaux d'irrigation a toujours été et demeure toujours une source de conflit. Aujourd'hui, la gestion de l'irrigation traditionnelle ne peut être comprise si l'on ne tient pas compte des références au passé en ce qui concerne le système d'irrigation. On aborde ici le thème des sources d'information.

2. SOURCES POUR L'HISTOIRE DE L'IRRIGATION ANDINE EN EQUATEUR

Le pouvoir central politico-judiciaire depuis le XVI^e siècle

Lorsque les espagnols conquérèrent ces territoires en 1532, ils se proposèrent de dominer tout d'abord le couloir interandin. Les incas avaient adopté la même attitude, 70 ans auparavant, imposant leur pouvoir politique et militaire, et dominant la résistance indigène lors de la fameuse bataille de Yahuarcocha, au nord de l'actuelle ville d'Ibarra. C'est ainsi qu'à la fin du XVI^e siècle, tout le territoire de l'actuel Equateur fut soumis à l'autorité politique, militaire, religieuse et linguistique, d'abord par le Régime Incaïque et ensuite par l'autorité Royale Espagnole.

En 1830, après une courte période post-coloniale d'unification de la Grande Colombie, l'Ancienne Audience Royale de Quito proclame son indépendance; débute alors la période républicaine. Le pouvoir politique insiste sur la préservation de l'autoritarisme central, spécialement grâce au fonctionnement de l'appareil judiciaire, maillon essentiel des décisions politiques, sociales et économiques. La domination des juges et des avocats dans la vie publique prolonge le système colonial qui avait instauré toute une série de lois et de règlements destinés à gérer l'économie, selon les principes de l'appareil judiciaire : accusation, défense, sentence, en mettant par écrit tous les processus administratifs, les déclarations des acteurs et des témoins, les conclusions et les décisions.

Les procès concernant les eaux

C'est l'analyse des "procès concernant les eaux" qui est sans aucun doute la principale source pour l'étude de l'irrigation en Equateur. Dans ces procès, on trouve divers types d'information : géographique, sociale, agraire, toponymique, juridique et même hydraulique, puisque dans certains documents, on explique la façon de construire les canaux d'irrigation et d'organiser la répartition des débits. Toute cette variété informative permettra au chercheur de se rapprocher du thème et de mieux comprendre le problème de l'irrigation.

Présentation du catalogue sur "les eaux" du fond "Terres" des Archives Nationales d'Histoire

Il nous a fallu environ trois ans (1988-1991) pour recueillir toute l'information historique à Quito, Ambato, Ibarra et Cuenca. Le premier obstacle pour atteindre cet objectif était l'absence d'un fond spécialisé concernant les eaux dans les Archives Nationales d'Histoire, ce qui nous a conduit à l'examen de tous les documents du fond "Terre". Nous avons sélectionné tous les textes faisant référence à la problématique en question et qui sont présentés dans ce travail. Cependant, il existe des procès qui ne sont pas des procès concernant les eaux mais qui contiennent des plans qui nous éclairent sur les infrastructures d'irrigation, et qui ont été photographiés.

Le deuxième obstacle a été d'extraire l'information utile au sein d'un héritage judiciaire volumineux. Cela représente un total de 20 000 feuilles pour 364 procès, selon la répartition suivante :

Siècle	Nombre de procès
XVI	1
XVII	7
XVIII	140
XIX	216
Total	364

On a pris un cadre de présentation des procès avec :

- l'identification de l'archive
- les auteurs du procès
- la situation géographique
- la succession des événements du jugement, comme :
 - les requêtes
 - les contre-requêtes
 - les témoignages
 - les inspections oculaires
 - les écritures
 - les testaments
 - les inventaires
 - les références à des procès antérieurs
 - les plans
 - les règlements et les lois
 - les sentences, ... etc.

Le catalogue est classé de façon chronologique, débutant en 1582 et s'achevant en 1899.

Une base de données a été réalisée, concernant les procès et leurs références : années, caisses, titres, lieux, nombre de feuilles et plan s'il y en a.

Pour une meilleure gestion de l'information, les résumés sont traités sur des programmes WORD-PERFECT sur des ordinateurs de type PC, et en WORD 4 sur des ordinateurs Macintosh. Il est prévu de publier prochainement cette information classée par bassins hydrographiques, en tenant compte de l'information obtenue dans d'autres archives du pays.

Le troisième obstacle auquel l'équipe de recherche a été confrontée a été la "réorganisation" des Archives Nationales, un an avant sa publication, étant donné que tous les documents du Fond Terre ont été dérangés et placés dans des caisses avec un catalogage nouveau; les dates et les Fonds de certains documents ont même été changés, raison pour laquelle ils n'ont pas été retrouvés lors de l'organisation de notre information, c'est ce que nous avons noté dans notre catalogue. Cependant, nous devons remercier pour sa collaboration Madame Marcela Terán de Mosquera, fonctionnaire de ces Archives, qui a facilité notre travail de reclassification.

Autres sources, autres archives

En plus du fond "Terre" des Archives Nationales d'Histoire, l'équipe de travail a réalisé une compilation de l'information des archives de la Banque Centrale d'Ambato, d'Ibarra et de Quito, et des archives de la Maison de la Culture de Cuenca.

Une autre source d'information précieuse a été de rechercher les archives des juntas d'eaux dans des endroits spécifiques comme Urcuquí, Pimampiro (Imbabura) et Santa Rosa (Tungurahua). A ces endroits, la tradition orale doit être prise en compte.

D'autres archives restent à disposition pour de futures recherches. Tout d'abord, les archives de la curie et des ordres religieux. Ensuite, et comme complément à cet effort scientifique, la recherche doit être complétée par les Archives des Indes à Séville (Espagne).

Nous présentons ci-dessous un premier essai de synthèse concernant l'importance de l'irrigation dans les Andes Equatoriennes.

3. HISTOIRE ET DÉVELOPPEMENT DES SYSTÈMES D'IRRIGATION

Comment expliquer la structure actuelle des réseaux d'irrigation ?

La structure complexe des réseaux d'irrigation démontre les efforts de divers groupes sociaux pour capter et conduire les ressources hydrauliques vers les espaces agricoles qu'ils contrôlent. Bien que l'Etat ait nationalisé les eaux en 1972, aujourd'hui, en 1992, les utilisateurs conservent l'idée de propriété du canal d'irrigation dont ils ont hérité, ou de droit d'une rivière en un point donné, c'est à dire l'appropriation de la ressource hydrique provenant d'un "paramo", considérant ce droit inaliénable de par son caractère ancestral.

De cette façon, l'expansion territoriale coloniale aux XVI et XVII^e siècles s'est faite, aussi bien dans les zones basses de climat tempéré ou subtropical de saisons sèches, que dans les grandes zones de hautes montagnes, dans le but de s'adjuger les débits disponibles et d'irriguer ainsi les terres basses (Borchart de Moreno, 1989).

Les conflits engendrés par l'utilisation des ressources disponibles dans un canal d'irrigation sont résolus grâce à de nouveaux canaux d'irrigation, selon trois possibilités :

- Captage d'une ressource non exploitée dans un bassin voisin.
- Captage en aval des systèmes existants si la ressource est alimentée par d'autres affluents.

- Captage en amont des systèmes existants, ce qui engendre des conflits de mobilisation de l'eau au niveau des prises d'eau.

Un grand nombre de conflits pour capter cette ressource apparaissent dans les jugements d'eaux, depuis le XVI^e siècle. Par exemple, à Urcuquí, plusieurs jugements ont eu lieu, destinés à établir s'il existait des rémanents dans la rivière Cariyacu (le mot signifie "père de l'eau"), argument utilisé par les propriétaires de fermes pour capter les eaux dans la rivière ou dans le canal d'irrigation des caciques indigènes (Ruf T., Nuñez P., "Historia del riego en la cuenca del Mira", à paraître).

Qui a commencé ? Qui a réalisé le premier système d'irrigation ? Comment interpréter la technique des " camellones " ?

De nombreux auteurs signalent l'existence de l'irrigation préhispanique (Knapp, 1987; Mothes P., 1987; Coronel, 1987; Gondard, 1983). Avant de poursuivre, il est indispensable de définir les concepts concernant l'utilisation artificielle de l'eau pour l'agriculture. Il existe des différences techniques et sociales entre les systèmes de contrôle des conditions hydriques comme les "camellones" et les systèmes de transport et la répartition d'une ressource hydrique limitée comme les canaux d'irrigation. En Equateur, la technique des "camellones" a été appliquée sur les bords des lagunes (San Pablo, Yahuarcocha et Cayambe aujourd'hui disparue), où le niveau de l'eau peut varier au cours de l'année. Il s'agit de procéder à des élévations longitudinales et parallèles des terres, permettant de cultiver au-dessus du plus haut niveau des eaux et d'irriguer éventuellement pendant la baisse du niveau, par le biais d'une extraction manuelle de l'eau vers les plantes. Il s'agit d'une succession de drainages au début du cycle de la culture et d'un système d'irrigation complémentaire avec l'évolution de la cote de la lagune.

Ce système n'est pas spécifique de l'Equateur. Certaines régions marécageuses dans le monde ont connu ce système. En France, la région de Vendée a une grande superficie complexe de terres drainées avec une structure comparable aux "camellones" des lagunes andines.

En Equateur, les endroits appropriés à ces infrastructures ont une extension faible, et sont limités aux rives des lacs et des lagunes.

Cependant, il semble que le terme de " camellones " correspond aussi à tous les types de cultures semées sur des billons, de quelques mètres de long, de 20 centimètres de haut et de 20 centimètres de large. C'est ainsi que le maïs est cultivé manuellement depuis plusieurs siècles. C'est une technique de culture qui s'applique aussi à la pomme de terre, et qui a surpris les espagnols, plus habitués aux semailles, à semer à la volée l'orge et le blé, après avoir labouré le sol par traction animale. Dans "las relaciones geográficas de Indias", il figure que l'agriculture pratiquée par les indigènes était plus intensive et plus productive par hectare, car elle était manuelle. Cependant, l'introduction de la traction animale et de nouvelles cultures a donné aux propriétaires d'haciendas la possibilité de labourer et de cultiver plus de terrains que les indigènes, et d'avoir un rendement plus important.

Qui a mis en place les premiers canaux d'irrigation ?

Dans les archives historiques contenant les procès concernant les eaux depuis le XVII^e siècle dans le bassin de la rivière Mira, figurent des requêtes de Caciques ou simplement de groupes d'hommes et de femmes indigènes qui avaient recours à la Justice Coloniale pour "spoliation" commise par les espagnols ou par les employés des haciendas. Il est déjà fait référence aux temps immémoriaux pour établir des conclusions concernant l'utilisation des eaux. Mais, il semble incorrect de se servir de ces textes comme preuve de l'existence des canaux d'irrigation préhispaniques, étant donné que ces procès eurent lieu un siècle après la colonisation de la région par les espagnols (depuis 1534).

Après examen des procédés de colonisation espagnole, on observe la substitution d'un ordre social à un autre, avec un métissage entre espagnols et caciques indigènes. Dans l'échelle sociale et économique, on distingue les individus selon les types de famille à laquelle ils appartiennent. La justice sociale donne raison aux familles de caciques, spécialement en ce qui concerne certaines procédures en rapport avec les eaux.

Actuellement, Pimampiro et Urcuquí possèdent un propre canal d'irrigation ancien, celui "de la Population" à Pimampiro et la "Grande de Caciques" à Urcuquí. Le canal d'irrigation de Pimampiro a été construit à l'initiative du curé du village, Pedro Ordóñez de Cevallos, qui a obtenu les matériaux et l'alimentation pour mobiliser les indiens. Il est vrai qu'il a trouvé des traces de canaux dans la zone haute de la vallée et dans son rapport, les a attribués aux incas. Mais, il n'a pas affirmé s'il avait des preuves de l'existence d'un canal ni des fonctions de ce dernier (drainage, irrigation). Ce qui est certain, c'est qu'il a participé à la construction du canal du village en 1596 (Ordóñez de Cevallos, [1691] 1905).

Le canal d'irrigation d'Urcuquí s'appelle "Grande de Caciques". La tradition orale nous apprend que les indiens du village construisirent le canal d'irrigation en 1915 avec des matériaux rudimentaires en bois et en os (Ruf Th., 1991). Les documents trouvés dans la junta des eaux du village indiquent 1582 comme date de construction. En 1586, le premier conflit débute entre les caciques d'Urcuquí et les espagnols qui possédaient des haciendas en dessous du village. En 1600, Pimampiro et Urcuquí étaient considérés comme la région de l'irrigation indigène (Descalzi, 1981, 2:23).

Les connaissances hydrauliques des espagnols, et spécialement du clergé, furent utilisées pour construire de longs canaux d'irrigation, en suivant les courbes de niveau. Par conséquent, l'irrigation comme technique d'apport d'eau aux plantes était bien connue, non seulement selon le système de "camellones" sur les rives des lacs, mais aussi, en deux points précis du bassin de la rivière Mira : la zone d'Ambuquí et la zone de Salinas où il existe des ruisseaux, où, grâce à de simples dérivations, on peut dévier l'eau vers les champs voisins. On cultivait la coca, le coton et autres produits de climat chaud. Cela permet de déduire qu'il existait une culture autour des eaux dans la société indigène. Par exemple, aussi bien dans la toponymie ancienne qu'actuelle, les références concernant les rivières, les ravines, les vallées, les lagunes, les ruisseaux et les canaux d'irrigation ne sont généralement pas espagnoles (Grijalva, 1921; Caillavett, 1983).

Cependant, le vocabulaire traditionnel de l'irrigation est espagnol : prises d'eau, canal d'irrigation, ajoutage, moulin, paille, etc. Les noms indigènes ne sont pas utilisés pour qualifier les termes techniques. Par conséquent, nous trouvons une variable supplémentaire du métissage culturel : rationalité andine (tendant toujours à mettre en relief les phénomènes naturels) et la technologie européenne. A partir de cela, il est intéressant de se demander le pourquoi de cette imposition d'origine dans la toponymie des canaux d'irrigation, si la plupart du temps les constructeurs et bénéficiaires de celles-ci faisaient partie du secteur blanc et métis.

Evolution de l'irrigation pendant la période coloniale 1600-1830

Des haciendas appartenant aux espagnols, à des métis ou à des caciques se sont établies autour des villages indigènes, et ont su faire valoir un droit territorial dans un espace encore non approprié par les communautés indigènes, c'est à dire à l'étage subtropical. Les moutons trouvent sur ces terrains la base de leur alimentation. A Urcuquí, par exemple, les haciendas sont situées tout au long de l'axe San Blas - San Ignacio - Buenaventura - San Vicente - Tapiapamba. Cet axe correspond à celui du canal d'irrigation du Village qui appartient aux caciques. En principe, les propriétaires d'haciendas n'ont pas accès à l'eau des caciques. Ceux-ci font leur demande au pouvoir central de Quito, déclarant que l'eau demeure abondante et que l'attribution d'un certain canal d'irrigation ou de certains jours d'irrigation ne va à l'encontre ni des indiens ni d'autres utilisateurs reconnus. Les premiers procès aboutirent à un accord : en échange du droit d'irriguer de jour ou de nuit, les propriétaires d'haciendas devaient se charger de l'entretien du canal d'irrigation et assumer la responsabilité de tous les frais que cela impliquait. De procès en procès, les haciendas obtenaient peu à peu des droits sur le captage des eaux. Etant donné qu'elles géraient déjà l'économie de la canne à sucre, elles avaient besoin de l'eau, aussi bien pour l'irrigation de leurs plantations, que pour les sucreries. De plus, elles commençaient à capter la plus grande partie de la force de travail des indigènes, gérant également l'esclavage des noirs en provenance de Colombie.

Tout au long du XVII^e siècle, malgré la construction de canaux d'irrigation complémentaires, on observe un manque d'eau à l'étage subtropical.

Les habitants d'Urcuquí, indiens et métis, se rendent compte de l'importance de l'eau et déplorent amèrement l'imprévision des caciques qui cèdent facilement leurs droits au cours du siècle précédent. Ils essayèrent de récupérer leurs droits pendant environ 50 ans, mais n'obtinrent rien de concret face à la puissance des grands propriétaires d'haciendas.

A Pimampiro, la situation est similaire. Le débit du canal d'irrigation du Village est divisé en deux parties égales, l'une pour le Village et l'autre pour les deux haciendas situées en aval du canal d'irrigation utilisé par les paysans.

Il ne faut pas oublier l'énorme impact qu'eurent les jésuites, propriétaires d'une grande extension de terrains situés à l'étage subtropical (rive droite de la rivière Ambi, dans la vallée du Chota), irrigués par de grands canaux d'irrigation construits par ces mêmes jésuites, grâce à la main d'œuvre esclave dont ils profitaient. A la fin du XVIII^e siècle, après l'expulsion de la Compagnie de Jésus, ces propriétés furent vendues, laissant la place à de nouveaux propriétaires, dont beaucoup de militaires. Avec ce changement, naissaient les haciendas les plus grandes du bassin.

Au début du XIX^e siècle, les ressources hydriques facilement exploitables étaient administrées par les propriétaires d'haciendas, laissant aux paysans le soin de cultiver à l'étage tempéré, leurs terres en terrain non irrigué. Mais, à l'étage chaud subtropical, il restait des zones sèches et non exploitées. Cependant, il y avait de l'eau en grande quantité, non plus dans les zones hautes des bassins, mais dans les zones basses, dans les rivières encaissées. Il n'était pas facile de capter ces eaux.

L'irrigation pendant la période républicaine 1830-1950

Un des obstacles pour la mise en place de nouveaux canaux était la multiplicité des propriétés qui existaient entre un endroit adéquat pour capter les eaux d'une rivière et les terrains d'une hacienda. Au début du XIX^e siècle, ces problèmes ont été résolus de façon précaire et codifiés par la Loi sur les Eaux de 1832. Désormais, un propriétaire d'hacienda ne pouvait plus s'opposer à la construction d'un canal sur ses terres : dès cette année, la Justice Républicaine procède à l'évaluation d'une indemnisation pour la perte des terres, liée à la construction du canal.

Pendant trois siècles, les propriétaires d'haciendas se sont opposés aux communautés paysannes pour s'approprier les hauts bassins et construire des structures hydrauliques "verticales" qui utilisaient, dans la mesure du possible, les ravines naturelles.

A la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, on note une amélioration de l'infrastructure "horizontale"; la ressource est cherchée dans les grandes ravines, en aval, en s'efforçant de suivre les courbes de niveau. La construction de ces canaux exige un investissement important, dans la mesure où il est nécessaire de construire des tunnels, des aqueducs, etc.

Dans la province de Tungurahua, les propriétaires d'haciendas s'associent à de petits paysans actionnaires de la construction. Les membres de cette société détiennent leurs parts sociales sous forme d'heures d'irrigation au sein d'un tour des eaux organisé, basé sur des techniques claires : fréquence, modules, période d'irrigation par hectare.

Dans la province d'Imbabura, les propriétaires d'haciendas ne proposeraient jamais aux petits agriculteurs, métisses ou indiens, de co-financer le coût de leurs canaux. Les relations de production de la canne à sucre n'ont jamais favorisé le dialogue entre grands et petits propriétaires.

Les événements naturels peuvent parfois interférer. Ainsi, les gros tremblements de terre ont provoqué des dommages importants sur les canaux d'irrigation. Dans ce cas, les anciens propriétaires de canaux d'irrigation cherchaient une aide, et acceptaient de céder des droits d'eau en échange de la participation des paysans à la réhabilitation de l'infrastructure d'irrigation.

A la fin du XIX^e siècle, un certain nombre de propriétaires d'haciendas commencent à vendre leurs terres afin de pouvoir investir dans d'autres activités, phénomène qui s'accroît au XX^e siècle. De plus, les héritiers de chaque génération se partagent les propriétés.

Le partage des terres entraîne aussi un partage des droits d'eaux. Les eaux ne peuvent être distribuées par journées de 24 heures : la répartition est réalisée par heures. La nécessité d'avoir de l'eau en temps voulu n'est pas compatible avec l'à peu près. Naît alors dans le pays une profession libérale, celle des ingénieurs hydrauliques. Pendant des dizaines d'années, selon des accords entre utilisateurs d'un canal d'irrigation, ou selon des conclusions de procès concernant les eaux, sont utilisés pour la conception et la réalisation d'œuvres de répartition des débits : des ajutages simples (trou d'un certain diamètre situé sur une charge d'eau déterminée) ou des caisses de répartition plus complexes.

Depuis le milieu du XX^e siècle, l'amélioration des techniques de construction, l'avènement des structures en béton armé, les siphons métalliques et autres innovations, facilitent la construction de nouveaux canaux avec des captages à des endroits difficiles et des segments de transport longs. La "Caisse Nationale d'Irrigation" a réalisé de grands canaux, en mobilisant pour la première fois plusieurs mètres cubes par seconde, sur de longues distances. Le "Canal du Pisque" a été une réalisation exemplaire de cette période. Depuis 1967, l'INERHI poursuit les projets planifiés dans les années 1950-1960, ceux-ci représentant le dernier maillon de la chaîne d'aménagement des systèmes d'irrigation.

4. HISTOIRE RÉCENTE DE L'IRRIGATION

La nationalisation des eaux et la centralisation de leur administration

Pendant des années, parallèlement à la Réforme Agraire, le Pouvoir Militaire réforme la Caisse d'Irrigation, en créant un Institut National des Ressources Hydrauliques (INERHI) dont les activités sont règlementées par la Loi de Nationalisation des Eaux (Loi des Eaux, 1973).

Les économistes, planificateurs et militaires jugent anormale la concentration de la propriété des eaux et des canaux d'irrigation privés au profit d'un nombre restreint de propriétaires. De plus, certains conflits entraînaient de violents affrontements entre les co-propriétaires des canaux d'irrigation qui prenaient l'eau à même la rivière; ou entre les paysans utilisateurs du même canal d'irrigation.

L'INERHI est l'organisme chargé de faire respecter l'ordre en implantant un système de concessions valable pendant 10 ans. L'INERHI se transformera en une sorte de Tribunal des Eaux, étant donné que les problèmes des utilisateurs seront réglés par cet organisme et non par les Cours de Justice Ordinaire. Les litiges sont traités en première instance dans des agences régionales, et peuvent être ensuite renvoyés jusqu'à l'Administration Centrale de Quito. Le processus passe obligatoirement par les avocats. Leurs décisions sont basées sur des rapports techniques émis par des ingénieurs civils et des agronomes.

La course à la concession

Dans tout le pays, les personnes bien informées font reconnaître leurs anciens droits en les faisant enregistrer à l'INERHI. Le critère d'attribution est d'avoir des droits sur l'eau (des écritures peuvent être présentées) depuis des temps immémoriaux. L'ingénieur propose un débit de concession qui se rapproche généralement des anciens titres de propriété. La majorité des haciendas légalise la situation précédente. En ce qui concerne les paysans, les choses sont moins simples : les canaux d'irrigation sont gérés par des juntas d'eaux, dont les titres de propriété sont divers. Il y a des canaux d'irrigation appelés "communaux" et qui distribuent l'eau à toutes les familles reconnues de la communauté. D'autres canaux d'irrigation appelés "eaux achetés", où chaque famille achète ou plus souvent hérite les droits des eaux selon différents modes d'organisation (débits partagés, horaires fixes ou variables). De plus, la concession est beaucoup plus complexe dans la mesure où de nombreuses communautés dépendant d'un même canal, sont en conflit pour ce qui concerne la gestion du canal ou pour d'autres raisons.

L'atomisation des organisations d'utilisateurs

L'Agence de l'INERHI, en essayant de simplifier le processus administratif, concède partiellement des droits d'eau d'un même canal, pour ensuite synthétiser la concession générale du canal.

Dans ces conditions, certains groupes d'utilisateurs réclament directement la concession au chef de l'agence de l'INERHI. Il n'y a toujours pas d'autorité hydraulique reconnue de tous. Les juntas centrales des canaux d'irrigation perdent une partie importante de leur pouvoir, aussi bien en matière de règles de distribution (contrôle des travaux de répartition entre les communautés), de respect des roulements d'eau (contrôle des roulements d'irrigation de chaque parcelle), d'entretien des constructions (organisation des travaux collectifs réguliers ou exceptionnels, suivi des interruptions de service), qu'en matière financière (gestion des frais réguliers ou exceptionnels).

Non seulement certaines communautés se déclarent indépendantes (à ce sujet, l'impact des ONG ou de certaines institutions publiques recourant au clientélisme n'est pas négligeable), mais certains individus qui ne sont pas satisfaits de la dotation en eau, font directement appel à l'INERHI pour demander une concession.

Dans le cas où les règles et les droits d'eau enregistrés ne sont pas respectés, la junta des eaux n'a pas de possibilité de répression directe envers le contrevenant.

Avant la loi sur les eaux, un acte était rédigé par le secrétaire de la junta selon un rapport de l'aygadier et la junta imposait une amende devant être payée; dans le cas contraire, le droit à l'irrigation était retiré. L'amende était généralement destinée à une œuvre d'intérêt général, comme une école. Actuellement, si le rapport est rédigé, il doit être déposé à l'Agence Régionale de l'INERHI (ce qui suppose un voyage qui prend parfois du temps), et c'est l'agence qui décide d'une amende en sa faveur, au sein de ce qui est légalement établi.

De plus, le contrevenant peut réclamer et demander justice au Président de la junta si l'eau lui a été coupée.

Face à ces problèmes, il est évident que l'anarchie n'a pas tout envahi. Le non respect du tour des eaux n'obéit pas à la volonté de n'importe quel utilisateur. A la campagne, il existe des relations sociales et des situations d'autorité familiale limitant les abus. Le détournement des eaux de leur cours normal est considéré comme un crime.

Mais l'essentiel du mauvais fonctionnement réside dans le prolongement des tours des eaux, dans le manque d'irrigations complètes (interruptions du service à des heures prévues), et dans les difficultés matérielles pour l'entretien des constructions.

Facteurs à prendre en compte : Démographie, Intégration à l'économie de marché et évolution des systèmes de production.

Au cours des 20 dernières années, la population de l'Equateur a doublé. Les villes de Quito et de Guayaquil deviennent de grands centres urbains de travail et de consommation.

Dans la zone rurale, on observe une évolution démographique variée. Dans certaines régions, la population décroît (exemple : le canton Guamote). La densité est réduite à une dizaine d'habitants par km². Les familles demeurant dans leurs propriétés sont celles qui disposent d'une faible ressource hydrique provenant d'un petit cours d'eau ou d'un versant, stabilisant la production fourragère, ce qui permet d'économiser les revenus provenant de la migration grâce au petit troupeau, alors qu'elles poursuivent la semence en terrain non irrigué, et bien que la production soit faible, cela aide à satisfaire les besoins alimentaires.

En revanche, dans d'autres régions, le nombre d'habitants croît chaque année. Aujourd'hui, par exemple, dans la province de Tungurahua, la densité est supérieure à 500 habitants par km² agricole. L'irrigation se faisant à partir de canaux de grande amplitude (quelquefois 50 km de long, 500 litres/seconde), a été une des conditions favorisant l'utilisation permanente du sol (deux cultures par an). C'est ce que Jean-Luc Sabatier a qualifié de "Chine des Andes" : une agriculture en situation d'accès à la terre, limitante à l'extrême, avec une exploitation familiale d'environ 50 ares, où le travail joue un rôle très important (5 travailleurs par hectare contre 5 hectares par travailleur dans certains systèmes d'élevage extensif).

C'est dans ces systèmes que les risques d'altération des règles de gestion sont les plus graves. Certains canaux d'irrigation sont utilisés par plus de mille utilisateurs, qui se répartissent les modules d'irrigation avec l'aide d'un chronomètre et une précision d'une demi-minute.

On a constaté que les parcelles, comme les temps d'irrigation, sont divisés par deux tous les quinze ans. (ORSTOM-INERHI, étude de la zari de Santa-Rosa et Pilahuín, à paraître).

Il existe d'autres situations comme celles qui sont sous l'influence de la croissance urbaine (Pichincha). La dépendance de plus en plus grande du travail dans les villes entraîne la disparition des organisations paysannes, l'altération des tours d'eaux, le retour à la dépendance en amont et en aval qui porte préjudice à ceux d'en bas.

La démographie change les conditions d'administration de l'eau, mais les systèmes de production ont également évolué dans deux directions principales :

- Une simplification vers l'élevage extensif, avec une productivité faible et une force de travail réduite. L'irrigation s'oriente vers des systèmes d'irrigation sans disposition d'application spéciale, avec une consommation d'eau importante. Il n'y a pas un nombre suffisant de travailleurs pour faire un usage économique de l'eau.
- Une intensification des cultures avec une meilleure association de l'agriculture et de l'élevage par le biais de la luzerne. Les nécessités hydriques sont beaucoup plus importantes, les anciens systèmes d'irrigation n'étant pas calibrés pour une telle évolution.

En tout état de cause, les nécessités en eau se développent. Face à ces demandes, l'INERHI a des programmes de construction d'infrastructures hydrauliques modernes, dont les coûts sont très élevés, du fait que le captage des ressources hydrauliques encore disponibles se fait loin des zones irrigables, ce qui rend nécessaire la construction de longs canaux, de tunnels, d'aqueducs, de siphons. Une autre solution pourrait être d'essayer d'améliorer la gestion des systèmes d'irrigation traditionnels avec des réhabilitations de constructions d'irrigation déjà anciennes, qui ne remplissent pas leurs fonctions, et avec des efforts pour organiser de nouvelles formes de répartition des eaux. C'est la voie de la recherche du Projet INERHI-ORSTOM.

CONCLUSION

Grâce à la vision historique sur l'irrigation dans les Andes, on prétend comprendre l'organisation des paysages andins. Il est clair que les structures actuelles de l'irrigation n'ont pas été conçues par une seule autorité hydraulique. Au contraire, cela résulte de nombreuses interventions, crises, conflits, adaptations et accords. Alors qu'il semble que les règles de justice des eaux aient été décrétées par un appareil colonial centralisateur (au moins par la jurisprudence), la construction des canaux correspond à des initiatives de quatre types, se succédant dans le temps :

- une phase d'association entre la noblesse indigène et certains représentants de l'Eglise, phénomène peut-être comparable à un début de société asiatique (hydraulique) ;
- une phase d'appropriation des moyens de production par les nouveaux propriétaires de terres, phase pré-capitaliste avec une économie rurale basée sur la forte exploitation de certaines classes sociales (esclaves, noirs, indiens sujets à la domination) ;
- une phase d'association entre propriétaires possesseurs de terre libéraux et paysans, qui apportent en commun le capital et le travail, dans le but de construire de nouveaux canaux et d'obtenir une plus grande rentabilité des efforts consentis ;
- une phase où l'Etat se substitue aux haciendas et aux paysans pour réaliser de grands investissements en fournissant l'eau aux agriculteurs à un prix très bas.

BIBLIOGRAPHIE

BORCHART DE MORENO, Christiana

1989 "Visitas de Tierras", *Primera reunión de intercambio científico entre Ecuador y España : Fuentes para la historia ecuatoriana*, Quito, Casa de la Cultura, pp. 13-16, sous presse.

CAILLAVET, Chantal

1983 "Toponimia histórica, arqueología y formas prehispánicas de agricultura en la región de Otavalo - Ecuador", *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos*, tome XII, num. 3-4, pp. 1-21.

1989 "Las técnicas agrarias autóctonas y la remodelación colonial del paisaje en los Andes septentrionales (siglo XVI)", *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*, vol. III, Centro Superior de Investigaciones Científicas, pp. 109-126.

CORONEL, Rosario

1987 "Riego colonial : De la coca a la caña en el valle del Chota", *Ecuador Debate*, num. 14, Quito, CAAP, pp. 47-67.

DESCALZI, Ricardo

1981 *La Real Audiencia de Quito claustro de los andes*, Quito, Ed. Universitaria, 1981.

FREILE G., Juan, (compilateur)

1981 *Numeraciones del repartimiento de Otavalo*, Colección Pendoneros, num. 17-18, Otavalo, Instituto Otavaleño de Antropología.

GOBIERNO DEL ECUADOR

1973 "Reglamento de la Ley de Aguas", Decreto Supremo Numero 40 del 18 de enero de 1973, *Registro Oficial*, num. 223. 26 janvier 1973.

GONDARD, Pierre

1983 *Inventario arqueológico preliminar de los Andes septentrionales del Ecuador*, Quito, MAG - PRONAREG - ORSTOM.

GRIJALVA, Carlos E.

1921 "Nombres y pueblos de la antigua provincia de Imbabura", *Boletín de la Academia Nacional de Historia*, vol. II, num. 3-4, (Abril 1921), Quito, pp. 33-70.

KNAPP, Gregory

1987 "Riego precolonial en la Sierra Norte", *Ecuador Debate*, num. 14, Quito, CAAP, pp. 17-45.

LE GOULVEN, P.

1992 *Inventario del riego particular en la cuenca del río Mira*, 6 vol., Quito, INERHI - ORSTOM.

MOTHES, Patricia

1986 *Pimampiro's canal : adaptation and infrastructure in northern Ecuador*, Thesis masters of arts, Austin, University of Texas, 247 p.

1987 "La acequia del pueblo de Pimampiro", *Ecuador Debate*, num. 14, Quito, CAAP, pp. 69-86.

ORDOÑEZ DE CEVALLOS, Pedro

[1691] "Historia y viaje del mundo del clérigo agradecido D. Ordoñez y Cevallos, 1905, natural de la insigne ciudad de Jaen, a las cinco partes de Europa, Africa, América y Magalanica con el itinerario de todo él", *Nueva Biblioteca de Autores Españoles. Autobiografías y Memorias*, Madrid, pp. 271-460.

PAZ Y MIÑO, Luis

1936 "Contribución al estudio de las lenguas indígenas del Ecuador", *Boletín de la Academia Nacional de Historia*, vol. XIII, num. 40-41, (Juillet-Décembre), Quito, pp. 40-54.

RODRIGUEZ DE AGUAYO, Pedro

[1573] "Descripción de la ciudad de San Francisco de Quito y vecindad de ella", 1897, *Relaciones Geográficas de Indias*, Tome III, Madrid, Ministerio de Fomento de Perú, pp. 60-104.

RUF Thierry

1991 "Entrevistas en Urququí", Documento de Trabajo, Quito, ORSTOM - INERHI.

RUF Thierry, NUÑEZ Pablo

s.d. "Historia del riego en la cuenca del Mira", Quito, ORSTOM - INERHI, à paraître.

DOCUMENTS ANNEXES

PROCES N°1

Mariano Monteserrín contre Manuel Acevedo sur la propriété des terres et des eaux de Curiquingui et le Pogyo

05-XII-1718, 446 folios
Archives Nationales, fond terres, caisse 37.

1. Acteurs

Lic. Mariano Monteserrín "Avocat de cette Audience Royale et Maire Ordinaire de cette ville". Propriétaire de l'Hacienda Cuzubamba. Accusateur.

Dr. Manuel de Acevedo. Prêtre. Propriétaire de l'Hacienda Guanguilquí. Accusé.

Autorités :

- Dr. Don Luis de Santa Cruz y Senteno, Chevalier de l'Ordre de Calatrava. Président de l'Audience Royale de Quito.
- Drs. Joseph Ferrer, Serafín Vejan et Isidro de Santiago Alvear y Artunduaga : Auditeurs de l'Audience Royale de Quito.

2. Localisation :

Province de Pichincha, Guayllabamba, Hacienda Cuzubamba, Hacienda Guanguilquí; Curiquingui, Justunchupa, El Pogyo et Chimborazo.

3. Motifs du Procès :

Spoliation des terres et des eaux de Curiquingui, El Pogyo, Justunchupa et Chimborazo.

4. Résumé : 30 Octobre 1765.

Manuel Acevedo, propriétaire de l'Hacienda Guanguilquí, exprime que le Dr. Mariano Monteserrín, ayant recours à quelques témoins, a réussi à le dépouiller des terres et des eaux de Curiquingui et de Justunchupa. Acevedo fait allusion au procès suivi en 1718 par son père, Don Ignacio de Acevedo, et par l'ancien propriétaire de Cuzubamba, Don Joseph Caballero, afin que la sentence soit abrogée, car lors de ce jugement de 1718, c'est l'Hacienda Guanguilquí qui a obtenu la possession des terres et des eaux en litige.

4.1 Documents fournis

Procès suivi par les deux haciendas le 5-XII-1718

Acteurs : Capitaine Joseph Caballero. Propriétaire de l'Hacienda Cuzubamba. Accusateur.
Ignacio Acevedo. Propriétaire de l'Hacienda Guanguilquí. Accusé.

Situation : Guayllabamba, Haciendas Cuzubamba et Guanguilquí.

Résumé :

J. Caballero accuse Ignacio Acevedo de l'avoir dépouillé des terres et des eaux de Justunchupa et de la vallée "El Pogyo".

Présentation de témoins

Des phrases textuelles de certains témoins sont citées ci-dessous, afin de ne pas faire varier leur interprétation.

Un témoin affirme que c'est un procès concernant des terres situées à Curiquingue et à "El Pogyo" et dit que le propriétaire antérieur de Guanguilquí, Jacinto Arguello l'a emmené jusqu'au "paramo".

- "... voir deux canaux d'irrigation, qui se dirigent vers cette hacienda, l'une d'un endroit appelé Justunchupa, et l'autre d'une vallée appelé El Pogyo, qui délimite l'Hacienda de Don Joseph Caballero, et celle de Gualquilquí, que possède actuellement Don Ignacio de Azebedo..."

- "... Ce témoin sait également que Pedro de Lenis, prédécesseur de ce Don Joseph Caballero a eu un différend avec Miguel Suárez de Figueroa concernant un canal d'irrigation; à savoir lequel des deux devaient le retirer de la vallée du Pogyo, canal qui traverse les terres en litige et que Miguel Suárez, en tant que propriétaire de ces terres, a enfin enlevé pour l'installer sur l'Hacienda de Guanguilquí....."

- "... et que Miguel Suárez a débuté le canal d'irrigation du "paramo" nommé Justunchupa et l'a descendu pour le destiner à cette hacienda en le joignant au canal d'irrigation du Pogyo situé plus bas; et que la ravine dite du Pogyo limite cette hacienda de Gualquilquí et celle de Don Joseph Caballero..."

Selon les témoins, ce canal d'irrigation a été commencé il y a environ 25 ans (vers 1693).

Ecriture d'achat-vente de l'hacienda Guanguilquí, 21 - III - 1689.

Acheteur : Capitaine Jacinto de Arguello.

Vendeur : Clemente Suárez de Figueroa et son épouse Barbara Paredes.

L'hacienda de Guanguilquí a une superficie de 51 "caballerias". Cette Hacienda est une partie de la Grande Hacienda, que se partagent Clemente et Gregorio Suárez, en mai 1681, à la mort de leur père (Miguel Suárez de Figueroa).

Les limites de l'Hacienda de Clemente Suárez :

La vallée qui partage les villages de Guayllabamba et du Quinche. La demeure de Don Joseph Caballero. Terres d'indiens. "Paramos" de Cuzubamba.

La Hacienda Grande de Gualquilquí s'est constituée après les acquisitions suivantes réalisées par Miguel Suárez de Figueroa :

- Le 8 mai 1662, il achète 24 "caballerias" au Capitaine Joan Francisco de Cáceres.
- Le 18 juin 1665, il achète 12 "caballerias" à Doña Joana Cardoso.
- Le 7 avril 1664, il achète 15 "caballerias" à Joan Gómez de Azevedo et à Joan de los Reies.

Inventaire de l'Hacienda Guanguilquí

- Arbres fruitiers avec leur planter de luzerne.
- 31 bœufs de labour.
- 45 vaches.
- 43 juments.
- 1287 moutons.
- 129 chèvres et 40 boucs châtrés.
- 11 bêtes de somme de charge appropriée.
- 50 porcs (dont 23 mâles) et 1 veau.
- 5 chevaux de selle.
- Pommes de terre, maïs, blé, orge (en fanègue).

Constatation de Visu

Dans la constatation de visu, les plaignants montrent aux juges les actes pouvant prouver la propriété de l'endroit en litige. Dans ces titres de propriété (achat-vente) le capitaine Joseph Caballero a montré qu'à partir de 1570 son hacienda s'est agrandie jusqu'à atteindre la limite de la ravine du Pogyo : 75 "caballerias" (1607, 1601).

Ces écritures auxquelles il est fait allusion ne figurent pas dans le document, les juges affirment qu'elles sont montrées.

De même, Ignacio de Acevedo montre ses titres prouvant que son hacienda commence d'exister en 1609 et dont le total des "caballerias" est de 51, la ravine de "El Pogyo" constituant la limite entre son hacienda et celle de Caballero.

"... Et il a été reconnu que cette ravine qui les partage jusqu'à un peu plus haut, d'une saignée de l'enclos que possède Don Ignacio, est divisée en trois parties : les deux premières qui descendent et s'incorporent, avec quelques petites collines au milieu, au corps de l'hacienda de Don Ignacio, et la troisième partie, la plus dilatée, qui tourne et s'incline au-dessous d'une arête plus haute, appartenant à Don Joseph Caballero, pour se terminer, dans la partie la plus haute, d'où partent deux ovalos d'eau qui sont notoirement appelés "yerba buena "Pugui"", ainsi qu'un tronçon très court de l'ancien chemin royal conduisant à la propriété..."

Les juges de la constatation de visu, ne pouvant déterminer qui est le propriétaire des terres en litige, font intervenir plusieurs témoins des deux parties. Dans leurs témoignages, ils disent que le propriétaire est celui qui les présente, c'est à dire Caballero ou Acevedo, sans pour cela aboutir à quelque chose de concret.

Brevet du Roi concernant le paiement de composants et le paiement de son hacienda Guanguilquf par Ignacio de Acevedo (1715).

Dans cet Brevet du Roi, il est ordonné au "Juge des bénéfices, des exonérations, des composants et ventes des terres de son District" de faire payer les personnes devant l'argent des composants de terres à sa majesté, c'est à dire légaliser les titres de propriété.

Les brevets ordonnant le paiement des composants datent des années 1692 et 1707.

"... Pour encaisser toutes les quantités dues à sa Majesté et à son Hacienda Royale, dans les royaumes et les provinces des indes, pour les achats, les ventes et les composants des terres, en vertu des brevets royaux..."

Don Ignacio de Acevedo paye à l'Hacienda Royale la quantité de 95 pesos pour son Hacienda de Gualguilquí, quantité fixée par les membres du Conseil Municipal. Une fois cette quantité payée, le Roi ordonne que le titre de Propriété soit octroyé.

"... Ayant vu et reconnu les actes, appartenant à l'Hacienda de Doña Francisca Peñalosa, que Don Ignacio de Acevedo, voisin de cette ville, a montrés; d'un côté, avec l'hacienda de Don Joseph Caballero Atayde, partagée par une ravine, et de l'autre, avec une ravine qui dépend de la Juridiction du Village du Quinche, avec des droits à plus de sorties vers le "paramo", et l'action de deux canaux d'irrigation pour le service de cette hacienda, un partant du "paramo" et l'autre de la ravine qui délimite le village du Quinche..."

"... Monsieur Le lic. Fernando Sierra Osorio du Conseil de sa Majesté, son auditeur le Maire de Cour le plus ancien de cette Audience Royale... ayant vu ces arrêtés, et les actes montrés par Don Ignacio Acevedo... A dit qu'il devait déclarer et a déclaré comme suffisants et bons, et conforme, a ordonné que soit octroyé un titre de cette hacienda en bonne et due forme a Don Ignacio de Acevedo... avec des droits de sorties vers le "paramo" et l'action des deux canaux d'irrigation pour le service de cette hacienda..." (7-V-1715).

Monteserrín manifeste qu'il possède un titre de composant avec sa Majesté, daté du 13 octobre 1713, qui lui octroie en propriété les mêmes terres qui figurent dans le titre de composant présenté par Acevedo. Mais il ne le présente pas.

Document de vente de 2 "caballerias" de terre, María Valverde étant la vendeuse et Gonzalo Martín l'acheteur, tous deux voisins de Guayllabamba. L'endroit vendu fait partie de l'hacienda Cuzubamba, et son nom est Guasqui-Pucará. Mr. Monteserrín dit que c'est l'actuel Pogyo. Cette transaction est datée du 22 septembre 1583.

"... Tenant compte de cette lettre de vente royale, nous, Don Alonso Ruiz Jurado et María Valverde sa femme légitime, habitants de cette vallée de Guayllabamba, faisant partie des limites et de la juridiction de la ville de San Francisco de Quito... octroyons, connaissons, vendons et

donnons par serment d'héritage pour aujourd'hui et pour toujours à vous Gonzalo Martín, voisin de cette ville de Quito... un enclos que nous appelons Cusqui Pucará situé à côté de l'endroit appelé Cuzubamba, au-dessus du vieux village de Guanguilquí et des parties hautes d'une "estancia" que nous appelons Quasquí, c'est à dire d'un côté l'enclos avec des terres de Miguel Mexia, partagées par une ravine, et de l'autre avec des terres vous appartenant, vous Gonzalo Martín, partagées par une ravine, pour un prix et un montant de soixante cinq pesos courants, que tu nous a donné et payé..."

Gonzalo Martín de Rambla et Cathalina de Valverde, sa femme, vendent la même portion de terrain qu'ils ont acheté antérieurement; les acheteurs sont Andrés de Mansera et Lorenzo Días de Ocampo, prêtres. Cette transaction est datée du 7 juin 1591.

Andrés de Mantilla o Mansera a cédé sa propriété à Lorenzo Días de Ocampo le 29 février 1596.

Lorenzo Días de Ocampo cède le morceau de terrain à Isabel Docampo (Ocampo), comme dot de son mariage avec Gaspar Ximenes Barrionuevo. La date de cet engagement de cession de biens n'est pas citée. A son tour, Isabel Ocampo vend les deux "caballerias" de terrain, nommé Guasquí Pucará, à Pedro de Lenis pour la quantité de 200 pesos de 8 reals chacun, le 20 avril 1606.

Note : 11 feuilles sont arrachées.

Testament de Joseph Cavallero de Atayde

Dans ce testament, Caballero dit être propriétaire de la colline de Tostonchupa.

Inventaire de l'hacienda Cuzubamba, 16-v-1729.

- 96 "caballerias" à 100 pesos chacune, valeur totale 9600 pesos.
- 11 "indiens du rôle".
- Les caisses et les bureaux ayant une valeur de 2000 pesos.
- 400 quintaux de maïs ayant une valeur de 100 pesos.
- 30 bœufs à sept pesos chacun, valeur totale 210 pesos.
- 15 vaches à quatre pesos chacune, valeur totale 60 pesos.
- 15 juments à 4 pesos chacune, valeur totale 60 pesos.
- 600 moutons de castille à 4 reales chacun, valeur totale 300 pesos.
- 28 porcs à 8 reales chacun, valeur totale 28 pesos.
- 8 vieilles mules à 4 peso chacune, valeur totale 32 pesos.
- 3 pioches de fer à 8 pesos chacune, valeur totale 24 pesos.
- 8 socs à 5 pesos chacune, valeur totale 40 pesos.
- 32 pelles de fer à 2 pesos chacune, valeur totale 64 pesos.
- 2 haches à 2 pesos chacune, valeur totale 4 pesos.
- 20 "oses", valeur totale 4 pesos.
- 8 fanègues de maïs, valeur totale 200 pesos.
- 6 sacs de pommes de terre, valeur totale 50 pesos.
- Semences d'orge, de 10 fanègues, d'une valeur totale de 50 pesos.
- Semences de fèves, d'une fanègue, valeur totale 6 pesos.

Valeur totale de l'inventaire 12 740 pesos.

Adjudication de l'hacienda Cuzubamba, 04-IX-1736.

L'adjudication est réalisé pour une quantité de 10 000 pesos et l'acheteur est Frère Juan de Rivera, Procureur Général du Couvent de Santo Domingo. Il faut tenir compte dans l'adjudication qu'il y a une colline en litige qui appartenait auparavant à l'hacienda Cuzubamba.

Testament d'Augustina de Lara. Propriétaire de l'hacienda Cuzubamba, 07-VII-1766.

En 1736, Frère Juan de Rivera, lors de l'achat de l'Hacienda Cuzubamba, n'était qu'un acheteur susceptible, étant donné que c'était Augustina de Lara qui fournissait l'argent, avec l'aide d'un document où figurait cette transaction. Frère Rivera n'était alors qu'administrateur.

A la mort de Frère Rivera, les pères du Couvent de Santo Domingo veulent s'approprier l'hacienda, mais Agustina Lara leur intente un procès, avec l'aide de l'Avocat Mariano Monteserrín, mais celui-ci lui demande l'hacienda Cuzubamba comme honoraire, ce qu'accepte Agustina Lara. Monteserrín gagne le procès et par conséquent, l'hacienda.

Conclusion du procès I. Acevedo - J. Caballero

Le Juge de la cause (Maire Ordinaire) dicte une sentence en faveur d'Ignacio de Acevedo.

4.2 Témoins présentés par Monteserrín

Tous les témoins affirment que les terres et les eaux qui sortent de Tostonchupa et de Curiquinguí appartiennent à l'Hacienda Cuzubamba.

4.3 Sentence

Le Juge dicte une sentence en faveur de Monteserrín et ordonne au "Lieutenant des Plaintes" des villages de Guayllabamba et du Quinche de restituer à Monteserrín ce dont il a été dépouillé.

4.4 Constatation de visu et possession effectuée par le "Lieutenant des Plaintes" des villages du Quinche et de Guayllabamba.

Constatation de visu

Mariano Monteserrín présente les titres de propriété de son hacienda, dans lesquels figurent les limites où se trouvent les endroits en litige : les titres présentés par Monteserrín sont :

- Les titres d'achat-vente de Joseph Caballero en date de 1713.
- Un autre titre d'achat-vente de Pedro de Lemes, qui a conclu un achat avec les héritiers de María Valverde, première propriétaire, environ à l'époque de la conquête, c'est à dire en 1540.

Il est aussi dit que les terres de Guanguilquí étaient à l'époque peuplées d'indiens, mais qu'aujourd'hui, ils ont disparu de ces endroits.

"... et en effet, après avoir procédé à la démarche, j'ai reconnu le canal d'irrigation et les versants de l'endroit nommé Chimborazo, qui continuant vers l'hacienda de Cuzubamba, il était évident que la prise d'eau avait été démolie à sa source, sans laisser apparaître d'autre utilisation au canal d'irrigation que la preuve de l'avoir utilisé..."

"... Et sans douter que les terres parcourues, avec leurs noms et leurs limites, figuraient dans cet acte, et qu'elles appartenaient à l'hacienda de Cuzubamba, ainsi que la colline, que l'on nomme l'enclos de Tostonchupa, au sein des deux saignées qui ont été exposées, concerne cet enclos dans le titre manifesté, avec le propre nom de Tostonchupa : il a demandé que soit également lu, pour une meilleure connaissance de sa propriété, le testament de Caballero, pour la confirmer, ainsi que la possession qu'il a eue jusqu'à sa mort de l'enclos et des collines, sans que personne ne le contredise, pas plus qu'à Pedro de Lemes, qui l'a acheté aux premiers possesseurs, qui furent les héritiers de María Valverde, dans les premières années du siècle dernier, selon ce que l'on a fait figurer dans leur acte respectif, où figure l'écriture de vente et la conformation qu'a octroyée d'elle Monsieur le Lic. Miguel de Ibarra, vers 1607, avec des ajouts à cette ancienne propriété; quatre-vingt ans auparavant María Valverde ayant été propriétaire de l'enclos de Tostonchupa, et des endroits se trouvant sur les terres qui appartenaient alors aux indiens de Gualguilquí, et qui appartiennent aujourd'hui à l'hacienda du Père Acevedo, puisqu'il n'y a plus d'indiens..."

Possession

"... Ayant conclu les démarches annexes à la comission dont elles résultent complètement, la spoliation étant prouvée, faisant appel à la justice et satisfait de la justification prouvant que les actes et les témoins avaient été induits en erreur, je mis en pratique l'exécution de l'ordre et par conséquent, j'ai restitué le bétail, ses terres et ses eaux au Dr. Mariano Monteserrín qui en reprit possession, buvant l'eau des versants, transportant herbes et mottes de terre d'un endroit à l'autre et fit en sorte qu'avec ses gardiens de bétail il s'empara de la maison, les faisant se promener, s'asseoir dans cette maison,..."

4.5 Le jugement se poursuit avec des témoins présentés par M. Acevedo

"Ce qu'il peut affirmer en toute vérité, c'est que les eaux de Yerbabuena Pogyo, et celles qui naissent de Tostunchupa, ont été vues devier depuis plus de vingt ans dans cette partie, vers l'hacienda de Gualquilquí, appartenant à la partie qui le présente et non à celle de Cuzubamba..."

"... Dans le même ordre d'idée, il est vrai qu'à travers les terres de Curiquingue Pamba, coulent deux filets d'eau, dits de Yerbabuena Pogyo, et tous deux vont s'incorporer à la source d'eau qui descend de Tostunchupa; si ces deux sources d'eau n'avaient pas l'apport de la source d'eau de Tostunchupa, elles ne suffiraient pas à l'irrigation, pas même dans la partie inférieure haute de l'hacienda de Guanguilquí, étant donné son faible débit..."

"... De même, il est vrai que cette hacienda de Cuzubamba possède par ailleurs une bonne portion d'eau qui sort d'une ravine appelée LATACHUPA..."

"... De même, le témoin a su qu'un indien, cacique principal du village de Guayllabamba, nommé Cuzubamba, vivant du côté de Guanguilquí, possédait de nombreuses terres dans ces "paramos", d'où son surnom, l'homme de Cuzubamba; cet indien fut "abuelengo" du témoin, étant donné que c'est son GRAND-PERE qui le lui avait raconté..."

"... Qu'il est vrai que l'hacienda de Cuzubamba, qui appartient au père RIVERA, et qui appartient aujourd'hui à ce Licencié, possède une bonne quantité d'eau, qui sort d'une ravine appelée la CARBONERIA, située au milieu de cette même hacienda, et qu'elle est la seule dont ont toujours profité ses anciens propriétaires, et aujourd'hui ce même Licencié..."

5. Sentence, 03-VI-1768

Le jugement conclut en faveur de Manuel Acevedo, l'autorité (Président de l'Audience Royale) ordonnant que lui soient restituées les terres et les eaux en litige pendant ce conflit.

"... Doit être restituée au Dr. Don Manuel de Acevedo la possession d'endroits et d'eaux que le Lieutenant Juge des Plaintes du village de Guayllabamba avait octroyée à Don Mariano Monteserrín, en lui réservant intact son droit de jouissance de la propriété..."

Possession, 28-VII-1768

"... Monsieur le Major, Francisco Villacís, Maire ordinaire de cette ville... La partie du Dr. Don Manuel Acevedo, prêtre, exigeant, par l'intermédiaire de l'Audience Royale de la ville de Quito, que lui soit restituée la possession des terres et des eaux, s'est rendu sur les terres de Tostunchupa, Curiquingupamba, El Pogyo et Chimborazo, et prenant par la main le Dr. Don Manuel, le remit en possession en le promenant, lui remettant, de façon réelle, actuelle, corporelle, "Velguas" de ces terres, un enclos et une petite maison, situés à pala rumi et des eaux, qui descendent de là, ce dont l'avait privé Don Mariano Monteserrín... les limites de ces terres deviennent ainsi plus claires, dit-il à partir du sommet de la ravine; ces limites divisent les deux haciendas de Cuzubamba et de Guanguilquí, en droit jusqu'en haut, jusqu'à arriver jusqu'à la saignée qui représente la fin de l'hacienda nommée Cangagua, qui appartient à Francisca Peñalosa, et qui appartient aujourd'hui à sa Majesté (que Dieu la garde) et qui fit partie des biens ecclésiastiques jésuites; et ayant éliminé la sécheresse à l'endroit où actuellement le Lic. Mariano Monteserrín faisait venir les eaux du Chimborazo et de Tostunchupa pour son hacienda, et en les faisant se diriger vers la prise d'eau appartenant au Dr. Manuel de Acevedo.

Il en a pris possession après avoir arraché les herbes, éparpillé les mottes de terre, se vautrant sur ses terres, buvant les eaux de la prise d'eau ainsi qu'en accomplissant d'autres actes de véritable prise de possession.

6. Appel au Vice-Roi, Santa Fe, 17-II-1775

Le Lic. Monteserrín demande que le jugement soit poursuivi étant donné qu'il n'est pas conforme à la sentence; le Vice-Roi intervient donc et ordonne que l'affaire soit poursuivie. Malgré cela, le document est incomplet ou il n'est pas donné suite (j'opte pour la première solution).

"... L'excellentissime Vice-Roi, ayant été mis au courant de la plainte qu'a formulée, dans son Gouvernement supérieur, Don Mariano Monteserrín, par le retard qu'a eu l'Audience Royale dans l'affaire qui traite de la spoliation de terres; son récit ne pouvant être obtenu après six ans de poursuite et de tout ce qui est manifesté; son excellence a délibéré en sa présence et grâce à une requête adaptée, Votre Seigneurie est avertie que bien que ces affaires concernant la terre soient du ressort du gouvernement, elles doivent être réglées par Monsieur le Président car elles le concernent de manière privée en première instance. Votre Seigneurie doit essayer, une fois établie dans ce Tribunal, de se prononcer de façon la plus brève, c'est pourquoi je vous transmets une requête adaptée, afin qu'une fois Votre Seigneurie mise au courant, elle rende la justice nécessaire; Ainsi, mis au courant, vous saurez que faire pour son exécution, que Dieu vous garde dans sa grande bonté pendant de nombreuses années.

7. Propriétaires de l'hacienda San Isidro de Cuzubamba

María Valverde, vers 1540.

Pedro de Lenis l'achète aux héritiers de María Valverde en 1607 (une partie du document prétend que c'est en 1562).

Joseph Caballero, 1713. On ne spécifie pas à qui Juan Barona l'achète. Au nom d'une fille de Caballero de 1721 à 1734.

Fray Juan Rivera au non d'Agustina de Lara, 4-IX-1736

Lic. Mariano Monteserrín, août 1764.

8. Propriétaires de l'hacienda Guanguilquí

Capitaine Juan Francisco de Cáceres, 8-V-1662. 15 "caballerías" il la vend à Miguel Suárez de Figueroa en 1665.

Clemente Suárez hérite du propriétaire antérieur en mai 1681.

Jacinto de Arguello l'achète le 21-V-1689.

María de Luna, sa femme en hérite. Sans date.

Vicente Lucarqui y Cabueñas. On ne spécifie pas si c'est un achat ou un héritage. 27-I-1711.

Manuel de Acevedo. Héritage. On ne spécifie pas la date de son entrée en possession, mais on sait qu'il la possède au moins jusqu'en 1775, date de conclusion du document.

Note

La Caisse 245 du fond terre, 22-VII-1873, contient 2 plans de l'hacienda Cuzubamba. Il est cité dans de document que Manuela Monteserrín (sans aucun doute parente de Mariano Monteserrín), vend l'hacienda à Don Ignacio Sáens, le 28 novembre 1821.

- Un certain monsieur Ascásubi adjuge l'hacienda en 1850.
- Ascásubi la vend à un certain Coronel Castro. Sans date.
- Castro la vend en 1853 au mari de Mercedes Larrea; cette dernière en est propriétaire jusqu'en 1875 au moins.

PROCES N°2

Juana Carillo et Ambrosio Crespo sur les eaux et canaux d'irrigation à Pucarsol et Pinguiles

14-VII-1758, 185 folios
Archives Nationales, fond terres, caisse 80

1. Acteurs

Juana Carillo de los Ríos, veuve du Capitaine Luis Xavier Izquierdo del Prado. Accusateur.
Ambrosio Crespo. Accusé.

2. Localisation

Province de Cañar, haciendas : Pucarsol, Puente, San Pedro, Chiripongo, Puente Vieja; canaux d'irrigation Chiripongo, Curiquingue, Chusllig, Lluillán ou Yanasacha, Nar; rivière Cañar, ravine Tentaguaico, endroits : Burgay, Bueste, Buerán (colline), Curiquingui, Malal, terres des Pinguiles (indiens), Tambo viejo, Nar, Puente vieja, Chac, Yurarquinua, Moraspata.

3. Résumé

Permis pour réaliser une constatation de visu, Quito, 09-IX-1758

"Votre Altesse confère ordre et comission pour réaliser une constatation de visu et élaborer un plan des canaux d'irrigation dans les "estancias" de Pucarsol et Pinguiles..."

Demande, 18-II-1758

Juan Miguel Mosquera, au nom de Carillo, expose :

- qu'il réclame la totale propriété des eaux de l'Hacienda Pucarsol.
- que ces eaux sont le canal d'irrigation nommé Chiripongo, qu'a sorti à ses frais des hauts de Burgay le Capitaine Santos de Ibañez, comme le canal d'irrigation de Curiquingui qui sort des hauts de Bueste et de la colline de Bueran qui a également été sorti par Ibañez; les indiens Pinguiles n'ont pas eu accès à ces eaux, Ibañez tolérait qu'il en prennent un peu pendant la nuit, mais ils n'ont jamais eu plus de droit que celui octroyé.
- que le canal d'irrigation de Curiquingue est situé plus bas que celui de Chirifongo.
- que Alonzo de Enderica, curé du village de Cañar, jouissait de ce canal d'irrigation (celui qui part de l'endroit nommé Curiquingui), et qu'il a pris une autre portion d'eau d'un endroit nommé Malal; Xavier Izquierdo était embarrassé qu'il fasse passer l'eau au-dessus de son canal d'irrigation; ensuite, les eaux se sont unies et partaient également vers Pucarsol et l'Hacienda de Puente de ce docteur.
- que le canal d'irrigation de Chiriboga appartient entièrement à Pucarsol, et l'autre lui appartiendrait également si Izquierdo, sous les pressions de Enderica, n'avait pas refusé donner une partie de cette eau .
- que ces droits figurent dans l'Ecriture de Vente faite au Maître de Camp Juan Ximenez Crespo par le capitaine Santos de Ibañez; dans celle octroyée par Leonor de la Rosa en faveur d'Izquierdo, son mari.
- que Santos de Ibañez a vendu au Sous-Lieutenant Joseph de Galarza, propriétaire de l'Hacienda El Puente, une partie des eaux, mais pas toutes, et que dans l'écriture rédigée par eux deux, il manque encore la signature et l'acceptation de Galarza.

Contre-Demande, 04-IV-1758

De Carlos de Larryn, au nom du Maître de Camp, Ambrosio Ximénez Crespo, expose :

- qu'Ibañez a sorti les eaux mais en accord avec les indiens Pinguiles, dont les terres lui appartiennent désormais.
- qu'Ibañez a sorti les eaux de Bueste à ses frais, avec l'aide des indiens Pinguiles et d'autres voisins qui possédaient des terres à Purcasol, pour accroître le peu d'eau de Curiquingui propres à la communauté des indiens, et que cela se transforma ainsi en système d'eaux incomplet.
- que les eaux ont été sorties par Ibañez pour l'Hacienda el Puente et non pour celle de Pucarsol, parce que cette dernière était destinée à l'élevage des moutons où Ibañez semait à peine un peu d'orge pour aider les indiens bergers, et c'est pour cela que lorsqu'il vendit l'Hacienda El Puente à Galarza, il a également vendu l'action des eaux, non seulement de celles de la ravine mais surtout de celles qu'il sortit de Bueste; ensuite, lorsqu'il a vendu l'hacienda de Pucarsol à Crespo, il l'a vendue sans eaux, car il ne pouvait pas vendre ce qui avait été vendu à Galarza en 1705.

Plaidoirie

Le Capitaine Pedro de la Piedra Pérez dit, au nom de Juana Carillo :

"... Ayant signalé V.A, au début de la constatation de visu, aujourd'hui, 11 août, comment en effet, on commença et on mit en évidence trois canaux d'irrigation : le premier que l'on appelle Chusllig; le deuxième, Curiquingui et le troisième, alias Yanasacha, situé entre les deux précédents; le canal d'irrigation de Curiquingui, appartient à l'ancienne Communauté, et il était de même utilisé par les religieuses pour irriguer l'"estancia" de Bucarsol avant que le Capitaine Santos Ibañez sorte le canal d'irrigation de Chiripongo destiné à l'irrigation de l'hacienda de Bucarsol, après que ce même Capitaine ait acheté le canal d'irrigation aux religieuses; j'ai montré l'ensemble des trois canaux d'irrigation à V.M. Le vieux canal d'irrigation de l'"estancia" de Bucarsol, celui qui va depuis la jonction de ces canaux d'irrigation jusqu'au moulin, arrosant la plus grande partie de l'"estancia" et dont l'"estancia" ne jouit pas à l'heure actuelle; c'est pour cette même raison que j'ai signalé à V.M. que ces eaux fournissaient l'"estancia" d'Alonso de Enderica et les autres voisins du vieux Tambo; et ainsi, nous sommes descendu et j'ai montré que le canal d'irrigation de la grande rivière qui va directement au moulin de l'"estancia" de Bucarsol, qui fait fonctionner ce moulin, ne peut irriguer, et il n'est pas non plus possible qu'il irrigue cette "estancia", pas plus que l'hacienda de San Pedro; de même, nous nous sommes rendus à l'"estancia" d'Alonso de Enderica qui a appartenu à Joseph López de Galarza, et j'ai montré de quelle façon les trois canaux d'irrigation, appartenant à la Communauté, descendaient, traversaient l'hacienda d'Alonso; de même, j'ai signalé à V.M. et au greffier présent, comme tout ce qui a été dit, un autre canal d'irrigation appelé "Nar" qui baigne l'hacienda du Puente, propriété de cette "estancia", l'action appartenant à ce canal d'irrigation du Nar; et de même, j'ai montré comment l'hacienda du Puente qui a appartenu à Joseph López de Galarza ne délimite pas et n'a jamais délimité Puente vieja mais l'"estancia" des indiens Pinguiles et non pas les terres du Capitaine Santos de Ibañez qui appartient à Bucarsol, à côté de celle des indiens Pinguiles, jusqu'à aujourd'hui, et dont jouit Ambrosio Crespo, ce qui est vrai."

Troisièmes plaignants, 12-VIII-1758

"Les personnes s'intéressant à l'eau de la communauté, du haut de Quiriquinga, signant ci-dessous", disent :

- que dans le litige entre Carrillo et Crespo ne sont pas compris les canaux d'irrigation irrigant les "estancias" du vieux Tambo et ses contours, complètement indépendants de Pucarsol.
- qu'à la demande du mandataire de Carrillo, une "constatation de visu" a été réalisée (le 11 août) de ces canaux d'irrigation, qui sont indépendants : l'un nommé Yanasacha, et qui fournit la population de Cañar; l'autre, nommé Chuslling, et le dernier, celui du vieux Tambo.
- que ce mandataire a prétendu faire croire que l'eau de Tambo viejo était l'eau de Quiriquinga, ce qui est faux car elles sont différentes : celle de Quiriquinga vient de l'endroit portant le même nom, appartenant à cette Communauté, qui descend des hauts de Quiriquinga et traverse une glaisière blanche dans le lit duquel se mêle celle que le Capitaine Santos de Ibañez a sortie à ses frais, et celle que Alonso de Enderica, curé de ce village a sortie.

- que le mandataire déjà cité a voulu changer les noms d'eau de Tambo viejo en canal d'irrigation de Quiriquinga, prétendant vouloir être seul à avoir un droit sur cette eau alors que celle-ci appartient à la communauté.
- qu'il sera interdit de changer les noms, en donnant à l'eau de Tambo viejo le nom de Quiriquinga et au canal d'irrigation de Quiriquinga, appartenant à "notre communauté", le nom de canal d'irrigation San Pedro, alors que le mandataire n'a de droit que sur la partie de l'"estancia de Pucarsol", pour des raisons communautaires, et en aucun cas sur l'hacienda de San Pedro.

Constatacion de visu

"A l'endroit nommé Chaca, de la propriété et de la maison de Luis Pinguil, contigüe aux hacienda d'Ambrosio Crespo et de Juana Carrillo, située sur les limites du village de Cañar, juridiction de la ville de Cuenca, le 14 août 1858, les autorités et les parties disent que :

Le 11 août, ils ont quitté Pucarsol pour faire une reconnaissance sur l'origine des eaux en litige, et après avoir parcouru environ une lieue et demie, une forte tempête les a forcé à s'arrêter; les eaux en litige n'ont pu être vues, mais à la demande de Carrillo, d'autres eaux et canaux d'irrigation ont été examinés, un qui était sec, ainsi que les limites et les bornes de l'hacienda du Puente, tout comme le canal d'irrigation du moulin.

Le 12 août, ils sont montés jusqu'à l'endroit où naît le canal d'irrigation de Santos Ibañez; ils ont reconnu le cours des canaux d'irrigation depuis Pucarsol jusqu'à son origine; ayant reconnu cette origine, Chiripongo, ils ont aussi constaté qu'il s'y introduit un autre canal d'irrigation, celui d'Enderica qui prend son origine dans un endroit nommé Yurarquinua, et qui suit son cours jusqu'à la naissance de celui qui a été sorti par Ibañez, jusqu'à un endroit où s'arrête celui d'Enderica, à deux lieues environ. Et il court sur les flancs de la colline de Chiripongo et les hameaux de Bueste jusqu'à arriver, après environ deux lieues de trajet, à un endroit où tombe une source d'eau nommée Bueran.

On a présenté un acte semblant montrer que le Capitaine Francisco Ponce, Lieutenant de mairie du village de Cañar (30-X-1711) a délivré un acte de possession en faveur de Juan Feido de Morales et d'autres voisins qui prouvèrent l'acte de spoliation d'un canal d'irrigation venant des hauts de Curiquinga et destiné aux terrains ensemencés des voisins de Tambo viejo jusqu'à Nar; la personne spoliée est le Sergent Major Juan Jimenez Crespo. Il semble qu'il n'en ait pas reçu la propriété.

Sur la base de cet acte, il a été prétexté que les eaux descendant de Bueran sont destinées à l'irrigation de la Communauté. Des témoins ont dit qu'avant qu'Ibañez sorte son canal d'irrigation, ce dernier, ainsi que les voisins et indiens de Pinguiles irriguaient en communauté, grâce à l'eau de Bueran et grâce à celles des deux autres canaux d'irrigation se rejoignant; après qu'Ibañez ait sorti son canal d'irrigation, il n'irriguait plus que grâce à celui-ci et à l'eau de Bueran, sans profiter des autres actions qu'il possédait sur les eaux de Communauté; c'est pourquoi le canal d'irrigation qui depuis Bueran s'incorporait aux canaux d'irrigation de la Communauté a été bouché.

Maître Parra, qui fut curé de Cañar profite aussi d'un autre canal d'irrigation sortant des flancs et des versants de Bueran; il y a 50 ans, Ibañez abandonna les possessions qu'il avait sur les canaux d'irrigation de la communauté et celles qu'il avait à Bueran; à partir de cet endroit, à peu de distance, il a été reconnu un canal d'irrigation qui s'arrête à l'endroit de San Pedro. Et de même, à cet endroit, on reconnaît une partie du canal d'irrigation dont on dit qu'il aurait été cassé pour séparer l'eau d'Ibañez, dont on disait qu'elle appartenait à Eugenio Urquizo et dont la cassure était déjà faite; et à partie de cet endroit de Bueran et du canal d'irrigation courant qui se sépare à San Pedro, court le canal d'irrigation qui appartenait à Ibañez et à ses héritiers, jusqu'à un village appelé Canelguaico, à une distance d'une demie lieue environ, à l'endroit duquel se partage l'eau du canal d'irrigation qu'Ibañez mélangea avec celui de Alonso Alonso Enderica, qui dans un canal particulier le dirige à travers les terres de Tambo viejo jusqu'à l'hacienda du Puente que l'on dit appartenir à Urquizo, et le canal d'irrigation d'Ibañez continue à travers les terres appelées Taluguaico appartenant à Juana Carrillo, d'une superficie d'environ 12 "cuadras", dans laquelle on trouve un canal d'irrigation qui aurait été sorti par Ambrosio Crespo ; 6 ans se sont écoulés; à travers les terres de Carrillo circule le canal d'irrigation sur environ 20 "cuadras", le dernier reste d'eau se divise à peu près de moitié selon ce que l'on voit alors dans les "estancias" de Don Ambrosio et de Doña Carrillo.

En résumé trois canaux d'irrigation ont été reconnus : celui de Churllig, à partir duquel en naît un autre à une distance d'environ 1 "cuadra" et qui viennent du pied de Bueran que l'on appelle Moraspata; un autre canal d'irrigation appelé Yamasacha, qui, à partir de l'endroit où il naît, aurait une lieue de distance jusqu'aux terres de Tambo viejo, et dans lesquelles les trois canaux

d'irrigation auraient été réunis; et on dit qu'ils servaient à l'irrigation commune de toutes les haciendas de Tambo viejo et de celles du Puente; à partir du point de réunion de ces trois canaux d'irrigation, on a reconnu un vieux canal bouché et sans utilisation et dont les restes se voyaient autrefois depuis Tambo viejo, à travers la "estancia" qui appartient aujourd'hui à Don Ambrosio et à travers celle de Carrillo jusqu'au moulin de cette dernière; à cet endroit, on reconnut que de la rivière de Cañar, sortait un canal d'irrigation qui à partir de sa prise, parcourait 4 "cuadras" et qui se rend immédiatement au déversoir du moulin jusqu'à la rivière, sans que ce canal d'irrigation, à cause de sa situation si profonde et à cause de l'altitude des terres de cette hacienda, puisse l'arroser. A partir du moulin et des rives de la rivière il passa par l'hacienda du Puente; le fondé de pouvoir de Carrillo se renseigna sur les limites de cette hacienda et tous lui dirent qu'elle était délimitée par l'"estancia" de Los Pingüiles qui appartient aujourd'hui à Ambrosio Crespo et non par celle de Juana Carrillo, appelée Pucarsol; ensuite, on reconnut un autre canal d'irrigation venant d'un côté du village de Cañar, qu'ils appellent le canal d'irrigation de Nar, qui sert aux voisins de Nar et à une autre "estancia" du Puente, tout comme une autre que Maître Parra sortit de l'endroit de Bueran et qui s'incorpore aux autres eaux de la Communauté et qui sont utilisées comme ce qui a été rapporté ".

Documents fournis

1. Testament de Santos Ibañez de Ibarquen. 04-X-1700. Il n'y a pas de renseignements sur l'irrigation.
2. Acte de vente de l'"estancia" Pucarsol donnée par Santos Ibañez à Juan Jimenez Crespo, aux limites du village de Cañar, qui est en haut attenante au chemin des Corrales et en dessous, à la grande rivière de Cañar, d'un côté avec les terres de l'indien Juan Pingüil, et de l'autre avec une ravine d'eau appelée Tentaguaico.

Sentence, 07-V-1759

L'Audience Royale de Quito déclare :

"Appartiennent à Juana Carrillo en tant que propriétaire des haciendas de Pucarsol, Cayquei et San Pedro, les eaux qu'a sorties Santos de Ibañez de Ibarquen de l'endroit nommé Chiripongo; en vertu de cela, elle les utilisera comme bon lui semble; Ambrosio Crespo, continuera à utiliser l'eau que lui offre volontairement Xavier Izquierdo en tant que gendre, si Juana Carrillo le permet, et sinon on fermera le flux qui est ouvert dans ce canal d'irrigation".

Ambrosio Crespo devra utiliser pour ses haciendas, seulement la moitié de l'eau qu'à ses frais, sortit et incorpora au canal d'irrigation de Santos Ibañez, le docteur Alonso de Enderica qui vendit ce canal en même temps que son hacienda du Puente au Maître de Camp Eugenio de Urquizo, par le biais d'une écriture faite à Riobamba le 2 juin 1750, et dans laquelle ce docteur nommé ci-dessus explique qu'il a sorti ce canal d'irrigation à ses frais et l'incorpora au canal d'irrigation de Santos Ibañez, et dont jouissent aujourd'hui le docteur nommé ci-dessus ainsi que Xavier Izquierdo, sans qu'il y ait un autre possesseur de cette eau et de ce canal; et cette moitié de l'eau qui appartient au docteur Enderica, c'est Ambrosio Crespo qui en profitera, pour la lui avoir vendue le Maître de Camp Urquizo par un jeu d'écritures signées à Riobamba le 21 mai 1757, après le début de ce différent en vertu de la possession, qui fut transférée par le docteur Enderica par le biais d'une vente; l'autre moitié de l'eau qui appartient au docteur Enderica sera utilisée comme bon lui semble par Urquizo en tant que propriétaire, sans qu'il ne reste un quelconque droit au docteur Enderica sur cette eau qui court dans le canal d'irrigation que sortit Santos Ibañez à ses frais puisqu'il l'a cédé. "

Le 29 août 1759, fut confirmée la sentence notée plus haut.

Acte Final du 3-IX-1759

Le Tribunal de l'Audience Royale de Quito déclare.

Qu'Ambrosio Crespo doit profiter de la moitié de l'eau que lui a vendu Eugenio de Urquizo, la faisant courir à travers le canal Guaico; "et que se ferment les flux des numéros 13 et 14 en fonction de ce qui a été ordonné et que l'on n'admette plus d'écrit sur ce sujet".

Note

Dans la dernière feuille du document, on constate que Ramón Jaramillo, au nom de José Seminario et Landivar, à Quito, le 8 avril 1804, demande les copies des jugements notés ci-dessus et constate que l'hacienda de Chilipongo qui était celle de Juana Carrillo, est maintenant entre ses mains.

PROCES N°3

Entre Joaquin Lopez de la Flor et Gregorio de Larrea au sujet de la propriété des eaux de San Buenaventura

14-X-1773, 180 feuilles
Archives Nationales, Fond terres, caisse 105.

1. Acteurs

Le Capitaine Joaquín López de la Flor, Maire Ordinaire de Premier Vote, et Juge sub-délégué de Biens de Défunts. Accusateur.

Le Général Gregorio de Larrea y León. Acusateur.

2. Situation

Province d'Imbabura, Urcuquí, Hacienda San Buenaventura

3. Résumé

López de la Flor expose (1771).

Qu'il est le possesseur et le propriétaire légitime de l'Hacienda de canne à sucre et des raffineries du village d'Urcuquí dans la juridiction d'Otavalo et dont l'irrigation se fait grâce aux eaux sortant de la ravine dite de Hospital, et dont l'origine est connue comme étant le " *Río Blanco* ".

Que de ces eaux, fut destinée à l'usage de l'hacienda et de ses maîtres, seulement une partie déterminée, qu'ils recevaient par l'intermédiaire d'un répartiteur de pierre placé à un endroit affecté de façon permanente à la famille Recalde et à ses héritiers pour que, pas même eux n'en abusent au détriment des autres propriétaires d'haciendas, des communautés indiennes et des voisins du village, en assignant à chaque hacienda ce qui lui était dû.

Lorsque vint le moment où Joseph Recalde prit possession des haciendas de San Vicente, San Buenaventura et de San Joseph, " *après l'exécution testamentaire de Joseph de Grijalva y Recalde succédant à la mort de Joseph Recalde* ", quand se posa le problème du partage entre ses héritiers, ils décidèrent, par permission gracieuse et temporaire, que momentanément, les propriétaires, membres consanguins de la famille, de l'hacienda en question de San Buenaventura, continueraient à profiter ainsi du répartiteur cité ci-dessus, comme de toute la portion d'eau, en tenant compte du répartiteur pour l'irrigation permanente, et de cette portion, dans le but unique de moulinier la canne à sucre dans la raffinerie de " *Ingenio* ".

Après avoir profité de cet unique usage, ils devaient laisser passer l'eau directement " *à l'hacienda San Joseph, qui m'appartient, ainsi que dans les terres des indiens* ".

Qu'ainsi, il ne restait aux possesseurs de San Buenaventura que " *le droit d'irriguer deux jours et deux nuits grâce au canal d'irrigation du village* ", c'est à dire que l' " *on a seulement autorisé les Recalde et leurs héritiers à utiliser ce répartiteur pour leur usage permanent* ".

Que ce qui se passe, c'est que Gregorio de Larrea "a dépassé ce auquel il avait droit en eau, par le biais de cet répartiteur, provoquant ainsi l'usure de la pierre qui est installée maintenant de telle façon que l'eau se précipite avec une plus grande violence, recueillant une quantité plus importante que celle qu'elle peut contenir proportionnellement à ce qui est ajouté, et sur les côtés de la pierre s'introduit une plus grande quantité d'eau, et en même temps, une grande partie de cette eau est déviée de son cours, et sous prétexte de broyage, il empêche une grande partie de cette eau d'être utilisée pour l'irrigation".

Que pour cette raison, ses plantations de canne à sucre manquent d'eau, et il demande donc "qu'il soit ordonné à Gregorio de Larrea de n'utiliser cette eau du village que pendant les deux jours et deux nuits accordés pour son hacienda de San Buenaventura".

Que Larrea n'étant pas parent des Recalde, aucun droit ne peut lui être accordés, sauf ceux qui lui ont été établis.

Gregorio de Larrea expose :

Que dans le village de San Miguel de Urucuquí, juridiction d'Otavalo, j'ai possédé avec le titre d'acheteur, l'hacienda de San Buenaventura qui échut à Ana de Recalde à la mort de son mari Joseph.

Que le répartiteur qui est en litige possède une pierre appelée Bayllo, parce que celui qui lui donna son nom s'appelait Bayllo.

Que la dite pierre fut enlevée de son site par on ne sait qui, mais l'on sait que cette pierre "Bayllo" existe dans l'hacienda de San Joseph appartenant à Joseph de Grijalva.

Que pour cela, il souhaite avoir des informations afin de remettre cette pierre dans son site d'origine parce que celle qui existe actuellement est d'une cavité plus petite et enlève ainsi une grande partie de l'eau.

Que - dit-il de façon ambiguë - de la Flor pourrait lui voler de l'eau, car l'hacienda de San Vivente est située plus bas que celle de San Buenaventura.

C'est ainsi que l'on a volé, par le biais de "conduits cachés", à Nicolas de la Guerra, propriétaire de l'hacienda San Joseph, au profit des haciendas San Nicolas et San Vicente, situées plus bas.

Que ni Grijalva à son époque, ni Guerra, "qui est le premier à avoir un droit sur ces eaux" qui descendent à travers son hacienda San Buenaventura, n'ont jamais reçu la moindre plainte de préjudice.

Que "Don Joseph de Grijalva a publiquement acheté l'hacienda de San Buenaventura et l'a ensuite échangé avec Francisco de Villacis, recevant celle de San Joseph, sans qu'en une ou autre occasion, on ait évalué l'acte négligeable de partage fait par les Recalde".

Documents fournis présentés par López de la Flor.

2-V-1757

Dans l'hacienda San Joseph, aux limites du village d'Urucuquí, juridiction de San Luis de Otavalo :

Le Capitaine Joseph de Grijalva y Recalde, Régisseur Perpétuel et Maire Provincial de la ville de San Miguel de Ibarra et du siège de San Luis de Otavalo, et;

Francisco de Villacis y Recalde exposent :

Francisco possède en toute propriété des haciendas appelées "San Joseph de Cañaverales y trapiches de Ingenio Real" et "Pisangacho de Pan Sembrar" situées aux limites du village d'Urucuquí; il possède deux troupeaux de vaches appelés Pantavi et Abagag qui se trouvent aussi dans la juridiction de San Miguel de Ibarra, sur le site de Yanaurco. Il les a en toute propriété, avec tout ce qui en fait partie, en vertu d'une cession faite par María de Sola y Robles, veuve du Maître de Camp Recalde y Aguirre et grand-mère de celui qui expose ici, Francisco de Villacis y Recalde.

Cette cession, elle la fit le 29 juin 1755, en tant qu'héritière universelle du docteur Esteban de Recalde y Sola, prêtre curé et vicaire juge ecclésiastique, son fils légitime qui acheta les biens nommés ci-dessus à son père Manuel de Recalde.

Pour cette cession, Francisco de Villacis paya 69 210 pesos, de 8 et 6 reals.

Que l'hacienda de San Joseph a une superficie de 73 "cuadras" de plantations de canne de différents âges et qualités, qu'il a proposé de céder ces biens à Joseph de Grijalva y Recalde car il était dans l'impossibilité de payer les dettes qu'il avait hérité en même temps que ces biens.

Les limites de ses propriétés sont les suivantes :

L'hacienda San Joseph : elle est limitée d'un côté par le couloir du chemin royal qui part de la ville d'Ibarra et va à Urcuquí par les terres du Llano de San Isidro et celles de l'hacienda de San Buenaventura; de l'autre côté, elle est limitée par une ravine qui naît de la Loma Redonda, appartenant à l'hacienda de San Nicolas et qui appartient aujourd'hui à Francisco López de la Flor et descend, faisant une limite avec les terres de l'hacienda de San Antonio de Purapunche, " et après l'hacienda, faisant une limite avec la tranchée formée par les terres de la ravine de San Antonio, et tout droit, cette tranchée va aux terres appelées Arcos et se termine dans le couloir du chemin Royal qui descend du village d'Urcuquí jusqu'aux Salinas et autres haciendas de son pourtour, et cette limite se poursuit avec le canal d'irrigation qui descend à travers la colline de Pucará, au niveau de Purapucheg et des terres de Joseph Santi Esteban et de celles des Arcos; elle passe aussi par la source qui se jette dans le canal d'irrigation qui descend vers cette hacienda de Saint Joseph jusqu'à une butte que l'on appelle Armas et par les terres des indiens du village d'Urcuquí, et cette limite se poursuit en droite ligne jusqu'à s'incorporer à la ravine de la Loma de San Nicolas, suivant un canal d'irrigation qui passe par le flanc de la Loma Redonda et par le pied du couloir qui va jusqu'à l'hacienda de San Vicente, appartenant au Général Francisco de la Flor, "et son canal d'irrigation qui tourne, et à la fin de ce couloir, la limite continue à partir de Pucará, la moitié correspondant à l'hacienda de San Vicente et l'autre moitié à l'hacienda de Don Joseph".

La ravine Pisangacho :

Elle est limitée d'un côté par une ravine profonde et sèche et les terres de l'hacienda Piquitola jusqu'à arriver au chemin royal Yanaurco; de l'autre côté, elle est limitée par la ravine de Pingunchuela et les terres de l'Héritier Joseph Freire de Andrade et plus en haut, par les terres appartenant à Ignacio Manosalvas; elle continue avec les terres de l'hacienda Ugubi appartenant à Pedro de Teran, "jusqu'à arriver tout droit au chemin royal de Yanaurco "; elle passe par le début de ce chemin royal et les terres du troupeau de El Hospital; et par en dessous, "traversée de part en part par un fossé qui va de ravine en ravine et par les terres de Pisango, le bas appartenant à l'hacienda de San Buenaventura".

On a exclu de l'échange les troupeaux de Pantaví et Abagag, les bœufs de labour, les mules de charge et de selle, les moutons, les outils et autres... En outre, on présente un inventaire de tous les autres biens de l'hacienda de San Joseph.

Joseph Grijalva possède les haciendas de San Buenaventura qui se compose de plantations de canne à sucre et de raffineries, celle de Pisango, la partie basse de Pan Sembrar; en outre, une plaine appelée San Isidro que lui céda María de Sola y Robles en partie de paiement d'une dette que son mari avait contractée en faveur de Grijalva.

Les autres terrains, ils les a obtenus -dit-il- "publiquement (aux enchères)".

Grijalva se réserve, pour son usage et son service, "la colline située face aux deux haciendas de Pisangacho, appelées l'Enclos, partagées par une ravine".

En ce qui concerne les eaux "qui descendent pour l'irrigation des plantations de canne à sucre de San Buenaventura, il faut comprendre qu'il n'y a que le canal de Pisangacho et la pierre de Pedro Baillo ", qui est la même que dans le partage qui se fit entre les héritiers de Joseph de Recalde y Aguirre et Doña Isabel Nieto y Araujo; "et ce partage concerne aussi San Buenaventura et Pisangacho ", qui furent adjugés à Ana de Recalde y Aguirre, veuve de Francisco de Estanillo y Osejo, "avec seulement le droit à cette pierre d'eau de ce village d'Urcuquí, et dans le but que lui échoient aujourd'hui les deux canaux d'irrigation : celui de l'hacienda de San Joseph, qui lui donne le choix d'user du droit de cette pierre de l'un des deux canaux d'irrigation ".

On signale que ce droit est valable tant qu'un membre de la famille en est possesseur.

On dit qu'il existe sur ces terres 88 "cuadras" de canne à sucre de tout âge.

On fait en outre un inventaire des objets existants, et parmi les cultures, on signale une plantation de luzerne garnde et récente ainsi que ses arbres fruitiers.

19-II-1715

En synthèse, on fait référence au partage des biens fait entre les fils légitimes et les héritiers du Maître de Camp Joseph Recalde y Aguirre et de son épouse Isabel Recalde Aguirre.

Il figure que, seul un membre de la famille Recalde, dans le cas où il le possède, pourra utiliser le répartiteur (pierre) qui arrose San Buenaventura; dans le cas où cette hacienda appartiendrait à une personne étrangère à cette famille, elle pourrait utiliser seulement le canal d'irrigation d'Urcuquí, qui appartient aux indiens d'Urcuquí, les deux seuls jours de tour d'eau qui lui correspondent.

On rappelle qu'il devait contribuer à part égale à la construction d'un canal d'irrigation. On ignore s'il fut construit ou non.

17-X-1661

Dans un jugement rendu par l'Audience Royale de Quito, on affirme ceci :

Joseph de Recalde n'a aucun droit sur les eaux d'Urcuquí, "*et que pour des raisons d'équité*", on lui accorde deux jours, le lundi et le mardi, pour qu'il en use, et qu'ensuite, il laisse passer l'eau à Urcuquí dans sa totalité.

On assigne à Juan Gonzalez Escobedo les rémanents qui vont au village, les samedi et les vendredi.

On donne ces mêmes droits à Joseph de Recalde, car il avait un droit sur le canal d'irrigation, étant donné le titre octroyé par le gouvernement à Pedro Dueñas Bayllo; et en raison de l'écriture de vente octroyée par Fernando Ulcuquiango, en faveur de Juan de León Sanabria, le 10-X-1586, on octroie ces mêmes droits à Escobedo.

Les deux personnes citées dans ce jugement sont en litige contre Sebastian Cabezas, Cacique Principal et Gouverneur d'Urcuquí.

02-I-1705

Fernando Rodriguez Lepe, au nom de Joseph de Recalde y Aguirre, sollicite "*un acte d'autorisation*" (copie) du titre que Pedro Vasquez, président de l'Audience en 1648, octroya à Pedro Dueñas Bayllo, concernant les rémanents du canal d'irrigation du village d'Urcuquí cette année-là.

Résumé de la documentation de 1648 :

Pedro Dueñas Bayllo dit que les indiens du village d'Urcuquí ont un canal d'irrigation qu'ils ont sorti il y a fort longtemps d'une ravine qui descend du "paramo" de Yanaurco, que l'on appelle de l'Hospital; "*que cette eau a une quantité suffisante pour faire fonctionner un moulin qui y est situé, et les rémanents de cette eau qui va se perdre dans la ravine pourraient presque faire fonctionner un autre moulin*"; il prétend que "*ces rémanents entrent par la prise d'eau et le canal d'irrigation des indiens, que cette eau se mélange à celle des indiens, à tel point que je peux la sortir et l'amener à mon hacienda; cette eau entre par le trou d'une pierre, trou d'une certaine taille, contrôlée par un greffier, et ressort par un autre trou de la même taille*".

Le Conseil de Justice et Municipal d'Ibarra expose que Pedro Bayllo, ayant fait une demande "*pour sortir un canal d'irrigation de la rivière et de la ravine appelée l'Hospital, qui descend des hauteurs de Yanaurco, d'où l'on sort deux autres canaux d'irrigation, l'un pour les indiens du village d'Urcuquí et l'autre pour Coñaqui, qui va aux haciendas du Capitaine Andrés de Sevilla, qui en plus du fait que ces canaux d'irrigation emportent une eau suffisante, "la quantité de ces rémanents qui se perd et entre dans le Río Blanco qui se dirige vers le Río Mira est importante*".

On réalise une constatation de visu sur l'ordre du Conseil Municipal et l'on dit que *"la rivière dite de l'Hospital verse dans la rivière Blanco une grande quantité d'eau des rémanents des autres deux canaux qui sortent de cette rivière pour les indiens d'Urcuquí et les haciendas du Capitaine Andrés de Sevilla; grâce à ces eaux, fonctionnent deux moulins, et celles qui restent, si elles sont toutes récupérées, sont suffisantes pour deux autres moulins, et en sortant ce canal, afin de ne pas porter préjudice aux deux autres..."*.

On concède la pétition à Bayllo.

Document présenté par Joseph de Jijón y León, au nom de Gregorio de Larrea, 15-IX-1789

C'est un accord entre Fray Rafael Melo, curé doctrinaire, Patricio Valenzuela, cacique principal et gouverneur, et Antonio de la Muela, Protecteur des Biens Naturels, faisant tous partie de la Municipalité d'Otavallo, et avec une représentation de la Communauté indienne d'Urcuquí; d'un autre côté, le Commissaire de Cavalerie Joseph Grijalva y Recalde; ils disent :

Qu'Urcuquí possède un canal d'irrigation qui descend de la ravine de l'Hospital appelée Pisumbí; ils autorisent Joseph Grijalva à faire fonctionner deux moulins d'eau à partir de ce canal d'irrigation, toute la ravine Pisumbí appartenant à Urcuquí.

Sentence du 3-VI-1778

"Il est déclaré que l'hacienda de San Buenaventura appartenant à Gregorio de Larrea doit profiter des eaux que Joseph de Recalde a donné gratuitement à son fils Joseph, bien que ce Gregorio soit étranger à la famille des Recalde...".

L'exception proposée par de la Flor est rejetée.

**ARCHIVES NATIONALES D'HISTOIRE
FOND " TERRES "
DOCUMENTS SUR L'IRRIGATION**

CAISSE 1 (1560-1604)

18-IX-1582

Títulos demostrados por el Dr. Dn. Joseph Bustos de la Hacienda de aguas de Chillo. Provincia de Pichincha. Los Chillos. 45 fjs.

CAISSE 2 (1671-1687) [Fonds Civils]

06-V-1682

Autos de doña Francisca de Cespedes, viuda de Melchor Sánchez Carrascal contra Joan Mendes sobre una acequia de agua. Provincia de Imbabura. Yaguarcocha. 66 fjs.

CAISSE 10 (1680-1682)

19-III-1682

Expediente de Doña Clara de León sobre las aguas de las cuadras que fueron de Dn. Mariano Ubilus. Provincia de Pichincha. Quito. Santa Prisca. Ñaquito. 2 fjs.

10-X-1687 (No aparece)

Cristóbal de Santa Cruz con Alonso de León sobre la acequia de Natabuela. Provincia de Imbabura.

CAISSE 12 (1686-1688)

15-VI-1688

Diego de Almeida sobre la acequia de Agualongo. Provincia de Imbabura. Tontaqui. Acequia Agualongo. 2 fjs.

CAISSE 20 (1693)

07-VIII-1693

Pedro Sumarraga contra Gabriel Yerovi sobre acequia. Provincia de Pichincha. Quito. Cotocollao. Ñaquito. 21 fjs.

18-II-1693 (No aparece)

Reinaldo de León Negrete sobre acequia en Latacunga. Provincia del Cotopaxi.

CAISSE 21 (1694-1695)

18-V-1695

Gerónimo Martín sobre acequia en Yaruquí. Provincia de Pichincha. Yaruquí. 24 fjs.

CAISSE 23 (1696-1697)

19-I-1697

Autos de Don Antonio Onagoytia contra el Dr. Pedro Sumarraga sobre una acequia de agua. Provincia de Pichincha. Quito. Cotocollao. 33 fjs.

01-XII-1700 (No aparece)

Pedro de Villacrés sobre acequia. Provincia de Tungurahua.

CAISSE 27 (1701-1703)

12-V-1702

Miguel del Baño contra el capitán Pedro Alejandro Rocha sobre despojo de agua. Provincia de Chimborazo. Chambo. Hcda. Chugllín. 106 fjs.

21-I-1701

El Alferez Clemente Fuertes contra Antonio del Real sobre acequia en Urcuquí. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Paraje Puentequí. 9 fjs.

CAISSE 28 (1703-1704)

20-IV-1703

Autos del Capitán Joan Flores con el Maestre de Campo Don José de Recalde y Aguirre sobre la acequia de agua en Otavalo. Provincia de Imbabura. Otavalo. Urcuquí. Hcda. Coñaquí. 223 fjs.

09-IX-1708 (No aparece)

Autos del Covento de la Merced con el de Santo Domingo sobre las Haciendas Pesillo y Cayambe. Provincia de Pichincha. Cayambe.

CAISSE 34 (1710-1712)

29-V-1711

Autos de Micaela Manrique con el Convento de Santo Domingo sobre las aguas del Río Blanco. Provincia de Pichincha. Cayambe. Guayllabamba. Río Blanco. 65 fjs.

CAISSE 35 (1713-1715)

01-VIII-1713

Autos de Don Ignacio Manosalvas con Don Juan Antonio Monar sobre una acequia de agua. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcda. El Molino. 74 fjs.

CAISSE 37 (1718-1719)

05-XII-1718

Autos seguidos por el Dr. Dn. Mariano Monteserrín con el Dr. Dn. Manuel Acebedo sobre la propiedad de las tierras y aguas de Curuquingupamba y el Pogyo. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcdas. Cuzubamba y Guanguilquí. 446 fjs.

CAISSE 39 (1720-1722)

19-IV-1721

Autos de Don Francisco Naranjo con Juan Fiallos de Mediavilla sobre despojo de una acequia de la Hacienda de Pisilata. Provincia de Tungurahua. Ambato. Hcda. Pisilata. 186 fjs.

CAISSE 40 (1722-1723)

13-II-1723

Autos de Don Francisco Aguirre y Recalde con Salvador Benítez sobre que le extravían una acequia de agua de la Hacienda de Chota. Provincia de Imbabura. Chota. Río Angel. 16 fjs.

CAISSE 41 (1723-1725)

15-XI-1723

Doña Juana de Angueta vecina de Latacunga con Dionisio Mogrovejo sobre la propiedad de tierras. Provincia de Cotopaxi. Pueblo de San Felipe. [Contient plan: fj. 216]. 245 fjs.

CAISSE 42 (1725-1727)

29-I-1727

Pedro Mayorga contra Manuel de Gavilanes y Pedro Villacís sobre acequia y tierras en Quero y Tisaleo. Provincia de Tungurahua. Quero. Tisaleo. Sitio Andignato. 10 fjs.

CAISSE 44 (1728-1729)

04-IV-1729

Autos de una acequia de aguas de las Madres Carmelitas y Conceptas de la ciudad de Cuenca. Provincia del Azuay. Cuenca [Contient plan du centre de Cuenca: fj. 71]. 76 fjs.

CAISSE 47 (1731-1732)

11-II-1732

Teresa Riofrío sobre acequia. Provincia del Cañar. Sitios Sun-Sun y Cruz-Urcu. 6 fjs.

10-IX-1733 (No aparece)

Antonio de la Vega con Dionisio Mogrovejo sobre acequia. Provincia de Cotopaxi.

CAISSE 50 (1734-1735)

22-X-1734

Títulos de la Hacienda de Alangasí denominada Pinta, perteneciente a la Compañía de Jesús y construcción de acequia. Provincia de Pichincha. Valle de Alangasí. Hcda. Pinta. 19 fjs.

CAISSE 54 (1738)

15-III-1738

María Rita Pazmiño con Salvador Navarrete. Presbítero, sobre propiedad de acequia. Provincia de Pichincha. Yaruquí. Hcda. Chilpe. 3 fjs.

05-V-1738

Autos de la Compañía de Jesús contra Juan de la Guerra sobre una acequia de agua de la Hacienda de Cotacachi. Provincia de Imbabura. Cotacachi. Hcda. San Nicolás. Río Blanco. 131 fjs.

16-VI-1738

Don Francisco de Veintemilla con el Maestre de Campo Don Antonio de Alvear sobre las tierras nombradas LLausaxí. Provincia del Azuay. Valle del Yunguilla. Sitio LLausaxí. 17 fjs.

CAISSE 56 (1739-1740)

02-III-1740

Autos de la Compañía de Jesús con Fernando Merizalde sobre despojo de acequia. Provincia de Pichincha. Quito. Parroquias San Blas y Santa Prisca. 8 fjs.

CAISSE 57 (1740-1741)

02-VI-1740

Autos de la Compañía de Jesús con Manuel de Recalde sobre una acequia. Provincia de Imbabura. Hcdas. Tumbabiro y Coambo. 168 fjs.

16-XII-1740

Antonio López Hurtado con Pacual Antonio de Cisneros sobre despojo de acequia. Provincia de Imbabura. Tumbabiro. Urcuquí. 83 fjs.

CAISSE 59 (1741-1742)

06-VII-1741

El Colegio de San Luis con Ignacio Lucar y Cahueñas sobre la acequia de Cotocollao. Provincia de Pichincha. Quito. Cotocollao. 2 fjs.

16-VII-1741

Luisa Mesías con Juan Joseph Sánchez de Orellana sobre una acequia. Provincia de Pichincha. Machachi. 37 fjs.

13-III-1742

Autos del Colegio de la Compañía de Jesús con Manuel Pérez de Avila sobre una acequia. Provincia de Cotopaxi. Pujilí. Hcdas. Collas y Mulinlivi. 146 fjs.

CAISSE 60 (1742)

20-X-1742

Autos del General don Juan Sánchez de Orellana con doña Luisa Mesías sobre una acequia de agua en el valle de Machachi. Provincia de Pichincha. Machachi. 19 fjs.

CAISSE 64 (1746-1747)

17-IX-1746

Pedro de Olano Ilegasa con Joseph Serrano sobre el despojo de la acequia de la Hacienda de San Pedro del Cache. Provincia del Azuay. Hcdas. San Pedro del Cache y San Gerónimo. 125 fjs.

CAISSE 65 (1747-1748)

11-X-1747

Pedro Mejía con Pedro de Tapia, mayordomo de la Cofradía de las Benditas Animas del Purgatorio, sobre compra-venta de tierras y aguas. Provincia de Cotopaxi. Pueblo San Sebastián. Sitio Lloca. 95 fjs.

CAISSE 66 (1748)

01-IV-1748

El general Francisco Fernández de la Flor con Basilio Rivadeneira sobre despojo de acequia. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Hcda. Yangaro. Sitio Perapuche. Quebrada Pigunchuela. 12 fjs.

CAISSE 71 (1750-1751)

26-VIII-1750

Justo Xavier de Peñaherrera con el Procurador General Provincial de la Compañía de Jesús sobre despojo de acequia. Provincia de Imbabura. Cotacachi. 3 fjs.

CAISSE 72 (1751-1752)

03-IV-1752

El Padre Rector de la Real y Militar Orden de las Mercedes Miguel Guzmán con Esteban de Andrade sobre despojo de acequia. Provincia de Imbabura. Tontaqui. Vertientes de Agualongo. 4 fjs.

CAISSE 75 (1754)

28-IX-1754 (No aparece)

Nicolás de Ureta con Joseph del Castillo sobre la acequia de Quinamay.

28-IX-1754

Autos seguidos por el Dr. Dn. Francisco Xavier de Piedrahita con María Senteno sobre despojo de aguas de la Hacienda de Chillo. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Pueblo de Amaguaña. Vertientes de Puengasí. 291 fjs.

CAISSE 76 (1755-1756)

06-VIII-1755

Pedro Agustín de Valencia con Nicolás de Ureta sobre aguas de las quebradas de Lorenzo Paz, Coloto y Anaconas. Colombia. Popayán. 4 fjs.

01-X-1755 (No aparece)

Joseph de Grijalva con Francisco Villacrés sobre una acequia de Urcuquí. Provincia de Imbabura. Urcuquí.

CAISSE 78 (1756-1757)

06-XII-1756

Manuel de Alcívar sobre confirmación de tierras con acequia de agua. Provincia de Imbabura. Cotacachi. Quebrada Pizambichi. 6 fjs.

10-II-1757

Querrela de despojo del General Don Manuel Jijón con Esteban Andrade y consortes sobre las aguas de la Hacienda de Alobuela. Provincia de Imbabura. Tontaqui. Hcdas. Alobuela y Guaramía. 13 fjs.

CAISSE 79 (1757-1758)

19-IV-1757

Autos de Doña Juana Carrillo con Ambrosio Crespo sobre el despojo de aguas de Pucarsol. Provincia de Cañar. Hcdas. San Pedro, Chugín y Pucarsol. 219 fjs.

14-IX-1757

El Padre Procurador del Convento de Predicadores con Manuel de la peña sobre aguas. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. 8 fjs.

CAISSE 80 (1758-1759)

17-VIII-1758

Expediente Crespo-Carrillo. Provincia de Cañar. Hcda. Pucarsol. [Contient plan: fj. 1]. 1 fjs.

06-IX-1758

Juana Carrillo u Ambrosio Crespo sobre aguas y acequias en Pucarsol y Pinguiles. Provincia de Cañar. Hcda. Pucarsol. Acequia Curiquingui. [Contient plan: fj. 110]. 183 fjs.

CAISSE 81 (1759)

05-II-1759 (No aparece)

Autos del Dr. Dn. Gabriel Alvarez contra los vecinos del Pueblo de Santa Rosa, sobre el despojo de las aguas del obraje de Huachi. Provincia de Tungurahua. Santa Rosa. Huachi. 43 fjs.

15-VI-1759

Juan Manuel Mosquera, en nombre de la Provincia de la Compañía de Jesús sobre una acequia en las Haciendas de Cuzubamba y Nacsiche. Provincia de Cotopaxi. Salcedo. Hcdas. Nacsiche y Cuzubamba. 47 fjs.

07-VII-1759

El Capitán Don Joseph de Jijón con los albaceas del General Don Francisco de la Flor, sobre despojo de dos regaderas de agua en la Hacienda San Antonio de Purapuchi en el Pueblo de Urcuquí. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Hcdas. San Antonio de Purapuchi, San Antonio y San Nicolás. 110 fjs.

13-VII-1759

Autos de Don Antonio Silva con Don Gabriel Alvarez sobre despojo de agua. Provincia de Tungurahua. Santa Rosa. Hcda. Turubamba. 9 fjs.

CAISSE 82 (1759-1760)

14-XII-1759

El Capitán Don Pedro Munar de Sotomayor con el Sargento Mayor Don Pedro Sáenz de Viteri sobre despojo de una acequia de agua en el sitio de Rumipamba. Provincia de Cotopaxi. Rumipamba. 62 fjs

CAISSE 85 (1761)

09-IX-1761

Don Juan García Granda con la Sra. Marqueza de Maensa y Don Pablo de Soto sobre las aguas de Guanailín e Illuchi. Provincia de Cotopaxi. Hcda. Guanailín. Obrajes de Comunidad y Culaguango. Rfo Illuchi. Páramos Jilingua. 59 fjs.

CAISSE 86 (1762)

04-II-1762

Manuel y Blas Londoá, indios del Pueblo de Llaçao, querellándose de despojo de unas tierras nombradas Zidcay con Manuel Bravo. Provincia del Azuay. Parroquia San Blas. Pueblo Llaçao. Sitio Zidcay. [Contiene plano: fj. 110]. 165 fjs.

02-III-1762 (No aparece)

Rosalía Pinto contra el Capitán Mariano Pérez de Ubillus sobre las tierras y las aguas de la Hacienda de Puembo. Provincia de Pichincha. Puembo. 104 fjs.

11-XI-1762

Rosalía Pinto contra el Capitán Mariano Pérez de Ubillus sobre las tierras y las aguas de la Hacienda de Puembo. Provincia de Pichincha. Puembo. [Contient 2 plans: fjs. 8 y 27]. 53 fjs.

CAISSE 89 (1764)

10-XI-1764

Autos seguidos por Don Bernardino de Aviar y Espinosa, con el Dr. Dn. Juachín Polo del Aguila, sobre unas tierras nombradas Nuncay y Usupud en la ciudad de Cuenca. Provincia del Azuay. Sitios Nuncay y Usupud [Contient plan: fj. 82]. 170 fjs.

CAISSE 90 (1764-1765)

24-XII-1764

Autos seguidos por Don Rafael Espinoza de los Monteros contra Don Nicolás de la Guerra sobre las aguas de su hacienda. Provincia de Pichincha. Tabacundo. Hcda. Guaraquí. 103 fjs.

17-IV-1765

Autos de querrela de despojo de las aguas de la Hacienda de Puñapi de Don Antonio Pereira con la Compañía de Jesús. Provincia de Tungurahua. Patate. Hcdas. Puñapi y San Javier. Vertientes de Leyto y Llipini. 62 fjs.

CAISSE 91 (1765-1766)

08-XI-1765

Autos del General Don Manuel Jijón con Don Joaquín López de la Flor, sobre las aguas de Coñaquí Grande y Chico y Yunguilla. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Hcdas. Coñaquí Grande y Chico, Yunguilla, Hospital, El Puente y Periguela. Río Cariyacu. 142 fjs.

CAISSE 93 (1767)

26-IX-1767

Autos de Don Antonio Enderica con Manuel de Peralta sobre el despojo que este hizo de una acequia nombrada Atug-Guaico de la Hacienda de Enderica. Provincia de Cañar. Acequia Atug-Guaico. 6 fjs.

CAISSE 103 (1771-1772)

26-X-1771

Mariano de Olea con Juan Lucero sobre una acequia. Provincia de Chimborazo. Riobamba. 88 fjs.

CAISSE 104 (1772-1773)

10-VII-1772

Rosalía de Ortega y Catalina Morillo contra Ventura Zuñiga y Teresa Romerati sobre tierras y aguas en Llausary. Provincia del Azuay. Cuenca. Sitio Llausary. 7 fjs.

CAISSE 105 (1773-1774)

02-VIII-1773

El Monasterio de las Carmelitas contra Joseph de Leyba sobre las tierras de Papatena. Provincia de Pichincha. Calacalí. Hcda. Yanayacu. Loma de Papatena. [**Contient 2 plans : fjs. 172 y 230**]. 232 fjs.

14-X-1773 (No aparece)

Joaquín López de la Flor con Gregorio de Larrea sobre la propiedad de las aguas de San Buenaventura. Provincia de Imbabura. Hcda. San Buenaventura. 180 fjs.

17-III-1774 (No aparece)

María Ventura de Grijalba, dueña de la Hacienda de Pisquer, sobre aguas y tierras. Provincia de Imbabura. Mira.

CAISSE 106 (1774)

04-V-1774

Felipe Santiago Navarrete con Tomás Villacís sobre las aguas remanientes del Pueblo de Urcuquí que van a la Hacienda Culquipamba de Navarrete. Provincia de Pichincha. Yaruquí. Hcda. Culquipamba. Obraje de Yaruquí. Quebrada Chaquiuco. [**Contient plan: fj. 189**]. 260 fjs.

21-VI-1774

Vista de ojos de las acequias y remanientes del Pueblo de Yaruquí, actuada por el Sr. Oidor Don Serafín Vejan en el juicio entre Felipe Navarrete y Tomás Villacís. Provincia de Pichincha. Yaruquí. 12 fjs.

CAISSE 107 (1774-1775)

11-XI-1774

Autos de querrela por despojo que sigue Don Manuel de la Lastra y Ron contra el Convento de San Francisco de esta ciudad, por las tierras y montes de la Calera de Vino. Provincia de Pichincha. Calacalí. Hcdas. La Calera y La Merced. Quebrada Chaquiaco. [**Contient plan : fj. 62**]. 109 fjs.

23-XI-1774

Autos seguidos por Don Francisco Sotomayor con el provincial de la Merced sobre el despojo de una acequia de agua en Pomasquí. Provincia de Pichincha. Pomasquí. 44 fjs.

CAISSE 108 (1775)

22-IX-1775

Autos de Don Gregorio de Larrea con Don Joaquín López de la Flor sobre el despojo de las aguas de la Hacienda de Conrraquí. Provincia de Imbabura. Hcdas. Conrraquí, Asayac, Cananballe y Chaupi-Estancia. Quebrada Chorlaví. 82 fjs.

CAISSE 110 (1776)

25-IV-1776

Segundo cuaderno de la vista de ojos de las aguas de las Haciendas de Conrraquí y Asayag que sigue Gregorio de Larrea con Joaquín López de la Flor. Provincia de Imbabura. Hcdas. Conrraquí y Asayag. 237 fjs.

13-VIII-1776

Autos de querrela de despojo de Don Martín de Chiriboga y demás herederos de Juan de Chiriboga contra Don Francisco de Larrea sobre las aguas de Malchinguíf. Provincia de Imbabura. Tocachi. Hcda. Malchinguíf. Páramos de Mojanda. 33 fjs.

09-IX-1776

Autos seguidos por Don Joaquín López de la Flor sobre sustracción de los títulos de las aguas de la Hacienda de Asayag y Conrraquíf. Provincia de Imbabura. Hcdas. Asayag y Conrraquíf. 118 fjs.

24-X-1776

Autos seguidos por Don Joaquín López de la Flor contra Don Manuel de Jijón sobre el despojo de las aguas del Paridero que conducen a la Hacienda de Cariyacu. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Hcdas. El Paridero, Coñaquí y El Puente. Río Cariyacu. 84 fjs.

CAISSE 113 (1777-1778)

14-III-1778

Autos seguidos por Don Manuel Isidoro Crespo con Doña María Vélez de Orellana sobre unas tierras y aguas. Provincia del Azuay. Pueblo de Jirón. Hcda. Rincay. 97 fjs.

16-III-1778

Autos de Don Gregorio de Larrea con Joaquín de la Flor sobre sustracción de los títulos de las aguas de la Hacienda de Asaya y Conrraquíf. Provincia de Imbabura. Hcdas. Conrraquíf y Asaya. 22 fjs.

CAISSE 114 (1778)

30-IV-1778

Autos seguidos por Don Joseph de Recalde con el Capitán Juan Flores sobre las aguas del Paridero que conducen a las Haciendas de Coñaquí y El Puente. Provincia de Imbabura. Hcdas. Coñaquí, El Puente y El Paridero. 182 fjs.

07-V-1778

Autos seguidos por Damiám López con Doña Juana Cotacachi sobre la propiedad de unas tierras. Provincia de Imbabura. Otavalo. Tumbabiro. Hcda. Pucará. [Contient plan : fj. 108]. 166 fjs.

CAISSE 115 (1778)

14-IX-1778

Ignacia de Bidaurreta en autos con Joaquín Arteta sobre el despojo de agua de su casa. Provincia de Pichincha. Quito. 24 fjs.

08-X-1778

Autos de Don Joaquín de la Flor contra el Administrador del Monasterio de la Concepción de la Villa de Ibarra sobre despojo de aguas de la Hacienda de Asaya. Provincia de Imbabura. Hcdas. Asaya, Chaupi-Estancia, Yacu-Calle, Yacu-Cocha y Ejido. 49 fjs.

CAISSE 116 (1778-1779)

12-XII-1778

El Procurador General del Cabildo de Quito con el Reverendo Padre Guardián del Convento de San Francisco por el remaniente de las aguas llamadas del Chorro. Provincia de Pichincha. San Francisco. Esquina de Cantuña. 36 fjs.

20-III-1779

Autos de querrela de despojo de unas aguas en Cuenca, seguidos por Don Francisco Calderón, con Don Joseph de Herze. Provincia del Azuay. Pueblo Jirón. Hcdas. El Pongo y Rircay. Río Cicay. [Contient plan : fj. 74]. 76 fjs.

CAISSE 117 (1779)

26-VI-1779

Escritura de Composición por Juan Flores al Maestre de Campo Don Manuel de Recalde a petición de Don Joaquín Flor. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Hcdas. Cuicocha, Coñaquí, El Puente y El Hospital. Río Cariyacu. 67 fjs.

CAISSE 118 (1779-1780)

25-IX-1779

Querrela de despojo de Doña María Pérez de Ubillus contra Don Joseph Leiseca sobre las aguas de la Hacienda de Machachi. Provincia de Pichincha. Machachí. Hcda. Pachupo. Sitio Tauricucho. 21 fjs.

CAISSE 121 (1780-1781)

24-XI-1780

El convento de San Agustín contra Don Juan Ruiz Jimenez y demás vecinos de la Villa de Ibarra, sobre despojo de las aguas del río Taguando y quebrada de Lulunquí. Provincia de Imbabura. Ibarra. Hcdas. Yaguarcocha y Tababuela. Río Taguando. Quebrada Lulunquí. 309 fjs.

s.d/s.m/ 1780

Mapa de los Chillos. Sin más referencias. Provincia de Pichincha. Los Chillos. [**Contient plan: fj. 1**]. 1 fj.

CAISSE 122 (1781)

11-III-1781

Autos de Querrela de despojo de Francisco Xavier de Bustamante contra Don Nicolás Vivanco sobre las aguas de su Hacienda Magdalena. Provincia de Pichincha. Quito. La Magdalena. Hcda. Pamocotog. Quebrada Surucucho. 10 fjs.

CAISSE 123 (1781-1782)

17-IX-1781

Autos de querrela de despojo de Don Joseph Carcelen contra Don Pedro Calisto sobre las aguas pertenecientes a los potreros de San Agustín de la Hacienda de la Calera. Provincia de Pichincha. Machachi. Hcda. de la Calera. 165 fjs.

CAISSE 124 (1782)

19-VI-1782

Autos de despojo de aguas que siguen los señores Don Asencio Moreno y Don Joseph Bustos, de la Hacienda de los Chillos. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Amaguaña. 113 fjs.

09-VIII-1782

Autos de querrela de despojo del Recogimiento de Beatas Mercedarias de esta ciudad con Don Juan Antonio de Chiriboga sobre las aguas de las Haciendas de Malchinguí. Provincia de Imbabura. Tocachi. Hcdas. Malchinguí y Beaterio. 59 fjs.

CAISSE 125 (1782-1783)

16-XII-1782

Sobre los daños que hacen los vecinos de los pueblos de Pelileo y Quero en las Haciendas de San Idelfonso sustrayéndose las aguas de dicha hacienda. Provincia de Tungurahua. Pelileo. Quero. Patate. Acequias Mocha y Chumaquí 3 fjs.

10-V-1783

Autos del Dr. Don Pedro de la Carrera contra Jualián Carrera mayordomo de Doña Manuela de León sobre despojo de una acequia de aguas de la hacienda nombrada Arias. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Hcdas. Tena y Arias. 9 fjs.

14-V-1783

Autos seguidos por el Monasterio de la Concepción de la Villa de Riobamba contra Félix de Velasco, sobre despojo de una acequia de agua que baja a la Hacienda de Chancaguán propia del Monasterio. Provincia de Chimborazo. Riobamba. Hcda. Chancaguán. 32 fjs.

15-V-1783

Autos seguidos por Doña Manuela de León con el Dr. Pedro de la Carrera, Presbítero, sobre despojo de una acequia de sus Haciendas de Chillo. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Hcdas. Tena y Arias. [**Contient plan: fj. 43**]. 96 fjs.

CAISSE 127 (1783-1784)

15-XII-1783

Autos seguidos por Don Joaquín López de la Flor vecino de la Villa de Ibarra con Don Gregorio de Larrea, también vecino de ella sobre una acequia que ha abierto para conducir las aguas de Cariyacu a sus Haciendas de San Buenaventura. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Hcdas. San Antonio, San Nicolás de Trapiche, San José y San Vicente. Vertientes de las Herraduras o Pruchaqui. 96 fjs.

CAISSE 129 (1784)

06-V-1784

Autos de querrela de despojo que siguen Don Nicolás de la Guerra vecino de Cotacachi contra Miguel de Vidarrueta, Presbítero de Otavalo, sobre las aguas de la Hacienda de Colimbuela. Provincia de Imbabura. Cotacachi. Hacienda y Obraje Colimbuela. Quebradas Asayac y Tuctará. 13 fjs.

09-VII-1784 (No aparece)

Autos de querrela de despojo seguidos por Don Pablo de Unda contra el Dr. Don Mariano de Monteserrín sobre las tierras y las aguas de la Hacienda Guanguilquí. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcdas. Guanguilquí y Cuzubamba.

CAISSE 131 (1784-1785)

25-II-1785

Autos seguidos por Don Manuel de Jijón y León vecino de la Villa de Ibarra con Don Joaquín López de la Flor del mismo vecindario sobre las aguas de Cariyacu. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Hcdas. San Vicente, El Puente y Coñaquí. Río Cariyacu. 66 fjs.

29-IV-1785

Autos de querrela de despojo del Dr. Asencio Moreno contra Don Pedro de la Carrera sobre haber derrocado la toma por donde pasan las aguas a la Hacienda de Chillo. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Amaguaña. 14 fjs.

CAISSE 132 (1785)

24-VII-1785

Manuel Jijón y Joaquín López de la Flor sobre sacar y distribuir aguas. Provincia de Imbabura. Urcuquí. Hcdas. San Buenaventura, San José, Coñaquí Grande y Chiquito. Río Cariyacu. 41 fjs.

26-XI-1785

Autos de Doña Ignacia Sánchez con Don Francisco Rada sobre las aguas de la Hacienda de San Lucas. Provincia del Azuay. Hacienda y Trapiche San Lucas. Sitios Puruvín y Molsi. 37 fjs.

CAISSE 133 (1785-1786)

02-XII-1785

Mariana Sánchez Argudo sobre la propiedad de aguas de la Hacienda de Cuzubamba que fue rematada en Don Miguel Iturralde. Provincia de Cotopaxi. Hcdas. Cuzubamba y San Agustín. 131 fjs.

10-XII-1785 (No aparece)

Autos que sigue Doña Mariana Mancheno sobre despojo de las aguas del molino de San Andrés contra Juan Villagómez, Joaquín Chiriboga y otros vecinos. Provincia de Chimborazo.

19-III-1786

Autos del Convento de San Agustín con Don Joseph Aguirre sobre despojo de las aguas de Pintag. Provincia de Pichincha. Pintag. Hcda. Yurac-Compañía e Ychubamba. 87 fjs.

CAISSE 135 (1786-1787)

04-IX-1786

Pedro Buendía Dávila con Nicolás de la Guerra sobre la propiedad de las aguas de Chimburlo. Provincia del Azuay. Hcda. Chimburlo. 5 fjs.

26-IX-1786

Autos de la Madre Priora del Carmen de la ciudad de Cuenca con Don Mariano Ruylova sobre despojo de unas aguas de molino. Provincia del Azuay. Cuenca. 42 fjs.

30-I-1787

Manuel Ruíz de la Peña sobre la propiedad de las aguas de las cuadras de la fábrica de loza que bajan del Pichincha, con Don Joaquín Tinajero. Provincia de Pichincha. Quito. San Roque. 2 fjs.

CAISSE 136 (1787)

02-V-1787

Autos del Procurador de Ambato con Doña Antonia Villacreses por las aguas de la Hacienda de Miraflores. Provincia de Tungurahua. Ambato. Miraflores. Río Ambato. 3 fjs.

07-V-1787

Autos del Procurador de Ambato con Doña Antonia Villacreses por las aguas de la Hacienda de Miraflores. Provincia de Tungurahua. Ambato. Miraflores. Río Ambato. 69 fjs.

CAISSE 139 (1788)

05-V-1788

Micaela Carcelén con Don Nicolás de la Guerra sobre las aguas de la Hacienda de Colimbuela. Provincia de Imbabura. Hcda. Colimbuela. 3 fjs.

27-VIII-1788

Autos de Don Juan Jiménez con Doña Ventura Grijalva sobre la entrega de los títulos de las aguas de la Hacienda Piquer. Provincia de Imbabura. Mira. Hcda. Piquer. Cerro Narchín. Acequias Chilti y Chiltasón. 70 fjs.

s.d/s.m/ 1788 (No aparece)

El Procurador Juan Hidalgo, contra Jerónimo Núñez sobre el despojo de una paja de agua. Provincia de Pichincha. Quito. El Cebollar y San Roque.

CAISSE 142 (1790)

04-VI-1790

Aconcia Suárez con el Marqués de la Villa Orellana sobre el despojo de unas aguas. Provincia de Imbabura. Otavalo. Sitios San Juan y El Cordón. 12 fjs.

CAISSE 143 (1790)

31-VII-1790

Expediente de apelación interpuesta por Don Vicente Reyes contra Don Juan Ruíz Jiménez por el despojo del pase de unas aguas. Provincia de Imbabura. Ibarra. Plaza Central. 85 fjs.

CAISSE 145 (1791-1792)

02-VII-1791

Don Antonio Salgado con Don Melchor Rivadeneira sobre la ruptura de una toma de aguas en la Hacienda de Urapamba. Provincia de Pichincha. El Quinche. Hcda. Urapamba. 3 fjs.

11-XI-1791

Juan Hidalgo contra Fray Bernabé Enríquez, religioso de la orden de San Francisco, por el despojo que le hizo a este de las aguas de la hacienda nombrada El Colegio en el pueblo de Cotocollao. Provincia de Pichincha. Quito. Cotocollao. Hcda. El Colegio. 19 fjs.

CAISSE 146 (1792)

28-II-1792

Don Antonio Salgado con Don Melchor Rivadeneira sobre la ruptura de una toma de aguas en la Hacienda de Urapamba. Provincia de Pichincha. El Quinche. Hcda. Urapamba. 7 fjs.

31-VIII-1792

Don Andrés Pinos con Doña Leonor Andrade sobre despojo de aguas. Provincia de Pichincha. Yaruquí. Hcdas. Culquipamba y Otón. 11 fjs.

10-IX-1792

Doña Vicenta Benítez sobre el remaniente de las aguas introducidas en Machachi de las que desea una paja. Provincia de Pichincha. Machachi. Sitio Colache. 11 fjs.

CAISSE 147 (1792-1793)

20-X-1792

Don Ignacio Rendón contra Manuel Isidoro Crespo por el despojo de una acequia de agua y alzamiento de sus sirvientes que intervino. Provincia del Azuay. Valle de Yunguilla. 8 fjs.

CAISSE 148 (1793)

08-II-1793

Expediente de Doña Manuela de León en que se querrela de despojo de aguas en la hacienda nombrada Tena, contra Don Ramón Muñoz de Ayala. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Hcda. Tena. 73 fjs.

04-III-1793

El Procurador General de la Villa de Zaruma y socios, contra el Regidor Don Ambrosio Maldonado sobre despojo de aguas. Provincia del Oro. Zaruma. Mina Calderona. 122 fjs.

05-IV-1793

Don Pablo de Unda con Don Mariano Monteserrín sobre tierras y aguas de la Hacienda de Guanguilquí. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcdas. Cuzumba y Guanguilquí. Sitios El Pogoyo y Tustunchupa. 59 fjs.

CAISSE 151 (1793)

30-VII-1793

El Dr. Dn. Calisto Miranda, con Doña Felipa Herrera sobre despojo de aguas de la hacienda nombrada Tena. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Amaguaña. Hcda. Tena. Sitio Chigchi. 112 fjs.

CAISSE 152 (1793-1794)

26-VIII-1793

Expediente del Monasterio del Carmen Antiguo sobre la posesión de las aguas de las Haciendas de Guasag y Valencia. Provincia de Pichincha. Hcdas. Alangasí, Guasag e Ichubamba. Quebrada del Volcán. Sitio Pinantura. 28 fjs.

13-XII-1793

Autos de Don Juan Joseph Nieto contra Don Francisco de los Reyes sobre despojo de las aguas de la Hacienda de Pilopata. Provincia de Pichincha. Uyumbicho. Hcda. Pilopata. Sitio Sambache. 16 fjs.

CAISSE 153 (1794)

12-III-1794

Expediente de Don Francisco Rodríguez de la Parra en que interpone apelación de una providencia dada por el Gobernador interino de aquella ciudad (Cuenca) en la causa seguida contra Don Juan Arevalo sobre despojo de una acequia de agua. Provincia de Azuay. Hcdas Guzug y El Salado. 86 fjs.

13-V-1794

Doña Francisca Ripalda con demostración de los títulos de propiedad de las aguas pertenecientes a la hacienda que posee en términos del pueblo de Chillogallo, contra Antonio Calderón, su vecino. Provincia de Pichincha. Chillogallo. Sitios Quillín y Yacucucho. 55 fjs.

18-VI-1794

El Convento Máximo Seráfico con la recolección de la Merced y Doña Josefa Monteserrín sobre el perjuicio que recibe en la cañería por haberse labrado las tierras que caen sobre el nacimiento del agua. Provincia de Pichincha. Quito. Sitio La Cantera. 33 fjs.

31-VII-1794

Don Carlos Araujo con Doña Ventura Viana sobre aguas de la Hacienda Santa Clara. No se nombran sitios. 6 fjs.

CAISSE 155 (1794)

02-XI-1794

Doña Petrona Benítez, viuda de Don Joseph de León, en los autos con Doña Baltasara Terán, sobre el terreno de Tigulli. Provincia de Cotopaxi. Hcdas. Guanaylín y Santa Rosa. Sitio Tigulli. [Contient plan: fj. 58]. 137 fjs.

CAISSE 157 (1795)

28-V-1795

El Escribano Real Mariano Hidalgo contra Don Gerónimo Araujo, por las aguas que este posee en sus cuadras del Cebollar. Provincia de Pichincha. Quito. Barrio El Cebollar. [Contient plan : fj. 80]. 157 fjs.

04-VII-1795

Autos de Don Antonio Mantilla con Don Joaquín López de la Flor sobre despojo de aguas. Provincia de Tungurahua. Ambato. Las Viñas. Hcda. Lligua. [Contient plan : fj. 151]. 172 fjs.

CAISSE 159 (1795)

13-X-1795

Expediente de recurso de apelación interpuesto por Don Antonio Espinoza y Alvear de las providencias dadas por el Gobernador de aquella ciudad (Cuenca) contra Doña Ignacia Sánchez sobre una acequia de agua. Provincia del Azuay. Hcda. San Lucas. Cerro Purubín. Río Chipcay. Sitios Laquisara y Corral Blanco. 77 fjs.

11-XII-1795

Autos del Marqués de Miraflores como apoderado del vecindario de Ambato sobre una acequia de agua para el regadío del Valle de Samanga. Provincia de Tungurahua. Samanga. Izamba. Sitio Casaguala. 104 fjs.

CAISSE 163 (1796-1797)

14-XII-1796

Doña Manuela Avilés y Orellana por querrela de despojo de una acequia de agua propia de su molino, desviada por Juan Arisaga. Provincia del Azuay. Cuenca. Barrio de Todos los Santos. 3 fjs.

CAISSE 165 (1797)

10-X-1797

La Condesa de las Lagunas se querrela de despojo de las aguas de Colimbuela. Provincia de Imbabura. Cotacachi. Hacienda y Obraje Colimbuela. Quebrada Tuctara. 7 fjs.

CAISSE 166 (1797-1798)

13-III-1798

Expediente de Pedro y Mariana Recalde contra Don José Zaldumbide por despojo de una acequia en la Hacienda de Chorlaví. Provincia de Imbabura. Ibarra. Hcda. Chorlaví. 6 fjs.

22-III-1798

Don Calisto Cortéz contra el Gobernador de Machachi por despojo de una acequia de agua. Provincia de Pichincha. Machachi. Cuadra San Marcos. 28 fjs.

CAISSE 167 (1798)

12-VII-1798

El Procurador General de esta ciudad (Quito) contra el Escribano Receptor Mariano Hidalgo por haber despojado al público de las aguas que bajan a la Plaza mayor. Provincia de Pichincha. Quito. 6 fjs.

CAISSE 168 (1798)

04-XII-1798

Don Pedro García se queja de una orden dada por el Corregidor a efecto de que le quiten unas aguas que posee en su estancia del pueblo de Caranqui. Provincia de Imbabura. Caranqui. 9 fjs.

CAISSE 170 (1799)

06-IX-1799

Doña Mariana Recalde con Pedro García sobre la propiedad de unas aguas. Provincia del Azuay. Tarqui. 8 fjs.

CAISSE 170 (1799)

18-VIII-1799

Don Calisto Miranda dueño de la Hacienda de Cacho en Ibarra con Don José Pons, dueño de la Hacienda de Cachi-Caranqui, sobre despojo de una acequia. Provincia de Imbabura. Hcdas. Cacho, Cachi-Caranqui y Magdalena. 32 fjs.

CAISSE 172 (1800)

17-XII-1800

Don Miguel Rojas se querrela de despojo contra Don Antonio Bolaños por haberle quitado las aguas de su Hacienda de Machachi. Provincia de Pichincha. Machachi. Hcdas. Chisinche y Guantugpamba. 11 fjs.

CAISSE 174 (1801)

29-VIII-1801

Querrela de despojo de Doña Josefa Cañizares con Don Antonio Gortaire sobre las aguas de Puembo. Provincia de Pichincha. Puembo. Hcda. Mangaguantag. 63 fjs.

06-X-1801

Autos que sigue Don Gabriel Acosta contra el Corregidor Don José Pose Pardo por despojo de las aguas del río Taguando. Provincia de Imbabura. Ibarra. Río Taguando. 26 fjs.

CAISSE 176 (1802)

05-VII-1802

Don Tiburcio Peñafiel con el Dr. Dn Joaquín Gutierrez, sobre despojo de las aguas de la hacienda nombrada El Colegio en el pueblo de Cotocollao. Provincia de Pichincha. Quito. Cotocollao. Hcda. El Colegio. 70 fjs.

CAISSE 177 (1802-1803)

15-II-1803

Miguel Antonio Rodríguez contra Ramón Andrade por aguas. Provincia de Pichincha. Yaruquí. Hcda. Chaupi-Estancia. 10 fjs.

16-III-1803

Juan Ramón Borja contra Carlos Alava, Alejandro Gordón y otros por aguas. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcda. Chaquibamba. 113 fjs.

CAISSE 178 (1803)

20-VIII-1803

Autos que sigue Don Miguel Ponce sobre que se manden abatir y demoler dos tajamares construidos por Don Joseph de Bustos y Piedrahita. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Hcdas. Chillo y Centeno. 41 fjs.

05-X-1803

María Baltazara Terán en autos con Doña Petrona Benítez por tierras. Provincia de Cotopaxi. Hcdas. Santa Rosa y Guanaylín. Quebrada Tigulligua. [**Contient plan : fj. 250**]. 188 fjs.

CAISSE 179 (1803-1804)

03-XII-1803

Autos seguidos por el Dr. Dn. Domingo Aizpuru contra Don Miguel Ponce sobre aguas. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Hcdas. Centeno y Catahuango. Río Saguanchi. Sitio El Predio. [**Contient 2 plans: fjs. 57 y 58**]. 62 fjs.

CAISSE 180 (1804)

09-II-1804

Autos que sigue Doña Josefa Ontaneda con Doña Tomasa Capelo sobre aguas de las haciendas del Valle de los Chillos. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Quebrada Chinchín. [**Contient plan : fj. 42**]. 129 fjs.

20-II-1804

Expediente que sigue Don Carlos Araujo sobre despojo de aguas de Don Francisco Freile y Ante. Provincia de Imbabura. Tumbabiro. Cahuasquí. Hcdas. Puchimbuela y El Ingenio. Quebrada Chusalongo. 135 fjs.

CAISSE 181 (1804)

01-VIII-1804

J. Aguilar, Procurador y a nombre de la Religión de Predicadores en autos con el Dr. Domingo Gantogena sobre límites y linderos de la Hacienda de Pusir con la de Carpuela. Provincia de Imbabura. Hcdas Pusir y Carpuela. Loma Picacho. Acequia Aguacatal. [contient plan: fj. 125]. 165 fjs

18-IX-1804

Carlos Vélez de Alava en autos vs. el Teniente Político de la parroquia de Guayllabamba por aguas. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. El Quinche. Hcda. El Molino. Acequia Quinchocajas. 10 fjs.

CAISSE 182 (1804-1805)

19-II-1805

Juan Pablo Rubio en autos con Josefa Vega por aguas. Provincia de Cotopaxi. Hcda. Guanaylín. 67 fjs.

12-VI-1805

El Convento de San Agustín de esta ciudad se querrela de despojo judicial inferido de las aguas de la hacienda de trapiche, nombrada Tababuela a solicitud de Doña María Montecinos. Provincia de Imbabura. Hcda. Tababuela. Río Taguando. 15 fjs.

28-VI-1805

José Mera Flores contra Mariano Iturralde por despojo de aguas. Provincia de Tungurahua. Ambato. Miraflores. Río Ambato. 158 fjs.

CAISSE 184 (1805-1806)

20-I-1806

Fray Miguel Aroca Procudador del Convento Seráfico pidiendo al Cabildo de Quito se repare la acequia. Provincia de Pichincha. Quito. 5 fjs.

CAISSE 185 (1806)

08-V-1806

Autos seguidos por Juan Ramón de Borja con Doña Joaquina Acevedo sobre las aguas pertenecientes a la Hacienda Chaquibamba que se conducen por la estancia de Abahami. Provincia de Pichincha. El Quinche. Hcdas. Chaquibamba y Abahami. Quebrada Iquiñaro. 58 fjs.

16-VI-1806

El Monasterio de Conceptas de Loja en autos con Don Pío Riofrío por tierras. Provincia de Loja. Río Zamora. [Contiene plano: fj. 1]. 12 fjs.

01-X-1806

José Bustos dueño de la Hacienda de Chillo contra Miguel Ponce dueño de la Hacienda Centeno por aguas. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Hcda. Centeno. Sitio Pactay. 104 fjs.

CAISSE 187 (1807)

01-VIII-1807

Don Tiburcio Peña en autos con el Dr. Joaquín Gutierrez sobre el despojo de aguas de la Hacienda de Cotocollao denominada Colegio. Provincia de Pichincha. Quito. Cotocollao. Hcda. El Colegio. 3 fjs.

CAISSE 189 (1808)

02-IX-1808

Los herederos de Margarita Fajardo contra Feliza Herrera y el Dr. José Bustos por aguas. No se nombran sitios. 1 fj.

10-IX-1808

Jun José Guerrero contra José Román por aguas. Provincia de Pichincha. El Quinche. Hcdas. Purguantag y Urapamba. 12 fjs.

10-X-1808

Mariano Iturralde en el arrendamiento de su Hacienda de Loco a Pedro Alcantara Darquea. Provincia de Cotopaxi. San Sebastián. Hcda. Loco. [Contient plan : fj. 1]. 10 fjs.

18-X-1808

Plano de la Construcción de una iglesia en Cuenca. Provincia del Azuay. Cuenca. Tandacatu. [Contient plan : fj. 8]. 10 fjs.

CAISSE 190 (1808-1809)

13-IV-1809

Autos seguidos entre Don José Egúez y Doña María Zurita sobre aguas de Lligua. Provincia de Tungurahua. Izamba. Hcdas. Lligua (Trapiche) y Las Viñas. 131 fjs.

CAISSE 191 (1809)

s.d/s.m/ 1809

Querrela de despojo introducida por el Reverendo Padre Fray Vicente Toledo del orden militar contra Mariano Bermudez por un molino de agua de la Hacienda de Chichi. Provincia de Pichincha. Pifo. Puembo. Hcda. Chichi. Sitio y Acequia Palugo. 23 fjs.

CAISSE 192 (1809-1811)

19-I-1810

Querrela de despojo interpuesta por María Josefa Núñez contra Joaquín Pérez de anda, canónigo de la Santa Iglesia Catedral, sobre las aguas de la Hacienda de Cotocollao. Provincia de Pichincha. Quito. Cotocollao. Sitio Atucucho. 30 fjs.

28-II-1810

Domingo Renjifo a nombre de los vecinos de Ambato en autos con Don Gabriel Alvarez sobre aguas. Provincia de Tungurahua. Amabto. Huachi. 5 fjs.

10-VII-1810

Josefa Martínez de la Vega contra José Guerrero sobre despojo de las aguas de la Hacienda El Inga. Provincia de Pichincha. Hcdas. El Inga e Itulgache. Sitios Yanaurco, Calalá y Guamaní. 27 fjs.

21-V-1811

Expediente de querrela de despojo interpuesto por Don José Alvarez y Torres de las aguas de su Hacienda San Javier, contra los vecinos del pueblo de Patate y Don Mariano Hidalgo dueño de la hacienda de Pitula. Provincia de Tungurahua. Patate. Hcdas. San Javier y Pitula. 15 fjs.

CAISSE 193 (1811)

15-VI-1811

Expediente del ciudadano Mariano Moreno Bugarín con el finado Don Vicente Ontaneda querellándose del despojo de unas aguas. Provincia de Pichincha. Puengasí. Hcda. Pisingalli. 36 fjs.

01-VII-1811

Don José Alvarez contra el Justicia Mayor de Ambato por aguas. Provincia de Tungurahua. Patate. Hcda. San Javier. 3 fjs.

13-X-1811

Agustín Baca contra Mariano Paredes por aguas. Provincia de Pichincha. El Quinche. Guayllabamba. Hcda. Puruguantag. 4 fjs.

CAISSE 194 (1811-1812)

09-I-1812 (No aparece)

Autos seguidos por Don José Egúez contra María Zurita por aguas. Provincia de Tungurahua. Ambato. Hcdas. La Viña y Lligua (Trapiche). 18 fjs.

15-IV-1812

Autos seguidos por Don Santiago Lozano con Don Manuel Veintimilla por un camino en la Hacienda Zhucay. Provincia del Azuay. Hcda. Zhucay. Ríos San Agustín y Tarquí. [Contient 2 plans : fj. 233]. 444 fjs.

22-V-1812 (No aparece)

El Convento de Carmelitas Reformadas Descalzas contra Fernando Dávila y Astudillo, Santiago, Miguel, Manuel y José Sarmiento por despojo de aguas. Provincia del Azuay. Gualaceo. Hcda. Bulcay. 72 fjs.

CAISSE 196 (1813-1814)

26-IV-1813

Autos de despojo de aguas de Don Manuel Andrade con el Monasterio del Cármen. Provincia de Cañar. Hcda. Chuychun. Lagunas Sunsaguín y Culebrillas. Vertientes Pagcha, Puyal y Malpaso. 209 fjs.

13-IX-1813

Don Fernando Grijalva contra Juan Antonio Chiriboga por aguas. Provincia de Imbabura. Hcdas. La Concepción y Santiaguillo. 8 fjs.

18-VII-1814 (No aparece)

Autos promovidos por el Lcdo. Don Miguel Gil Malo con Don Manuel Veintimilla y Balderrama sobre una acequia de agua. Provincia de Cañar. Sitio Llamagsi. 255 fjs.

CAISSE 198 (1814-1815)

07-XI-1814

Autos que sigue Don Manuel Montenegro Barba y Figueroa con el Dr. Narciso López Naranjo sobre las aguas de Pisilata. Provincia de Tungurahua. Ambato. Pisilata. Quebrada Loreto. 208 fjs.

20-IX-1815

Autos seguidos por Manuel Salazar con Francisco Jijón sobre despojo de un óvalo de agua en su Hacienda de Santa Lucía en Cumbayá. Provincia de Pichincha. Cumbayá. Hcda. Santa Lucía. Rfo Machángara. [Contiene plano: fj. 75]. 184 fjs.

CAISSE 199 (1815-1817)

16-IX-1816

Autos seguidos por Ana Donoso contra Carlos Vélez de Alava por aguas. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Sitio Quinchuajas. 16 fjs.

22-IX-1816

Providencias del Excmo. Sr. Presidente y del Sr. Corregidor para que se deroguen las cuadras y huertas de alfalfa en la parte superior del pueblo para que no abusen de las aguas del público. Provincia de Chimborazo. Licán. Rfo Macají. 20 fjs.

25-I-1817

Autos seguidos por el Dr. Dn. Calisto Miranda contra Antonio Gortayre por aguas. Provincia de Pichincha. Puembo. Pifo. Hcda. Chantag. Rfo Gambi. 51 fjs.

20-III-1817

Pleito sobre posesión de aguas entre Doña Ana Constante viuda de Don José Lalama y Don Leandro Lozada. Provincia de Tungurahua. No se nombran sitios. 17 fjs.

CAISSE 201 (1818)

14-V-1818

Autos seguidos entre Manuel Velasco, José Orosco Andrade y Jacinto Gonzáles Luna sobre posesión del sitio Potrereros. Provincia de Chimborazo. Columbe. Sitio Potrereros. [Contient plan : fj. 76]. 177 fjs.

28-IX-1818

Expediente promovido por Don Francisco Jijón con el Señor Marqués de San José sobre aguas. Provincia de Imbabura. Urcuquf. Cotacachi. Hcdas. Cariyacu, San Buenaventura, Coñaquí y El Puente. Sitio Pichanchi. Vertientes del Cotacachi. 101 fjs.

CAISSE 202 (1818-1819)

27-XI-1818

Manuel de Echeverría Procurador del Marqués de Miraflores en autos con Don Juan de la Guerra sobre aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Hcda. Pusuquf. 4 fjs.

07-VII-1819

Manuel de Echeverría Procurador en nombre del Marqués de San José en los autos con Don Francisco Jijón sobre aguas. Provincia de Imbabura. No se nombran sitios. 3 fjs.

10-VII-1819

Autos seguidos entre las señoras Antonia Chiriboga y Rita Herrería sobre aguas de las Haciendas Asayag y Cananballe. Provincia de Imbabura. Hcdas. Asayag y Cananballe. 194 fjs.

20-VIII-1819

Antonio Alecantre contra Salvador Murgueytio por Aguas. Provincia de Pichincha. Calacalf. Hcda. Papatena. 11 fjs.

CAISSE 203 (1819)

12-XI-1819

Autos promovidos por la Marquesa de Villa Orellana y Doña María Mercedes Carrión, contra Doña Josefa Carcelén sobre refacción de una acequia perteneciente a la Hacienda Granobles, en la jurisdicción de Otavalo. Provincia de Imbabura. Otavalo. Río Bobo. Vertientes Cursillo Pogyo, Curi Pogyo Capas y Tupigachi. 123 fjs.

12-XI-1819

Autos promovidos por Francisco Carcelén con José Donoso por aguas. Provincia de Imbabura. Hcdas. Isacata y Carrera. Quebradas Yagual Y Guagrachimbana. 43 fjs.

17-XII-1819

Autos promovidos por Gabriel Alvarez contra Antonio Egúez por las aguas de la Hacienda de Huachi. Provincia de Tungurahua. Huachi. Mocha. Hcdas. Huachi (Obraje) y Palagua. Río Mocha. 54 fjs.

CAISSE 204 (1820-1821)

09-III-1820

Expediente seguido por Don Francisco Javier Villacís con Don Carlos Vélez de Alava sobre aguas de la Hacienda Purguantag. Provincia de Pichincha. El Quinche. Hcdas. Purguantag, Urupamba y El Molino. 49 fjs.

CAISSE 205 (1821)

s.d/s.m/ 1821 (No aparece)

Agustín Dávila contra Vicente Aguirre por aguas. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Sangolquí. Hcda. Casapamba. 16 fjs.

15-V-1821

Autos seguidos por Don Agustín Dávila contra Don Vicente Aguirre sobre el despojo de unas aguas. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Sangolquí. Hcda. Casapamba. Sitio Pasochoa. 31 fjs.

20-V-1821

Juan Antonio Rivadeneira contra Melchor Benavides por invalidés de contrato de la Hacienda de Pasochoa en la jurisdicción del pueblo de Sangolquí. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Sangolquí. [Contient plan : fj. 209]. 259 fjs.

CAISSE 206 (1822-1823)

28-I-1822

Antonia Chiriboga contra Rita Herrería sobre las aguas de la Hacienda de Cananballe. Provincia de Imbabura. Hcdas. Chaupi Estancia y Asayag. Sitio Pugacho. Acequia Conraquí. 55 fjs.

25-IV-1822

Juan José Guerrero contra Francisco Angulo por aguas. Provincia de Pichincha. Hcdas. El Inca e Itulgache. Vertientes Guamaní, Yanaurco, El Almorzadero y Calala. acequia Lugubuela. 16 fjs.

10-V-1822

Expediente promovido por Josefa Castro con el ciudadano José Miño, sobre despojo de aguas de la Hacienda de Guaraquí en Tabacundo. Provincia de Pichincha. Tabacundo. Hcda. Guaraquí. Acequia Rumiguayco. 36 fjs.

CAISSE 207 (1823-1824)

05-X-1823

Ramón Chiriboga contra Martín Chiriboga por tierras. Provincia de Chimborazo. Alausí. Hcda. Guabalcón (Trapiche). [Contient plan : fj. 9]. 57 fjs.

04-XI-1823

Autos seguidos por Francisco Javier Villacís con Carlos Vélez de Alava, sobre agua de la Hacienda Purguantag que baja del pueblo del Quinche. Provincia de Pichincha. El Quinche. Hcda. Purguantag. Quebrada Iquiñaro. [Contient plan : fj. 94]. 110 fjs.

12-V-1824

Salvador Murgueytio contra Agustín Dávila por despojo de aguas. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Sangolquí. Hcdas. Santa Bárbara y Casapamba. Río San Fernando. 16 fjs.

CAISSE 208 (1824-1825)

16-VIII-1824

Gerónimo Carpio contra Francisco Chiriboga por aguas. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Licto. 25 fjs.

14-I-1825

Francisco Jijón contra el Coronel Mariano Guillermo Valdivieso por aguas. Provincia de Imbabura. Otavalo. Hcdas. Pinsaquí y Quinchuquí. Laguna San Pablo. 20 fjs.

CAISSE 209 (1825-1826)

25-IV-1825

Expediente promovido por María Pinto con Juan José Guerrero sobre despojo de aguas de la Hacienda Chaupi-Molino. Provincia de Pichincha. Pifo. Hcda. Chaupi-Molino. 6 fjs.

CAISSE 210 (1826-1827)

11-VII-1826

Francisco Javier Villacís contra Pedro Alcantara Duprat por despojo de aguas. Provincia de Pichincha. El Quinche. Hcda. Purguantag. 6 fjs.

06-IV-1827

El Procurador Síndico de la parroquia de Guayllabamba contra Francisco Javier Villacís por aguas. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcdas. Purguantag y El Molino. Quebrada Santa Rosa. 9 fjs.

01-V-1827

Solicitud de adjudicación de aguas hecha por Agustín Angel Posse al gobierno central. Provincia de Pichincha. Caguasquí. Páramo Yanaurco. Río Palacara. Quebrada Cundurpaccha. Siénega Cucharó. 4 fjs.

CAISSE 211 (1827-1829)

05-XII-1827

Expediente de despojo promovido por el señor Luis Fernández Salvador contra la señora Teresa Larrea, viuda, Marquesa de Solanda por el derecho de aguas de su Hacienda de Chisinche. Provincia de Chimborazo. Alausí. Hcda. Chisinche. 54 fjs.

CAISSE 212 (1829-1830)

11-VIII-1829

Autos seguidos por el ciudadano Antonio Pineda con la señora María Concepción Tejada sobre aguas de la Hacienda de Caraburu. Provincia de Pichincha. Yaruquí. Hcda. Caraburu. 49 fjs.

30-X-1829

Mariano Moreno en el expediente con Serafina Ontaneda sobre despojo de aguas. Provincia de Pichincha. Conocoto. Anejo Chachas. Hcda. Pisingallí. 87 fjs.

09-XII-1830 (No aparece)

José María Salazar con la Señora Juana Salas sobre despojo de aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Pomasquí. 29 fjs.

CAISSE 213 (1830-1831)

21-III-1831

Juana Albán contra Mariano Cruz por aguas. No se nombran sitios. 8 fjs.

07-IV-1831

Causa seguida entre Mariano Cruz con el Convento de Predicadores y Juana Albán sobre el pase de unas aguas. Quebrada Gallinazos. No se nombran Provincia o Ciudad. 5 fjs.

27-VII-1831 (No aparece)

Javier Villagómez en autos contra Sebastián Ramos y demás por terrenos. Provincia de Tungurahua. Pelileo. Sigualó. Hcda. Chumaquí. [Contient plan]. 128 fjs.

CAISSE 214 (1831-1832)

10-VIII-1831

Autos seguidos por la señora Manuela Rivadeneira con su hermano Carlos Rivadeneira sobre aguas de la Hacienda de Agualongo. Provincia de Imbabura. Anejo Agualongo. Hcda. Alobuela. 149 fjs.

19-VIII-1831 (No aparece)

Cosme Salazar contra Julián Mancheno por aguas. Provincia de Chimborazo. Guano. Molino Tuncahuán. 5 fjs.

25-X-1831

Manuel de Echeverría a nombre de Bartolomé Donoso contra Javier Villacís por aguas. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcda. Purguantag. Sitio Angaguachana. 8 fjs.

31-X-1831 (No aparece)

Cosme Salazar contra Julián Mancheno por aguas. Provincia de Chimborazo. Guano. Molino Tuncahuán. 9 fjs.

22-XII-1831

Javier Villagómez en autos contra Sebastián Ramos y demás por terrenos. Provincia de Tungurahua. Pelileo. Sigualó. Hcda Chumaquí. [Contient plan : fj. 24]. 24 fjs.

CAISSE 215 (1832-1833)

02-XI-1832

Cosme Salazar Procurador a nombre de los ciudadanos Mariano Bustamante, José y Juan Pastor y Rosa Arellano contra Julián Arellano sobre despojo de aguas. Provincia de Chimborazo. Guano. Molino Tuncahuán. 9 fjs.

01-V-1833

Causa seguida entre el ciudadano Diego Donoso con Martina Gallegos sobre aguas de una estancia de Chambo. Provincia de Chimborazo. Chambo. Hcda. del Puente. Acequia Asagtus. 4 fjs.

CAISSE 216 (1833-1834)

05-V-1834

Causa seguida entre el Colegio San Fernando, las señoras Ignacia y Joaquina Gonzales, el Monasterio de la Concepción y varios indígenas de la parroquia de la Magdalena sobre propiedad de unos terrenos. Provincia de Pichincha. Quito. La Magdalena. [Contient 2 plans: fjs. 31 y 113]. 211 fjs.

CAISSE 217 (1835-1837)

25-XI-1836

Recurso de nulidad interpuesto por el ciudadano Miguel Grijalva con el ciudadano Ramón Terán sobre aguas. Provincia del Carchí. El Angel. Hcdas. La Rinconada y Nicolás. Quebrada Parlocorado. Aguas de Pueblo. 11 fjs.

09-I-1837

Manuel de Echeverría por el Señor Rafaél Mancheno vecino de Riobamba en autos con los señora Josefa Rendón sobre despojo de aguas. Provincia de Chimborazo. Riobamba. 4 fjs.

CAISSE 218 (1837-1838)

08-II-1838

Autos seguidos por el señor Ministro de Estado Dr. José Miguel Gonzales sobre pase de aguas por la Hacienda de San José del Sr. Dr. José Félix Valdivieso y por la de Pesillo del Convento de la Merced de esta ciudad, para el regadío de su Hacienda de la Compañía de Cayambe. Provincia de Pichincha. Cayambe. Hcdas. San José y Pesillo. 9 fjs.

09-III-1838

Recurso de queja interpuesto por el ciudadano José Pintado contra los señores Ministros de la Corte Superior de este distrito sobre despojo de aguas de la parroquia de la Magdalena y el Común de Indígenas de dicha parroquia. Provincia de Pichincha. Quito. La Magdalena. 11 fjs.

17-V-1838

Causa seguida por el ciudadano Joaquín Murgueytio con la señora Josefa León y Guerra sobre aguas. Provincia de Pichincha. Puellaró. Hcda. El Alumbra. 16 fjs.

16-VI-1838

Causa seguida por el ciudadano Joaquín Murgueytio con la señora Josefa León y Guerra sobre aguas. Provincia de Pichincha. Puellaró. Hcdas. Chiviga y Alumbra. 7 fjs.

CAISSE 219 (1838-1841)

26-XI-1839

La señora Rosa Mancheno con el señor Manuel Velasco y Orosco sobre aguas de Guaslán. Provincia de Chimborazo. Guaslán. 17 fjs.

13-VI-1840

Autos seguidos por el Convento Seráfico de esta ciudad con el Convento de la Merced, sobre despojo de la Calera en Nono. Provincia de Pichincha. Nono. [Contient plan: fj. 139]. 149 fjs.

18-XI-1840 (No aparece)

Cosme Salazar Procurador del Sr. Dr. José Enríquez de León, en autos del Monasterio de Conceptas de esta ciudad, sobre propiedad de las aguas que baten el Molino de Jerusalén. Provincia de Pichincha. Hcda. Lloa. Quebradas Jerusalén y Yuracyacu. Cerro Osuña. [Contient 2 plans : fjs. 80 y 169]. 252 fjs.

CAISSE 220 (1841-1843)

02-III-1843

Recurso de hecho interpuesto por el Colegio Seminario de San Luis con el ciudadano José Pintado, sobre despojo. Provincia de Pichincha. Quito. La Magdalena. 3 fjs.

CAISSE 221 (1844-1845)

07-V-1844

Autos seguidos entre el señor Luis Fernández Salvador y el ciudadano José Antonio Estrella sobre denuncia de una acequia de agua. Provincia de Cotopaxi. Salcedo. Río Nacsiche. 2 fjs.

27-VIII-1844

Recurso de hecho interpuesto por la señora Rosa Zambrano en autos con la testamentaria del señor Manuel Zambrano sobre aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Chillogallo. 30 fjs.

29-XI-1844

Cosme Salazar por el ciudadano José Arcieniegas, en autos con el ciudadano Francisco Yépez, y al suyo el Procurador Manuel Echeverría sobre unas aguas de la Hacienda de Yaguarcocha. Provincia de Imbabura. Ibarra. Hcda. Yaguarcocha. Quebrada del Manzano. 18 fjs.

07-V-1845

Expediente obrado en la causa seguida que sigue el ciudadano José María Maldonado con el señor Luis Fernández Salvador sobre aguas. Provincia de Cotopaxi. Salcedo. Río Nacsiche. 4 fjs.

30-V-1845

Causa seguida entre el Colegio Seminario de San Luis y el ciudadano José Pintado sobre terrenos y aguas. Provincia de Pichincha. Quito. La Magdalena. 38 fjs.

CAISSE 222 (1845-1847)

18-X-1845

Ejecutivos seguidos por el señor José Soto con el señor Ignacio Gonzales sobre despojo de las aguas de Ficoa. Provincia de Tungurahua. Ambato. Ficoa. Quebrada Quillallig. 44 fjs.

18-X-1845

Causa seguida entre los señores Mariano Gangotena y Juan Donoso sobre aguas. Provincia de Imbabura. Hcdas. Guaramía, Alobuela y Amajito. 14 fjs.

15-IV-1846

Causa seguida entre la testamentaria del finado Antonio Calderón y la señora Felipa Gangotena sobre aguas de la Hacienda Chillogallo. Provincia de Pichincha. Quito. Chillogallo. 9 fjs.

19-VIII-1846

Autos seguidos por el señor Bartolomé Donoso con el señor Francisco Javier Villacís sobre las aguas de su Hacienda de Guayllabamba. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Quebrada Anga-Guachana. 54 fjs.

CAISSE 223 (1847-1849)

25-XI-1848

Causa seguida entre los ciudadanos Juan Manuel de la Puente y Toribio Sierra sobre denuncia de terrenos y aguas. Provincia de Pichincha. Machachi. Hcda. Guanguilquí. 5 fjs.

13-XII-1848

Causa seguida entre las señoras Dominga Cevallos y María Jijón sobre un acueducto. No se nombran sitios. 5 fjs.

27-XII-1848

Causa seguida entre los ciudadanos José Manuel Fernández y Manuel Andrade y Vicuña sobre aguas. Provincia del Azuay. Cuenca. 14 fjs.

03-III-1849

Causa seguida entre los ciudadanos Fidel Salvador y Rafael Cuadrado sobre propiedad de aguas. Provincia de Chimborazo. Guano. Hcda. Miraflores. Acequia Tuncahuán. 15 fjs.

28-IV-1849

Causa seguida entre el señor Pedro Rodríguez y el Doctor Juan Cueva sobre aguas. Provincia del Azuay. Cuenca. 6 fjs.

13-VI-1849

Causa seguida entre los ciudadanos Juan José Tobar y Vicente Flor sobre aguas. No se nombran sitios. 5 fjs.

19-VI-1849

Causa seguida entre los ciudadanos Andrés de los Ríos y Agustín Dávila sobre la propiedad de aguas. Hcda. Santa Bárbara. Río Santa Clara. 13 fjs.

30 VI-1849

Causa seguida entre el Fisco y el ciudadano Toribio Sierra sobre denuncia de terrenos y aguas. Provincia de Pichincha. Machachi. Hcda. Guanguilquí. 6 fjs.

26-IX-1849

Causa seguida entre el ciudadano Manuel Riofrío y la señora Ignacia Ruíz. Provincia del Azuay. Hcda. de Caña. Sitio Combolo. 23 fjs.

CAISSE 224 (1849-1851)

12-XII-1849

Causa seguida por el señor Juan Cueva con el señor Pedro Rodríguez sobre unas aguas. Provincia del Azuay. Hcda. Tobachiri. Río San Fernando. 10 fjs.

10-V-1850 (No aparece)

Causa seguida entre el Concejo Municipal de Riobamba y el ciudadano José Antonio Coronel sobre aguas. Provincia de Chimborazo. Riobamba. Potrerros de la Trinidad. 9 fjs.

08-XI-1850

Causa seguida entre el Concejo Municipal y el ciudadano José Antonio Coronel sobre aguas. Provincia de Chimborazo. Riobamba. Potrerros de la Trinidad. 9 fjs.

20-XII-1850

Ejecutivo seguido por el Doctor José Félix Valdivieso, con el señor José María Pérez Calisto sobre el remanente de aguas de la Hacienda de Pusuquí del señor Calisto Corra a la de Pomasquí del señor Valdivieso, en virtud de documento reconocido. Provincia de Pichincha. Quito. Pomasquí. Pusuquí. 49 fjs.

CAISSE 225 (1851-1854)

05-VII-1852

Expediente seguido entre la señora Juana Mazo, los herederos del Dr. José María Tejada y el Dr. Félix Valdivieso sobre aguas. Provincia de Pichincha. Hcdas. Rumipamba y San Milán. Sitios Chusalongo y Chimborazo. Aguas de Pichán. Acequia Chinchicucho. 19 fjs.

CAISSE 226 (1854-1856)

27-II-1855

Causa seguida entre los ciudadanos José María Alvear y Fernando Calderón sobre aguas. No se nombran sitios. 3 fjs.

14-V-1855

Causa seguida entre los señores Miguel Cervantes y Jesús Valencia sobre aguas. No se nombran sitios. 4 fjs.

07-VIII-1855

Causa seguida entre los ciudadanos Clemente Ponce y Joaquín Tello Meneses sobre pase de aguas. No se nombran sitios. 7 fjs.

28-VIII-1856

Causa seguida entre los ciudadanos Luis Robalino y José Vásconez Vaca sobre aguas. Provincia de Tungurahua. Píllaro. Sitio Quillán. 10 fjs.

17-XII-1856

Causa seguida entre los ciudadanos Fernando Crespo y Francisco Palacios sobre aguas. Provincia del Azuay. Hcda. Zidcay. Quebrada Zidcay. 22 fjs.

19-XII-1856

Causa seguida entre los señores José Antonio Coronel y Domingo Paredes sobre aguas. Provincia de Chimborazo. Hcda. Trinidad. Río Licán. 17 fjs.

CAISSE 227 (1856-1858)

26-X-1857

Causa seguida entre los señores José Francisco Carrión y el finado Vicente Flor sobre aguas. Provincia de Imbabura. Hcda. Tapiapamba. 9 fjs.

CAISSE 228 (1858)

03-III-1858

Causa seguida entre los ciudadanos Miguel Ribadeneira y Valentín Yépez sobre colocación de unos canales. Provincia de Imbabura. Hcdas. Cobuendo y Chorlaví. 13 fjs.

CAISSE 233 (1864-1865)

10-XII-1864

Manuel Bustán, apoderado de la comunidad de indígenas del pueblo de Azogues contra el Ilustre Concejo Municipal del Cantón de Azogues sobre aguas. Provincia de Cañar. Azogues. Aguas de Lamai. 35 fjs.

CAISSE 234 (1865-1866)

06-II-1866

Obrados de la causa seguidos entre el Convento de la Merced y el señor José Francisco Carrión sobre aguas. Provincia de Pichincha. Cayambe. Hcda. Pesillo. 10 fjs.

07-IV-1866

Obrado de la causa seguida entre el Dr. Juan Pintado y el ciudadano Manuel Paz y Miño sobre aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Río Patacyaco. 17 fjs.

27-VI-1866

Obrado de la causa seguida entre los señores Nicolás Carvallo y José Manuel Torres por aguas. Provincia del Azuay. Tarqui. 29 fjs.

16-VII-1866

Obrados de la causa seguida entre los ciudadanos José Paredes y Pedro Acevedo por una acequia de agua. Provincia de Pichincha. Yaruquí. Acequia Aclla. 9 fjs.

CAISSE 235 (1866-1867)

26-III-1867

Obrado de la causa seguida entre los señores Sebastián Guarderas y José Antonio Hinojosa por despojo de aguas. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Amaguaña. 5 fjs.

CAISSE 237 (1868)

15-V-1868

Obrados en la causa seguida por Valentín Yépez contra el señor José Manuel Jijón por aguas. Provincia de Imbabura. Atuntaquí. 10 fjs.

16-VI-1868

Obrados en la causa seguida entre la familia Ascázubi y el señor José Francisco Carrión sobre aguas. Provincia de Pichincha. Cayambe. Hcdas. Chungalá y Miraflores. 9 fjs.

30-VI-1868

Juicio seguido por Agustín Játiva contra Gabriel de la Calle por despojo de aguas. Provincia de Chimborazo. Chambo. Sitio Asagtus. 116 fjs.

07-X-1868

Causa seguida por la señora Rafaela Veintimilla contra el señor Pablo Villacís sobre apeo y deslinde de terrenos. Provincia de Pichincha. Quito. Pomasquí. San Antonio. [Contient plan : fj. 16]. 18 fjs.

CAISSE 238 (1868-1869)

04-IX-1869

Obrados en la causa seguida por el apoderado del señor Juan Donoso con el señor Carlos Landázuri sobre aguas. Provincia de Imbabura. Cayambe. Hcdas. Guanguilquí y Carrera. 7 fjs.

06-X-1869

Obrados en la causa seguida por el personero del Convento de San Agustín con Fermín Muñoz sobre aguas. Provincia de Imbabura. Hcda. Calunquí. Aguas de Tababuela y Yaguarcocha. 8 fjs.

CAISSE 239 (1870)

10-XI-1869

Obrados en la causa seguida por los señores Ascázubi y demás interesados contra el señor José Francisco Carrión sobre aguas. Provincia de Pichincha. Cayambe. Hcdas. Anchola y Chungalá. 24 fjs.

22-II-1870

Obrados en la causa seguida por el Dr. Manuel Bedoya con el Coronel Agustín Guerrero sobre pase de aguas. Provincia de Pichincha. Cayambe. Hcda. Chungalá. [Contient plan : fj. 14]. 17 fjs.

14-V-1870

Juicio seguido por el Sr. Dr. Jorge Antonio Bueno contra el Sr. Alejandro Guarderas por aguas. Provincia de Cotopaxi. Hcdas. Sillunchi y Puichig. 12 fjs.

12-VIII-1870

Obrados en la causa seguida por Manuel Boada contra Nicolás Catro y José Manuel Nicolalde sobre aguas. Provincia de Pichincha. Tabacundo. Hcda. Santa Gertrudis. Río Tabacundo. 7 fjs.

CAISSE 241 (1870-1871)

06-XI-1870

Obrados en la causa seguida por Darío Acosta y Antonio Torres contra Agustín Dávila sobre aguas. No se nombra sitios. 4 fjs.

23-XII-1870

Obrados en la causa seguida por Joaquín Terán contra José Manuel Jijón sobre aguas. Provincia de Imbabura. Atuntaqui. Río Yatunyacu. 12 fjs.

20-I-1871

Obrados en la causa seguida entre Emilia Klinger y Manuel del Alcázar sobre aguas. No se nombra sitios. 2 fjs.

11-II-1871

Obrados en la causa seguida por la señora Dolores Villacís contra el señor Vidal Ortíz sobre aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Pomasqui. 22 fjs.

CAISSE 242 (1871)

16-VII-1871

Obrados en la causa seguida entre el Sr. Manuel del Alcázar y la señora Emilia Klinger por aguas. Provincia de Pichincha. Machachi. Hcda. Colachi. Acequia San Pedro. Vertientes del Chambi. 33 fjs.

24-VIII-1871

Obrados en la causa seguida por el Sr. Rafael Aguirre con el Sr. Francisco Bermeux sobre propiedad de aguas y páramos de un fundo. Provincia de Imbabura. Río Guambi. Sitio Las Moyas. Páramos de Yacupamba y Tabavela. Acequia Changaguañuzca. 15 fjs.

CAISSE 243 (1872)

15-VI-1872

Obrados en la causa seguida entre Miguel A. Valdivieso y Serafina Bustamante sobre servidumbre de aguas. Provincia de Loja. Hcda. Guaicopamba. 13 fjs.

CAISSE 244 (1872-1873)

11-I-1873

Recurso de queja interpuesto por el Venerable Cura de Pintag Dr. Marcos Herrea contra el Gobernador de esta provincia Dn. Pablo Bustamante. Provincia de Pichincha. Pintag. 50 fjs.

26-II-1873

Obrados en la causa seguida por la señora Josefa Salazar contra Fidel Recalde sobre aguas. Provincia de Pichincha. Quito. La Magdalena. Quebradas Sigchocalle y Calvario. 9 fjs.

10-V-1873

Obrados en la causa seguida entre José Cevallos León con Alegría y Andrés Gallegos sobre aguas. Provincia de Chimborazo. Riobamba. 4 fjs.

18-VII-1873

Obrados en la causa seguida por el Agente Fiscal de Riobamba contra Felipe Guamán sobre aguas. Provincia de Chimborazo. Riobamba. 2 fjs.

CAISSE 245 (1873)

19-VII-1873

Obrados en la causa seguida por el Síndico Municipal de Riobamba contra Rafael Chiriboga y Borja por terrenos y aguas. Provincia de Chimborazo. Licán. Hcda. Macají. Acequia Macají. 9 fjs.

22-VII-1873

Obrados en la causa seguida entre la familia Sáenz con la Sra. Mercedes Larrea por remate de un terreno. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcda. Cuzubamba. [**Contient 2 plans : fj. 31**]. 31 fjs.

23-VII-1873

Juicio seguido por Mariano Alvarez contra el Dr. Modesto Rivadeneira por aguas. Provincia de Cotopaxi. Latacunga. 20 fjs.

13-IX-1873

Obrados en la causa seguida por el apoderado de la familia Garzón contra José María Baus sobre aguas. Provincia de Chimborazo. Guano. Hcda. Cuntus o San José. Sitio Tutupala. Río Guano. Acequia Cuntus. 18 fjs.

08-X-1873

Obrados en la causa seguida entre Pío Borrero y Darío Eguiguren por una acequia de agua. Provincia de Loja. El Sagrario. Hcdas. San Cayetano e Iama-Cocha. 20 fjs.

CAISSE 246 (1874)

02-I-1874

Obrados en la causa seguida por el Coronel Agustín Guerrero con el Dr. Victor Lazo sobre daños y perjuicios de una acequia. Provincia de Pichincha. Cumbayá. Acequia Rojas. 14 fjs.

07-II-1874

Obrados en la causa seguida entre el Monasterio de Conceptas de Ibarra y el Sr. Juan Antonio Toledo por obra nueva. Provincia de Imbabura. Sitio Alobuela. 26 fjs.

04-III-1874

Obrados en la causa seguida por Pablo Rojas contra los señores Carlos y Juan Aguilar sobre propiedad de aguas. No se nombra provincia o ciudad. Hcdas. Salto de San Cristóbal y Zuro. Quebrada Guilaguaico. Vertiente de los Alpachacas. [**Contient plan : fj. 49**]. 60 fjs.

15-IV-1874

Obrados en la causa seguida por Pedro Acevedo contra Simona Gómez sobre aguas. Provincia de Pichincha. Yaruquí. Hcdas. Acla, Chilpe y Cuscungo. Acequia Cartagena. 44 fjs.

18-V-1874

Obrados en la causa seguida entre el Presbítero Mariano Parreño y Francisco Orbea y otros sobre aguas. Provincia de Cotopaxi. San Felipe. Quebrada Pitigua. 6 fjs.

05-VI-1874

Obrados en la causa seguida por los señores Roberto y María de Ascáubi contra el señor Joaquín Noboa por aguas. Provincia de Pichincha. Cayambe. Hcda. Changalá. Potreros de Isieto. Acequia Chaguarpungo. 28 fjs.

CAISSE 247 (1874)

01-VII-1874 (No aparece)

Obrados en la causa seguida entre la señora Emilia Klinger contra los señores Manuel Cornejo y Juan Mantilla por una acequia. No se nombran sitios. 4 fjs.

07-VII-1874

Obrados en la causa seguida entre el Presbítero Mariano Parreño con Francisco Orbea y otros sobre aguas. Provincia de Cotopaxi. San Felipe. Quebrada Pitigua. 12 fjs.

11-VII-1874

Obrados en la causa seguida por Concepción Sánchez contra Bernardo Gaibor por aguas. Provincia de Chimborazo. Chambo. Quebrada de Llancán. 17 fjs.

13-VII-1874

Obrados en la causa seguida entre Mariano Mayorga y Jacinto Ramos por aguas. No se nombran sitios. 2 fjs.

25-VII-1874 (No aparece)

Obrados en la causa seguida entre la Municipalidad de Riobamba y el señor Rafael Chiriboga sobre aguas. Provincia de Chimborazo. Licán. Hcda. Macají. 14 fjs.

20-VIII-1874

Obrados en la causa seguida por el Dr. Francisco Javier Cevallos contra la familia Zaldumbide sobre aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Chillogallo. 19 fjs.

05-X-1874

Juicio seguido por Petronila Eguez contra Domingo Gangotena por nulidad de la venta de la Hacienda Guapumgato. Provincia de Bolívar. Hcda. Guapumgato. [Content plan : fj. 12]. 137 fjs.

CAISSE 248 (1874-1875)

20-X-1874

Obrados en la causa seguida entre Mariano Alvarez contra Francisco Subía y Angel Hidalgo por una acequia. No se nombran sitios. 7 fjs.

09-I-1875

Obrados en la causa seguida por la familia Cevallos contra la familia Zaldumbide por aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Chillogallo. 30 fjs.

CAISSE 249 (1875-1876)

19-VII-1875

Juicio seguido por Rafael Carvajal contra Felicísimo Vega por despojo de aguas. No se nombran sitios. 22 fjs.

25-XI-1875

Juicio seguido por Lucas Obando contra Pacífica viuda de Rafael Medrano por aguas. Provincia de Pichincha. Guayllabamba. Hcdas. San Rafael y Guayllabamba. Quebrada Chitayaco. Vertientes del Boliche. 55 fjs.

CAISSE 250 (1876-1877)

14-VI-1876

Obrados en la causa seguida por la familia Valdivieso contra la familia Tejada por aguas. Provincia de Pichincha. Hcdas. Santa Clara de San Milán y Rumipamba. Manantiales Chimborazo y Chusalongo. 11 fjs.

15-VII-1876

Obrados en la causa seguida por Javier Villagómez contra Emilio Terán por aguas. Provincia de Tungurahua. 6 fjs.

17-VIII-1876

Obrados en la causa seguida entre Camilo Donoso contra Agustín Velasco y Ruperta Cabezas por aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Cotocollao. Hcda. El Condado. Quebrada Chiriacu o Sanguña. Aguas de Quillotura. 55 fjs.

22-XII-1876

Obrados en la causa seguida por la familia Bustamante y Manuel Tobar sobre aguas. Provincia de Pichincha. Puembo. Hcda. Chichi. Laguna Boyero. Río Cariyacu. Quebrada Guarmiyaco. 21 fjs.

04-IX-1877

Obrados de la causa seguida por Mariano Gangotena con José María Pérez Pareja por aguas. No se nombran sitios. 11 fjs.

CAISSE 254 (1881)

22-I-1881

Obrados en la causa seguida por Manuel Alvarez contra los herederos del General Manuel F. Maldonado, sobre la apertura de una acequia de agua. Posiblemente Provincia de Cotopaxi. Guaytacama. Hcda. Nintanga. 6 fjs.

22-IV-1881

Causa seguida por Alejandro Vásconez Jijón contra Lizardo Vásconez por aguas. Provincia de Cotopaxi. San Sebastián. Hcda. Tiobamba. Río Cutuchi. 151 fjs.

22-VI-1881

La Municipalidad del Cantón Paute con los señores Ordóñez hermanos y Compañía por una acequia. Provincia del Azuay. Paute. Aguas de Culilcay. 14 fjs.

15-XII-1881

Juicio seguido por Manuel Crespo Patiño contra José María Salazar y socios sobre aguas. Provincia del Azuay. Quintero. Fundo Guanzhum. 48 fjs.

CAISSE 255 (1882)

11-I-1882 (No aparece)

Obrados en la causa seguida por Francisco Mera contra Martina Flores por aguas. Provincia de Tungurahua. Ambato. Pachanlica. 32 fjs.

13-V-1882

Obrados en la causa seguida por Juan María Erazo contra Santiago Lucio sobre aguas. Provincia de Chimborazo. Sitio Chusalongo o Porotoloma. 8 fjs.

02-X-1882

Causa seguida por Alejandro Vásconez Jijón contra Lizardo Vásconez por unos títulos. Provincia de Cotopaxi. San Sebastián. Hcda. Tiobamba. Volcán Cotopaxi. Río Cutuchi. 13 fjs.

20-XII-1882

Juicio seguido por la señora Dolores Calderón de la Barca con el Sr. Isidro Fierro por aguas. Provincia de Imbabura. Tusa. Hcda. Tambo. Acequia de Trejo. 32 fjs.

CAISSE 257 (1883-1884)

25-VIII-1883 (No aparece)

Causa seguida por Antonio Badillo contra José Pozo Coloma y Luis Rovelli Blanca por aguas. Provincia de Chimborazo. Quebradas Suruguaico y Alpachaca. 45 fjs.

11-I-1884

Juicio seguido por la Superiora de las Hermanas de la Caridad y Administradora del Hospital de Riobamba contra la Sra. Pacífica Larrea por despojo de aguas. Provincia de Chimborazo. Riobamba. 187 fjs.

16-II-1884

Causa seguida por Rosario Rojas con Ana Ponce y Teodomiro Rivadeneira por aguas. No se nombra Provincia o Ciudad. Acequia Casiganda. 178 fjs.

29-II-1884

Obrados en la causa seguida por el Sr. Camilo Donoso contra José Félix Crespo por cumplimiento de un contrato de aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Hcdas. Condado, Leime y Jablaguasi. Río Pichán. 211 fjs.

CAISSE 258 (1884-1885)

09-IX-1884

Obrados en la causa seguida por Dolores Salazar contra Carlos Laso por aguas. Provincia de Pichincha. El Tingo. 11 fjs.

CAISSE 259 (1885)

19-V-1885

Obrados en la causa seguida por Dolores Salazar contra Carlos Laso por aguas. Provincia de Pichincha. El Tingo. 31 fjs.

06-X-1885

La Srta Marcia Quijano contra el Sr Felicísimo Vega por aguas. Provincia de Pichincha. Puembo. 8 fjs.

CAISSE 260 (1885-1886)

11-I-1886

El Seminario de Ibarra contra Victor Gangotena apoderado de Manuel Jijón por aguas. Provincia de Imbabura. Otavalo. [Contient plan : fj. 108]. 142 fjs.

12-II-1886

Obrados en la causa que por aguas se sigue entre la familia Zaldumbide y Antonio Merlo. No se nombra Provincia o Ciudad. Hcdas. San Nicolás y Cuscunguito. Río Cuscungo. 28 fjs.

20-II-1886

Obrados en la causa seguida por Tomás Cobo contra Mercedes Valdivieso por acueducto. Provincia de Tungurahua. Pilahuín. Santa Rosa. Ríos Blanco y Colorado. 3 fjs.

CAISSE 261 (1886)

12-V-1886

Juicio seguido por la señora Margarita Cordero contra el Sr. Juan de Dios Corral sobre aguas. Provincia del Azuay. Cuenca. 24 fjs.

28-V-1886

Los vecinos de Calpi contra Mercedes Chiriboga y Felipe Guzmán. Provincia de Chimborazo. Calpi. 8 fjs.

CAISSE 262 (1887-1888)

24-VIII-1887

Civiles seguidos por Ignacio Holguín contra Camilo Miño por aguas del Río Nacsiche. Provincia de Cotopaxi. Salcedo. Río Nacsiche. 29 fjs.

CAISSE 263 (1888)

08-V-1888

Ramón F. Moya apoderado de la Sra. Manuela Viteri contra Rafael Freile Donoso por aguas. Provincia de Pichincha. Puellaro. Acequia Yunguilla. 26 fjs.

CAISSE 264 (1889)

20-III-1889

La señora Mercedes Valdivieso contra Tomás Cobo sobre aguas del Río Blanco. Provincia de Tungurahua. Santa Rosa. Pilahuín. Ríos Blanco y Colorado. [Contient 2 plans : fjs. 42 y 43]. 220 fjs.

11-X-1889 (No aparece)

José María Pérez Pareja contra Manuel A. Larrea por aguas. Provincia de Imbabura. 118 fjs.

10-XII-1889

Obrados en la causa seguida por el Seminario de Ibarra contra Mariano Gangotena por aguas y terrenos. Provincia de Imbabura. Ibarra. 7 fjs.

CAISSE 266 (1891-1892)

14-XI-1891

El Colector del Seminario de Ibarra contra Mariano Gangotena y Leopoldo Salvador por restitución de aguas y terrenos. Provincia de Pichincha. Quito. 5 fjs.

CAISSE 269 (1894)

29-IX-1894

Balbina Ponce con Nicolás Carrión sobre aguas. Provincia de Pichincha. Los Chillos. Amaguaña. [Contient 2 plans: fjs. 30 y 31]. 68 fjs.

19-X-1894 (No aparece)

Alberto Hernán contra Rafael Andrade Dávalos por Aguas. Provincia de Pichincha. 6 fjs.

CAISSE 270 (1894-1895)

22-XI-1894

Actuaciones de la causa seguida por el Sr. José María Pérez Pareja contra Manuel Larrea por aguas. Provincia de Pichincha. Quito. 11 fjs.

27-VI-1895

Rosario Saá contra Arturo Charpentier y Luciano Laffite por aguas de la acequia Miraflores. Provincia de Tungurahua. Ambato. Miraflores. 14 fjs.

CAISSE 271 (1895-1897)

19-XII-1896

Actuaciones de la causa seguida por la Sra. Mercedes Valdivieso contra Tomás Cobo por aguas del Río Blanco. Provincia de Tungurahua. Santa Rosa. Pilahuín. Hcda. Llangahua. 40 fjs.

CAISSE 272 (1897-1899)

31-I-1898

Juicio seguido por José Huertas contra Rafael Godoy sobre exhibición de un documento. Provincia de Pichincha. Cayambe. Pueblo Catarata. Hcda. Guanguilquí. Páramo de Porotog. 28 fjs.

17-I-1899 (No aparece)

Causa seguida por Fidel Monje contra la familia Landázuri por aguas. Provincia de Pichincha. Quito. Rumipamba. Santa Clara. Ñaquito. 17 fjs.

DOCUMENTS DE LA PROVINCE D'IMBABURA**CAISSE 2 (1671-1687) [Fonds Civils]**

06-V-1682

Autos de doña Francisca de Cespedes, viuda de Melchor Sánchez Carrascal contra Joan Mendes sobre una acequia de agua. Provincia de Imbabura. Yaguarcocha. 66 fjs.

In :
Revue de Développement Rural Alternatif
RURALTER, n° 9, 2nd semestre 1991,
Centre International de Coopération
pour le Développement Agricole
CICDA, Lima, pp 177-198.

IRRIGATION TRADITIONNELLE ANDINE EN EQUATEUR

par T. RUF*, P. LE GOULVEN**, H. RIBADENEIRA***

* Agro-économiste, Mission ORSTOM, Apartado 17.11.06596, Quito - Équateur
** Hydrologue, Mission ORSTOM, Apartado 17.11.06596, Quito - Équateur
*** Directeur du Plan National d'Irrigation, INERHI, Juan Larrea 534, Quito - Équateur

ASPECTS AGRO-SOCIO-ECONOMIQUES LIES AU DIAGNOSTIC GENERAL

Les réseaux d'irrigation "traditionnels" ou "anciens" posent des problèmes spécifiques dans le diagnostic de leur fonctionnement. La plupart du temps, les responsables des instituts techniques chargés de mener des politiques nationales d'irrigation considèrent les réseaux traditionnels comme des vestiges du passé qui ne peuvent être l'objet d'amélioration; ils apparaissent à première vue comme complexes, "anarchiques", ne répondant pas aux normes techniques "logiques" habituelles de réseaux modernes.

Les créateurs d'ouvrages modernes maîtrisent la partie conceptuelle des infrastructures et le génie civil pour les mettre en place; ils rencontrent souvent d'énormes difficultés lors de la mise en eau, l'usage qu'en font les bénéficiaires différant des modèles prévus dans les études de factibilité. Pour les réseaux anciens, non seulement la distribution et l'utilisation de l'eau ne sont guère limpides, mais encore la mobilisation, le transport et la répartition entre divers groupes d'usagers ne sont jamais évidents à mettre à jour.

C'est pourquoi il est rare de voir les institutions nationales d'irrigation se lancer dans des programmes cohérents de réhabilitation de réseaux traditionnels, faute de méthode de diagnostic, et probablement aussi faute de volonté politique (la construction d'un canal moderne apporte plus de notoriété que la réparation d'un canal ancien).

Les éléments qui suivent se basent sur l'expérience acquise par le projet INERHI-ORSTOM en Equateur: l'étude du fonctionnement des réseaux traditionnels en Equateur est menée conjointement par le Département du Plan National d'Irrigation de l'INERHI dirigé par Hugo Ribadeneira et deux Départements de l'ORSTOM, celui des Eaux Continentales avec Patrick Le Goulven, hydrologue et Directeur International du Projet, et le Département Société Urbanisation Développement auquel appartient Thierry Ruf en tant qu'agro-économiste. Jean Luc Sabatier (IRAT-CIRAD) a appuyé le projet par des missions et fournit de nombreux éclairages.

1. QU'EST CE QU'UN RESEAU D'IRRIGATION ANCIEN ?

Définir l'objet d'étude montre la difficulté de l'étudier. Le "réseau d'irrigation" est un ensemble de prises d'eau, de canaux de transport et de distribution, de périmètres agricoles formant un système complexe artificialisé, mettant en jeu dans son fonctionnement :

- 1- La mobilisation des ressources hydriques;
- 2- Le transfert vers des lieux de stockage et d'utilisation;
- 3- La répartition des dotations entre divers espaces agraires;
- 4- La distribution interne entre usagers dans chacun de ces espaces;
- 5- L'application de l'eau sur les parcelles;
- 6- L'évolution des systèmes de production avec l'irrigation;
- 7- La maintenance de l'ensemble.

Le diagnostic doit donc intégrer tous ces aspects qui s'analysent à diverses échelles:

- 1- L'unité de l'offre en eau: le bassin versant.
- 2- L'unité de demande en eau: espace géographique très variable selon les aménagements ayant été réalisés.
- 3- Le périmètre, espace agricole de base du réseau, caractérisé par le milieu naturel (étage bioclimatique, sols) et le milieu socio-économique (société et agriculture).
- 4- L'unité de production agricole, structure de base des décisions.
- 5- Les champs et parcelles cultivés, et les élevages de l'unité de production agricole.

Il fait donc appel à plusieurs disciplines, parmi lesquelles l'hydrologie, l'agronomie et la socio-économie doivent toujours opérer.

Dans le cas de réseau d'irrigation "traditionnel" ou "ancien", les infrastructures techniques sont rustiques, par opposition aux canaux modernes en béton. Mais cette rusticité n'est pas la seule caractéristique; le système complexe a une histoire qui s'est inscrite dans les divers niveaux de fonctionnement actuel. Le diagnostic doit porter sur les évolutions, les changements, les dynamiques.

La notion d' "ancienneté" est subjective. Pour les réseaux andins équatoriens, la référence n'est pas liée à une époque donnée mais plutôt à une technique de construction de canaux déviant sur de longues distances le cours torrentiel de rivières, et mobilisant sous des formes sociales variées, une force de travail considérable. Ainsi, un réseau "traditionnel" peut avoir plusieurs siècles d'existence dans certains cas, ou seulement dater de la première moitié du XXe Siècle.

2. OÙ SE TROUVENT LES RESEAUX D'IRRIGATION ANCIENS ?

Question simple, et réponse difficile. En effet, les sources d'information sont souvent disparates et incomplètes. En Equateur, l'INERHI disposait d'un inventaire de prises d'eau sans connaître toujours les destinations; le programme de régionalisation agraire du Ministère de l'Agriculture connaissait les grandes zones influencées par l'irrigation mais sans précisions sur les réseaux. Or, la connaissance rigoureuse, actualisée de la géographie de l'irrigation est fondamentale: la réhabilitation isolée d'un canal au sein d'un système régional plus vaste peut aboutir à une catastrophe, du fait des dépendances entre réseaux, comme par exemple l'impact sur l'aval d'une prise d'eau dans une rivière à débit variable et limité.

La méthode d'inventaire a été construite non pas sur la base de normes internationales sur l'organisation de réseaux, mais à partir de l'analyse des premiers cas observés dans les Andes (Zones de PIFO et d'URCUQUI).

Chaque partenaire du projet a contribué à l'élaboration de la méthode (P.Le Goulven, hydrologue, E.Dattée, topographe-informaticien, W. Carrera, ing.civil, M.Montenegro, agronome, E.Gavilanes, photo-interprète et T.Ruf, agro-économiste).

Elle a d'ailleurs évolué en fonction des connaissances nouvelles acquises dans l'étude de zones pilotes, et au fur et à mesure de la construction de la base de données informatisée.

Pour résumer ce travail qui mobilise une dizaine de personnes de l'INERHI, voici les étapes successives:

- synthèse des informations existantes, et création de la première carte de travail au 1/50.000.
- amélioration de la carte par réinterprétation des photos aériennes du Programme de Régionalisation Agraire (MAG).
- mission sur le terrain de confirmation et d'actualisation.
- structuration des données descriptives en vue de leur incorporation dans la base de données (DBASE).
- dessin de la carte améliorée et actualisée.
- nouvelle mission de terrain pour réaliser une enquête rapide et systématique sur les systèmes techniques et sociaux de répartition et d'utilisation de l'eau et sur les systèmes de production actuels.
- incorporation de ces données dans la Base.
- dessin de la version finale de la carte d'inventaire avec légende présentant les informations principales de chaque système d'irrigation.
- édition de synthèse régionale (tableau de bord de l'irrigation par grand bassin hydrographique).

Cette méthode, brièvement abordée ici, se base sur deux aspects originaux liés au caractère montagnard des réseaux d'irrigation.

D'une part, il y a une double structuration spatiale correspondant aux unités d'offre et de demande en eau. Un système d'irrigation est lié au bassin versant de la rivière dans laquelle il prélève de l'eau par un ouvrage de prise. Il est également partie intégrante de l'espace où est consommé l'eau prélevée par de multiples systèmes dans le même bassin ou dans d'autres bassins.

Cet espace de la demande, appelé Zone d'Analyse et de Recommandations pour l'Irrigation (ZARI), peut être défini comme suit: "unité géographique qui contient dans ses limites les prises, les canaux et les périmètres correspondants", ou encore, "Unité spatiale de la mobilisation, du transport, de la répartition et de l'utilisation de l'eau d'irrigation".

Dans les cas simples, la ZARI correspond à l'interfluve dont l'alimentation en eau provient de deux bassins à travers un réseau enchevêtré de canaux .

D'autre part, il y a le principe de description des réseaux complexes mis au point par P. Le Goulven et E. Dattée.

Ils sont définis par des prises, des segments, des noeuds et des périmètres. On évite la terminologie classique de canal principal, secondaire, tertiaire, etc. On emploie les termes de segments d'apport reliant une prise à un noeud de division ou d'union, de segments de transport reliant par exemple un noeud d'union à un noeud de division, et de segment de distribution reliant un noeud de division à un périmètre final.

Cela permet de codifier l'infrastructure sur des bases logiques et réelles.

3. QUELS SONT LES PROBLEMES DE FONCTIONNEMENT DES RESEAUX D'IRRIGATION ANCIENS ?

Divisons la question sous l'angle des 7 niveaux de fonctionnement signalés dans la définition initiale .

3.1. LES PROBLÈMES DE LA MOBILISATION DE L'EAU.

Ils relèvent des travaux d'hydrologie sur les bassins versants afin de connaître, mois par mois, la ressource disponible et de la confronter à la demande perçue selon trois approches:

- la demande climatique générale (ETP-P);
- la demande théorique des réseaux (débits concédés);
- la demande théorique des périmètres en fonction des systèmes de cultures en place ou de systèmes de cultures alternatifs.

L'agro-économiste doit fournir des modèles de culture-type sur la base d'enquêtes sur les systèmes de production. Sa tâche est rendue complexe par la grande diversité des agricultures pratiquées dans les Andes, liée à la fois à celle du milieu physique comme à celle des situations socio-économiques.

La structure complexe des réseaux témoigne des efforts de recherche de ressources hydrauliques par les diverses parties prenantes au cours de l'histoire.

Même si l'Etat a nationalisé les eaux en 1972, sur le terrain, les groupes d'irriguants gardent toujours à l'esprit non seulement l'idée de propriété d'un canal dont ils ont hérité, mais surtout leurs droits sur une rivière en un point donné, c'est à dire l'appropriation d'une ressource hydrique venant du "paramo" (prairies de haute altitude) considérée comme inaliénable parce qu'elle est ancestrale.

Ainsi, l'expansion foncière coloniale, au XVIe et XVIIe Siècles, a porté aussi bien sur les zones basses de climat tempéré ou sub-tropical à saisons sèches marquées, que sur les grandes étendues de haute montagne, afin de s'adjuger les débits disponibles et irriguer les terres basses.

Les conflits nés dans l'utilisation des ressources disponibles dans le réseau existant se résolvent par l'établissement de nouveaux canaux, selon trois schémas :

- captage d'une ressource non exploitée dans un bassin voisin.
- captage en aval des systèmes existants si la ressource est accrue par d'autres affluents.
- captage en amont des systèmes existants, ce qui pouvait avoir des conséquences sur ces systèmes et générer un conflit de mobilisation de l'eau aux niveaux des prises.

3.2. LES PROBLEMES DE TRANSFERT.

Le transport de l'eau dans des canaux en terre est souvent l'objet des principales critiques vis à vis des réseaux traditionnels: l'efficacité serait faible. En conséquence, la réhabilitation, lorsqu'elle est envisagée, porte sur le revêtement des canaux en béton ou autres matériaux, dont le coût est très élevé.

Les premiers éléments du diagnostic de P. Le Goulven remettent en cause certaines idées sur l'efficacité de canaux en terre dans le Nord des Andes équatoriennes. Il arrive de rencontrer des efficacités de transport supérieures à 100 %. Il semble que des apports latéraux compensent les pertes linéaires.

Dans ces conditions, le revêtement du canal n'apporterait pas d'avantage majeur. D'ailleurs, des observations réalisées sur de nombreux systèmes montrent que les pertes sont surtout dues aux fuites ponctuelles liées à l'état de l'infrastructure, et parfois aux infiltrations dans un segment limité de canal.

Dans certaines régions, le problème essentiel de transfert de l'eau réside dans les nombreuses interruptions de service liées aux éboulements provenant de secteurs dominant le canal, ou encore aux effondrements du canal lui-même.

Ce phénomène a des répercussions graves sur l'utilisation de l'eau. C'est l'un des éléments qui compose le "risque de période sans eau" évalué par les paysans pour prendre leurs décisions. Par rapport au risque pluviométrique en culture sèche, le risque de manque d'eau d'irrigation à un moment donné résulte à la fois des aléas climatiques dans la zone de production, le haut bassin versant, des phénomènes agressifs sur les segments de transport, et de décisions humaines mettant en péril les transferts normaux: absence de régulations en cas d'accroissement brutal du débit de la rivière, surcharge du canal qui finit par céder, ou encore mise en cultures de terrain pentu au dessus du canal avec forts risques érosifs.

Cette dernière cause provient de la montée de la frontière agricole en altitude et sur les terrains marginaux, en relation avec la pression démographique, la réforme agraire, la mise à l'écart des anciens ouvriers agricoles des haciendas, ou encore le partage des terres communales.

Cependant, la cause première de ces interruptions de service doit être reliée aux problèmes d'organisation de la maintenance des réseaux abordés au point 3.7.

3.3. LE PROBLEME DE L'EQUITE DE LA REPARTITION DES RESSOURCES MOBILISES.

L'eau disponible est répartie de manière équitable dans une ZARI ? La question mérite d'être posée connaissant les éléments suivants:

la construction de la plupart des réseaux a été décidée, jusqu'au début du xxe Siècle, par les grands propriétaires fonciers en mobilisant la main d'oeuvre paysanne à peu de frais;

la restructuration foncière des années 1950-1980 a maintenu la grande propriété foncière sur les terres basses et irrigués, rejetant les paysans sur les pentes difficiles à cultiver.

la nationalisation des eaux par l'Etat et leur administration par l'INERHI depuis 1972 devait résoudre les nombreux conflits qui éclataient avec violence. Le système des concessions octroyées par l'INERHI pour dix années aux usagers devant en faire obligatoirement la demande devait permettre de faire régner une certaine équité dans les dotations.

Si on se réfère à la situation du bassin du Mira dans le nord du pays, les dotations en eau exprimées par les débits fictifs continus (litres/seconde/hectare) font apparaître de grandes variations, allant de 0.1 à 2 l/s/ha. Bien entendu, l'analyse de cet indicateur doit se faire en fonction de l'étage bio-climatique. Alors le jugement sur l'équité de la dotation générale entre périmètres prend un sens.

l/s/ha	faible dotation	dotation moyenne	forte dotation
Etage froid 2700-3300 m	1500 ha 0.1	2200 ha 0.25	2100 ha 0.4
Etage tempéré 2200-2700 m	5000 ha 0.2	5200 ha 0.45	3800 ha 0.7
Etage chaud 1500-2200 m	3000 ha 0.3	2900 ha 0.6	3100 ha 1.0

tableau 1 : Débits fictifs continus observés sur environ 200 périmètres du MIRA (débit mesuré sur superficie réellement irriguée)

En moyenne, sur chaque étage, les différences vont du simple au triple. Cette première approche devra être approfondie par le calcul des bilans hydriques de P. Le Goulven. Cette inégalité en dotation peut s'expliquer par le fait qu'un certain nombre d'usagers cherchent à surdoter (dans les concessions) leurs secteurs dans un rapport qui reste raisonnable, de manière à sécuriser l'approvisionnement en cas de forte baisse du débit disponible. Par ailleurs, une situation excédentaire en dotation permet une marge de manoeuvre confortable dans l'utilisation: on peut pratiquer des irrigations approximatives sans effort d'aménagement à la parcelle, avec un minimum de travail, c'est à dire à moindre coût.

L'inégalité en dotation ne recouvre pas exactement l'inégalité foncière, au demeurant primordiale dans les problèmes agraires du pays. Il existe des haciendas faiblement dotées et des zones paysannes apparemment bien approvisionnées. D'ailleurs, les conflits sur l'eau ne mettent pas seulement en scène les groupements paysans contre les haciendas. On voit fréquemment les hacendados se quereller pour l'eau, et les innombrables procès pour "despojo de aguas" ("dépouillement des eaux") existant dès le XVIIe Siècle témoignent d'une grande tradition en la matière.

Certains secteurs paysans ont donc réussi à s'approprier l'eau d'irrigation en quantité globalement satisfaisante, parfois au prix de luttes difficiles et longues comme à Urcuqui.

D'une manière générale, le processus historique de constitution des réseaux d'irrigation, en l'absence de toute autorité politique et technique (jusqu'en 1972) pour coordonner et harmoniser l'extension des réseaux, a abouti à ces inégalités, secteurs sans eau, secteurs avec faible apport, secteurs avec dotation moyenne, et secteurs bien dotés, que l'INERHI n'a guère pu modifier à travers le système des concessions publiques.

En réalité, l'action de l'Etat s'est concentré sur la construction de réseaux modernes qui s'ajoutent aux anciens.

C'est l'ultime maillon d'une longue chaîne d'aménagements superposés et concurrents par bien des aspects.

3.4. LES PROBLEMES DE LA REPARTITION DE L'EAU ENTRE PAYSANS D'UN MEME PERIMETRE.

En Equateur, presque tous les cas de figure semblent exister. Les variables du tour d'eau prennent toutes les valeurs possibles selon les sites: présence ou absence de tour d'eau organisé, modules de distribution allant de 1 litre/seconde à 50 litres/seconde, temps d'irrigation à l'hectare de 2 heures à 48 heures, fréquence de 3 jours à 30 jours, répartition par horaires fixes ou variables, etc.

Là encore, l'élément historique est fondamental. Le tour d'eau est l'héritage complexifié du choix des générations précédentes d'usagers, basé sur les nécessités de l'époque de sa conception et sur des règles sociales en vigueur. Or, les conditions de l'environnement socio-économique et probablement celles du climat ont évolué, de même que les systèmes de production agricole.

Dans certains cas, le tour d'eau se révèle aujourd'hui inadapté. Parfois, il a été modifié pour répondre aux besoins exprimés par un groupe de paysans capable de faire accepter les modifications par l'ensemble des usagers. C'est le cas de PIMAMPIRO où l'on a adopté un tour d'eau à fréquence très courte de 3,5 jours afin de développer des cultures maraîchères spéculatives (tour d'eau élaboré avec l'appui d'un ingénieur de l'INERHI au moment de la concession officielle).

Mais ailleurs, les inerties jouent, les différences d'intérêt paralysent toute velléité de changement, ou bien plus simplement, la complexité du problème empêche les dirigeants successifs des juntas de l'eau de poser le problème de l'adaptation.

L'absence de tour d'eau entraîne une répartition inégale de l'eau entre les usagers d'amont et d'aval. Si la ressource est excédentaire, le problème n'est pas majeur, l'eau parvenant toujours aux derniers usagers. Mais si la ressource se réduit, ou que le nombre d'usagers croît et que la superficie mise en culture en saison sèche augmente, il devient un centre de préoccupations.

Dans le cas de réseaux dits "communaux". souvent très anciens, c'est la pression sur la ressource eau qui amène les usagers à organiser un tour d'eau. A notre connaissance, le premier tour d'eau organisé en Equateur l'a été en 1661 dans la vallée d'Ambuqui (bassin du Mira) à la suite d'un conflit entre indiens et colons, ces derniers ayant tenté de déposséder les premiers de leurs droits d'eau.

La justice coloniale a figé les droits des uns et des autres dans un tour d'eau hebdomadaire. Mais ce cas reste exceptionnel, lié à un type d'agriculture quasi-oasien (vergers de coca où l'on cultivait du coton et des légumes).

Pour l'ensemble des Andes, la période d'organisation des tours d'eau se situe de la fin du XIXe Siècle jusqu'au milieu du XXe Siècle. C'est donc, en Equateur, un phénomène assez récent, qui correspond à la forte poussée démographique et à l'évolution de la propriété agricole.

La région la plus précoce dans l'appropriation paysanne de la terre et l'organisation des associations d'irrigants est la province du Tungurahua située à 150 kilomètres au sud de Quito.

Cette région est aujourd'hui la plus dense des Andes avec environ 500 habitants au kilomètre carré agricole.

Dans le cas de réseaux dits d' "eaux achetées" (aguas compradas), les associations se sont constituées au moment de la construction des canaux. Leurs membres ont acheté des parts qui leurs conféraient par la suite un droit d'eau précis et inaliénable.

La répartition de l'eau entre les paysans s'est faite sur une norme proposée pour tous: un module, un temps d'irrigation par hectare, et une fréquence (les trois choses étant liées). Le choix correspondait aux besoins des systèmes de production de l'époque. Il s'agissait essentiellement de sécuriser la production vivrière obtenue à partir des cultures pluviales (cycles d'octobre-avril).

Ce n'est que dans la seconde partie du XXe Siècle que les systèmes ont évolués vers une utilisation permanente de la terre, avec la disparition de jachère (barbecho), soit par le passage à des systèmes d'élevage sur prairies naturelles ou cultivées, soit par l'intensification des cultures annuelles aboutissant à des modèles de cultures continues (deux cultures par an ou trois cultures tous les deux ans). La tension sur l'eau s'est donc accrue, particulièrement en saison sèche.

Les fréquences longues suffisantes pour compléter les cultures pluviales sont un frein à l'intensification des cultures annuelles en été. Les modules trop faibles ne permettent pas d'irriguer correctement les prairies. Les aygadiers doivent faire face à des dérèglements et des conflits qu'ils tentent d'arbitrer au jour le jour. Le problème s'aggrave avec l'accroissement du nombre d'irriguants. Ainsi, dans la province du Tungurahua, les associations d'irriguants comprennent fréquemment plus de 1000 membres répartis dans plusieurs paroisses traversées par de multiples conflits de toute sorte.

La cinétique de la microparcélisation des terres et des droits d'eau explique une part des difficultés des juntas de l'eau: le nombre de parcelles unitaires double tous les quinze ans.

Le tour d'eau se fait sous contrôle d'un chronomètre à la demi-minute près. Dans de telles conditions, qu'advient-il de ces systèmes en l'an 2000 ?

Reste à examiner si la répartition de l'eau est équitable, c'est à dire proportionnelle aux superficies cultivées. On peut en douter dans les cas des systèmes d' "eaux achetées", dans la mesure où les premiers irriguants achetèrent des parts financières. Dans les réseaux communaux, il règne également une certaine inégalité, bien que les différences soient limitées: du simple au double ou au triple.

Ces différences s'expliquent bien par les objectifs initiaux des ayant-droit: s'ils voulaient simplement assurer un apport de complément à leurs cultures pluviales, ils ne prenaient que le minimum d'heures. Si au contraire ils avaient pour stratégie une mise en culture en saison sèche, ils argumentaient un besoin supérieur qu'ils justifiaient par la présence d'une famille nombreuse et de fils capables de réaliser avec leurs parents cette intensification.

Une fois enregistrés, les droits se sont transmis aux héritiers avec la terre, et leur remise en cause, si elle est théoriquement possible, mettrait en péril le fragile consensus existant. Il faut noter que le double besoin d'irrigation, complément des pluies pendant l'hiver, besoin des plantes pendant l'été, n'a jamais donné lieu à une alternance de tour d'eau adapté à chaque situation.

Enfin, bien que nous ne disposions pas de données précises sur le domaine, il faut signaler la faible efficacité du réseau de distribution de type descendant dans la plupart des cas, avec des temps de transports et des pertes notables entre parcelles.

La distribution ascendante n'existe pratiquement pas, alors qu'elle permet une gestion bien meilleure des passages d'une parcelle à la suivante (temps d'irrigation complet).

Les pertes en eau sont considérables quand il n'existe pas de réservoirs pour stocker l'eau la nuit.

3.5. LES PROBLEMES DE L'APPLICATION A LA PARCELLE

Les dispositifs d'épandage de l'eau sont généralement gravitaires. Seules quelques haciendas modernisées ont adopté l'aspercion avec des pivots géants.

Les dispositifs gravitaires vont du plus élémentaire au plus élaboré: déversement du module dans la parcelle sans aucun aménagement pour le disperser, ou création de sillons en zig-zag dans les champs en forte pente. Les sols très sableux ont des réserves utiles faibles (30-50 mm par mètre) et une grande porosité qui rendent l'irrigation difficile à mener. La dose apportée par les paysans est souvent bien supérieur à ce que peut stocker le sol et prélever les plantes.

Faute d'appui technique en recherche-développement, les paysans adoptent un dispositif plus ou moins complexe de raies groupées dont la longueur est fixée en fonction de l'avancement de l'eau et des contraintes parcellaires. Les premiers résultats des observations effectuées sur une dizaine de parcelles en suivi journalier font apparaître des efficacités d'application de l'ordre de 40%. Une recherche approfondie sur ce thème est prévue pour 1990-1991.

3.6. L'EVOLUTION DES SYSTEMES DE PRODUCTION ET LA PRODUCTIVITE AGRICOLE ACTUELLE.

A titre d'exemple, voici la synthèse des changements intervenus dans l'étage tempéré du bassin du Mira. Un exposé systématique de tous les cas serait fastidieux. Cet étage est d'ailleurs le plus représenté dans les systèmes d'irrigation du bassin, avec plus de 12000 hectares.

Nous analyserons successivement les évolutions depuis les années 1950 pour les quatre grands groupes fonciers: les haciendas, les fincas, les petites exploitations paysannes et les minifundios. Bien entendu, il y a des exceptions dans ces trajectoires générales.

Les haciendas (plus de 50 hectares)

elles se consacraient autrefois à la grande céréaliculture utilisant beaucoup de main d'oeuvre sous le statut de huasipungueros. Elles ont évolué vers des systèmes d'élevage extensif sur prairies, pas toujours irriguées en totalité quand les disponibilités en eau n'ont pas changé. La charge en bétail varie de 0.5 à 1 Unité Animale par hectare fourrager.

L'exploitation fonctionne avec peu de main d'oeuvre (8 à 15 hectares par travailleur). La productivité exprimée en litres de lait produit par hectare fourrager est faible: 1500 à 3000 litres. L'irrigation n'a pas entraîné un accroissement de la productivité agricole. Elle sert à maintenir un chargement animal faible tout le long de l'année à bas coût et sans mobilisation de main d'oeuvre.

Ce modèle fournit un produit brut de 300 à 400 dollars par hectare pour des coûts directs de 100 dollars par hectare.

Les fincas (5-50 ha)

elles ont mis au point un système de polyculture-élevage intensif, basé sur une rotation agricole de six années où la luzerne alterne avec trois années de cultures annuelles. L'association agriculture-élevage est forte: les fonctions de traction animale, de fertilisation et d'épargne de l'élevage bovin sont primordiales.

Le système fonctionne avec une force de travail mixte, familiale et extérieure, qui est nettement plus importante que dans les haciendas (3 à 5 ha par travailleur). La combinaison des moyens disponibles, le taux d'usage du sol élevé, la bonne dotation en eau et la maîtrise de l'application, la recherche de semences améliorées, la fertilisation raisonnée, organique et minérale, le contrôle phytosanitaire, permettent d'atteindre un haut degré de chargement animal (supérieur à deux Unités Animales par hectare fourrager) et par là-même une productivité très supérieure à la moyenne des haciendas: 5000 à 6000 litres de lait par hectare fourrager.

Le produit brut dégagé par le modèle est voisin de 1000 dollars pour des charges directes importantes de 400 dollars par hectare.

Les petites exploitations paysannes (1-5 ha)

leur stratégie est toujours d'assurer la base alimentaire familiale, ont également des besoins monétaires indispensables pour couvrir les frais d'exploitation et les charges familiales habituelles. En plus de la culture pluviale qui garantit l'alimentation, le maïs dans cet étage tempéré, se sont ajoutés des cultures spéculatives au premier rang desquelles figure le haricot, dont les bénéfices sont capitalisés dans un micro-élevage composé d'une ou plusieurs têtes de bétail si l'exploitation dispose de suffisamment de terre.

Le système se rapproche du précédent, mobilisant plus de force de travail (1 ha par travailleur) d'origine familiale parfois renforcée par des journaliers en période de pointe. Malgré cela, faute de trésorerie et de crédit en avance aux cultures, la combinaison des moyens de production est moins efficace que dans les fincas.

Les semences sont prélevées sur les récoltes précédentes, la fertilisation est faible, le manque de moyen de travail général. Ceux qui s'en sortent le mieux sont ceux qui disposent dans la famille d'une activité extérieure rémunérée mensuellement, qui devient la trésorerie de l'exploitation.

Quand il existe, l'élevage est intensif, basé sur la gestion de sous-produits des cultures. Mais la production laitière n'est pas régulièrement commercialisée, faute de structure adéquate coopérative ou privée.

Le produit brut atteint 800 dollars par hectare dont 300 sous forme de consommation directe familiale. Les charges directes de 50 dollars par hectare sont faibles car l'essentiel du travail est couvert par la famille sans rémunération.

Les minifundios (moins d'un hectare)

ils se trouvent sous le seuil de l'autonomie alimentaire, dans les conditions du Mira. Pour subsister, les familles doivent trouver des revenus extérieurs sous la forme du travail journalier dans les autres catégories d'exploitations agricoles.

La productivité agricole est ici très faible et non monétarisée.

La situation générale des exploitations agricoles de cet étage montre comment l'irrigation a permis certaines évolutions qui ne vont pas toutes dans le sens d'un accroissement notable de la production agricole.

Seules les fincas et les petites exploitations paysannes ont sensiblement accru leur productivité, malgré les difficultés économiques, l'absence de marchés organisés, de crédit. La grande fragilité de cette évolution provient du caractère spéculatif de la culture du haricot vendu à un prix élevé sur le marché colombien voisin en raison de taux de change favorable pour les paysans équatoriens. Il suffit que ce taux s'inverse pour remettre en question ce développement.

L'absence de culture de rente, base de négociation entre producteurs et l'Etat et le système de crédit limite la productivité que ces systèmes pourraient atteindre et la capitalisation sous forme d'outillage, de bâtiments, etc.

Le manque d'eau a des effets variables selon les catégories d'exploitation. Il ralentit les stratégies en place, par exemple en ne mettant pas toutes les terres en culture pendant la saison sèche.

L'accroissement des dotations au profit des catégories extrêmes n'aurait pas de conséquences macro-économiques importantes dans les conditions de ce bassin hydrographique et dans cet étage bio-climatique.

3.7 LE PROBLEME DES ORGANISATIONS SOCIALES ET DE LA MAINTENANCE DES RESEAUX D'IRRIGATION.

Depuis la promulgation de la loi sur l'eau en 1972, l'INERHI administre l'eau en donnant des concessions aux irriguants ou groupes d'irriguants organisés qui en font la demande (obligatoire).

Si, dans la première décennie d'application, la mise en place des concessions a permis aux groupes d'usagers d'enregistrer leurs droits anciens, l'évolution récente des conflits sur l'eau et celle des organisations paysannes posent de nouveaux problèmes: il y a atomisation et multiplication des associations d'irriguants, avec accroissement des tensions entre groupements appartenant aux mêmes systèmes d'irrigation. Ce phénomène peut être avivé par les interventions publiques comme par les organisations non gouvernementales qui agissent sur le développement agricole, avec un clientélisme affiché.

L'accroissement des demandes en eau sur les réseaux anciens entraîne une plus grande fréquence de non respect des tours d'eau. Or, la fonction de "police de l'eau" n'est plus vraiment assurée par personne. Dans certains cas, la maintenance n'est plus correctement et régulièrement assurée, faute de consensus entre parties prenantes pour organiser les mingas (travaux collectifs), et faute de participants. Une tendance très forte de nombreux paysans est d'envoyer à leur place un journalier, préférant consacrer ce temps de travail collectif à leurs activités propres. Même les incidents graves avec interruptions de service ne font pas toujours l'objet d'une mobilisation prompte d'une partie des usagers.

A terme, les conséquences peuvent aller jusqu'à la remise en cause de l'existence du réseau avec des effets économiques et sociaux désastreux.

CONCLUSIONS

L'étendue des problèmes est considérable. Ils sont de toutes natures. Ils sont interdépendants. Leurs résolutions supposent un investissement humain, intellectuel très intense. Ne rien faire aboutit à terme à une crise grave de nombreux systèmes agraires. Parmi les voies d'investigations et d'actions, on peut citer les points suivants qui ne constitue pas une liste exhaustive de travaux mais simplement des axes à approfondir :

1. Mobilisation de l'eau:

- références actualisées sur les disponibilités de chaque bassin;
- structure de concertation par grand bassin hydrographique;
- programme de régulation des prises d'eau;
- ...

2. Transport de l'eau:

- protection des canaux aux points sensibles;
- revêtement des secteurs filtrants;
- ...

3. Répartition des dotations:

- révision de certaines dotations;
- restructuration de secteurs irrigués en liaison avec les associations d'irriguants;
- installation d'ouvrages de répartition proportionnelle pour préserver l'équité des dotations;
- ...

4. Organisation des tours d'eau:

- diagnostic au cas par cas du fonctionnement du tour d'eau et propositions d'adaptation en concertation avec les associations d'irriguants;
- mise en place de réservoirs de stockage nocturne et de régulation;
- ...

5. Application de l'eau à la parcelle:

- installation de petits dispositifs expérimentaux afin de déterminer les paramètres optimisant l'épandage de l'eau sur les principales cultures;
- ...

6. Evolution des systèmes de production:

- organisation des structures d'approvisionnement et de crédit;
- organisation de structures de commercialisation et transformation;
- formation des paysans;
- ...

7. Organisations paysannes:

- renforcement du pouvoir des juntas de l'eau, notamment dans les domaines de la "police de l'eau", et de l'organisation de la maintenance;
- interventions intégrant l'ensemble des parties prenantes sur une ZARI (actions concertées et cohérentes bénéficiant à l'ensemble des groupements).
- ...

ANNEXE.

METHODES UTILISEES AU COURS DU DIAGNOSTIC DE TERRAIN (aspects agro-socio-économiques).

- inventaire des réseaux et description des périmètres:

synthèse des informations existantes, photointerprétation, cartographie initiale, vérification systématique de toutes les infrastructures, prises, segments, noeuds, délimitation des périmètres et caractérisation agricole et socio-économique, carte de synthèse détaillée au 1/25.000 (produit scientifique restitué aux juntas de l'eau de la zone).

- répartition de l'eau (dotation par périmètre et tour d'eau) :

enquête sur échantillonnage de parcelles sur photos aériennes ou sur liste de parcelles. Information sur les origines des éventuels manques d'eau et sur les conséquences.

- analyse de l'application (en collaboration avec l'hydrologie) :

mise en place d'un suivi journalier de parcelles de références conduites par les producteurs selon leurs propres décisions. Mesure de la pluie, des entrées et sorties superficielles de l'eau, relevés des étapes de développement de la végétation, des états de celle-ci, des opérations culturales avec le travail et les coûts, mesure ou relevé de la production finale et des produits de sa vente; mesures ponctuelles: analyse de sols, densité de la Ruf T, Ribadeneira H., 1987. -" population végétale.

- évolution des systèmes de production :

enquête lourde sur une série d'exploitations représentant la diversité de la zone, comprenant le relevé familial, foncier, l'équipement, les successions de culture sur chaque parcelle identifiée sur photo aérienne, les itinéraires techniques types, les problèmes liés à l'irrigation, aux semences, à la fertilisation, aux contrôles phytosanitaires, et à la trésorerie.

- organisations paysannes :

contacts réguliers et discussions avec les juntas de l'eau, qui recevront restitution du diagnostic en fin de projet.

ELÉMENTS DE BIBLIOGRAPHIE

Le Goulven P., Ruf T., Ribadeneira H., 1987. - Méthodologie générale et détails des opérations du projet ORSTOM-INNERHI. Quito, INNERHI-ORSTOM, 91p.

Ruf T., Le Goulven P., 1987. - L'exploitation des inventaires réalisés en Equateur pour une recherche sur les fonctionnements de l'irrigation".- In: Bull.de liaison n°12, Dpt H, ORSTOM, Paris, pp-30-47.

Le Goulven P., Ruf T., Ribadeneira H., 1989. - Traditional irrigation in the Andes of Ecuador. 1) Research and planning. 2) Dysfunctions and rehabilitation. Com. 7th Afro-asian Regional Conf., International Comission of Irrigation and Drainage, Tokyo, 15-25/10/1989, pp 351-371.

En préparation :

Eléments pour les plans d'irrigation des Bassins hydrographiques du Mira, du Guayllabamba et du Pastaza.

Monographies de Zari : Urcuqui, Pifo, Sta Rosa-Pilahuin, Guamote, Gualaceo.

In :
“ L'Eau en Equateur - Résultats et textes choisis
(1974 - 1988) par P. Pourrut & al.
Série Travaux et Documents,
ORSTOM, Paris, chapitre V, pp 40-76.
en cours de publication

ANALYSE STATISTIQUE ET REGIONALISATION DES PRECIPITATIONS EN ÉQUATEUR

par J. F. NOUVELOT*, P. LE GOULVEN**, M. ALEMAN***, P. POURRUT****

* Hydrologue, Centre ORSTOM, BP 5045, Montpellier - France
** Hydrologue, Mission ORSTOM, Apartado 17.11.06596, Quito - Équateur
*** Ing. Hydraulicien, INERHI, Juan Larrea 542, Quito - Equateur
**** Hydrologue, Mission ORSTOM, Antofagasta - Chili

Bien que la pluie ne soit qu'une des composantes du bilan hydrique, il est évident qu'elle constitue le principal facteur conditionnel des régimes hydrologiques. Tout spécialement dans la zone intertropicale, où les pénuries tout comme les excès d'eau limitent en grande partie le développement des pays, l'élaboration d'une stratégie d'utilisation rationnelle des ressources en eau n'est possible que si l'on dispose d'une information pluviométrique suffisante.

Au chapitre 1 de l'article IV on a déjà signalé les divers problèmes qui affectent les observations pluviométriques en Equateur. Rares sont les séries de longue durée et la qualité de l'information y est souvent médiocre, surtout celle des dernières années qui n'est d'ailleurs pas toujours disponible. Il est donc pour l'instant hors de question de faire une analyse statistique exhaustive de toutes les stations du réseau pluviométrique pour une période homogène actualisée.

A défaut, le traitement appliqué aux pluies observées, qui est donc forcément incomplet et limité soit spatialement soit dans le temps, s'est attaché à tenir compte d'un impératif qui découle directement des nécessités les plus urgentes des pays en voie de développement, celui de répondre à la demande des acteurs de la mise en valeur, planificateurs et ingénieurs, qui réclament des outils permettant de combler les lacunes de l'information pluviométrique même si ce ne sont que des valeurs estimées. Elaborées selon des optiques distinctes, deux méthodes regroupent certains résultats et proposent certaines techniques qui permettent d'y parvenir.

La plus ancienne d'entre elles (normes pluviométriques applicables en Equateur) a été préparée dans le cadre de la régionalisation agro-pastorale du pays en utilisant les stations représentatives qui disposaient de registres suffisamment étendus; elle fournit une information statistique synthétique à l'échelle nationale et propose un découpage zonal qui, grâce à des calculs simples et rapides, permet d'estimer la valeur des données manquantes des séries incomplètes avec une précision acceptable.

La plus récente de ces méthodes (régionalisation des pluviométries dans le Nord de l'Equateur), limitée géographiquement à un grand bassin hydrographique, a été élaborée dans le contexte des travaux destinés à fournir certains éléments de planification pour l'irrigation; s'appuyant sur l'utilisation d'un vecteur régional, elle établit un zonage pluviométrique plus précis que le précédent.

1 - NORMES PLUVIOMÉTRIQUES APPLICABLES EN EQUATEUR

1.1 - But recherché et méthodologie utilisée

A l'échelle nationale, l'information à laquelle on a le plus facilement accès est celle relative aux totaux annuels, représentée de manière globale sur les cartes d'isohyètes qui permettent d'évaluer rapidement les apports d'origine météorique.

Mais la notion de moyenne annuelle, suffisante dans le cadre d'une planification générale des ressources naturelles renouvelables, doit toujours être complétée (par exemple par l'information relative aux fréquences rares, à l'irrégularité interannuelle ou aux totaux recueillis pendant des périodes plus courtes) lorsqu'on aborde les études de faisabilité des projets d'aménagement hydrauliques ou d'équipement des infrastructures.

C'est la raison pour laquelle, dans les zones où l'information est déficiente, il faut absolument disposer d'une méthode d'estimation des paramètres de calcul des ouvrages. L'établissement de normes pluviométriques est une façon de répondre à ce besoin.

La grande diversité des régions climatiques existantes (cf. l'article IV) ne permettant pas d'établir des formules valables pour le territoire tout entier, il a fallu procéder à un zonage et diviser le pays en zones pluviométriques homogènes. Celles-ci, que l'on a cherché à limiter au maximum, sont au nombre de six.

Cette zonification, tout comme les relations qui unissent entre elles les diverses variables pluviométriques, est fondée sur les résultats de l'analyse statistique des données pour laquelle on a utilisé les types de corrélations simples ou multiples et les lois d'ajustement les plus communes en hydroclimatologie : **Gauss** (normale), **Galton** (gaussologarithmique), **Gumbel** (double exponentielle), **Frechet** (gumbel-logarithmique), **Pearson III** (gamma incomplète) et **Goodrich** (cas particulier de la loi exponentielle généralisée).

Les stations de référence choisies pour mener à bien cette étude sont au nombre de soixante-cinq (vingt-quatre équipées d'un pluviographe) et le nombre d'années d'observation varie entre 10 et 85 ans.

La plupart des séries a une durée supérieure à quinze ans mais seules quatorze d'entre elles dépassent trente ans et six seulement ont plus de cinquante ans d'observations. Les données de chacune des stations ont été traitées de la manière systématique suivante :

- pour les totaux annuels, les pluies maximales journalières et les intensités entre cinq minutes et vingt-quatre heures, recherche de la loi statistique donnant le meilleur ajustement ;
- pour les pluies annuelles et journalières, recherche des relations qui unissent les valeurs des fréquences médianes et décennales, puis des fréquences décennales et centennales, et établissement des relations permettant de calculer une hauteur pluviométrique quelle que soit sa fréquence ;
- calcul des intervalles de confiance ;
- recherche des relations qui permettent de déterminer les intensités, sur des pas de temps allant de 5 minutes à 24 heures, à partir des pluies journalières de même fréquence.

Même si les approximations successives et certaines simplifications se traduisent par des résultats qui n'ont pas toujours une extrême rigueur scientifique, la méthode d'évaluation proposée est d'une grande simplicité d'utilisation. Une fois situé la région ou le site à étudier dans une des six grandes zones pluviométriques homogènes, le processus à suivre reste le même malgré la diversité des informations recherchées :

- a) détermination de la hauteur pluviométrique moyenne annuelle \bar{P} , soit à l'aide d'une station de référence soit par interpolation sur la carte d'isohyètes.

\bar{P} constitue la seule donnée d'entrée ;

- b) estimation des hauteurs annuelles pour diverses fréquences, soit à partir d'équations générales dérivées des lois statistiques (souvent celles de Galton et Pearson), soit par les relations du type :

$$P_{0,5} = f_1(\bar{P}), \quad P_{0,1} = f_2(P_{0,5}), \quad P_{0,01} = f_3(P_{0,1})$$

- c) détermination de la précision des résultats en fonction du nombre d'années d'observations disponible ou, à l'inverse, définition du nombre d'années nécessaire pour avoir une précision donnée ;

- d) estimation des hauteurs pluviométriques journalières H pour diverses périodes de retour, à partir des lois statistiques ou par les relations :

$$H_{0,5} = \xi_1(\bar{H}), \quad H_{0,1} = \xi_2(H_{0,5}), \quad P_{0,01} = \xi_3(H_{0,1})$$

- e) estimation de diverses fréquences des intensités I (ou des lames précipitées h) correspondant à différents intervalles de temps t , à partir des pluies journalières de même fréquence F :

$$I_F = \Phi(t, H_F)$$

1.2 - Hauteurs pluviométriques annuelles

Le tableau 1 présente les valeurs caractéristiques des totaux pluviométriques annuels aux principales stations considérées dans chacune des six zones homogènes retenues.

Les valeurs des fréquences rares au dépassement (sèches, $F = 0,90$ et $0,99$) et au non-dépassement (humides, $F = 0,10$ et $0,01$) sont calculées à partir de la loi donnant le meilleur ajustement ou par interpolation entre les valeurs obtenues lorsque deux lois sont de qualité équivalente.

Sauf pour l'ensemble des stations du bassin amazonien et pour quelques rares postes situés sur le versant occidental de la cordillère andine, qui ont des distributions statistiques symétriques, toutes les autres séries suivent des lois dont la fonction de densité présente une dissymétrie positive plus ou moins prononcée suivant leur appartenance à l'une ou l'autre des zones homogènes.

Comme les lois qui donnent les meilleurs ajustements sont celles de Pearson III et surtout de Galton, la valeur des intervalles de confiance est calculée en supposant que les distributions empiriques correspondent à une loi gaussologarithmique. Il faut ajouter que, mise à part la loi normale, seule la loi de Galton permet de calculer la précision des résultats de manière relativement simple et sans gros risque d'erreur (quand on ne dispose pas d'un ordinateur, ce qui était le cas en Equateur).

On a en effet jugé utile d'indiquer cette précision étant donné la grande diversité des régimes pluviométriques tout comme la disparité des durées des séries observées.

1.2.1. Zonification des pluviométries

Après avoir repris l'ensemble des paramètres statistiques caractéristiques des lois de Gauss, Galton et Pearson (diverses fréquences calculées avec un paramètre de position P_0 soit nul soit différent de zéro, valeurs de la pente "a" et de la constante "b" de la droite de Galton, valeurs du paramètre d'échelle S ou du paramètre de forme γ de Pearson) et les avoir comparés à toutes les stations, la définition du zonage a été faite en partant des seules hauteurs pluviométriques annuelles et en ne retenant que trois paramètres : le coefficient de variation Cv, la pente "a" de la droite de Galton et le paramètre de forme γ de la loi de Pearson.

Il est intéressant de noter que, bien que les deux derniers paramètres ne soient mathématiquement comparables d'une station à l'autre que lorsque $P_0 = 0$, on constate que la simplification utilisée n'apporte jamais d'erreur significative. On pardonnera donc le fait d'avoir sacrifié la précision scientifique à la nécessité d'obtenir des résultats homogènes.

ZONE 1, très sèche

Elle ne couvre qu'une faible surface, celle de la pointe de la Péninsule de Santa Elena. Les stations les plus représentatives sont Salinas, La Libertad et Ancon.

Les paramètres retenus ont les valeurs suivantes :

		$P_{0,5}$	<	170 mm
0,8	<	Cv	<	1
2,7	<	a	<	3
		γ		voisin de 1

ZONE 2, sèche

Elle occupe une bande large de 30 à 50 km, allongée du Nord au Sud de Manta à la frontière péruvienne. Les stations représentatives de cette zone sont Manta, Playas, Machala et Zapotillo. Elle est caractérisée par :

170 mm	<	$P_{0,5}$	<	500 mm
0,5	<	Cv	<	0,8
3	<	a	<	4,5
1,5	<	γ	<	3,5

ZONE 3, occidentale de transition

Située à l'Est de la précédente, elle atteint une largeur maximale de 100 km à la latitude de Guayaquil. Bien qu'ayant des totaux pluviométriques assez différents, on peut citer comme stations représentatives Portoviejo, Guayaquil et Pasaje.

Les valeurs des paramètres caractéristiques sont :

500 mm	<	$P_{0,5}$	<	1200 mm
0,35	<	Cv	<	0,45
5	<	a	<	6
4	<	γ	<	6,5

ZONE 4, occidentale humide

Située du Nord au Sud tout au long de la cordillère, elle est surtout présente au Nord de $0^{\circ} 30'$ de latitude sud où elle occupe tout l'espace des Andes au littoral.

La transition avec la zone 3 est très progressive et le tracé cartographique de la limite qui les sépare n'est que la situation moyenne d'une bande plus ou moins large où sont d'ailleurs situées les stations de Esmeraldas-Tachina, Calceta, Isabel Maria et Milagro.

Dans cette bande de transition, les paramètres statistiques ont des valeurs distinctes du reste de la zone et recouvrent partiellement celles de la précédente :

1000 mm	<	$P_{0,5}$	<	1700 mm
0,35	<	Cv	<	0,4
6,5	<	a	<	7
6,5	<	γ	<	12

La zone possède par ailleurs une certaine hétérogénéité, due essentiellement à l'orographie, mais le nombre réduit et la répartition géographique des stations ne permettent malheureusement pas d'établir la relation entre l'altitude et les pluies.

On peut seulement observer, d'Ouest en Est, l'existence d'un gradient pluviométrique qui est positif jusqu'à environ 1 000 à 1 500 m et qui devient ensuite négatif.

Parmi les stations représentatives on peut citer celles de Pichilingue (120 m), Puerto Ila (300 m) Santo Domingo (600 m), Lita (740 m), Portovelo (900 m) et El Corazon (1560 m).

Les valeurs caractéristiques tirées des statistiques sont les suivantes :

1500 mm	<	$P_{0,5}$	<	5000 mm
0,2	<	Cv	<	0,3
7,5	<	a	<	12,5
12,5	<	γ	<	30

(l'intervalle 19-30 étant le plus probable)

ZONE 5, couloir interandin

Alors que les quatre zones précédentes étaient toutes soumises à l'influence pacifique (une seule saison des pluies de décembre à mai), on a regroupé ici les stations dont la caractéristique commune est d'être situées dans le couloir interandin (deux saisons pluvieuses, de janvier à mai et en octobre-novembre) tout en sachant que le relief et l'exposition comptent parmi les facteurs les plus importants de la pluviosité de cette zone.

Cependant, si l'on fait exception des vallées bien abritées telles que celles de Salinas-Imbabura, Palmira-Ambato, Santa Isabel ou La Toma-Malacatus, ou des régions situées à une altitude supérieure à 3 000- 3 200 m, l'homogénéité des pluviométries est relativement satisfaisante.

Les distributions sont légèrement hypernormales, souvent proches de la distribution normale. Les paramètres caractéristiques ont les valeurs suivantes :

400 mm	<	$P_{0,5}$	<	1500 mm
		(le plus souvent 500 - 1000 mm)		
0,15	<	Cv	<	0,25
10	<	a	<	15
15	<	γ	<	50

Parmi les stations représentatives, celle de Quito-Observatoire a été créée en 1890.

Dans le cas des vallées abritées :

300 mm	<	$P_{0,5}$	<	500 mm
0,25	<	Cv	<	0,3
7	<	a	<	8
10	<	γ	<	15

En altitude, jusqu'à 4 000 m (au-delà il n'existe aucune information), on observe une certaine irrégularité due à l'orographie mais, tout comme dans le cas des vallées sèches, les distributions sont généralement plus dissymétriques.

Cette région haute est caractérisée par :

600 mm	<	P_{0,5}		
		(le plus souvent > 1000 mm)		
0,3	<	Cv	<	0,35
6,5	<	a	<	8
9	<	γ	<	12

ZONE 6, orientale humide

Elle correspond à la région amazonienne qui reste en permanence sous l'influence de masses d'air humide continental.

Bien que l'information disponible ne soit pas suffisante pour en tirer des conclusions définitives, il semble indiscutable que la cordillère andine joue un rôle important dans la distribution des pluies; c'est ainsi que, tout comme sur le versant occidental, les hauteurs pluviométriques maximales annuelles s'observent entre 1000 et 1500 mètres d'altitude. Ses caractéristiques générales sont les suivantes :

1500 mm	<	P_{0,5}	<	6000 mm
0,1	<	Cv	<	0,2
10	<	a	<	27
22	<	γ	<	150

Mais sans que l'on puisse encore avancer une explication satisfaisante au phénomène, il existe une certaine hétérogénéité et on peut distinguer deux groupes de stations.

Le premier groupe est constitué par les stations de la partie septentrionale, Tena, Tiputini et Putumayo :

		Cv		aux alentours de 0,2
10	<	a	<	12
22	<	γ	<	27

Le second groupe, caractérisé par une très faible variabilité des observations, est formé des stations de Pastaza, Limoncocha, Zamora et El Puyo :

		Cv		aux alentours de 0,1
22	<	a	<	27
100	<	γ	<	150

Bien que cette zone présente quelques similitudes avec la zone humide occidentale, un certain nombre de traits caractéristiques permettent de les différencier :

- toutes les stations du bassin amazonien ont des distributions normales ou très proches de la normale alors que c'est tout à fait exceptionnel sur le versant occidental où les fonctions de densité ont une dissymétrie positive accusée ;
- malgré quelques légères fluctuations mensuelles, la région orientale est abondamment arrosée tout au long de l'année alors que la zone humide occidentale a un cycle saisonnier caractérisé par une saison sèche marquée entre juin et octobre.

1.2.2. Relations entre hauteurs pluviométriques annuelles moyennes et médianes

On sait que la moyenne arithmétique, souvent utilisée pour la facilité de son calcul, a une probabilité qui dépend de la distribution statistique de l'échantillon étudié; c'est seulement dans le cas de la loi normale que la fréquence de la moyenne est 0,5 puisque moyenne \bar{P} , médiane $P_{0,5}$ et mode P_m ont alors la même valeur.

Lors de la description des six zones pluviométriques homogènes on a pu voir que si les totaux annuels de quelques stations suivent des lois symétriques normales ou presque normales, la grande majorité présente des ajustements unimodaux dissymétriques.

Comme il s'agit toujours de dissymétrie positive on trouvera en ordre croissant mode- médiane- moyenne. Ces trois paramètres sont liés par la relation approchée :

$$\bar{P} - P_{0,5} = \frac{\bar{P} - P_m}{3} \quad -$$

Par contre, les relations entre moyenne et médiane dépendent du type de la loi choisie et de la valeur de ses paramètres.

On trouvera ci-après les relations empiriques qui, pour chacune des régions pluviométriques homogènes, permettent d'estimer la valeur de la médiane à partir de la moyenne, en millimètres.

ZONE 1 : $P_{0,5} = 0,725 \bar{P}$

On remarquera que la différence relative entre les deux variables dépasse 25 % et que la fréquence attribuable à la moyenne est de l'ordre de 0,35 soit un temps de retour ($T = 1 / F$) voisin de trois ans.

ZONE 2 : $P_{0,5} = 0,85 \bar{P}$

La différence relative entre les variables n'est plus que de 15 %, soit $T = 2,4$ ans. Dans le cas présent, tout comme dans celui de la zone 1, on ne juge pas utile de donner la précision des coefficients de corrélation R qui, calculés avec trois ou quatre valeurs, sont bien sûr très proches de 1.

ZONE 3 : $P_{0,5} = 0,93 \bar{P} + 6,2$

$R = 0,999$ calculé avec un nombre d'années d'observations $N = 6$

I_{95} (intervalle de confiance à la probabilité 95 %) : 0,990 - 1,00

La différence relative entre $P_{0,5}$ et \bar{P} se situe entre 6 et 7 % et la fréquence de la moyenne est 0,45 soit $T = 2,2$ ans.

ZONE 4 : $P_{0,5} = 0,98 \bar{P} + 8,8$

$R = 0,999$ avec $N = 10$

I_{95} : 0,995 - 1,00

La différence relative entre les deux variables est à peine supérieure à 2 %.

ZONE 5 : $P_{0,5} = 0,985 \bar{P} - 6,4$

$R = 0,999$ avec $N = 28$

I_{95} : 0,997 - 0,999

La différence relative entre moyenne et médiane n'est plus que de 2 %.

ZONE 6 : $P_{0,5} = 0,994 \bar{P} - 15,1$

$R = 0,9998$ avec $N = 8$

La différence relative entre les deux variables est seulement de 0,5 à 1,5 % car la grande majorité des stations a une distribution normale.

1.2.3. Estimation des hauteurs pluviométriques annuelles de fréquence rare

L'estimation des totaux pluviométriques annuels correspondant à diverses fréquences se fait à partir des valeurs de la médiane. Tout comme il a été fait pour l'évaluation de cette dernière, il faut considérer comme acceptables un certain nombre d'hypothèses difficiles à démontrer.

On admet donc que la relation stochastique $P_{F_2} = f(P_{F_1})$ est linéaire, que les deux variables ont des distributions marginales normales, que la variable indépendante P_{F_1} est déterminée avec une erreur inférieure à celle de la variable dépendante P_{F_2} , et que l'auto-corrélation des valeurs de cette dernière est négligeable.

On donne ci-après, pour chacune des zones pluviométriques homogènes, les équations permettant d'estimer les pluies annuelles décennales (à partir de la médiane), centennales (à partir de la décennale) ainsi que celles des fréquences intermédiaires. On différencie les fréquences au dépassement (fréquences sèches 0,9 et 0,99) des fréquences au non-dépassement (humides, 0,1 et 0,01) et on indique la valeur du coefficient de corrélation ainsi que les limites de l'intervalle de confiance à 95 %.

Pour ceux qui voudraient avoir très rapidement une idée grossière des valeurs des fréquences rares à l'échelle régionale, on trouvera en fin de chaque paragraphe le quotient P_{F_2}/P_{F_1} ; cette méthode d'estimation est évidemment moins précise.

a) - Pluies annuelles de fréquence décennale sèche, en mm

ZONES 1 et 2 : $P_{0,9} = 0,53$ $P_{0,5} - 35$

$R = 0,984$ avec $N = 7$; $I_{95} : 0,892 - 0,998$;

ZONE 3 : $P_{0,9} = 0,61$ $P_{0,5} - 14$

$R = 0,998$ avec $N = 10$; $I_{95} : 0,991 - 1,00$;

ZONE 4 : $P_{0,9} = 0,82$ $P_{0,5} - 169$

$R = 0,992$ avec $N = 9$; $I_{95} : 0,961 - 0,998$;

ZONE 5 : $P_{0,9} = 0,81$ $P_{0,5} - 47$

$R = 0,978$ avec $N = 26$; $I_{95} : 0,951 - 0,990$;

ZONE 6 : $P_{0,9} = 0,87$ $P_{0,5} - 121$

Valeurs du quotient $P_{0,9}/P_{0,5}$:

Zones 1 et 2 = 0,40 ; Zone 3 = 0,60 ; Zone 4 = 0,75 ; Zone 5 = 0,76 ; Zone 6 = 0,83.

b) - Pluies annuelles de fréquence décennale humide, en mm

ZONE 1 : $P_{0,1} = 2,20$ $P_{0,5} + 100$

$R = 0,991$ avec $N = 4$; $I_{95} : 0,629 - 1,00$;

ZONE 2 : $P_{0,1} = 1,97$ $P_{0,5} + 44$

$R = 0,967$ avec $N = 4$; $I_{95} : 0,684 - 0,999$;

ZONE 3 : $P_{0,1} = 1,74$ $P_{0,5} - 66$

$R = 0,998$ avec $N = 5$; $I_{95} : 0,968 - 1,00$;

Dans la bande de transition entre zones 3 et 4

$P_{0,1} = 1,60$ $P_{0,5} - 51$

$R = 0,998$ avec $N = 5$; $I_{95} : 0,968 - 1,00$;

ZONE 4 : $P_{0,1} = 1,26$ $P_{0,5} + 104$

$R = 0,996$ avec $N = 9$; $I_{95} : 0,980 - 0,999$;

ZONE 5 : $P_{0,1} = 1,23$ $P_{0,5} + 73$

$R = 0,966$ avec $N = 25$; $I_{95} : 0,925 - 0,985$;

ZONE 6 : $P_{0,1} = 1,13$ $P_{0,5} + 227$
 $R = 0,987$ avec $N = 9$; $I_{95} : 0,937 - 0,997$;

Valeurs du quotient $P_{0,1}/P_{0,5}$:

Zone 1 = 3 ; Zone 2 = 2 ; Zone 3 = 1,71 (ou 1,59 dans la bande de transition) ;

Zone 4 = 1,30 ; Zone 5 = 1,25 ; Zone 6 = 1,17.

c) - *Pluies annuelles de fréquence centennale sèche, en mm*

Etant donné qu'il n'existe que peu de séries suffisamment longues pour permettre l'évaluation des totaux pluviométriques annuels correspondant à cette fréquence, il a fallu regrouper les trois zones occidentales plus ou moins sèches.

ZONES 1, 2 ET 3 : $P_{0,99} = 0,65$ $P_{0,9}$
 $R = 0,995$ avec $N = 6$; $I_{95} : 0,953 - 0,999$;

ZONE 4 : $P_{0,99} = 0,84$ $P_{0,9} - 90$
 $R = 0,988$ avec $N = 5$; $I_{95} : 0,829 - 0,999$;

ZONE 5 : $P_{0,99} = 0,80$ $P_{0,9} - 5$
 $R = 0,991$ avec $N = 12$; $I_{95} : 0,967 - 0,998$;

ZONE 6 : Pour compenser le manque de données, on ne peut que proposer la relation :
 $P_{0,99} = 0,85$ $P_{0,9}$

Valeurs du quotient $P_{0,99}/P_{0,9}$:

Zones 1, 2 et 3 = 0,65 ; Zone 4 = 0,77 ; Zone 5 = 0,80 ; Zone 6 = 0,85.

d) - *Pluies annuelles de fréquence centennale humide, en mm*

Là encore, le manque d'observations dans la région sèche littorale est traduit par des équations approchées pour lesquelles il serait superflu d'indiquer la précision.

ZONE 1 : $P_{0,01} = 2,20$ $P_{0,1}$

ZONE 2 : $P_{0,01} = 1,60$ $P_{0,1}$

ZONE 3 : $P_{0,01} = 1,54$ $P_{0,1} - 35$

ZONE 4 : $P_{0,01} = 1,35$ $P_{0,1} - 238$
 $R = 0,99$ avec $N = 5$;

ZONE 5 : $P_{0,01} = 1,38$ $P_{0,1} - 81$
 $R = 0,982$ avec $N = 12$; $I_{95} : 0,939 - 0,995$;

ZONE 6 : $P_{0,01} = 1,15$ $P_{0,1}$

Valeurs du quotient $P_{0,01}/P_{0,1}$:

Zone 1 = 2,20 ; Zone 2 = 1,60 ; Zone 3 = 1,51 ; Zone 4 = 1,28 ; Zone 5 = 1,23 ; Zone 6 = 1,15.

Les abaques 1 à 6 permettent, à partir de la moyenne arithmétique, d'estimer les hauteurs pluviométriques annuelles médianes et de fréquences décennales et centennales sèches et humides.

1.2.4. Estimation des totaux pluviométriques annuels d'une fréquence quelconque

Pour réaliser certaines études, il est parfois nécessaire d'estimer non seulement les valeurs des pluies de fréquences décennales et centennales mais aussi celles de fréquences intermédiaires P_F . Leur calcul est rendu possible grâce à certaines propriétés des lois de Gauss, Galton et Pearson III. Sans entrer dans le détail, on donne ci-après les formules utilisables :

- à partir de la loi normale, dans les régions où les pluviométries suivent cette distribution (u est la variable réduite, cf. une table de Gauss) :

$$P_F = \bar{P} (1 + u \times C_v)$$

- à partir de la loi gaussologarithmique, avec $P_0 = 0$:

$$\log P_F = \frac{u + a \times \log P_{0,5}}{a}$$

Avec une table de Gauss pour connaître les valeurs de u, on dispose aux paragraphes 1.2.1 et 1.2.2 des éléments nécessaires au calcul de a et $P_{0,5}$.

- à partir de la loi gamma incomplète, avec l'approximation de Wilson :

$$P_F = \bar{P} \left(1 - \frac{1}{9\gamma} + u \sqrt{\frac{1}{9\gamma}} \right)^3$$

On estime γ , soit à partir d'une station de référence, soit à l'échelle régionale (valeurs d'encadrement pour chaque zone homogène, paragraphe 1.2.1).

1.2.5. Précision des résultats

La précision avec laquelle sont donnés les résultats dépend directement de la taille des échantillons à partir desquels ils sont calculés. L'amplitude des erreurs peut être définie par l'intervalle de confiance où il existe la probabilité $\alpha\%$ de trouver la véritable valeur de paramètres seulement connus par leur estimation empirique.

Dans le cas présent, les valeurs des intervalles de confiance du tableau 1 sont calculées à l'aide des paramètres de la loi de Galton et, chaque fois que c'est possible, avec ceux de la loi normale.

Il est intéressant de noter que les équations utilisées pour le calcul des valeurs d'encadrement des intervalles de confiance permettent aussi d'estimer la taille N de l'échantillon théorique nécessaire pour connaître, avec la probabilité α , la valeur d'une variable ayant la précision $x\%$.

A titre d'exemple, en prenant dans chaque zone pluviométrique une valeur moyenne de la pente a de la droite de Galton, on donne ci-après les valeurs limites supérieures et inférieures de N pour avoir des valeurs de la pluviométrie annuelle de fréquence décennale ayant une précision de 90%, avec une probabilité de 95% :

ZONE 1	(a = 3) :	N1 = 387 ans	N2 = 473 ans
ZONE 2	(a = 4) :	N1 = 218 ans	N2 = 266 ans
ZONE 3	(a = 5,5) :	N1 = 115 ans	N2 = 141 ans
ZONE 4	(a = 10) :	N1 = 35 ans	N2 = 43 ans
ZONE 5	(a = 12) :	N1 = 24 ans	N2 = 30 ans
ZONE 6	premier groupe très voisin de la zone 5		
deuxième groupe	(a = 25) :	N = de l'ordre de 6 à 7 ans.	

A l'examen de ces valeurs, on constate qu'il faudrait parfois modérer la confiance qu'on a tendance à attribuer à certains résultats statistiques faisant abstraction des périodes chronologiques sous prétexte qu'ils se réfèrent à une période homogène. En tout cas, elles plaident pour la pérennité et le renforcement de la densité des réseaux de mesures.

1.3 - Hauteurs pluviométriques journalières

L'étude des hauteurs pluviométriques journalières est basée sur les relations qui, à l'échelle régionale (et seulement à cette échelle), les lient aux hauteurs pluviométriques annuelles d'égale fréquence.

L'analyse statistique est faite sur un échantillon des hauteurs maximales observées en 24 heures, à raison d'une valeur par année d'observation.

Cette manière de procéder entraîne sans nul doute certaines imprécisions :

- la hauteur totale enregistrée n'est pas toujours due à une seule pluie se rapportant à un événement météorologique continu. Elle peut correspondre au total de diverses averses et, à l'inverse, une pluie de longue durée peut avoir été tronquée par un observateur s'en tenant strictement aux consignes d'effectuer les mesures selon un horaire préétabli.

Cependant, en ce qui concerne spécialement l'Equateur, on peut constater que lorsqu'il s'agit de fortes pluies il est exceptionnel d'observer plus d'un événement par jour. Par ailleurs, la probabilité pour qu'une averse soit amputée est très basse ;

- la prise en compte de tous les totaux journaliers, et non seulement des plus élevés, aurait fourni un échantillon plus étendu c'est-à-dire théoriquement plus fiable.

L'absence de banque de données, de même que le temps très long nécessaire à une éventuelle saisie de l'information (300 000 données environ) ainsi que la recherche toujours laborieuse des limites de troncature donnant le meilleur ajustement lors de l'utilisation de lois tronquées (c'est le cas puisque, par définition, la variable est nulle les jours sans pluie), n'ont pas permis de travailler sur cette base.

Signalons cependant que des essais comparatifs entre échantillons restreints et complets ont été réalisés sur les stations pluviométriques de référence des trois groupes de bassins versants représentatifs étudiés en Equateur et que les différences constatées n'ont jamais été significatives, ce qui justifie la méthode utilisée.

Les principales caractéristiques des hauteurs pluviométriques journalières de chacune des régions homogènes sont présentées au tableau 2.

1.3.1. Zonage des pluies journalières

Sous peine d'ôter tout intérêt à l'étude présente, on comprend qu'il n'est pas question de chercher un zonage autre que celui proposé au paragraphe 1.2.1.

On indique ci-après, dans chacune des zones pluviométriques homogènes, les encadrements des hauteurs pluviométriques journalières de fréquence médiane $H_{0,5}$ et ceux des paramètres statistiques calculés : le coefficient de variation C_v , la pente a de la droite de Galton et le coefficient de forme γ de la loi de Pearson III.

ZONE 1 :	25 mm	<	$H_{0,5}$	<	30 mm
	0,85	<	C_v	<	0,95
			a		voisin de 1
			γ		voisin de 3
ZONE 2 :	35 mm	<	$H_{0,5}$	<	65 mm
	0,55	<	C_v	<	0,65
	4	<	a	<	4,5
	2,5	<	γ	<	3,5
ZONE 3 :	50 mm	<	$H_{0,5}$	<	85 mm
	0,40	<	C_v	<	0,50
	5	<	a	<	6
	5	<	γ	<	6

ZONE 4 :	65 mm	<	$H_{0,5}$	<	120 mm
	0,20	<	C_v	<	0,30
	7,5	<	a	<	12
	12	<	γ	<	30

Dans la frange de transition avec la zone 3 :

	60 mm	<	$H_{0,5}$	<	110 mm
	0,30	<	C_v	<	0,35
	6,5	<	a	<	7,5
	7	<	γ	<	12

ZONE 5 :	20 mm	<	$H_{0,5}$	<	40 mm
	0,20	<	C_v	<	0,40
	6	<	a	<	13
	7	<	γ	<	35

Tout comme pour les totaux pluviométriques annuels, les valeurs les plus élevées de a et de γ se rapportent aux vallées sèches abritées ou aux régions dont l'altitude dépasse 3 000m.

ZONE 5 :	55 mm	<	$H_{0,5}$	<	130 mm
	0,20	<	C_v	<	0,35
	6	<	a	<	13
	10	<	γ	<	30

1.3.2. Relations entre hauteurs pluviométriques journalières et annuelles de même fréquence

La recherche de ces relations est très importante puisque, suivant la logique de l'étude, elles vont permettre de passer des pluies annuelles aux pluies journalières, le document de base restant la carte des isohyètes interannuelles.

a) - Approche globale

On donne ci-après les relations qui permettent de calculer, en millimètres, n'importe quelle hauteur journalière H de fréquence F à partir de la hauteur annuelle P de même fréquence F .

On remarquera que les échantillons utilisés dans chaque zone regroupent toutes les hauteurs pluviométriques qu'elles soient de fréquence médiane, décennale ou centennale et il est évident qu'il existe donc une véritable auto-corrélation entre certaines valeurs de la variable, auto-corrélation qui va se traduire par une surestimation du coefficient de corrélation.

Par ailleurs, bien que ce dernier ne soit plus linéaire, on indique également l'intervalle de variation qui correspond à une probabilité de 95%.

La simplicité et la facilité d'utilisation des relations proposées justifient pleinement les approximations faites.

$$\begin{aligned} \text{ZONES 1 et 2 :} & & H_F &= 0,126 \times P_F + 14 \\ R &= 0,949 \text{ avec } N = 14; & I_{95} &: 0,844 - 0,984; \end{aligned}$$

Le regroupement des deux zones est dû à la taille restreinte des échantillons.

$$\begin{aligned} \text{ZONE 3 :} & & H_F &= 0,083 \times P_F + 13 \\ R &= 0,951 \text{ avec } N = 11; & I_{95} &: 0,817 - 0,988; \end{aligned}$$

Les trois zones antérieures étant assez homogènes quant au relief, on n'a pas jugé utile de faire intervenir l'altitude pour établir la relation $H = f(P)$.

Le cas est différent dans les régions présentant de fortes dénivelées où les relations non univoques qui relient respectivement H et P à l'altitude A ne suivent pas les mêmes variations.

C'est pour cette raison qu'il a fallu utiliser un système de corrélations linéaires multiples.

ZONE 4	$H_F = 0,030 \times P_F - 0,018 \times A + 54$
	où H et P sont en millimètres et A en mètres
R = 0,813 avec N = 31 ;	$I_{95} : 0,644 - 0,906 ;$

De deux stations ayant des hauteurs annuelles identiques pour une même fréquence mais installées à des altitudes différentes, celle qui est la plus basse a une hauteur pluviométrique journalière maximale plus élevée.

L'altitude joue aussi un rôle très important dans la zone 5.

ZONE 5	$H_F = 0,345 \times P_F - 0,115 \times A + 41$
R = 0,821 avec N = 60 ;	$I_{95} : 0,717 - 0,890 ;$

ZONE 6	$H_F = 0,019 \times P_F - 0,0085 \times A + 54$
R = 0,842 avec N = 19 ;	$I_{95} : 0,627 - 0,937 ;$

b) - *Calcul des hauteurs pluviométriques journalières d'une fréquence quelconque à partir des hauteurs annuelles de fréquence médiane, en mm*

Les relations établies à partir des hauteurs de fréquence médiane permettent d'obtenir une meilleure précision que celle des relations du paragraphe ci-dessus (échantillons biaisés, auto-corrélations), même quand les valeurs des coefficients de corrélation sont inférieures.

H et P sont en millimètres :

ZONE 1 et 2 :	$H_{0,5} = 0,092 \times P_{0,5} + 17$
R = 0,987 avec N = 6 ;	$I_{95} : 0,879 - 0,999 ;$

ZONE 3 :	$H_{0,5} = 0,062 \times P_{0,5} + 19$
R = 0,981 avec N = 4 ;	

ZONE 4 :	$H_{0,5} = 0,016 \times P_{0,5} - 0,012 \times A + 64$
R = 0,720 avec N = 13 ;	$I_{95} : 0,281 - 0,910 ;$

ZONE 5 :	$H_{0,5} = 0,025 \times P_{0,5} - 0,007 \times A + 33$
R = 0,864 avec N = 25 ;	$I_{95} : 0,703 - 0,936 ;$

ZONE 6 :	$H_{0,5} = 0,014 \times P_{0,5} - 0,011 \times A + 57$
R = 0,937 avec N = 9 ;	$I_{95} = 0,723 - 0,987 ;$

On remarquera la similitude entre cette zone et le zone 4 humide occidentale.

Une fois calculé $H_{0,5}$ avec les formules ci-dessus et après avoir défini le paramètre de pente a (paragraphe 1.2.2), on peut aisément calculer les hauteurs journalières maximales pour n'importe quelle fréquence en utilisant la formule tirée de la loi de Galton (voir également le paragraphe 1.2.4) :

$$H = 10^{\frac{u + a \times \log H_{0,5}}{a}}$$

Si l'on ne cherche à calculer que les hauteurs relatives aux fréquences décennales et centennales, on peut aussi appliquer les relations données ci-après, d'une grande facilité d'utilisation :

ZONE 1 :	$H_{0,1} = 2,80 \times H_{0,5}$ $H_{0,01} = 2,10 \times H_{0,1}$
ZONE 2 : R = 0,983 avec N = 6 ;	$H_{0,1} = 1,745 \times H_{0,5} + 12$ $I_{95} : 0,850 - 0,998 ;$ $H_{0,01} = 1,49 \times H_{0,1} + 6$
ZONE 3 : R = 0,995 avec N = 4 R = 0,996 avec N = 6	$H_{0,1} = 1,71 \times H_{0,5}$ $H_{0,01} = 1,49 \times H_{0,1} + 6$
ZONE 4 : R = 0,941 avec N = 15 ; R = 0,978 avec N = 6;	$H_{0,1} = 1,36 \times H_{0,5} + 4$ $I_{95} : 0,829 - 0,981 ;$ $H_{0,01} = 1,40 \times H_{0,1} - 10$ $I_{95} : 0,807 - 0,998 ;$
ZONE 5 : R = 0,934 avec N = 26; R = 0,977 avec N = 12 ;	$H_{0,1} = 1,62 \times H_{0,5} - 6$ $I_{95} : 0,857 - 0,970 ;$ $H_{0,01} = 1,43 \times H_{0,1} - 3$ $I_{95} : 0,918 - 0,994 ;$
ZONE 6 : R = 0,972 avec N = 8 ;	$H_{0,1} = 1,135 \times H_{0,5} + 20$ $I_{95} : 0,848 - 0,995 ;$ $H_{0,01} =$ formule identique à celle de la zone 4.

Les abaques 7 à 12 permettent, à partir de la hauteur pluviométrique médiane annuelle à laquelle s'ajoute un correctif d'altitude pour les zones 4 à 6, d'estimer rapidement sans calcul les hauteurs pluviométriques journalières de fréquence médiane, décennale ou centennale.

Il est particulièrement intéressant de noter :

- que le rôle de l'altitude est démontré par les variations des relations qui lient les hauteurs pluviométriques annuelles et les valeurs maximales journalières ;
- que les paramètres qui caractérisent à la fois les pluies annuelles et les pluies journalières suivent une même tendance quand on passe d'une zone à l'autre.

1.3.3. Remarques sur la précision des résultats et la forme des distributions

Toutes les observations concernant la précision des résultats, faites au paragraphe 1.2.5, sont également applicables aux pluies journalières.

Contrairement aux pluies annuelles, il est très rare que l'on obtienne un bon ajustement avec la loi normale et on ne peut utiliser que des formules dérivées de la loi de Galton. Dans l'ensemble, toutes les distributions sont hypernormales et les zones littorales se caractérisent par des dissymétries plus accusées.

Certaines stations semblent de plus présenter des distributions plurimodales, particulièrement dans les régions sèches où la variabilité est forte.

Il a cependant été décidé de ne pas en tenir compte parce que cette caractéristique n'est pas systématique chez les stations d'une même zone; on peut l'interpréter comme provenant de l'existence de deux catégories distinctes de pluies, celles qui sont inférieures à un certain seuil correspondant à un type d'averse différent de celui des pluies qui lui sont supérieures.

C'est ce que les anglo-saxons appellent "outliers".

1.4 - Intensités pluviométriques

En Equateur, où les pentes du milieu naturel andin atteignent des valeurs élevées et où l'occupation importante des sols est souvent associée à des pratiques agraires traditionnelles particulièrement inadaptées, l'érosion hydrique constitue une des principales contraintes à la mise en valeur agricole puisque la dégradation spécifique peut atteindre 6 000 Tonnes/Km²/an.

On comprend donc tout l'intérêt que revêt une estimation acceptable des intensités maximales dont on connaît l'étroite implication sur les phénomènes érosifs.

1.4.1. Méthode employée

On a utilisé vingt-quatre stations équipées d'enregistreurs. Le poste de Guayaquil a dû malheureusement en être exclu car la série est de qualité extrêmement douteuse bien qu'elle soit de longue durée. Par ailleurs, le manque de stations représentatives ayant des durées suffisantes n'a pas permis de mener l'étude dans les zones sèches 1 et 2.

L'étude suit la même logique méthodologique que celle utilisée pour l'étude des pluies annuelles et journalières. Dans la grande majorité des cas, le meilleur ajustement des intensités est donné par les lois de Galton et Pearson III; étant donné la plus grande facilité du calcul du paramètre de position X_0 , on a systématiquement utilisé la seconde.

L'analyse statistique porte sur les intensités maximales I , exprimées en mm/h, relatives à des périodes de 5, 10, 15, 20, 30, 60 minutes et 24 heures. On a fait figurer en annexe, pour les stations les plus représentatives des quatre zones homogènes étudiées, les intensités I et les hauteurs de pluie h d'intervalles de temps t variant de 5 minutes à 24 heures, pour les fréquences $F = 0,5 - 0,1 - 0,02$ et $0,01$ (c'est-à-dire les périodes de retour $T = 2 - 10 - 50$ et 100 ans).

Pour chacune des stations, on a ensuite tracé deux graphiques en coordonnées logarithmiques :

- pour chaque intervalle de temps t , l'intensité I en fonction de la période de retour T ;
- pour chaque période de retour T , l'intensité I en fonction de l'intervalle de temps t .

Il faut signaler qu'il a été nécessaire de vérifier que les intervalles de temps choisis donnaient la précision suffisante pour étudier la relation $I = \Phi(t)$. Ce travail a été mené sur la station de Quito-Observatoire (51 années d'enregistrement de bonne qualité) pour les durées 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 minutes et 1, 2, 6, 12 et 24 heures.

On peut constater sur le graphique 13, quel que soit l'intervalle, que la relation $I = f(T)$ peut être considérée comme linéaire avec néanmoins une discontinuité pour la période de retour de 10 ans.

Les équations correspondant aux deux groupes de droites ainsi définis sont de la forme :

$$\log I = \log I_1 + \alpha \log T \quad \text{c'est-à-dire } I = I_1 \times T^\alpha$$

où I_1 est la valeur de I pour $T = 1$ an et, pour chaque valeur de t choisie avec $T = 1$ an et $T = 10$ ans :

$$\alpha = \log(I_{10}/I_1)$$

De la même manière, les courbes d'intensité-durée en fonction des périodes de retour peuvent être assimilées à des faisceaux de droites (graphique 14). Là encore on observe une discontinuité, située vers $t = 1$ heure mais qui peut varier entre 45 et 90 minutes.

Exceptionnellement, une seconde discontinuité peut apparaître aux alentours de $t = 15$ ou 20 minutes; c'est le cas à El Puyo et Tiputini dans le bassin amazonien, Tulcan et Quito dans la région andine et Milagro dans la zone littorale. Aucune explication satisfaisante n'a été trouvée à ce phénomène.

Chacune des droites peut être définie par l'équation :

$$\log I = \log I_2 + a \log t \quad \text{c'est-à-dire } I = I_2 \times t^a$$

En prenant l'intensité I_0 qui correspond à $t = 1$ heure et $T = 1$ an (logarithmes nuls), on a :

$$I = I_0 \times t^a \times T^\alpha$$

Pour le calcul des paramètres des droites, une fois défini $I = I(t, T)$, on suit la méthode indiquée par J. Guiscafré et F. Moniod (Cah. Orstom, série Hydro, 1975) :

$$I = I_0 \times t^a \times T^{(b+c \times \log t)} \quad (1)$$

Une estimation graphique menée à partir des courbes $I = f(T)$ permet de déterminer les valeurs des constantes des portions de droite (généralement au nombre de deux sauf pour les cinq stations déjà citées) pour des intervalles de temps supérieurs ou inférieurs à 1 heure et des périodes de retour supérieures ou inférieures à 10 ans. Variables pour les formules où t est exprimé en heures et T en années, elles sont regroupées au tableau 3.

On remarquera que dans certains cas, tel celui de Quito, les droites $I = \Phi(t)$ sont parallèles quelle que soit la valeur de T . On a alors l'équation simplifiée :

$$I = I_0 \times t^a \times T^b \quad (2)$$

Soulignons aussi que le changement de pente de la relation $I = \Phi(t)$ n'est pas un phénomène spécifique à l'Equateur et qu'on l'a déjà observé dans des pays où les régimes climatiques sont pourtant très différents, Antilles, Afrique du Nord, Brésil, et même en Europe.

On doit aussi noter qu'en partant des formules (1) et (2) on peut estimer les hauteurs pluviométriques h pendant un intervalle t et pour une période de retour T donnée :

$$h = I_0 \times t^{(a+1)} \times T^{(b+c \log t)} \quad (3)$$

$$\text{et quand } c = 0, \quad h = I_0 \times t^{(a+1)} \times T^b \quad (4)$$

Toutes les relations qui lient les intensités maximales et les hauteurs pluviométriques journalières sont établies à l'aide de la formule générale (1).

En utilisant l'indice i pour tous les paramètres des formules qui permettent le calcul de I pour $t \geq 1$ heure et l'indice j quand $t < 1$ heure, et si H est la hauteur pluviométrique journalière correspondant à la période de retour T , on a :

$$\begin{aligned} \text{si } t \geq 1 \text{ heure :} & \quad I_{24} = I_{(0,i)} \times 24^{a_i} \times T^{(b_i + c_i \times \log 24)} \\ \text{et} & \quad H = I_{(0,i)} \times 24^{(a_i + 1)} \times T^{(b_i + c_i \times \log 24)} \\ \text{soit, quand } c = 0, & \quad I = 24^{-(a_i + 1)} \times t^{a_i} \times H \end{aligned}$$

si $t < 1$ heure :

$$I = I_{(0,j)} \times t^{a_j} \times \left[\frac{H}{I_{(0,i)} \times 24^{(a_i+1)}} \right]^{\frac{b_j + c_j \times \log t}{b_i + c_i \times \log 24}}$$

soit, quand $c = 0$,

$$I = I_{(0,j)} \times t^{a_j} \times \left[\frac{H}{I_{(0,i)} \times 24^{(a_i+1)}} \right]^{\frac{b_j}{b_i}}$$

Dans le cas général, quand $c \neq 0$, la formule est complexe :

$$I = I_{(0,j)} \times t^a \times \left[\frac{H}{I_{(0,i)}} \right]^{-(m+p \times \log t)} \times 24^{(q+r \times \log t)}$$

Pour $t \geq 1$ heure :

$$I_{(0,j)} = I_{(0,i)}$$

$$m = b_i / (b_i + c_i \log 24)$$

$$p = c_i / (b_i + c_i \log 24)$$

$$q = -m(a_i + 1)$$

$$r = -p(a_i + 1)$$

Pour $t < 1$ heure :

$$I_{(0,j)} \neq I_{(0,i)}$$

$$m = b_j / (b_i + c_i \log 24)$$

$$q = -m(a_i + 1)$$

$$r = -p(a_i + 1)$$

Mais la forte disproportion existant entre la complexité du calcul des constantes, d'une part, et le nombre réduit des échantillons observés disponibles dans chacune des zones pluviométriques, d'autre part, justifie l'utilisation de deux hypothèses simplificatrices.

Elles consistent à considérer, l'une que la relation $I = \Phi(t)$ n'est formée que de deux demi-droites communes au point $t = 1$ heure, l'autre que le paramètre c est nul.

On aboutit alors à des formules du type :

$$I = K \times t^a \times H^n \quad (5)$$

Pour $t \geq 1$ heure

$$a = a_i$$

$$n = 1$$

$$K = 24^{-(a_i+1)}$$

Pour $t < 1$ heure

$$a = a_j$$

$$n = b_j / b_i$$

$$K = I_{(0,j)} \times \left[I_{(0,i)} \times 24^{(a_i+1)} \right]^{\frac{b_j}{b_i}}$$

Tous ces paramètres peuvent être calculés à partir des constantes du tableau 3.

1.4.2. Synthèse des résultats de l'étude des intensités

La méthode exposée au paragraphe précédent permet de présenter, à l'échelle régionale, des règles d'estimation relativement simples puisque, pour le calcul des différents paramètres entrant dans la formule (5), la seule variable utilisée est la pluviométrie journalière de fréquence médiane $H_{0,5}$.

On donne ci-après une définition des paramètres et indices utilisés :

l_1	est la valeur de l_0 soit $l_{(0,j)}$	pour $t < 1$ heure et	$0,1 \leq F < 1$
l_2	est la valeur de l_0 soit $l_{(0,j)}$	pour $t < 1$ heure et	$0,01 < F < 0,1$
l_3	est la valeur de l_0 soit $l_{(0,i)}$	pour $t \geq 1$ heure et	$0,1 \leq F < 1$
l_4	est la valeur de l_0 soit $l_{(0,i)}$	pour $t \geq 1$ heure et	$0,01 < F < 0,1$
a_1	est l'exposant de t	pour $t < 1$ heure	
a_2	est l'exposant de t	pour $t \geq 1$ heure	
b_1	est l'exposant de T	pour $t < 1$ heure et	$0,1 \leq F < 1$
b_2	est l'exposant de T	pour $t < 1$ heure et	$0,01 < F < 0,1$
b_3	est l'exposant de T	pour $t \geq 1$ heure et	$0,1 \leq F < 1$
b_4	est l'exposant de T	pour $t \geq 1$ heure et	$0,01 < F < 0,1$

ZONES 1, 2 : aucune estimation n'est possible.

ZONE 3 :	pour $t < 1$ heure :	pour $t \geq 1$ heure :
	$l_1 = 0,64 \times H_{0,5} - 7$	$l_3 = l_1$
	$l_2 = 0,59 l_1 + 22$ soit,	$l_4 = l_2$ soit,
	$a_1 = - 0,410$	$a_2 = 0,800$
	$b_1 = - 0,020 l_1 + 0,823$	$b_3 = b_1$
	$b_2 = 0,585 b_1 - 0,027$	$b_4 = b_2$

ZONE 4 :	pour $t < 1$ heure :	pour $t \geq 1$ heure :
	$l_1 = 0,74 \times H_{0,5} - 32$	$l_3 = 0,72 \times H_{0,5} - 29$
	$l_2 = 1,13 l_1 + 5$ soit,	$l_4 = 0,87 l_3 + 20$ soit,
	$a_1 = 0,0091 l_1 - 0,738$	$a_2 = - 0,0027 l_3 - 0,657$
	$b_1 = 0,0034 l_1 + 0,373$	$b_3 = - 0,0039 l_3 + 0,428$
	$b_2 = 0,328 b_1 + 0,046$	$b_4 = 0,246 b_3 + 0,072$

ZONE 5 :	pour $t < 1$ heure :	pour $t \geq 1$ heure :
	$l_1 = 0,61 \times H_{0,5} - 3$	$l_3 = 0,695 \times H_{0,5} - 6$
	$l_2 = l_1 + 4$ soit,	$l_4 = 1,21 l_3 + 1$ soit,
	$a_1 = 0,0085 l_1 - 0,726$	$a_2 = - 0,009 l_3 - 0,673$
	$b_1 = - 0,005 l_1 + 0,281$	$b_3 = - 0,006 l_3 + 0,310$
	$b_2 = 0,508 b_1 + 0,001$	$b_4 = 0,440 b_3 + 0,017$

ZONE 6 :	On a dû tenir compte de la discontinuité de la relation $l = \Phi(t)$ pour $t = 15$ minutes.		
	pour $t < 15$ minutes :	pour $15 \text{ mn} \leq t < 1 \text{ h}$:	pour $t \geq 1$ heure :
	$l'_1 = 0,66 \times H_{0,5}$	$l_1 = 0,50 \times H_{0,5}$	$l_3 = 0,47 \times H_{0,5}$
	$l'_2 = l'_1 + 7$ soit,	$l_2 = l_1 + 7$ soit,	$l_4 = l_3 + 7$ soit,
	$a'_1 = - 0,250$	$a_1 = - 0,490$	$a_2 = - 0,750$
	$b'_1 = 0,105$	$b_1 = 0,110$	$b_3 = 0,120$
	$b'_2 = 0,060$	$b_2 = 0,055$	$b_4 = 0,060$

Malgré une relative imprécision, ces formules sont assez homogènes dans chacune des zones.

Les abaques 15 à 18 facilitent le calcul des paramètres nécessaires pour utiliser l'équation (5).

S'il s'agit de faire de rapides estimations à l'échelle nationale on peut même pousser la simplification et n'utiliser qu'un seul groupe de formules dans les quatre zones considérées :

$$I_1 = 0,69 \times H_{0,5} - 6$$

$$I_2 = 1,16 \times H_{0,5} + 2$$

Pour l'exposant de t :

$$\text{Zone 3 : } a_1 = -0,410 \qquad a_2 = -0,800$$

$$\text{Zone 4 : } a_1 = -0,350 \qquad a_2 = -0,790$$

$$\text{Zone 5 : } a_1 = -0,600 \qquad a_2 = -0,850$$

$$\text{Zone 6 : } a_1 = -0,490 \qquad a_2 = -0,750$$

$$b_1 = -0,0056 I_1$$

$$b_2 = 0,48 b_1 + 0,008$$

2. REGIONALISATION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS DANS LE NORD EQUATORIEN.

2.1. Problématique

2.1.1. Cadre général de l'étude

Depuis 1987, l'ORSTOM et l'INERHI (Institut Équatorien des Ressources Hydrauliques) étudient le fonctionnement de l'irrigation traditionnelle andine afin de proposer des recommandations pour l'élaboration d'un Plan National d'Irrigation.

Les systèmes irrigués traditionnels ont peut-être existé à l'époque pré-incasique, mais ils se sont surtout développés avec la colonisation espagnole. Ils sont composés, en majorité, de petits périmètres (moins de 100 ha) dispersés dans l'espace et occupant les 3 étages climatiques du couloir interandin.

Ils sont alimentés par des infrastructures complexes (canaux creusés à même le sol) qui prélèvent l'eau dans les rivières au moyen de prises rustiques, sans aucun ouvrage de régulation. Le débit dérivé est donc assujéti aux fluctuations des ressources en eau du réseau hydrographique.

Le projet est décomposé en 7 grands thèmes d'étude (analyse du paysage, travaux pluridisciplinaires sur terrains représentatifs, inventaire, analyse hydro-climatique, observatoire agro-socio-économique, les sols, point de vue historique) dont les résultats sont intégrés dans une analyse globale (thème n° 8) à partir de laquelle sont élaborés diagnostics et recommandations dans un esprit de prospective à court, moyen et long terme.

La répartition de l'eau est un des aspects fondamentaux de l'étude pour le diagnostic de situation et la validité des recommandations.

2.1.2. L'équité hydrologique et son importance

Le bon fonctionnement d'un système d'irrigation dépend beaucoup de la répartition équitable de l'eau à tous ses usagers à l'intérieur d'un même périmètre (distribution), entre périmètres d'un même système complexe (répartition) et entre les différents systèmes répartis le long du réseau hydrographique (dotation globale).

Pourtant, dans ce dernier cas, l'inégalité est patente. Pour des besoins climatiques peu différents (même étage altitudinal et systèmes de culture similaires), les dotations concédées varient de 0,1 à 0,4 l/s/ha dans l'étage froid, de 0,2 à 0,7 l/s/ha dans l'étage tempéré et de 0,3 à 1,0 l/s/ha dans l'étage subtropical, soient des écarts de 1 à 3 en moyenne.

Ces différences ont suscité des conflits majeurs qui obligèrent l'État à s'immiscer dans la gestion de l'eau jusqu'à nationaliser toutes les ressources hydriques en 1972.

Ce sont elles également qui ont modelé le tracé des canaux dans le paysage andin, mettant bien en évidence les différences de structure et de pouvoir. En général, les grandes haciendas de fond de vallée vont chercher l'eau très haut, en amont des autres prises, pour tâcher d'éviter le partage du déficit en eau des rivières lors des étiages prononcés, même si cela les oblige à construire et entretenir des infrastructures de transport longues et sinueuses.

Il est évident qu'une telle situation ne favorise pas la cohabitation harmonieuse des différents groupes d'usagers.

L'État a bien essayé de corriger cet héritage du passé, mais a manqué soit de volonté, soit de données précises pour élaborer une répartition amont-aval plus équitable avec un aménagement rationnel et économique des canaux et des prises.

Il est vrai que le problème est complexe et associe étroitement les considérations hydrologiques avec leurs conséquences agro-socio-économiques.

Dans ce contexte, le projet ORSTOM-INERHI s'est engagé à fournir aux institutions compétentes une base scientifique et technique qui justifie et oriente la mise en œuvre d'une telle politique.

2.1.3. Régionalisation climatique préliminaire (nécessité et objectifs)

Pour répondre partiellement à cet objectif, l'hydrologue a besoin de comparaisons besoins-ressources non seulement au niveau des prises actuelles mais tout le long du réseau hydrographique pour prévoir différents scénarios d'évolution (réaménagements, mise en eau de nouveaux périmètres).

L'espace est d'abord découpé en zones de ressources (micro-bassins) et en zones d'analyse et de recommandations (ZARI).

Les micro-bassins sont des bassins versants d'environ 50 km² dans lesquels les facteurs conditionnels de l'écoulement (pente, perméabilité, caractéristiques et occupation du sol) sont à peu près homogènes. Un modèle pluie-débit est calé sur chacun d'entre eux.

Les ZARI contiennent toute la chaîne de mobilisation, transport, distribution et utilisation de l'eau. Leurs limites sont tracées en fonction des accidents de terrain et des infrastructures existantes. Elles sont idéales pour étudier l'évolution des systèmes de production.

L'estimation des ressources requiert une bonne connaissance régionale de la pluie et de l'ETP (estimation des valeurs moyennes sur chaque micro-bassin) alors que l'évaluation des besoins dépend en grande partie d'une bonne estimation ponctuelle des mêmes paramètres au niveau de chaque périmètre.

Par conséquent, une étude climatique préliminaire est indispensable et doit permettre une estimation précise de la pluie et de l'ETP en tout point de l'espace étudié.

Si en plus, on ne se contente pas de valeurs moyennes interannuelles, mais qu'au contraire on veut introduire la notion de risque, il est nécessaire de raisonner au niveau de séries chronologiques.

Du point de vue agronomique la pentade ou la décade est un intervalle de temps adéquat. Si l'on tient compte des données disponibles (et bien évidemment manuscrites), du volume d'information et du cadre de planification dans lequel se déroule le projet, le choix d'un pas de temps mensuel est raisonnable.

La régionalisation climatique a donc pour objectif de générer en tout point de l'espace des séries chronologiques mensuelles statistiquement probables de pluie et d'ETP.

Elle est bien avancée sur le couloir interandin, la partie côtière et les îles Galápagos. Elle sera réalisée plus tard sur la partie amazonienne. Elle concerne actuellement un peu moins de 900 stations pluviométriques et climatiques.

2.2. Méthodologie

2.2.1. Études antérieures et réseau

Beaucoup d'études déjà réalisées sur le sujet sont très sommaires et concernent des sites assez restreints. Cette information est, par ailleurs, difficile à obtenir.

Au niveau national, seul l'ORSTOM a entrepris une analyse sérieuse du réseau climatique, dans le cadre de sa collaboration avec le Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage pour le Programme National de Régionalisation agricole (PRONAREG). Le Chapitre 1 ci-dessus en est l'illustration, de même que les nombreux rapports d'E. CADIER, de J. F. NOUVELOT, de P. POURRUT et de leurs partenaires constituent une base de connaissance importante.

Elle est néanmoins insuffisante pour arriver aux objectifs prévus, en raison d'un manque de moyens informatiques et surtout de l'insuffisance de l'information disponible à cette époque.

En effet, le réseau est récent dans son ensemble (de nombreuses stations ont été installées aux alentours de 1965). Il est géré par plus de 30 organismes publics ou privés ayant chacun ses préoccupations, ce qui explique en partie la mauvaise répartition des stations tant spatiale qu'altitudinale.

C'est fort gênant dans un milieu au relief fortement contrasté et soumis à différents phénomènes climatiques qui provoquent des gradients pluviométriques importants en fonction de l'exposition et de la situation générale des versants.

La seule utilisation des données du réseau n'est donc pas suffisante pour apprécier correctement les variations spatiales des paramètres recherchés.

2.2.2. Zones pseudo-proportionnelles et vecteurs représentatifs

Sur un espace soumis aux mêmes phénomènes climatiques (planétaires, régionaux et locaux), les valeurs des paramètres climatiques seront à peu près proportionnels à partir un certain intervalle de temps.

À l'intérieur de la zone climatique homogène considérée, chaque paramètre peut être caractérisé par une série unique, représentative de son organisation chronologique interne.

L'espace se restreint si l'on diminue le pas de temps (de l'année au mois par exemple) ou si l'on exige une liaison pseudo-proportionnelle plus forte à l'intérieur de la zone.

Les définitions précédentes constituent la base théorique des « vecteurs régionaux » qui sont des séries chronologiques homogènes générés à partir des mesures observées aux stations appartenant à la zone climatique considérée, mesures parfois incomplètes et qui peuvent être entachées d'erreurs systématiques sans que cela influe sur l'élaboration du vecteur.

À l'heure actuelle, il existe 2 méthodes (développées à l'ORSTOM) : le vecteur régional de G. HIEZ (1977) et le vecteur des indices annuels de précipitation de Y. BRUNET-MORET (1979). Leurs fondements théoriques sont exposés dans les articles cités ; on n'insistera donc pas sur ce point.

2.2.3. Logiciel CLIMAN

CLIMAN est un logiciel développé au sein du projet ORSTOM-INERHI à partir de l'algorithme de calcul de BRUNET-MORET. Le programme fonctionne au pas de temps mensuel (analyse et corrections) et permet de traiter les paramètres climatiques (température, insolation, humidité relative, vent, évaporation du bac) ainsi que les débits moyens.

Il permet d'abord de détecter, corriger ou supprimer les erreurs systématiques des séries chronologiques étudiées (phase d'homogénéisation), puis de rechercher les limites des zones climatiques homogènes (phase de régionalisation) pour lesquelles il génère une série chronologique représentative d'indices mensuels et annuels.

La pseudo-proportionnalité d'une zone est mesurée par la valeur du coefficient de corrélation moyen entre stations et vecteur correspondant (en cas de stricte proportionnalité, cette valeur est égale à 1).

Après plusieurs essais, on considère une zone comme homogène si les coefficients de corrélation mensuels et annuels sont supérieurs ou égaux à 0,9.

En réalité, on accepte également des zones où ces coefficients sont proches de 0,9 lorsque la faible densité du réseau ne permet pas de réduire la zone.

En théorie, il est possible de regrouper l'homogénéisation et la régionalisation en un seul passage. La visualisation des courbes des doubles masses entre stations et vecteur permet de déterminer si une mauvaise liaison entre les deux (coefficient de corrélation faible) provient d'erreurs systématiques ou de la non appartenance de la station à la zone homogène symbolisée par le vecteur.

Cependant, comme le programme est manipulé par d'autres instances de l'INERHI et d'autres instituts équatoriens (École Polytechnique Nationale), nous préconisons les 2 phases d'analyse pour éviter les erreurs de diagnostic.

Dans la phase d'homogénéisation, on resserre le plus possible les espaces étudiés pour être certains de ne prendre en compte que des stations appartenant à la même zone homogène.

Le calcul des vecteurs d'ETP est un peu plus compliqué. Les paramètres sont d'abord homogénéisés par CLIMAN, soit par la méthode du vecteur soit par l'analyse des simples masses qui est largement suffisante dans bien des cas en raison du peu d'organisation chronologique interne de ces séries.

Ensuite, dans les quelques stations qui possèdent un bac de classe A, l'ETP est calculée suivant 7 formules et les résultats obtenus sont comparés aux évaporations mesurées. Cette comparaison s'effectue au niveau des valeurs absolues et des variations saisonnières et permet de dégager les formules les plus adaptées selon les régions concernées.

Cette procédure est nécessaire car on constate une dérive de certaines formules en fonction de l'altitude (dérive déjà étudiée en Colombie) qui varie selon le type de climat.

L'ETP est ensuite calculée à chaque station climatique selon la formule adéquate et on peut alors procéder à la phase de régionalisation, comme précédemment.

2.2.4. Climat et altitude

Les calculs antérieurs permettent de délimiter des zones climatiques homogènes représentées par des vecteurs de valeurs mensuelles et annuelles relatives pour la pluie et l'ETP, calées arbitrairement sur une valeur interannuelle de 1 000 mm.

Il reste à déterminer les valeurs absolues, ce qui est réalisé par une étude fine des relations pluie-altitude et ETP-altitude.

Ces relations sont loin d'être uniformes dans un grand bassin hydrographique et dépendent également des mécanismes climatiques prépondérants. La connaissance du climat est indispensable pour repérer les zones de validité des relations rencontrées qui recouvrent en général plusieurs des zones homogènes délimitées dans la phase de régionalisation précédente.

Dans la pratique, il y a va-et-vient entre les 2 analyses.

Le produit final est une carte d'isohyètes (ou d'isoplètes) interannuelles sur laquelle viennent s'ajouter les zones pluviométriques (ou climatiques) homogènes délimitées, chacune d'entre elles étant représentée par un vecteur d'indices mensuels et annuels. Il permet effectivement de générer une série chronologique mensuelle en chaque point de l'espace étudié.

Exemple

D'après la carte des isohyètes, un point reçoit 570 mm de pluie annuelle et appartient à la région climatique n° 3. Il suffit de multiplier le vecteur pluviométrique de la région 3 par 0,570 pour obtenir une série pluviométrique mensuelle probable du point considéré.

On procède de la même façon pour l'ETP.

Pour générer une série moyenne sur un bassin versant, il faudra tenir compte des pourcentages de surface occupés par les différents vecteurs mais aussi de la pluie moyenne correspondant aux régions climatiques concernées.

2.3. Application au bassin du mira

2.3.1. Caractéristiques générales

Le système hydrographique du Mira est partagé entre le sud de la Colombie et le nord de l'Équateur, mais le projet s'intéresse seulement à la partie supérieure du bassin, entièrement située dans le couloir interandin équatorien (figure V-8).

En effet, cette partie contient tous les systèmes d'irrigation et est fermée par une station hydrométrique de bonne facture (FF.CC. Carchi).

L'altitude de ce bassin de 3 500 km² varie entre 1 500 et 4 500 m, selon 3 grandes vallées principales bien dessinées (Chota, Ambi, Apaquí) auxquelles s'ajoutent un grand nombre de vallées secondaires plus ou moins perpendiculaires.

Il est évidemment soumis à l'influence de la Zone de Convergence Intertropicale, à celle (bien atténuée par la cordillère Occidentale) des masses d'air en provenance du Pacifique vers lequel il est tourné, et à celle (en partie bloquée par la cordillère Orientale) des alisées du sud-est pendant l'été (juillet-août).

A ce système s'ajoutent les mouvements de masses d'air locales plus ou moins amples selon les vallées, leur profondeur, leur largeur et leur exposition.

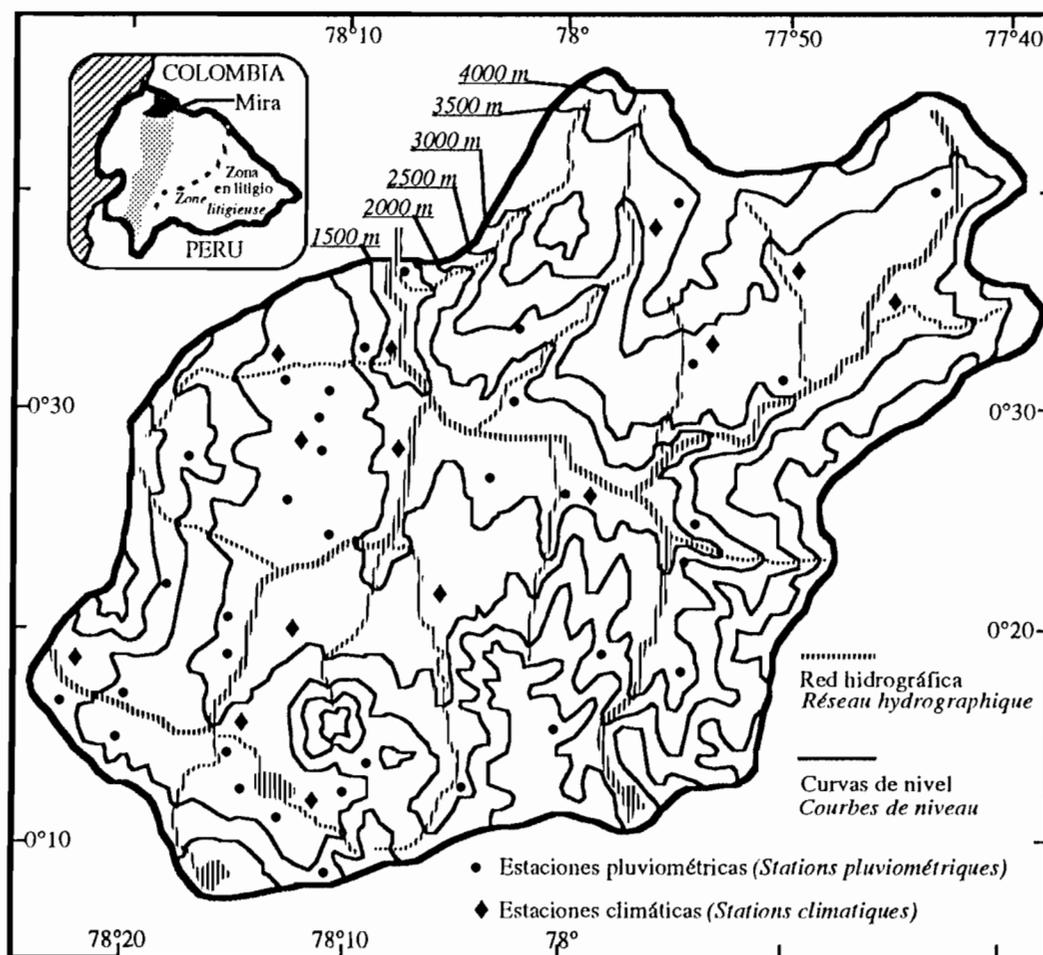


Fig. V - 8
Bassin du Mira. Oro-hydrographie. Stations pluviométriques et météorologiques

La combinaison de ces différents phénomènes plus ou moins altérés par le relief génère un régime pluviométrique bimodal, sur lequel sont calés les cycles cultureux.

L'irrigation est utilisée comme complément pour assurer la production d'une région à vocation agricole qui exporte une bonne partie de sa production vers la Colombie.

CARACTÉRISTIQUES DE L'IRRIGATION DANS LE MIRA

1	Surface totale du bassin	:	347 860	ha
2	Surface inférieure à 3 600 m ²	:	298 055	ha (86 % de 1)
3	Surface cultivée	:	149 220	ha (43 % de 1, 50 % de 2)
4	Surface irriguée	:	50 340	ha (34 % de 3) en 293 périmètres
	dont	:	19 %	au-dessus de 2 700 m (pluie/ETP de 970/1 025 mm par an)
		:	45 %	entre 2 300 et 2 700 m (pluie/ETP de 795/1 165 mm par an)
		:	36 %	au-dessous de 2 300 m (pluie/ETP de 540/1 405 mm par an)
		:	46 %	de grandes propriétés ou « haciendas »
		:	22 %	de propriétés moyennes ou « fincas »
		:	32 %	de petites propriétés ou « minifundios »
5	Irrigation traditionnelle	:	43 544	ha (86 % de 4)
6	Irrigation d'État	:	4 600	ha (09 % de 4)
7	Irrigation mixte	:	2 196	ha (05 % de 4)
8	Nb. de systèmes d'irrigation	:	279	
9	Longueur totale des canaux	:	1 164	km
			9 %	revêtus
			91 %	traditionnels en terre
10	Débit total dérivé	:	26,2	m ³ /s
11	Pop. du bassin en 1982	:	295 185	habitants
12	Pop. concernée par l'irrigation	:	157 861	hab. (53 % de 11)

Le débit dérivé (10) est seulement destiné à l'irrigation et ne tient pas compte des autres prélèvements (eau potable, abreuvoirs...) qui représentent seulement un débit de 1,3 m³/s.

Un système d'irrigation typique ou moyen se compose en général d'un canal en terre de 4 km qui transporte un débit de 75 l/s pour irriguer 180 ha dans lesquels on trouve les 3 types de propriétés.

Les haciendas prédominent dans les 2 étages extrêmes. Dans l'étage froid, elles utilisent l'irrigation pour maintenir des prairies d'élevage et cultiver l'orge et la pomme de terre, alors que dans l'étage subtropical, la canne à sucre, la luzerne et les cultures maraîchères occupent les plus grandes surfaces.

L'étage tempéré est occupé en majorité par les minifundios qui pratiquent une polyculture à base de l'association maïs-haricot.

2.3.2. Homogénéisation des séries pluviométriques

Dès 1987, nous avons procédé à la collecte exhaustive des données mensuelles et annuelles (manuscrites pour la plupart), en collaboration avec l'Institut National de Météorologie et Hydrologie (INAMHI) et l'École Polytechnique Nationale, tous deux intéressés par cette étude. Les données ont été ensuite saisies sur ordinateur selon un format propre à CLIMAN.

Dans le cas du Mira, 76 stations présentent un intérêt pour l'analyse climatique : 65 sont situées sur le bassin même et 11 autres sur des bassins voisins, pour mieux appréhender l'influence des alizés du sud-est et des masses d'air en provenance du Pacifique.

Dans la pratique, 54 stations seulement sont retenues, les autres présentant trop de lacunes dans les observations ; elles totalisent 1 059 années complètes, soit une moyenne de 20 ans par station (1966-1985). Elles sont regroupées en fonction de leurs périodes d'observation et de leur appartenance à une même zone homogène. Le groupe peut être modifié et resserré au cours de la phase d'homogénéisation si un doute se présente sur l'appartenance à cette zone.

Les erreurs systématiques sont détectées au niveau de chaque groupe (d'abord sur les valeurs annuelles puis sur les mensuelles), par l'étude des doubles masses stations-vecteur et l'analyse des paramètres de détection fournis par CLIMAN. Elles sont alors ou simplement annotées (valeurs douteuses), ou corrigées (substitutions ou déplacements d'appareils) ou encore supprimées (valeurs incohérentes).

Le diagnostic est vérifié par des visites de terrain, par la lecture des fiches historiques de stations ou lors d'entrevues avec les techniciens chargés de gérer le réseau.

Une fois le diagnostic validé, CLIMAN affiche l'allure des doubles cumuls station-vecteur avant et après correction, selon le format de la figure n° V-9.

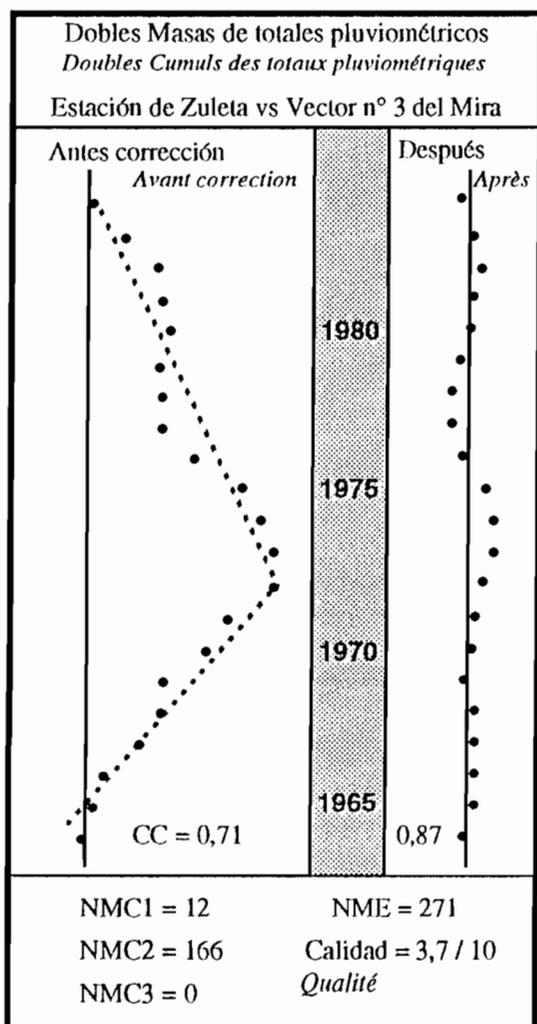


Fig. V-9 - Homogénéisation de séries chronologiques

Exemple d'homogénéisation

La station 316 de Zuleta présente une cassure très nette en 1972 due à une confusion entre éprouvettes. Cet échange d'éprouvette est confirmé par un rapport d'inspecteur et une visite à la station.

Sur les 271 mois examinés (NME), 166 sont donc corrigés mais il reste encore 12 mois douteux dans 2 années. Il n'y a pas de mois incohérent. Le coefficient de corrélation station-vecteur passe de 0,71 à 0,87 après correction.

Malgré sa qualité assez médiocre, cette station reste importante par la longueur de sa période d'observation (années complètes depuis 1963) et sa position excentrée.

Sur l'ensemble des stations comprenant 1 059 années d'observation, nous avons examiné 11 599 valeurs mensuelles de pluie, dont 192 sont annotées comme douteuses, 1 443 sont corrigées et 666 éliminées pour incohérence.

En moyenne, cela représente une station de 20 ans d'observations, contenant 215 valeurs mensuelles, dont 4 sont douteuses, 27 corrigées et 12 éliminées.

Les notes de qualité sont réparties de la manière suivante :

19	stations ont une note égale à	10
8	stations ont une note entre	9 et 10
6		8 et 9
6		7 et 8
2		6 et 7
2		5 et 6
11	stations ont une note entre	0 et 5

On obtient donc 50 % des stations avec une note supérieure à 9. La correction de longues périodes dues en grande partie au changement d'emplacement des stations, est responsable des notes les plus basses, à l'exception des 2 plus mauvaises où les valeurs sont globalement incohérentes.

Les différentes phases de diagnostic sont rassemblées sur des fiches de stations accompagnées des schémas précédents. Ces fiches constituent une mine d'information pour l'INAMHI.

2.3.3. Relations pluies-altitude

Durant la phase d'homogénéisation, le logiciel recalculé les valeurs interannuelles de chaque station en fonction de la période de calcul du vecteur. Ces données sont évidemment utilisées pour l'élaboration des courbes pluie-altitude.

L'altitude est considérée comme le facteur prépondérant des variations climatiques. Nous l'avons déjà démontré et expliqué lors de l'étude sur l'altiplano « cundiboyacense » en Colombie.

Les relations pluie-altitude sont étudiées en remontant les vallées principales depuis la partie basse des bassins. Puis on s'intéresse aux vallées secondaires.

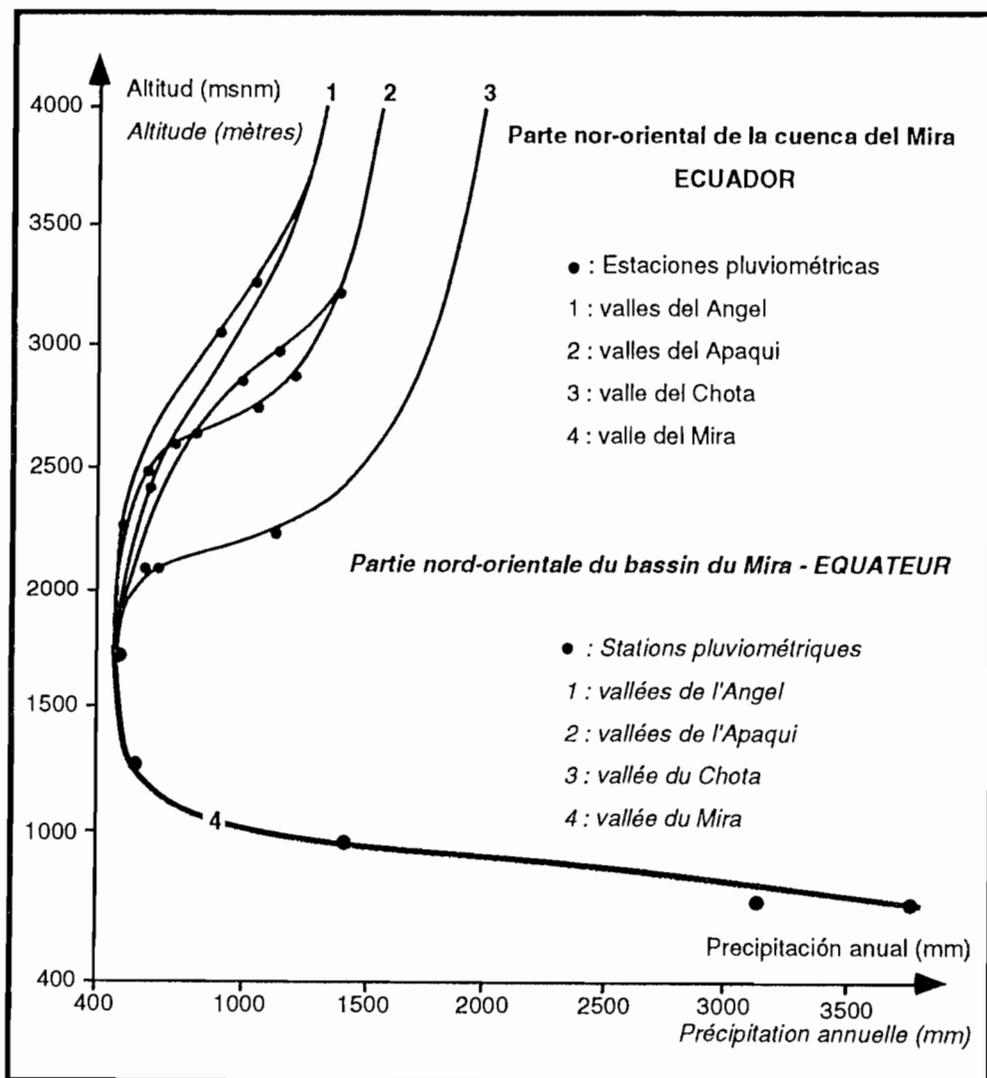


Fig. V-10a - Bassin du Mira
Partie nord-est - Relations pluie-altitude

Cette analyse doit s'accompagner d'une bonne connaissance du climat local et de la direction générale des masses d'air. On n'hésitera pas à tenir compte des caractéristiques de la végétation naturelle lorsque la densité des stations est insuffisante ou leur répartition spatiale inadéquate.

Dans le cas du Mira (figures V-10a et V-10b), on aboutit à 3 tendances principales correspondant aux 3 grandes vallées signalées dans la description générale du bassin hydrographique, avec des variations de gradient selon les vallées secondaires transversales.

La partie basse du bassin (vallée du Chota) correspond au minimum pluviométrique (moins de 500 mm de pluie par an). La partie est et nord du bassin (vallée de l'Apaquí) contient 4 courbes de même tendance mais décalées selon les différentes vallées transversales (vallées de l'Angel dans le cas présent).

La partie ouest et sud-ouest (figure V-10b) qui correspond à la vallée principale de l'Ambi et à une vallée secondaire assez importante (Blanco) est mieux abritée. Elle est donc soumise à des gradients plus faibles.

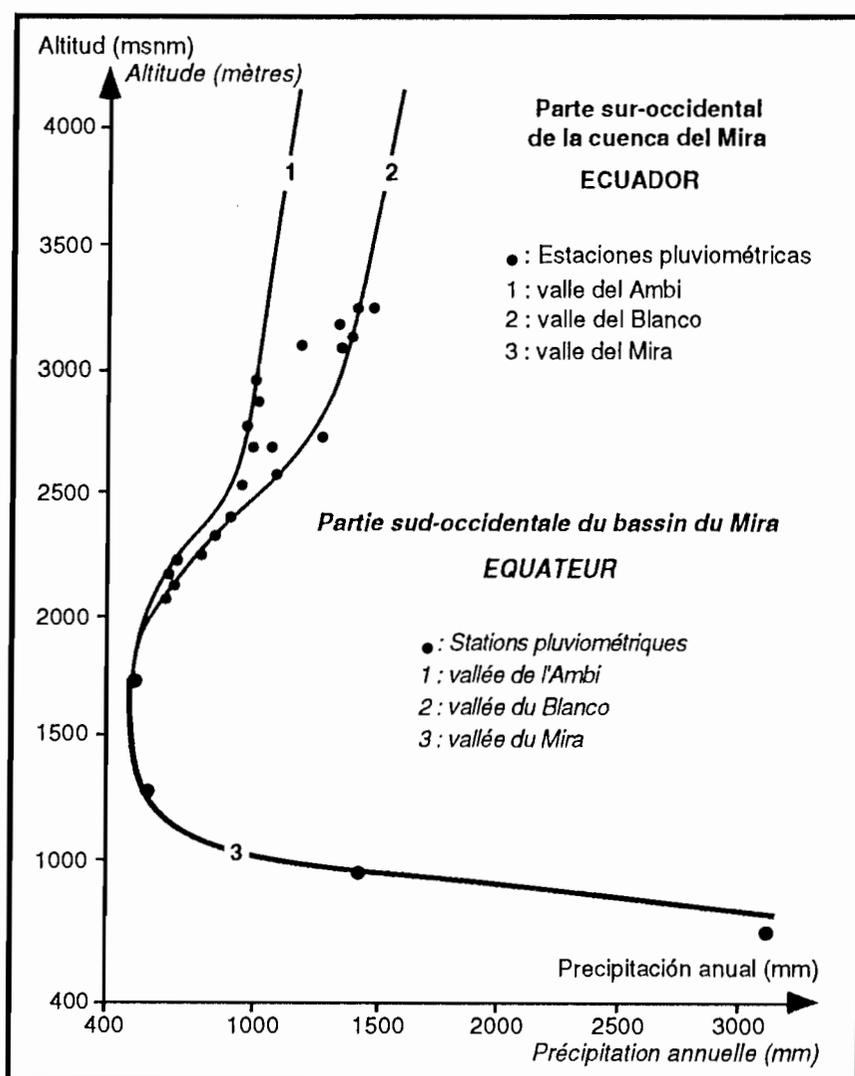


Fig. V-10b - Bassin du Mira
Partie nord-est - Relations pluie-altitude

La partie inférieure de la courbe (d'ailleurs commune aux 2 figures) représente le flanc occidental de la cordillère et ne se trouve pas dans la zone d'étude.

Elle correspond à la descente du Mira le long de la cordillère jusqu'au piémont.

Ce versant est bien exposé aux masses d'air en provenance du Pacifique qui génèrent des gradients pluviométriques importants.

En étendant l'analyse jusqu'aux stations côtières, on rencontre un maximum pluviométrique de 4000 mm de pluie annuelle aux environs de 700 m.

En Colombie, ce maximum se situait entre 1200 m et 1800 m d'altitude.

Dans les 2 cas, on notera qu'au-dessus de 3 000 m, les courbes ne sont pas très précises en raison du manque de stations. Elles ont été tracées en tenant compte des courbes calculées sur des bassins voisins et de la végétation naturelle (grâce à l'aide du botaniste C. Huttel).

La partie située au-dessus de 3 000 m occupe environ 30 % de la superficie totale du bassin et reçoit la plus grande partie de la pluie.

Toute erreur sur les totaux pluviométriques de la zone entraînera donc des imprécisions encore plus grandes dans le calcul des ressources hydriques.

On voit tout l'intérêt d'un redéploiement du réseau pour obtenir une meilleure répartition altitudinale.

Ces courbes permettent de tracer avec précision les isohyètes moyennes annuelles, vallée par vallée (cf. figure V-11).

2.3.4. Régionalisation

Le module de régionalisation de CLIMAN utilise les fichiers de données corrigées. Après la phase d'homogénéisation, il ne reste que 48 stations dont la qualité est jugée suffisante. Ces stations sont regroupées selon la proportionnalité de leurs valeurs (annuelles puis mensuelles) respectives, en essayant de constituer des régions climatiques dans lesquelles le coefficient de corrélation moyen entre stations et vecteur soit proche ou supérieur à 0,9.

Les courbes pluie-altitude sont utilisées pour dégrossir le problème.

Une fois les groupes constitués, les limites de zone sont tracées en tenant compte du relief. Dans les cas où la faible densité des stations ne permet pas un tracé précis, on s'appuie sur les autres facteurs du milieu naturel (végétation par exemple) pour définir une limite probable.

Coefficients de corrélation mensuels et annuels entre stations pluviométriques et vecteurs correspondants

Les coefficients moyens de chaque groupe sont signalés au-dessous du n° de région.

n° Régions	n° Stations	coef. mensuels	coef. annuels	n° Régions	n° Stations	coef. mensuels	coef. annuels		
0,87 0,88	n° 1	306	0,82	0,90 0,91	n° 6	021	0,92		
		305	0,89			053	0,89	0,90	
		059	0,91			317	0,90	0,92	
		308	0,87			328	0,89	0,90	
0,91 0,91	n° 2	084	0,91	329	001	0,99	0,98		
		103	0,86				322	0,96	0,95
		303	0,94				323	0,87	0,92
		102	0,89				0,96	0,94	
0,88 0,93	n° 3	083	0,89		330	0,99	0,99		
		307	0,88		331	0,98	0,98		
		324	0,87		332	0,99	1,00		
					333	0,99	0,99		
0,89 0,91	n° 4	304	0,90	0,97 0,95	334	0,97	0,93		
		310	0,85			875	0,99	0,84	
		314	0,91						
		315	0,91			n° 8	085	0,87	0,93
0,91 0,90	n° 5	105	0,86		100	0,89	0,95		
		110	0,93		104	0,89	0,94		
		316	0,89	0,84	301	0,88	0,93		
		319	0,91	0,91	302	0,86	0,91		
	320	0,94	0,92	311	0,93	0,95			
	321	0,89	0,91	312	0,94	0,93			
	526	0,94	0,94	313	0,91	0,97			
	604	0,90	0,87	0,89	571	0,92	0,93		
			0,93	603	0,83	0,86			

Le traitement des 48 stations restantes aboutit à la constitution de 8 groupes homogènes et donc de 8 vecteurs.

On constate d'abord que l'objectif proposé est atteint, puisque le plus petit coefficient de corrélation moyen est de 0,87.

Le groupe 1 obtient les résultats les plus faibles. Deux stations seulement appartiennent au bassin proprement dit, les deux autres sont situées un peu plus haut, dans un bassin voisin partagé par la frontière avec la Colombie et sur un versant orienté vers le nord. Les 4 stations sont dispersées et insuffisantes pour définir un vecteur plus représentatif.

Le groupe 3 obtient des résultats moyens, mais le vecteur de cette région est calculé à partir de seulement 3 stations (valeur limite) assez éloignées.

Par contre, on notera la très bonne homogénéité du groupe 7, dont la plupart des stations font partie d'une vallée secondaire (rio Blanco) dans laquelle l'INAMHI gère un grand bassin versant expérimental.

Les stations sont plus nombreuses qu'ailleurs, assez regroupées et mieux observées puisque 8 d'entre elles ont une note de qualité égale à 10.

Dans ce groupe, seules 2 stations présentent des coefficients inférieurs à 0,9 : la station 323 en corrélation mensuelle et la station 875 en corrélation annuelle.

Dans la première, 76 mois sont corrigés et 12 mois éliminés, ce qui laisse planer un certain doute sur la qualité de ses données ; la deuxième possède la plus petite période d'observation (6 ans), ce qui donne peu de signification à la valeur de son coefficient de corrélation.

Enfin, la station 332 n'a pas, en réalité, un coefficient de 1, mais seulement de 0,997.

De manière générale, on s'aperçoit que les résultats obtenus à l'intérieur de chaque groupe sont d'autant plus inégaux que le nombre de stations est faible.

Les zones les moins homogènes dans lesquelles les phénomènes climatiques sont les plus complexes sont également et malheureusement les moins couvertes par le réseau.

Les limites des régions pluviométriques pseudo-proportionnelles représentées sur la figure V-11 sont tracées en fonction des groupes constitués et en tenant compte des limites altitudinales et des accidents de relief qui séparent les différentes vallées.

Les régions 8, 4 et 6 correspondent à la partie basse des 3 vallées principales (Chota, Apaquí et Ambi) séparées par des rétrécissements bien marqués (entre 8 et 4 et entre 8 et 6) ou par des lignes de crête importantes (entre 4 et 6).

La région 5 correspond à la partie supérieure de la vallée de l'Ambi séparée du bassin inférieur par le volcan Imbabura.

Ces accidents de relief modifient la circulation des masses d'air locales et l'impact des phénomènes climatiques continentaux.

Les régions 1, 2, 3 et 7 sont séparées de leurs régions voisines par une limite altitudinale. Elles sont bien exposées aux précipitations provoquées par l'ascension des masses d'air locales et peuvent être soumises également à l'influence des bassins voisins (influence amazonienne dans la région 3 par exemple).

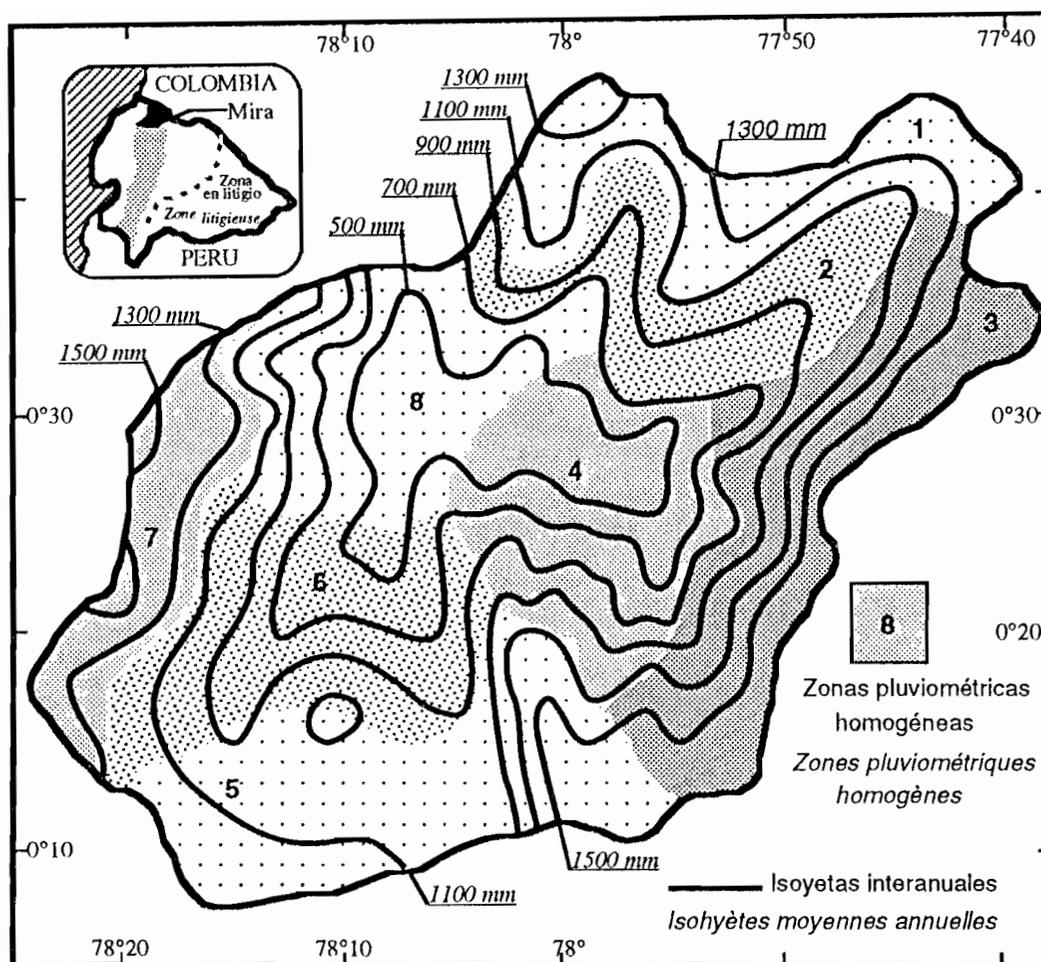


Figure V-11 - Bassin du Mira
Isohyètes moyennes annuelles - Zones pluviométriques pseudo-proportionnelles

D'après l'analyse des séries mensuelles représentatives de chaque région (vecteurs générés sur la période 1965-1985), on constate d'abord que l'organisation chronologique des pluies annuelles n'est pas foncièrement différente d'une région à l'autre.

On y retrouve certaines constances :

années (**très**) fortes : 69, 70, 71, **74**, **75**, 82, 84

années (**très**) faibles : 67, 73, **77**, **78**, 79, 85

On remarquera la faible influence du Niño sur le bassin du Mira : l'année 1983 qui correspond à un Niño exceptionnel n'est supérieure à la moyenne que dans quelques stations.

Une certaine différence existe dans les coefficients de variation ($CV = \text{écart-type}/\text{moyenne}$), en fonction de l'altitude.

Les CV sont les plus faibles (de 0,15 à 0,17) dans les régions les plus hautes (n° 1, 2, 5 et 7) alors qu'ils s'élèvent à 0,22 - 0,23 pour les fonds de vallées (régions 4, 6 et 8). Il obtient une valeur moyenne (0,20) dans la région intermédiaire n° 2

Par contre, cette différence est plus marquée au niveau de la répartition saisonnière des précipitations (régimes pluviométriques).

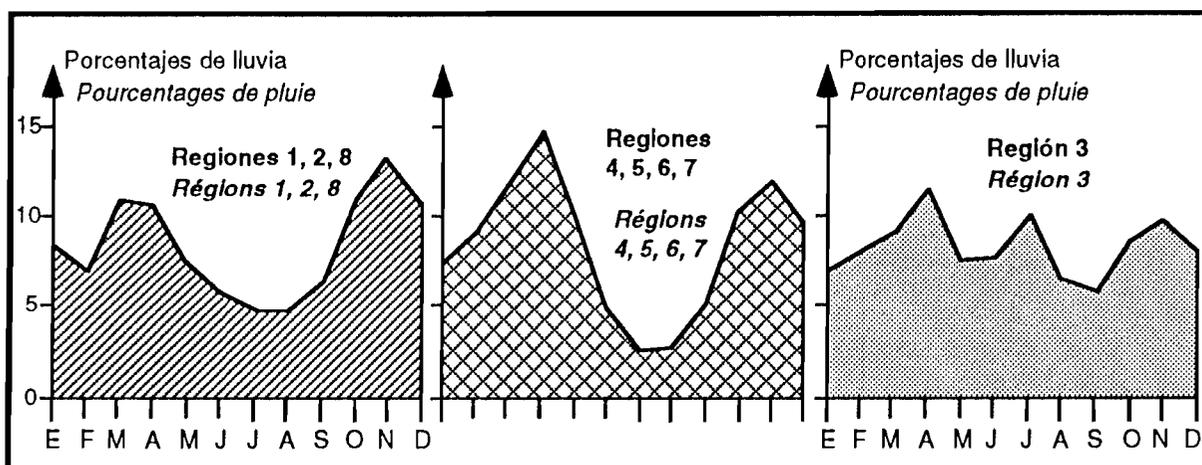


Figure V-12 - Bassin du Mira
Régime des précipitations dans les 8 régions pseudo-proportionnelles

Les versants exposés au sud-sud-est (1, 2, 8) ont une pluviométrie plus forte lors de la deuxième saison des pluies (octobre-novembre-décembre) quand la Zone de Convergence Inter-tropicale remonte vers le nord.

C'est exactement le contraire pour les versants exposés au nord (4, 5, 6 et 7) qui possèdent une première saison de pluies (mars-avril-mai) plus forte, lorsque la Zone de Convergence Inter-tropicale descend.

La région 3 montre bien l'influence des alizés du sud-est qui arrivent à passer la barrière que constitue la cordillère. Elle n'a pratiquement pas de saison sèche et reçoit plus de pluie au mois de juillet qu'au mois de novembre.

On peut pousser l'analyse des vecteurs beaucoup plus loin et cela sera fait lorsque l'ensemble des bassins seront analysés complètement (pluie et ETP), mais ce n'est pas l'objectif du projet pour le moment.

2.4. Les vecteurs et leur utilisation au sein du projet ORSTOM-INERHI

2. 4.1. Régionalisation de l'ETP

Le vecteur est également utilisé pour la régionalisation de l'ETP selon la méthodologie décrite précédemment. Les données climatiques de base ont été homogénéisées par le vecteur et par simples masses. Dans le cas du Mira, la dernière méthode est suffisante pour détecter et corriger les erreurs systématiques.

Après comparaison avec les mesures des bacs d'évaporation présents sur 7 stations, notre choix s'est porté sur la formule de Penman dont les coefficients ont été modifiés et adaptés d'après les résultats obtenus sur l'altiplano colombien.

Les relations entre ETP et altitude mettent en évidence 3 courbes distinctes, et la régionalisation par vecteur aboutit à 3 régions pseudo-proportionnelles. Dans les deux cas, les 3 groupes concordent et correspondent aux 3 vallées principales.

Par contre, les corrélations entre stations et vecteurs sont inférieures à celles trouvées lors de l'analyse pluviométrique (coefficients mensuels moyens de 0,88, 0,84 et 0,88 respectivement).

Pourtant, la comparaison entre les valeurs observées aux stations et celles calculées par les vecteurs montre des différences minimales.

2.4.2. Pour le calcul des besoins actuels

En superposant les cartes de régionalisation climatique obtenues (du type de la figure 4) et les cartes de délimitation des périmètres irrigués, il est donc très facile d'associer à chaque périmètre une valeur moyenne de pluie ou d'ETP (isolignes) et les vecteurs correspondants.

Ces renseignements sont portés dans la banque générale de l'irrigation où figure une description précise de l'infrastructure de transport et de distribution (longueur, pentes, efficacités, etc.) et des périmètres (systèmes de production, caractéristiques hydrodynamiques des sols, surfaces équipées et irriguées, etc.) déterminée à partir des autres opérations du projet.

À partir de cette banque de données, les besoins actuels sont calculés par périmètre pour chaque mois de la période sur laquelle ont été générés les vecteurs.

Ces calculs aboutissent à l'évaluation de dotations nécessaires en fonction des risques que l'on est prêt à encourir : satisfaction des besoins 1 année sur 2, 3 années sur 4, etc.

Les résultats sont comparés aux concessions légales et aux débits réellement dérivés (qui peuvent être différents) pour établir un premier diagnostic sur la mobilisation de l'eau à usage agricole.

2.4.3. Pour l'estimation des besoins futurs

Dans de nombreux cas, les systèmes de production se sont adaptés à la ressource en eau disponible (volume et fréquence des arrosages). Leur évolution vers des systèmes plus intensifs dépend donc en partie d'une meilleure distribution de la ressource.

Le projet a procédé à la modélisation de l'économie agricole dans les espaces irrigués afin de détecter les effets d'une réhabilitation des systèmes d'irrigation sur l'évolution des systèmes de production et des surfaces irriguées. Cette modélisation, réalisée sur la base du programme GAMS de la Banque Mondiale, permet de simuler divers scénarios plausibles d'évolution suivant les objectifs recherchés.

D'autre part, les surfaces non encore irriguées mais potentiellement irrigables sont également bien caractérisées et notamment du point de vue climatique (valeurs moyennes annuelles de pluie et d'ETP et vecteurs associés).

Les résultats de la simulation agro-économique fournissent des schémas d'évolution dans les périmètres irrigués et de mise en eau de surfaces potentielles qui sont introduits dans la banque de données globales pour évaluer les besoins en eau futurs selon les divers schémas retenus.

2.4.4. Comme paramètres d'entrée d'un un modèle pluie-débit

Les vecteurs et leurs régions sont également utilisés pour caler un modèle de transformation pluie-débit sur des bassins hydrologiquement homogènes. Les limites de zones devraient nous permettre de mieux appréhender l'impact des différents régimes climatiques sur la ressource en eau afin de calculer un vecteur moyen par bassin qui tienne compte exactement des différents impacts.

Des essais sont en cours sur 3 bassins versants contrôlés par des stations hydrométriques et sur lesquels viennent interférer plusieurs zones climatiques, en utilisant d'abord les données observées aux stations selon la méthode classique et en faisant intervenir ensuite les vecteurs avec leurs zones d'impact.

Les meilleures corrélations entre climats (pluie, ETP) et débits mensuels sont obtenues avec les vecteurs mais elles ne sont pas encore satisfaisantes (aux alentours de 0,6) en raison du manque de fiabilité des données hydrométriques qui ont besoin d'une bonne vérification.

2.4.5. Pour le calcul des ressources disponibles aux prises

À chaque prise d'eau correspond un bassin versant. Chacune des prises est repérée par son appartenance à un bassin hydrologiquement homogène et par sa position sur le réseau hydrographique grâce à une codification linéaire qui permet de déterminer les débits dérivés en amont et l'impact qu'a cette prise en aval.

Ce bassin versant est caractérisé par sa surface, ses valeurs moyennes annuelles de pluie et d'ETP et les vecteurs moyens correspondants.

Une fois terminé le calage définitif du modèle de transformation pluie-débit, il est possible d'estimer les débits disponibles (mois par mois et année par année) au niveau de chaque prise et de simuler les changements proposés par la simulation agro-économique pour en voir la faisabilité.

2.5. Autres utilisations possibles

2.5.1. Diagnostic du réseau

La méthodologie suivie sur le bassin du Mira permet d'analyser les stations du réseau selon 3 critères : la qualité d'observation, la répartition altitudinale et la distribution spatiale.

Les courbes entre pluie et altitude montrent bien le manque de stations au-dessus de 3 000 m. Les groupes 1, 2 et 3 ont trop peu de consistance faute de stations ; dans certains cas, il a fallu introduire des postes pluviométriques appartenant à des bassins voisins pour construire le vecteur. Dans le groupe 7, les stations sont trop localisées sur le bassin versant expérimental, ce qui entraîne un manque de précision dans le tracé des limites de région.

Par contre, dans le fond de vallée (région 8 principalement), d'autres organismes (publics ou privés) ont installé des stations climatiques pour améliorer la gestion des grands périmètres de canne à sucre.

Celles-ci font parfois double emploi avec les stations de l'INAMHI. Ce dernier pourrait donc désengager certains postes pluviométriques récents (107 et 902) ou très mal observés (603) pour rééquilibrer le réseau vers les régions signalées.

Ces recommandations pratiques et précises pourront être complétées par des critères plus élaborés de gestion du réseau (densité minimale selon le type de région), lorsque l'on disposera de données plus complètes sur les autres bassins du couloir interandin, pour proposer un réseau optimal.

2.5.2. Classification et caractérisation climatique

La plupart du temps, la classification climatique au niveau d'un pays est basée sur l'analyse de stations dites représentatives ; il est en effet quasiment impossible de tenir compte de chaque station étant donné leur grand nombre et les variations ponctuelles qu'elles contiennent.

Malheureusement, la représentativité spatiale des stations choisies est très peu souvent démontrée.

La régionalisation climatique a l'avantage de délimiter des espaces à l'intérieur desquels le vecteur généré offre une représentativité chiffrée (corrélations entre vecteur et stations). C'est donc un outil intéressant pour élaborer une classification climatique précise.

Si l'on estime que le nombre de vecteurs générés est encore trop important, il est possible de passer au calcul de vecteurs de second ordre de la même manière que précédemment pour obtenir une différenciation plus marquée. On aboutira alors à une classification plus grossière, mais souvent suffisante. On peut également répéter l'opération plusieurs fois pour arriver aux grands types de climat.

L'essai réalisé dans le Mira permet de regrouper les 8 régions originales en 3 catégories :

- la première regroupe les régions 1, 2 et 8 avec des coefficients de corrélation moyens de 0,94 en mensuel et 0,93 en annuel ;
- la deuxième rassemble les régions 4, 5, 6 et 7 avec des coefficients de 0,93 et 0,90 ;
- la région 3 reste isolée.

On retrouve donc par le calcul les regroupements faits au niveau des régimes pluviométriques.

2.6. Conclusion

Quoique la connaissance des pluies en Equateur reste bien imparfaite, les éléments d'évaluation des pluviométries présentés ici permettent sans aucun doute une approche régionale suffisante pour élaborer sans risque d'erreur grossière la pré-faisabilité des projets d'aménagement, même si des études locales sont ensuite nécessaires pour compléter l'information requise pour le calcul définitif des ouvrages.

Ceci nous amène à constater qu'en règle générale, toutes les méthodes utilisées pour connaître les valeurs des paramètres pluviométriques d'une région (même les plus modernes qui sont hautement performantes au niveau des regroupements des stations entre elles et du découpage en zones homogènes) sont dépendantes de la qualité et de la durée des observations, surtout quand il s'agit d'estimations des fréquences de récurrence élevée.

Cette remarque plaide évidemment pour la pérennité des stations d'observations mais, quand le réseau est relativement récent, ce qui est *le cas d'un bon nombre des pays en voie de développement*, on ne doit pas perdre de vue qu'on peut dans une certaine mesure pallier la courte durée des séries d'observation des précipitations en ayant recours à une "extension spatiale" de l'information (recueillie dans une zone pluviométrique homogène) en vue d'utiliser la méthode des stations-années.

C'est ainsi que si une pluie de fréquence F , par exemple décennale, a ponctuellement la probabilité d'être observée *en moyenne* une année sur dix en une station donnée, il n'en n'est pas de même au niveau régional où cet événement de fréquence décennale peut se produire en plusieurs endroits au cours d'une même année.

C'est tout particulièrement vrai dans la zone intertropicale et en Equateur où, à partir de masses d'air ayant certaines caractéristiques de température et d'humidité (cf. article IV), les averses exceptionnelles traduisent le plus souvent une augmentation de l'activité convective qui répond à des conditions strictement locales et donc assez aléatoires.

On voit qu'en multipliant le nombre des stations, c'est-à-dire en augmentant la densité du réseau, on se donne plus de chances d'observer l'événement.

Cette réflexion entraîne un constat : pour les réseaux de création récente il faut moduler avec soin les critères de représentativité souvent utilisés pour ne conserver qu'une couverture spatiale minimale et toute suppression des stations faisant soi-disant double-emploi devra faire suite à une étude approfondie.

Cette action de rationalisation ne se justifie vraiment que pour des réseaux suffisamment denses et anciens.

Dans le cadre du projet ORSTOM-INERHI (Irrigation traditionnelle dans les Andes équatoriennes), on a vu l'importance d'une bonne connaissance préliminaire des principales caractéristiques du climat (pluie et ETP) pour établir des diagnostics au niveau de périmètres et de systèmes très dispersés dans l'espace.

La méthode du vecteur régional permet de répondre à ce besoin.

L'algorithme utilisé (vecteur d'Y. BRUNET-MORET) et le logiciel qui lui est associé (CLIMAN) sont des outils pratiques et efficaces pour homogénéiser les séries chronologiques mensuelles (presque toutes les erreurs détectées ont été confirmées par les visites de terrain). Ils permettent également de délimiter des zones pseudo-proportionnelles représentées par des vecteurs qui sont ensuite utilisés pour calculer besoins et ressources en tout point de l'espace, ce qui correspond aux objectifs fixés par le projet.

Bien sûr, il reste encore des améliorations à faire notamment au niveau des liens qui caractérisent une zone homogène. En effet, le coefficient de corrélation n'est pas un indicateur totalement fiable de la pseudo-proportionnalité des séries chronologiques au sein d'une même région, car il a tendance à surestimer les liens entre vecteurs et stations en présence de valeurs extrêmes bien marquées.

L'indice utilisé par le programme MVR (vecteur de G. HIEZ) a été testé sur 14 stations des îles Galápagos et là non plus les résultats ne sont pas convaincants. Pour le moment, la distinction entre régions pseudo-proportionnelles nécessite encore une certaine connaissance du milieu.

Mais la méthodologie proposée recèle d'autres possibilités rapidement exposées qui devraient généraliser son emploi surtout dans des milieux andins où les variations climatiques sont particulièrement importantes en raison d'un relief très contrasté.

ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

- BOULET, J. ; LE GOULVEN, P. ; POUPON, H., 1984.
Metodologías aplicadas, in *Estudio integrado del Altiplano Cundiboyacense*, éditions de l'IGAC, Bogota, 437 p., 17 fig., 20 tab., 9 annexes.
- BRUNET-MORET, Y., 1979.
Homogénéisation des précipitations, in *Cahiers ORSTOM*, série Hydrologie, Vol. XVI, n° 3 et 4, p. 147-170.
- CADIER, E. ; POURRUT, P. ; CRUZ, R. & al., 1978.
Estudio hidro-meteorológico e hidro-geológico de la cuenca del río Esmeraldas y del Norte ecuatoriano, MAG-ORSTOM, Quito, 2 vol.
- CADIER, E. ; POURRUT, P., 1979,
Inventaire et détermination des données nécessaires à l'utilisation rationnelle des ressources en eau dans le cadre d'une planification globale des ressources naturelles renouvelables. L'expérience de l'Équateur, in *Cahiers ORSTOM*, série Hydrologie, Vol. XVI, n° 3 et 4, p. 171-207.
- HIEZ, G., 1977.
L'homogénéité des données pluviométriques, in *Cahiers ORSTOM*, série Hydrologie, Vol. XIV, n° 2, p. 129-172.
- LE GOULVEN, P. ; GARCIA, R., 1980.
Proposición metodológica de un estudio climatológico para el desarrollo, ejemplo del Altiplano Cundiboyacense, IGAC, Bogota, 15 p. multigr.
- LE GOULVEN, P. ; RUF, T. ; RIBADENEIRA, H., 1987.
Méthodologie générale et détails des opérations du projet INERHI-ORSTOM. INERHI-ORSTOM, Quito, 06/87, 91 p. + ann. (français, espagnol).
- LE GOULVEN, P., 1987.
Caracterización climática, metodología de la operación D3, INERHI-ORSTOM, Quito, 20 p. multigr.
- LE GOULVEN, P., 1988.
El vector YBM, resumen metodológico; programas V1, V2, V3, manual del usuario, INERHI-ORSTOM, Quito, 10/88, 14 p.
- LE GOULVEN, P. ; SEGOVIA, A. ; ALEMÁN, M., 1988.
Banque des données climatiques mensuelles (pluie, évaporation, température, insolation, humidité relative, vent) pour l'ensemble du réseau (un peu plus de 900 stations).
- LE GOULVEN, P. ; ALEMÁN, M. ; OSORNO, I., 1988.
Homogeneización y regionalización pluviométrica por el método del vector regional, communication V Congrès Équatorien d'Hydraulique, Quito, 23-26/11/88, p. 59-83, (espagnol, français).
- LE GOULVEN, P. ; ALEMÁN, M., 1990.
Logiciel CLIMAN (Climatic Monthly Analysis) de traitement des données contenues dans la banque climatique, écrit en langage FORTRAN.