

L'EXPLOITATION DES INVENTAIRES REALISES EN EQUATEUR POUR UNE RECHERCHE SUR LES FONCTIONNEMENTS DE L'IRRIGATION

par T. RUF¹, P. LE GOULVEN²

Depuis janvier 1987, une équipe de l'ORSTOM composée des deux auteurs de cet article 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 1990.

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'Etat 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 bio-climatiques, 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

1. Agro-économiste ORSTOM, mission ORSTOM ap. 6596 CCI Quito, Ecuador.

2. Hydrologue ORSTOM, mission ORSTOM ap. 6596 CCI Quito, Ecuador.

INERHI : Instituto Ecuatoriano de Los Recursos Hidráulicos.

INIAP : Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

ORSTOM : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.

Acequia : canal d'irrigation en espagnol.

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. — ANTECEDENTS, RICHESSE ET MISERE 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 Equateur, 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, 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 DIFFERENTS 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 toutes sortes 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 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 aux 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 à 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 agricole » réalisés par les hydrologues et les socio-économistes de PRONAREG-ORSTOM. 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 agence-

ments et leurs dépendances, et l'existence des divers dysfonctionnements repérés dans les zones d'études représentatives.

Ce travail s'appuie sur plusieurs sources d'information. L'ORSTOM et PRONAREG connaissent les zones sous l'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. A 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 Equatorienne » 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 CREATION D'UNE UNITE D'INVENTAIRE ET D'ANALYSE DU FONCTIONNEMENT : la ZARI (Zone d'Analyses 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, cas du rio Gambi, 30 km à l'est de Quito.)

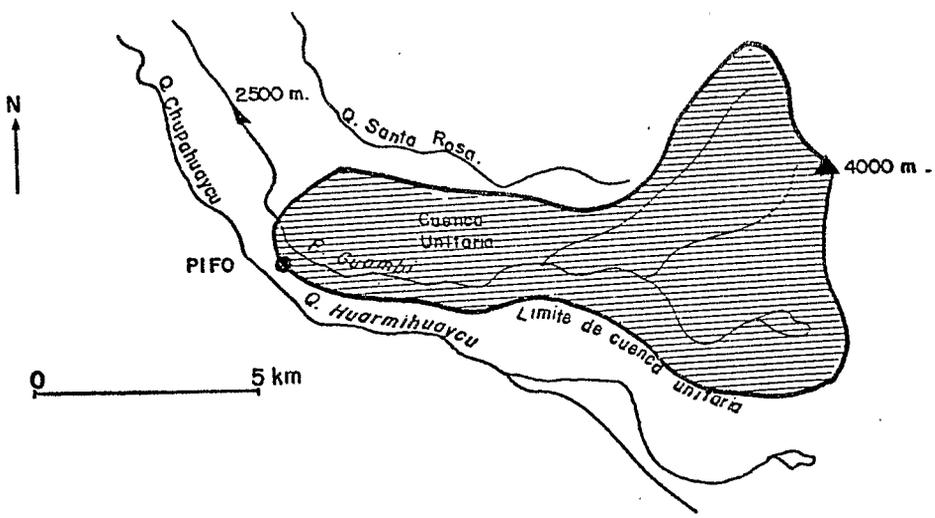


Schéma 1 : Exemple de bassin unitaire : celui de rio Guambi (30 km à l'est de Quito).

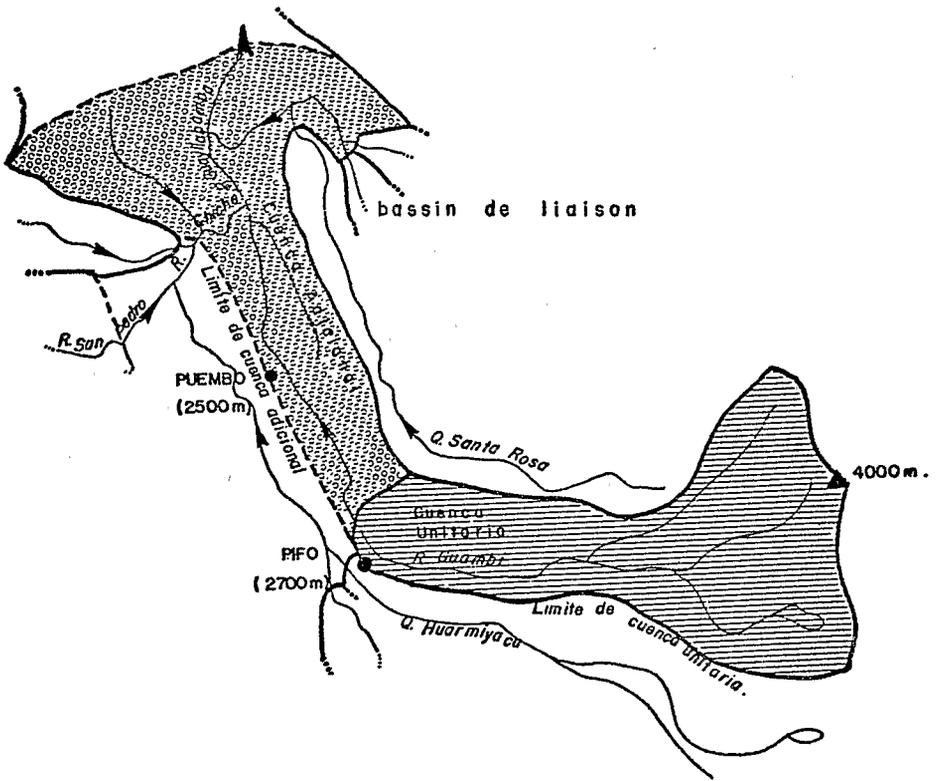


Schéma 2 : Exemple de bassin de liaison à l'aval du bassin unitaire du rio Guambi.

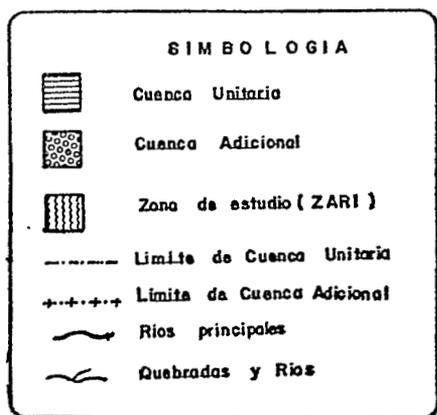
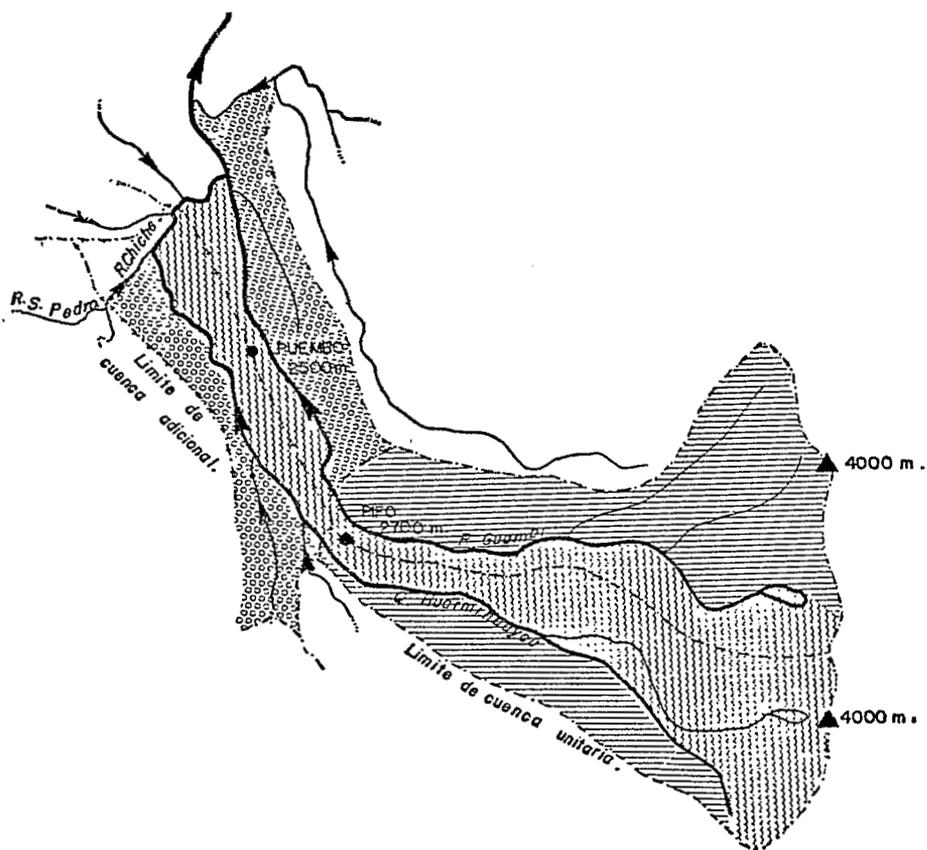


Schéma 3 : Exemple de Zari : la Zari de Puembo-Pifo dépendant en partie du bassin unitaire du Rio Guambi.

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 inter-andin ou que l'on travaille dans la plaine côtière.

Additionnellement, les bassins de liaison ont été dessinés pour relier les bassins unitaires entre eux, et constituer un canevas hydrologique complet des grands bassins. Evidemment, ces unités additionnelles respectent le sens du drainage, gardent les mêmes dimensions que les bassins tracés par PRONAREG-ORSTOM 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 comportent des fonds de vallée, 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 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 Zones d'Analyses et de Recommandations de l'Irrigation 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 d'irrigation 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 Puenbo-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.

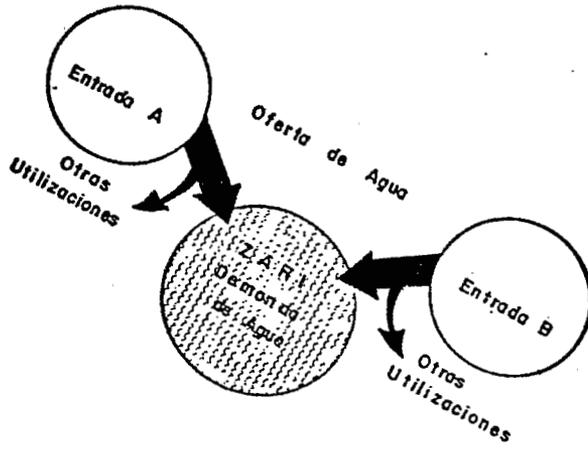
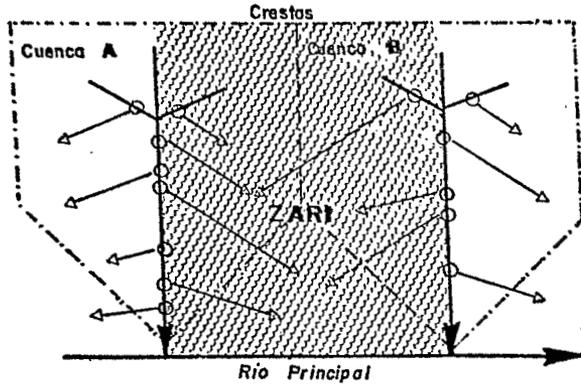


Schéma 4 : Théorie des relations entre bassins unitaires et Zari.

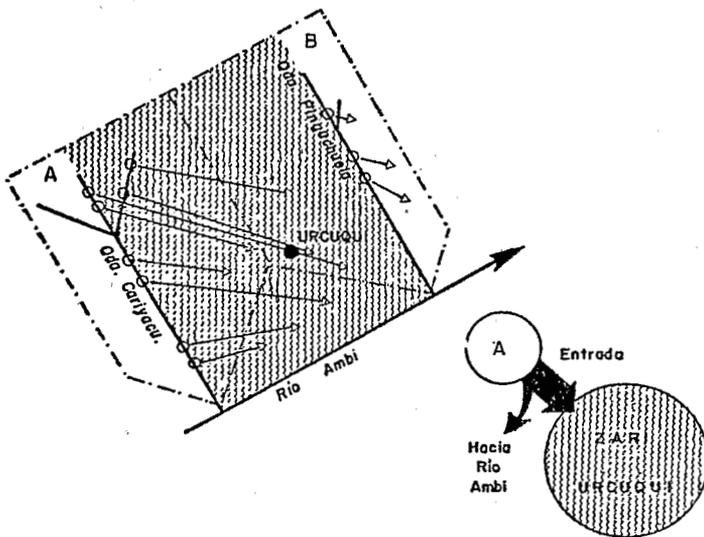
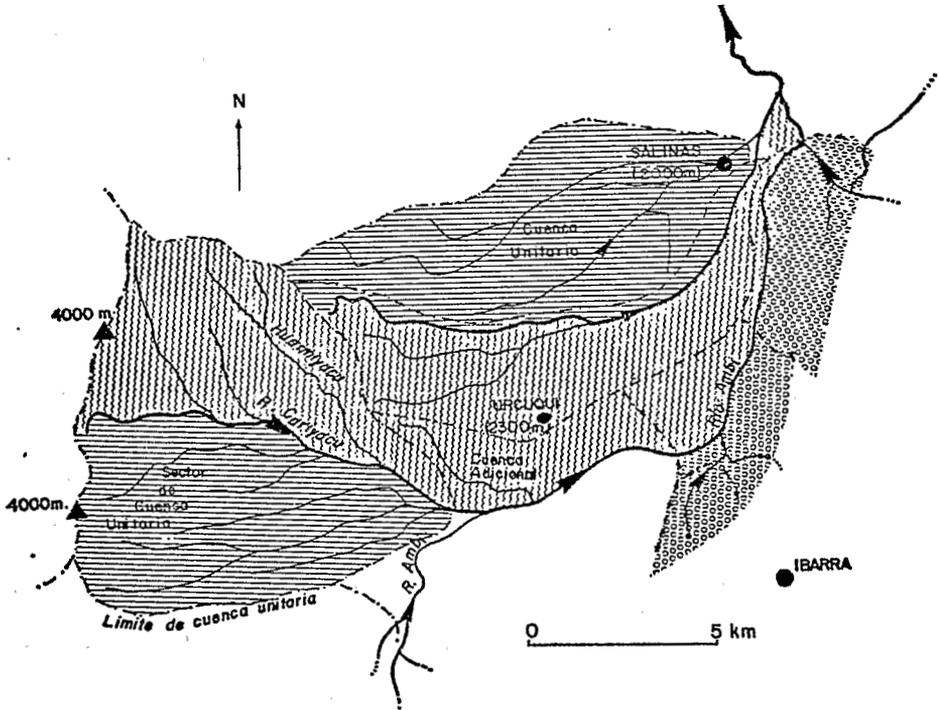


Schéma 5 : La Zari d'Urququi (province d'Imbabura, 130 km au nord de Quito).

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 terrains 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).

4.3. Une application exemplaire : la ZARI d'Urququi

Située dans la province d'Imbabura et faisant partie du bassin hydrographique du rio Mira, la ZARI d'Urququi 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'Urququi, entre le rio Cariyacu et la quebrada Pingunchuela.

5. — UTILISATION DES INVENTAIRES PRECEDENTS EFFECTUES SUR TOUT LE PAYS EN VUE DE LA SELECTION DE ZARI REPRESENTATIVES

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, Alarcon, 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 de 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 du PRONAREG-ORSTOM qui donnent notamment les calendriers agricoles au niveau cantonal et provincial (Suarez..., 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.

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 par l'hydrologue et l'agro-économiste, disponibles soit au niveau des cartes thématiques au 1/200 000 réalisées par PRONAREG-ORSTOM, soit aux niveaux des inventaires démographiques et socio-économiques, et rassemblés dans une fiche de synthèse (voir tableau n° 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 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 diagnos-

tiquer comment fonctionne l'irrigation. On commencera par définir les limites de la ZARI, appelée dès lors ZARI représentative.

Données d'inventaires 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 et irriguées à plus de 50 %.	On cherche une zone qui dispose de la plupart des systèmes de production existant dans la ZAPI.
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 de PRONAREG-ORSTOM (travaux de P. Pourrut).	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.
3) Caractéristiques agricoles et socio-économiques (densité de population, pourcentages superficie agricole/totale, superficie irriguée/agricole, types structures foncières dominantes). Données issues : — du recensement démographique de 1982 (Delaunay, 1985), — cartes usage sol (Gondard, 1984), — inventaire des ZAPI (Portais, 1979).	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 <i>haciendas</i> traditionnelles... etc.

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

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 n° 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.

A l'issue de ce travail qui allie l'exploitation de documents d'inventaires et les tournées sur le terrain, avec un questionnement 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-haricots).
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'enquêtes 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.

Types de documents

Utilisations

1. Carte topographique au 1/50 000.
 2. Carte d'Etat Major au 1/25 000.
 3. Inventaire des canaux d'irrigation réalisé en 1978 avec contractuels par INERHI.
 4. Mémoires techniques de l'agence provinciale de l'INERHI.
 5. Plan quinquennal du Projet Public d'Irrigation « PISQUE » 1982.
 6. Photos aériennes au 1/20 000 de 1973 et de 1983.
 7. Cadastre au 1/2 500 de 1964 pour la zone basse sous l'influence du canal public « Pisque ».
 8. Vérifications sur le terrain (environ dix journées de travail pour une Zari de 50 km² avec 5 000 hectares irrigués répartis en 25 périmètres recevant l'eau de 30 canaux différents).
 9. Carte d'usage du sol au 1/50 000.
- Repérages des limites de la ZARI. Echelle de travail jugée indispensable pour rendre compte des détails des infrastructures.
- Travail incomplet, peu fiable. Mais il donne les noms des canaux et une idée générale sur l'ampleur des infrastructures.
- Travail de bonne qualité car issu d'inspection de terrains, mais il n'existe que pour les canaux ayant une concession ou une demande de concession officielle ; donne généralement les débits dérivés et les superficies « sous influence » d'un canal.
- Repérage des secteurs irrigués par le canal moderne cimenté.
- Repérage des canaux avec précision ; repérage des points particuliers à vérifier sur le terrain ; repérage des contours des périmètres ; réalisation d'un échantillon de parcelles pour l'enquête sur la répartition et l'utilisation de l'eau.
- Vérification des trajets des canaux ; repérage des canaux aujourd'hui disparus.
- Justification des limites de ZARI ; confirmation des noms de canaux (un canal porte souvent plusieurs noms) ; visites systématiques aux prises d'eau ; analyses de points particuliers (croisement de canaux, utilisation de gorges naturelles sur certains canaux...) ; vérification de certaines limites de périmètres.
- Caractérisation de l'usage du sol de chaque périmètre.

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 Puenbo-Pifo en avril-juin 1987.*

7. — ELABORATION D'UN NOUVEL INVENTAIRE ADAPTE, EVOLUTIF DES ZONES D'ANALYSE ET DE RECOMMANDATION POUR L'IRRIGATION (ZARI)

Nous commençons par réaliser cette opération pour un grand bassin hydrographique du nord de la Sierra, le bassin du Mira, dont la partie qui comprend des zones irriguées fait approximativement 3 000 kilomètres carrés. 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 vérification terrain, au moins dans la première phase de l'inventaire. En effet, rentre en jeu le coût 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 inconnus au départ sortent des limites initiales.

Vingt et une ZARI ont ainsi été définies (juillet 1987). Quatre groupes de travail de deux personnes se répartissent 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 de PRONAREG-ORSTOM ou sur celle de nouvelles photographies plus récentes dans certains cas où nous estimerons que les réseaux ont beaucoup évolué (la couverture utilisée par PRONAREG-ORSTOM 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 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 le 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.

CONCLUSION

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

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

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

Par ailleurs, au-delà de la planification à moyen terme, l'institut possèdera 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.

ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

- DELAUNAY D., 1986. — Demografía en el Ecuador : une bibliografía ; poblaciones de las parroquias, Ecuador 1950.1952. — CEDIG, serie docum. investig. serie demografía y geografía de la población n° 1 y 2, Quito, junio de 1985, 67 p.
- FAUROUX E., RAMOS M. et AL. PRONAREG, 1979. — Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano. Formación de las estructuras agrarias en el Ecuador. Metodología. Quito, MAG-ORSTOM, 95 p. multig.
- FAUROUX E., RAMOS M. et AL. PRONAREG, 1979. — Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano. B. ZSEH de la Costa. C. ZSEH de la Sierra. — Quito, MAG-ORSTOM, 2 vol. B 194 p., C 178 p. multig.
- GONDARD P., 1984. — Inventario y cartografía del uso actual del suelo en los Andes Ecuatorianos. — Quito, MAG-ORSTOM, 92 p., fig., cart., phto., biblio.
- GONDARD P., 1985. — L'utilisation des terres dans les Andes équatoriennes. De l'inventaire à la dynamique des transformations. — Montpellier, in : Cah. Rech. Devt. n° 6, avril 1985, pp. 45-54.
- INEHMI, années 1960-87. — Données des stations météorologiques et hydrologiques.
- INERHI, de 1966 à 1987. — Inventaires des prises et des canaux d'irrigation (couvertures incomplètes et de qualité variable). — Quito, INERHI.
- INERHI, de 1966 à 1987. — 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 la CEDEX. — Quito, INERHI.
- INERHI-ORSTOM, 1987. — Choix des micro-bassins dans la Sierra. Document provisoire, 1^{re} partie : choix des zones agricoles et vérification de leur représentativité. — Quito, INERHI-ORSTOM.
- MAG-ORSTOM, 1976 à 1986. — Etudes hydrométéorologiques et hydrogéologiques préliminaires (ríos Pastaza, Chimbo, Chanchan... etc.). — Autres études : L'eau en vue de l'irrigation. — Quito, MAG-ORSTOM.
- SUAREZ E., VERA D., ENDARA J., ARIAS E., BERNARD A., y PRONAREG, 1978. — A. Producción agrícola. M. Productividad agrícola. S. Insumos agrícolas. C. Calendario agrícola. — Quito, MAG-ORSTOM, doc. n° 4, 4 vol. ABCD, A. 294 p., B. 397 p., C. 517 p. D. 528 p. multig.
- VERA ALARCON D., PORTAIS M., 1979. — Delimitación de las zonas agrícolas para la progradación integrada (ZAPI) 1. Costa. 2. Sierra. — Quito, PRONAREG-ORSTOM, Min. Agric. y Ganad. (MAG). Junio 1979, 391 p.
- LE GOULVEN P., RUF T., RIBADENEIRA H., 1987. — Méthodologie générale et détails des opérations du projet INERHI-ORSTOM. — Quito, INERHI-ORSTOM, juin 1987, 91 p. + ann.

CARTOGRAPHIE

- TRAVAUX DE PRONAREG-ORSTOM au 1/200 000.
Cartes de synthèse des études hydrométéorologiques.
Cartes de l'usage des sols et des formations végétales (synthèse) pour la Sierra.
Cartes des formations végétales et de l'usage des sols pour la Costa.
- TRAVAUX DE PRONAREG-ORSTOM au 1/50 000.
Cartes de l'usage des sols pour la Sierra.
- AUTRES CARTES :
Cartes des projets publics d'irrigation de l'INERHI.
Cartes des limites paroissiales et cantonales.
Cartes accompagnant certains inventaires d'infrastructures d'irrigation.