

Com :  
VIIIth Afro-Asian Regional Conference  
International Commission on Irrigation and  
Drainage  
ICID, Tokyo, 15-25/10/89, pp 351-361.

# IRRIGATION TRADITIONNELLE DANS LES ANDES ÉQUATORIENNES

## RECHERCHE ET PLANIFICATION

par P. LE GOULVEN<sup>\*</sup>, T. RUF<sup>\*\*</sup>, H. RIBADENEIRA<sup>\*\*\*</sup>

### Résumé

*Après avoir situé leur zone d'étude, les auteurs décrivent l'évolution historique de l'irrigation dans les Andes équatoriennes. Le rôle de l'État est déterminé et permet ainsi de définir précisément les 2 formes d'irrigation. L'article s'intéresse ensuite à la problématique actuelle des systèmes d'irrigation privée et montre les diverses stratégies possibles en termes de planification et de développement. La stratégie choisie s'appuie sur une unité spatiale élémentaire (la ZARI) dont les auteurs expliquent la définition, la conception et la signification. Ils exposent enfin le schéma méthodologique adopté ainsi que les diverses opérations qui le composent. Cet article, avant tout méthodologique, précède un deuxième intitulé « dysfonctionnements et réhabilitation » dans lequel sont exposés et commentés les premiers résultats.*

\* Hydrologue, DEC, Mission ORSTOM, Apartado 17-11-6596, Quito, Équateur.

\*\* Agro-économiste, SUD, Mission ORSTOM, Apartado 17-11-6596, Quito, Équateur

\*\*\* Ingénieur, Directeur du Plan National d'Irrigation, INERHI, Quito, Équateur

ORSTOM Documentation



010004848

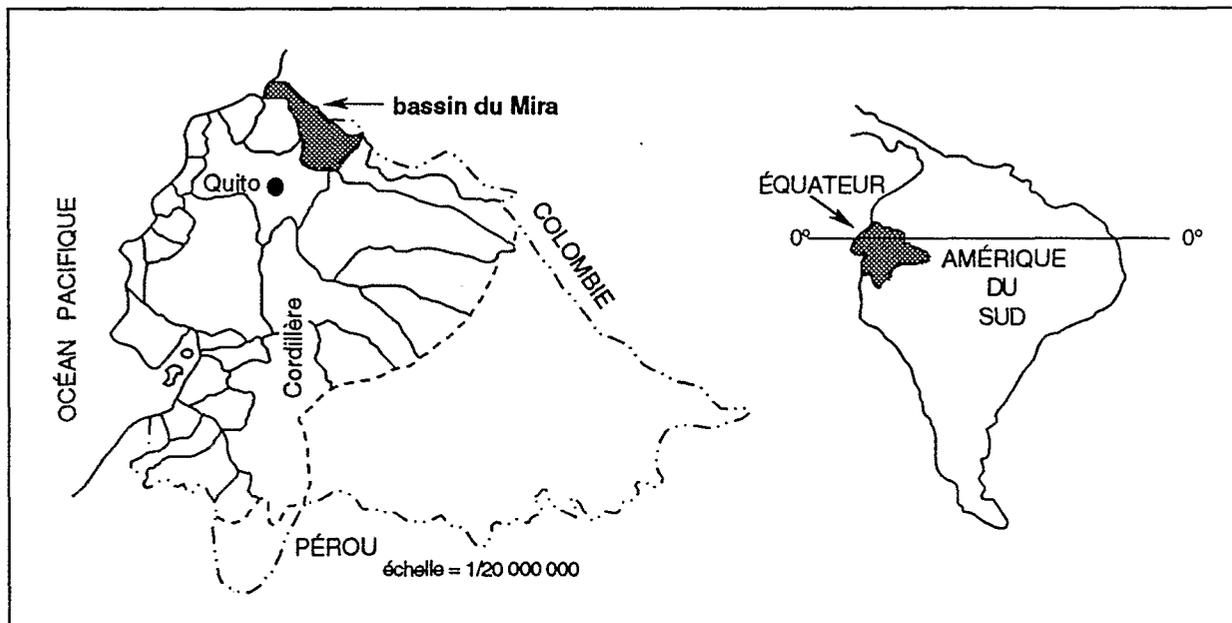
Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: Bx4848 Ex: 1

En Équateur, l'**Institut National des Ressources Hydriques (INERHI)**, dont la fonction est de gérer les ressources hydriques et de promouvoir des projets d'irrigation, doit élaborer pour la prochaine décennie un **plan national d'irrigation**. Dans un contexte économique difficile du fait de l'endettement public très élevé, il devient presque impossible de poursuivre une politique de construction de nouveaux projets d'irrigation modernes mais très coûteux, et dont la rentabilité reste faible. Pour l'équipe franco-équatorienne dirigée par les auteurs de cette communication, l'idée centrale de la préparation du futur Plan d'Irrigation consiste à tenir compte de ce qui existe déjà, parfois depuis longtemps, c'est à dire les **réseaux** dits « **privés** » ou « **traditionnels** » par opposition aux projets publics récents. Cette orientation correspond d'ailleurs à celle prônée par les Institutions internationales. Pour diriger les futures actions de réhabilitation, il faut d'abord comprendre l'organisation des réseaux traditionnels jusque là méconnue, pour ensuite diagnostiquer avec rigueur leurs multiples dysfonctionnements. C'est le but de l'équipe pluridisciplinaire et internationale de l'ORSTOM et de l'INERHI qui se consacre au projet : « **Analyse du fonctionnement de l'irrigation équatorienne, recommandations pour le Plan National** ».

## 1. PRÉSENTATION DES ZONES D'ÉTUDE

L'Équateur s'étend sur 281 000 km<sup>2</sup> au nord-ouest du continent sud-américain, entre la Colombie et le Pérou ( voir figure 1). La cordillère des Andes coupe le pays en deux. Dans le nord, elle se compose de deux chaînes distinctes couronnées de volcans de plus 5.000 mètres d'altitude, qui encadrent le « **couloir interandin** » large de quelques dizaines de kilomètres. Au sud, les deux chaînes perdent leur individualité et les cimes de leur altitude. Ce massif andin appelé « **Sierra** » constitue une entité spécifique très anciennement peuplée : c'est l'espace concerné par le projet.



**Figure 1 - Bassins hydrographiques et cordillère des Andes - Équateur**

La population andine occupe surtout les bassins intérieurs où elle pratique l'agriculture sous des formes variées selon les étages écologiques (1 800 - 3 500 m). Les étages cultivés, parfois très pentus, sont dominés par de vastes prairies de haute montagne au dessus de 3 500 - 3 800 m (*páramo*). Au dessus de 4 300 m, les gelées interdisent toute végétation et la neige éternelle commence à 5 000 m.

Si les versants extérieurs de la cordillère sont bien arrosés, les vallées intérieures sont soumises à des précipitations très variables pouvant descendre à **moins de 400 mm** dans les parties abritées où l'**irrigation est indispensable**.

Le régime pluviométrique comprend généralement deux saisons des pluies (février-mai et octobre-décembre), mais peut être modifié dans certaines zones (vallées influencées par les masses d'air amazonien), ou certaines années (phénomène du Niño). Le **risque d'une sécheresse** — même courte — existe, ce qui explique la présence de réseaux d'irrigation traditionnels dans presque tous les bassins.

## 2. L'IRRIGATION ANDINE : UNE HISTOIRE ANCIENNE MAIS UNE INTERVENTION RÉCENTE DE L'ÉTAT

Les régions andines ont connu l'irrigation bien avant l'arrivée des Espagnols (vers 1530), et probablement avant celle des Incas venus du Pérou (vers 1470). Au XVI<sup>e</sup> siècle, il existait, au sein des communautés indigènes, une sorte de justice des eaux qui a disparu progressivement au profit du Droit imposé par les colonisateurs.

Le dépouillement des Archives Nationales de Quito nous porte à croire que la plupart des réseaux actuels ont été construits **entre le XVII<sup>e</sup> et le XIX<sup>e</sup> siècle**, quand les grands propriétaires terriens ont pu mobilisé la main d'œuvre indigène pour creuser et entretenir les canaux régulièrement endommagés par les intempéries, les surcharges en eau et les tremblements de terre.

Aux **XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles**, l'évolution sociale et économique va peu à peu changer la répartition foncière et par conséquent celle de l'eau. D'un côté, les grandes haciendas commencent à se diviser entre héritiers, ce qui amène des **conflits dans le partage des eaux**, résolus par la construction de nouveaux canaux aux itinéraires voisins. D'un autre côté, les groupements paysans (métis ou indigènes) réclament des **droits d'eau** qu'ils justifient par la part prépondérante qu'ils occupent dans la construction et l'entretien des réseaux. Enfin, certains individus ou groupements achètent des droits d'eau sous formes variées (temps d'utilisation d'un canal, débit continu à partir d'un canal, etc.).

Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, l'**accroissement démographique** de plus en plus fort entraîne non seulement une pression foncière (qui justifiera la Réforme Agraire des années 1960-1970), mais encore une pression sur la ressource eau moins connue mais à l'origine de conflits parfois très violents.

L'État intervient une première fois en 1936 et tente de créer les premières bases juridiques pour une meilleure répartition de la ressource en eau. Il se donne ensuite le pouvoir de réaliser des ouvrages d'intérêt public à travers la « **Caisse Nationale d'Irrigation** » (1944). Comme les conflits persistent entre propriétaires de canaux et utilisateurs, le gouvernement militaire crée en 1966 l'Institut National des Ressources Hydriques (INERHI) dont le rôle est renforcé par la **nationalisation des eaux** en 1972.

L'INERHI détient légalement le monopole de l'eau et intervient à deux niveaux :

- Il étudie, construit et gère directement un ensemble de réseaux irriguant des périmètres de 500 à 10 000 ha dans lesquels les exploitants agricoles payent une redevance. Dans cet ensemble qui constitue l'irrigation publique, il intervient peu dans le développement agricole, l'orientation des productions ou la commercialisation.
- Il contrôle et attribue les concessions d'eau et légalise ainsi les anciens droits qui doivent être obligatoirement déclarés. Dans cet ensemble qui constitue l'irrigation privée, la construction, la maintenance et la gestion des canaux et périmètres sont à la charge des usagers et de leurs organisations : les juntas de l'eau.

Ces deux ensembles ne sont pas toujours indépendants et peuvent se juxtaposer pour former des périmètres de plusieurs milliers d'hectares.

## 3. LA PROBLÉMATIQUE ACTUELLE DE LA PLANIFICATION

Pour l'ensemble du pays, l'INERHI évalue la superficie agricole irriguée à environ **550 000 ha**, dont plus des trois quarts l'est grâce aux systèmes privés.

Cette prédominance semble encore plus forte dans la *Sierra*, si l'on en croit les premiers résultats acquis sur le bassin du Mira (voir situation en figure 1 et données en tableau 1).

**Tableau 1 : Description des réseaux d'irrigation privés dans le bassin du Mira**

Nombre de canaux .....	295
Débit total dérivé.....	25 m <sup>3</sup> /s
Débit moyen dérivé par canal .....	85 l/s
Longueur totale des canaux (transport) .....	1 780 km
Longueur moyenne d'un canal .....	6 km
Nombre de périmètres.....	275
Superficie totale irriguée.....	53 923 ha
Superficie irriguée par les seuls réseaux privés et % .....	46 728 ha (87 %)
Superficie irriguée par les seuls réseaux publics et % .....	2 210 ha (4 %)
Superficie irriguée par les deux types de réseaux et % .....	4 985 ha (9 %)
Débit fictif continu moyen dans les périmètres privés.....	0,5 l/s

L'**infrastructure des réseaux privés** est constituée de canaux en terre aux tracés sinueux, creusés à flanc de montagne, disparaissant souvent dans de longs tunnels non étayés et pouvant transporter des débits proches de 500 litres par seconde. Les prises d'eau sont rustiques (pierres entassées), donc fragiles. Tout au long du parcours, les canaux se croisent et s'enchevêtrent, distribuant l'eau au fur et à mesure des besoins par des répartiteurs rudimentaires. Il n'est donc pas rare qu'un canal alimente plusieurs périmètres éloignés, ou qu'un périmètre reçoive de l'eau de plusieurs canaux.

Les périmètres, dont la taille varie de quelques hectares à plusieurs centaines, sont presque toujours irrigués par gravité. Leur pente peut atteindre 100 pour cent grâce à un système ingénieux de sillons en zigzag.

**Le fonctionnement de cette irrigation est très mal connu car il échappe aux normes couramment admises.**

Jusqu'à présent, l'INERHI s'est surtout intéressé à la construction de nouveaux périmètres pour augmenter les superficies irriguées. L'exemple du Mira (comme dans d'autres bassins andins) montre que son intervention tient peu compte des infrastructures déjà existantes. **Les projets publics apparaissent comme le dernier maillon d'une chaîne historique d'aménagements superposés.** L'absence d'amélioration planifiée des réseaux privés est due en grande partie à la séparation originelle des missions de l'INERHI (projets d'un côté, administration de l'autre), mais aussi à la complexité même de l'infrastructure traditionnelle dont le recensement n'était pas toujours complet ou exact. En outre, l'accès aux prises est souvent difficile et leur contrôle parfois impossible.

Sans méthodologie et sans volonté politique, l'État intervenait au coup par coup pour construire ici une prise moderne, là un réservoir, etc.

Aujourd'hui, **plusieurs éléments nouveaux** font évoluer la réflexion sur l'irrigation andine. La plupart des sites idéaux pour l'irrigation sont aménagés et tout nouveau projet coûtera donc de plus en plus cher, au moment où l'État subit une grave crise économique et doit montrer plus de rigueur encore dans ses investissements, face à une dette extérieure déjà élevée.

Le moment est donc venu d'orienter l'intervention de l'État (et donc de l'INERHI) vers une **meilleure gestion des systèmes existants**, et plus particulièrement vers l'intensification de l'irrigation traditionnelle pour les raisons suivantes :

- elle fournit l'essentiel des produits de consommation courante ;

- peu technicisée, elle recèle un grand potentiel de développement ;
- elle est présente dans tout le pays et touche un grand nombre de personnes qui possèdent déjà un savoir technique en irrigation.

C'est pour préparer ce nouveau champ d'actions que l'INERHI et l'ORSTOM ont décidé de collaborer pour mettre au point (d'abord au niveau andin, puis au niveau national) une **méthodologie** reposant sur des **bases scientifiques** et aboutissant à des **recommandations pratiques** pour formuler un plan de développement.

Comme le fonctionnement des systèmes privés est très peu connu, il est nécessaire d'étudier toute la chaîne d'utilisation de l'eau pour y détecter les maillons les plus faibles et les améliorations les plus rentables. Cela suppose une étude pluridisciplinaire qui puisse mener des analyses à différentes échelles de compréhension et formuler des diagnostics sur des espaces adaptés qui conviennent également aux recommandations.

#### 4. UNE UNITÉ SPATIALE DE RECHERCHE ET DE PLANIFICATION : LA ZARI

Le pays est composé d'une trentaine de grands bassins hydrographiques d'inégale importance, très bien définis dans la *Sierra*. Ils sont évidemment trop vastes et trop hétérogènes pour constituer l'espace élémentaire d'analyse, mais ils représentent un premier découpage selon la ressource hydrique globale. Ils correspondent également à une région et contiennent souvent une grande ville, centre de commerce et d'échange. C'est donc un découpage de l'espace dont il faut tenir compte dans les Andes équatoriennes.

Les hydrologues l'ont affiné et subdivisé en bassins versants unitaires (ou micro-bassins) sur lesquels ils évaluent la ressource en eau. Cette notion, bien que séduisante, n'est malheureusement pas adaptée à l'étude des réseaux d'irrigation. Les parties basses sont suffisamment planes pour permettre un mélange d'infrastructures de diverses provenances. Même dans les parties hautes, les lignes de crête ne constituent pas toujours un obstacle pour les canaux qui les contournent ou les traversent en tunnel.

C'est pourquoi, il a fallu concevoir et délimiter des unités spatiales qui tiennent compte de la réalité : **les Zones d'Analyse et de Recommandations pour l'Irrigation (ZARI)**.

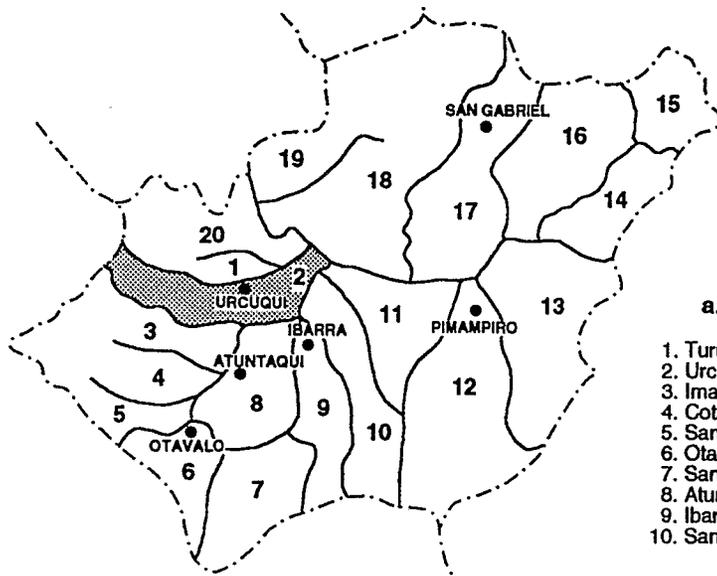
**La ZARI est l'unité spatiale d'organisation du prélèvement, du transport et de l'utilisation de l'eau d'irrigation.**

Ses limites sont donc formées par des obstacles naturels importants que les réseaux d'irrigation n'ont pu franchir. Grâce à sa définition très pragmatique, la ZARI est l'unité idéale d'analyse, mais c'est aussi une unité géographique cohérente sur le plan social et économique ; bien limitée naturellement, elle est habitée depuis longtemps par des groupes humains qui partagent une histoire commune, parfois harmonieuse, souvent conflictuelle.

À l'intérieur de chaque ZARI, les travaux ont été réalisés par une main d'œuvre locale, avec des investissements limités. Tout transfert entre ZARI coûte plus cher, fait appel à une certaine technologie et une influence régionale. De même, tout transfert entre bassins hydrographiques dans la *Sierra*, est un grand projet et correspond à un objectif national.

Le processus de planification peut donc s'appuyer sur ces 2 échelles spatiales qui ont une signification géographique réelle, contiennent les unités de production et marquent les divers paliers du coût et de l'impact d'une politique d'aménagement.

La taille des ZARI varie entre 50 et 200 km<sup>2</sup> et leur délimitation se fait en 2 étapes. Des limites provisoires sont tracées en fonction du relief et du réseau hydrographique ; elles sont ensuite modifiées après connaissance de l'infrastructure et des périmètres.

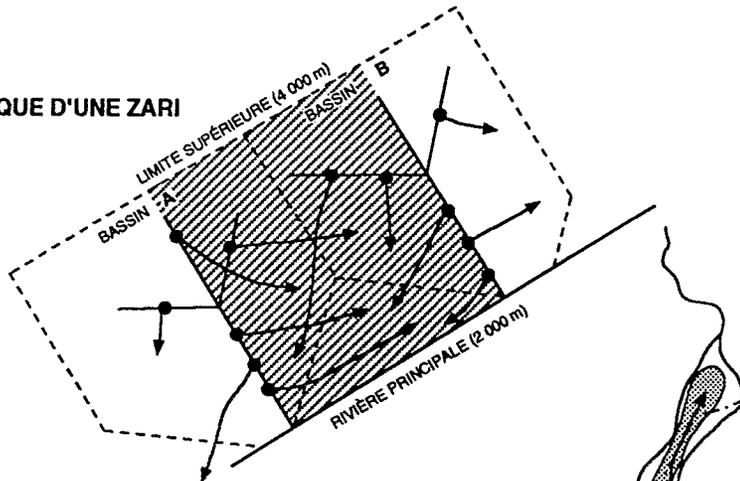


**a. ZARI DU BASSIN DU MIRA**

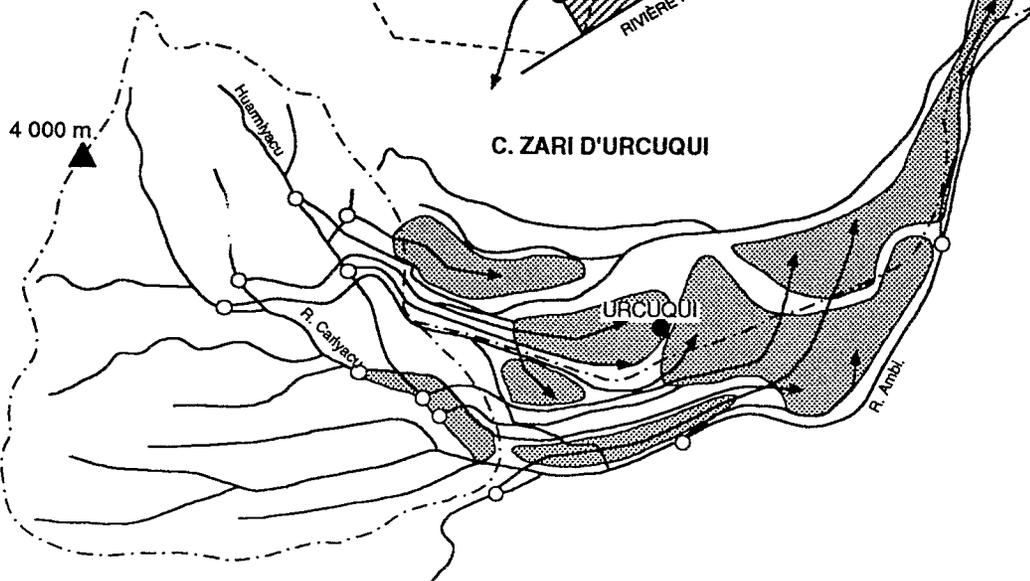
- |                               |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| 1. Turubamba                  | 11. Ambuquí       |
| 2. Urcuquí                    | 12. Pimampiro     |
| 3. Imantag                    | 13. Monte Olivo   |
| 4. Cotacachi                  | 14. Río Minas     |
| 5. San José de Quichinche     | 15. Julio Andrade |
| 6. Otavalo                    | 16. San Gabriel   |
| 7. San Pablo del Lago         | 17. El Angel      |
| 8. Atuntaquí                  | 18. Mira          |
| 9. Ibarra                     | 19. La Concepción |
| 10. San Miguel de Yaguarcocha | 20. Cahuasquí     |

Paramètres ZARI	AU MIRA (20 ZARI)	ZARI D'URCUQUI
Superficie	50 - 300 km <sup>2</sup>	98 km <sup>2</sup>
Nombre de systèmes	10 - 20	17
Nombre de canaux	20 - 40	40
Longueur du transport	30 - 250 km	192 km
Décharge dérivée de la ZARI	300 - 5 000 L/s	4 496 L/s
Nombre de périmètres	7 - 32	32
Taux d'écoulement continu dans le périmètre	0,1 - 2 L/s/ha	0,05 - 2 L/s/ha

**b. SCHÉMA THÉORIQUE D'UNE ZARI**



**c. ZARI D'URCUQUI**



**Figure 2 - Exemples théoriques et actuels de ZARI**

Le bassin hydrographique du Mira est subdivisé en 18 ZARI (voir figure 2 a), élaborées en général par la réunion de 2 demi bassins unitaires (voir figure 2 b). Normalement, aucun canal ne devrait passer d'une ZARI à une autre (cf. définition). En réalité il en existe quelques uns mais ce sont des ouvrages d'une certaine importance qui alimentent des cultures industrielles (canne à sucre par exemple), ou bien des réseaux publics.

La définition de la ZARI est donc respecté dans sa philosophie et permet de préclasser les infrastructures suivant leur importance ou leur impact. La ZARI constitue donc l'unité spatiale de base sur laquelle s'effectuent les analyses et les diagnostics selon diverses opérations concomitantes que l'on va décrire maintenant.

## **5. OPÉRATIONS DU PROJET**

L'étude est divisée en 6 opérations qui remplissent des fonctions bien spécifiques.

### **a. Description des systèmes**

La première opération (LOCIE) localise les systèmes irrigués et décrit leur fonctionnement, par ZARI et par grand bassin. Les périmètres sont délimités par photo-interprétation et bientôt par analyse des images du satellite SPOT.

L'état des systèmes et leur fonctionnement sont décrits en détail au moyen d'une codification logique qui découpe les réseaux en segments unitaires caractérisés par leur rôle (apport, conduction, distribution) et reliés par des nœuds d'opération (union, division). Cette codification est adaptée aux systèmes complexes et facilement transposable sur ordinateur.

### **b. Compréhension des systèmes**

Deux opérations ont pour tâche d'expliquer l'organisation et le fonctionnement des systèmes irrigués.

THANIE est la première et concerne l'analyse historique de l'irrigation dans les Andes équatoriennes depuis l'époque coloniale. Les documents rencontrés expliquent en grande partie les inadéquations au niveau de l'infrastructure (redondance de canaux, etc.).

La deuxième opération (TAPATRIE) s'effectue sur des ZARI représentatives dans chaque grand bassin. Dans le bassin du Mira, la ZARI (voir figure 2 c) a été choisie. Elle contient un étage écologique très sec (1 800 - 2 000 m) et on y trouve les 3 grands types de systèmes de production : haciendas de canne à sucre, haciendas d'élevage et petites exploitations en polyculture.

Des mesures et des enquêtes sont faites à 3 niveaux : ZARI et ensemble de périmètres, exploitations agricoles et parcelles.

Les mesures ont pour but d'évaluer les consommations en eau aux différents niveaux et les efficacités de transport, distribution et application.

Les enquêtes donnent une vision de la répartition de l'eau et des productivités agricoles.

### **c. Caractérisation des systèmes**

Une analyse hydrologique (EGRADIE) calcule d'une part les besoins en eau au niveau des périmètres et des ZARI et évalue d'autre part la ressource disponible au niveau des bassins versants unitaires.

Les besoins sont calculés après une analyse climatique très complète réalisée par la méthode du vecteur régional et les données de l'inventaire complétées par les mesures de terrain fournissant les caractéristiques du système.

Les ressources sont évaluées par un modèle hydro-pluviométrique au pas de temps mensuel. Les prises situées sur le réseau hydrographique forment le lien entre les unités d'offre (bassins unitaires) et de demande (ZARI).

Enfin, l'étude détaillée des statistiques agricoles essaie de préciser la marge d'évolution réaliste de la productivité d'un périmètre ou d'une ZARI, en comparant les zones bien desservies et celles où le manque d'eau devient facteur limitant.

#### **d. Élaboration des diagnostics**

Chaque opération doit contribuer à la formulation des diagnostics. Leurs résultats sont rassemblés dans plusieurs banques de données informatisées. Il faut maintenant les relier par des programmes appropriés pour obtenir un panorama précis des performances de l'irrigation privée au niveau de chaque ZARI, de ses points faibles et des améliorations possibles.

C'est l'objet de la dernière opération (BIDRIE).

### **CONCLUSION**

Face à une réalité complexe et méconnue le projet ORSTOM-INERHI a élaboré une méthodologie de recherche pour orienter les futures décisions de développement en matière d'irrigation.

Depuis 2 ans, un grand nombre de résultats partiels ont déjà été obtenus dans chaque opération. Il n'est pas possible de les présenter tous dans cet article.

Par contre, la prise en compte globale de ces résultats au niveau de quelques ZARI du bassin du Mira ont permis d'élaborer un certain nombre de recommandations qui sont présentées dans l'article intitulé « Dysfonctionnements et réhabilitation ».

## BIBLIOGRAPHIE

- GONDARD, P., 1984, *Inventario y cartografía del uso del suelo en los Andes Ecuatorianos*, Quito, MAG-ORSTOM, 92 p., fig., cart.
- INERHI, 1966-1987, *Inventarios de canales de riego*, INERHI, Quito.
- INERHI, 1972-1988, *Memorándums técnicos de las agencias regionales*, INERHI, Quito.
- INERHI, 1985, *Ley de creación del INERHI, ley de aguas, reglamento de la ley de aguas, reformas a la fecha (1985)*, INERHI, Quito, 137p.
- LE GOULVEN, P., 1986, *Elaboración del Plan Nacional de Riego. Análisis de la situación y concepción general*, proyecto INERHI-ORSTOM, INERHI-ORSTOM, Quito, 22 p.
- LE GOULVEN, P., RUF, T., RIBADENEIRA, H., 1987, *Metodología general y detalles de las operaciones del proyecto INERHI-ORSTOM*, Quito, INERHI-ORSTOM, 91 p. multig.
- POURRUT, P., 1980, Estimation de la demande en eau du secteur agricole et des disponibilités pour la satisfaire. Éléments de base pour la planification de l'irrigation en Équateur, in *Cahiers ORSTOM*, série Hydrologie, Vol. XVII, n° 2, p. 91-127.
- POURRUT, P. et al., 1982, *El agua con fines de riego. Evaluación del uso actual y de los requerimientos potenciales, sugerencias para un suministro complementario Callejón interandino : provincias de Carchi e Imbabura*, MAG-ORSTOM, Quito, 98 p., fig., cart., multig.
- SUÁREZ, E. et al., 1978, *Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano. Producción agrícola, productividad agrícola, insumos agrícolas, calendarios agrícolas*. MAG-ORSTOM, Quito, 4 vol., multig.
- RUF, T., LE GOULVEN, P., 1987, L'exploitation des inventaires réalisés en Équateur pour une recherche sur les fonctionnements de l'irrigation, in *Bulletin de liaison n° 12*, Département H, ORSTOM, Paris, p. 30-47.
- VERA ALARCÓN, D., PORTAIS, M., 1979, *Delimitación de las zonas agrícolas para la programación integrada. 1. Costa, 2. Sierra*. MAG-ORSTOM, Quito, 391 p.