

ORSTOM

INERHI

Plan National  
d'Irrigation

ETUDE DU FONCTIONNEMENT DE L'IRRIGATION EN EQUATEUR  
RECOMMANDATIONS POUR LE PLAN NATIONAL D'IRRIGATION

METHODOLOGIE GENERALE  
ET  
DETAILS DES OPERATIONS

ORSTOM

Patrick LE GOULVEN

Thierry RUF

INERHI

Hugo RIBADENEIRA

Quito, juillet 1987

## 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 86, avec l'arrivée d'un hydrologue de l'ORSTOM ( P. LE GOULVEN ), et en juillet de la même année, avec l'affectation d'un agroéconomiste ( 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.

Elaborés avec le chef du département Plan Nacional de Riego de l'INERHI ( H. RIBADENEIRA ) et approuvés par le représentant de l'ORSTOM en Equateur ( 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 Equatorien des Relations Extérieures, le Directeur Exécutif de l'INERHI et le Représentant de l'ORSTOM en EQUATEUR, en présence du Représentant de l'Ambassade de FRANCE.

En raison des fêtes de fin d'année, de tournées de terrain déjà programmées et de problèmes de personnel, 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 2 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 1er. 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.

On le voit, 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 ne permettait pas aux participants d'avoir une vue globale de leur tâche.

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 et en éclaire les relations. Le présent document va donc tenter de répondre aux inquiétudes pressenties. Il se compose de trois grandes parties:

- Après une analyse de la situation actuelle, la première 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.

Elle se termine par la présentation des différentes opérations envisagées et leurs relations.

- La seconde partie brosse le portrait détaillé de chaque opération, s'attachant à préciser les points suivants:

- . travaux antérieurs et justification
- . résumé méthodologique
- . produits attendus
- . durée de l'opération
- . personnel
- . formation et valorisation
- . collaborations externes
- . documentation existante.

Une opération peut être subdivisée suivant le même schéma; quant aux opérations non encore entamées ou en attente d'un responsable, nous nous sommes contentés d'en résumer le contenu que l'on enrichira au fur et à mesure.

- Enfin, la partie annexe, détaillant les travaux relatifs à chaque opération, constitue un guide et un recours pour les différentes équipes de travail.

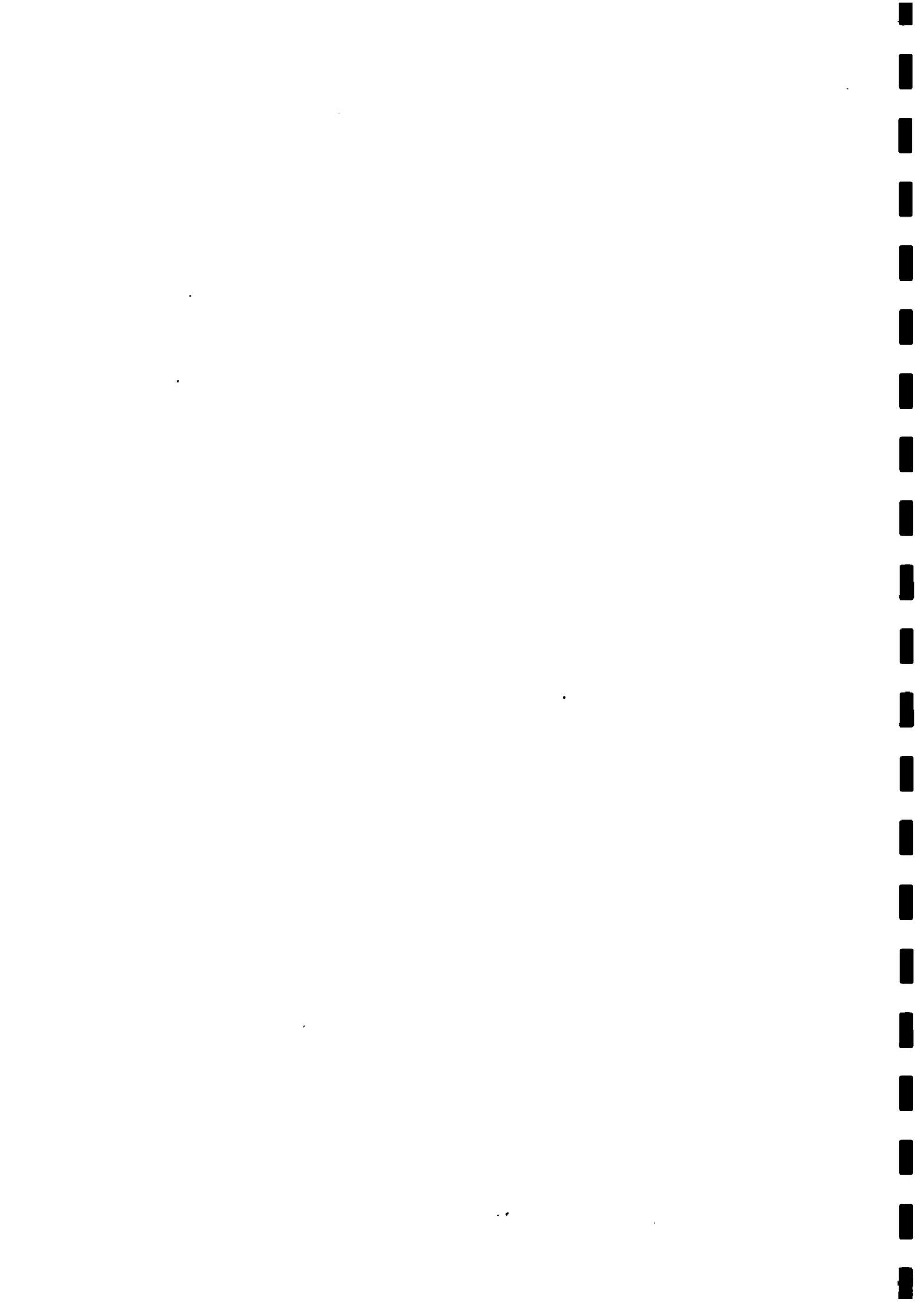
Ce document n'est qu'une base de départ qui sera modifiée au fur et à mesure de notre avance dans ce domaine encore peu connu.

Néanmoins, il nous permettra de mieux présenter ce projet au sein même des 2 instituts concernés, ainsi qu'aux équipes locales ou étrangères travaillant sur le même sujet.



Première Partie

METHODOLOGIE GENERALE  
ET  
CADRE CONCEPTUEL



# I OBJECTIFS GENERAUX

## 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'Etat 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:

- \* Elaborer et exécuter le Plan National d'Irrigation comme partie intégrante du Plan National de Développement Economique et Social du pays et collaborer avec le Directeur Général de l'Agriculture 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.
- \* Evaluer les ressources en eau du pays avec l'Institut National de Météorologie et d'Hydrologie (INAMHI), en dresser l'inventaire et le maintenir actualisé.
- \* Etudier 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'auto-suffisance 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'EQUATEUR et peuvent donc difficilement faire l'objet d'une collaboration avec un organisme étranger.

Enfin, l'INERHI, étant avant tout un institut technique, 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 c'est un instrument flexible qui peut être réduit ou augmenté. C'est surtout par le biais de l'informatique qu'on profitera de cette souplesse d'utilisation.

#### - Pré-sélection

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 décision 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'Equateur.

## II GENERALITES SUR L'IRRIGATION EN EQUATEUR

### 1. Présentation du pays

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

A peu près à 1000 Kms 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 kilomètres carrés répartis d'ouest en Est en 3 grandes régions naturelles:

- La "Costa" comprend une frange littorale de 100 Kms de large en moyenne. Dans ses parties occidentale et Nord occidentale s'élève une petite cordillère qui ne dépasse pas les 800 mètres d'altitude.
- La "Sierra" est caractérisée par l'imposante barrière montagneuse de la Cordillère des Andes dont la largeur oscille entre 100 et 140 Kms. Dans la partie Nord on distingue 2 massifs (Cordillères Occidentale et Royale) bien séparés par un couloir interandin d'environ 40 kms de large et couronnés de volcans dépassant les 6000 mètres d'altitude. Dans le sud du pays les cordillères perdent leur individualité, et les cîmes leur altitude (2000 à 3500 mètres).
- 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 propement dite; le reste est occupé par les forêts vierges ou les paramos (formation herbacée de haute montagne).

	milliers d'ha	% Super.	% Agric.
Superficie cultivée	1730	6.2	28.0
Forêts artificielles	25	0.1	0.4
Superficie toujours en herbe	4433	15.7	71.6
Total Superficie agricole	6188	22.0	100.0
Forêts naturelles, paramos...	21994	78.0	

Usage actuel du sol en Equateur (Source: MAG)

## 2. Le climat et les ressources hydriques: une répartition inégale dans l'espace et le temps

Sur un plan général l'Equateur 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 inter-andin) et d'inondations (Costa).

La pluviosité annuelle varie de 100 à 5000 mm.

La région amazonienne et la partie nord de la Costa sont les zones les plus pluvieuses et reçoivent plus de 3000 mm. Les précipitations sont bien réparties tout au long de l'année avec une légère diminution entre décembre et février.

Du littoral jusqu'au piedmont de la cordillère occidentale, les précipitations augmentent régulièrement (moins de 200 mm à 3000 mm). Le régime pluviométrique comprend une saison des 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 termes.

Enfin, la région andine reçoit alternativement des masses d'air océanique et amazonien qui définissent un régime à deux saisons des pluies (de février à mai et de octobre à novembre). Les totaux pluviométriques ne sont pas très élevés (entre 800 et 1500 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'Etat

En raison de la distribution irrégulière des pluies, l'irrigation a été pratiquée en Equateur 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 Equateur 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 XIXe et le XXe siècle.

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'Etat, et que son administration revenait à l'INERHI.

En fait l'intervention gouvernementale sur l'irrigation remonte au début du XXe 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'Etat 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 río, 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 XXe siècle, surtout dans les trente dernières années où elles auront pratiquement quadruplé.

années	superficie agricole (milliers d'Ha )	superficie irriguée (milliers d'Ha)
1900	500	40
1954	2080	112
1971	3800	117
1981	5820	426
1986	6190	550

Evolution des superficies agricoles irriguées en Equateur  
(prairies et forêts artificielles comprises)

#### 4. Les grands problèmes de l'irrigation en Equateur

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 essaye 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'Etat 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 1970, 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 .....

A 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 en partie 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 20000 m<sup>3</sup>/ha/an), pour des projets de caractéristiques agro-climatiques voisines.

D'autre part 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 du tour d'eau faible, 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 lts/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 agrosocio-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'Etat 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 la pré-existence d'une forte tradition d'irrigation, les exploitants savent irriguer, connaissent les améliorations à apporter à leurs réseaux et sont probablement prêts à apporter leur concours: 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 UNITES 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'études 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

A 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 oeuvre 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 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. Par contre, 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 PRONAREG: il s'agit de bassins versants de 50 à 120 Km<sup>2</sup> dans lesquels les facteurs conditionnels du régime hydrologique varient peu.

Dans la Sierra, ces bassins contiennent une zone de haute montagne (souvent supérieure à 3000 mètres 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.

A 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'une seule acéquia et dont l'usage du sol paraît suffisamment homogène d'après la cartographie élaborée par PRONAREG-ORSTOM.

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 CAHUASQUI.

Le périmètre unitaire correspond bien à la notion de système agraire. Il s'agit d'un certain type d'établissement humain dont l'acéquia porte souvent le nom: "acequia del pueblo", pour le périmètre strictement paysan, et "acéquia - suivie 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 acéquia doit être officiellement enregistrée 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.

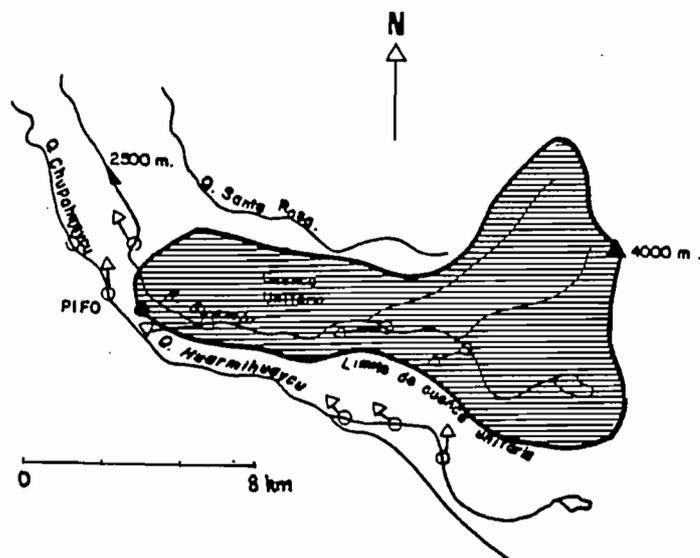


Schéma de bassin unitaire-type avec emplacement des canaux.  
(rio Guambi, 30 kms à l'est de QUITO)

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

En outre, des 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 (cf. opération A).

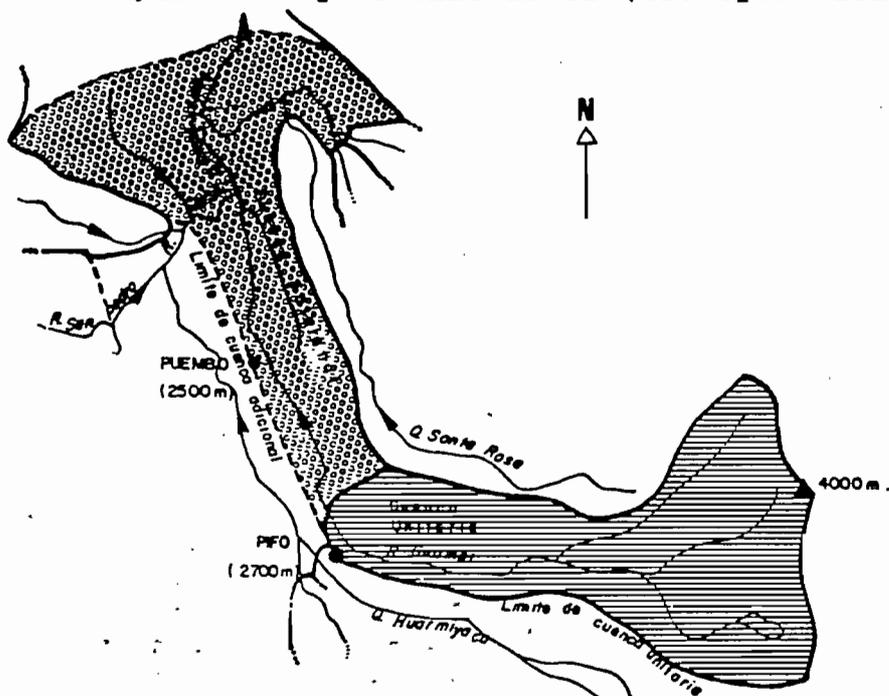


schéma d'un bassin de liaison - type (rio Guambi)

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),
- une 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 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, augmentés d'une partie du bassin de liaison.

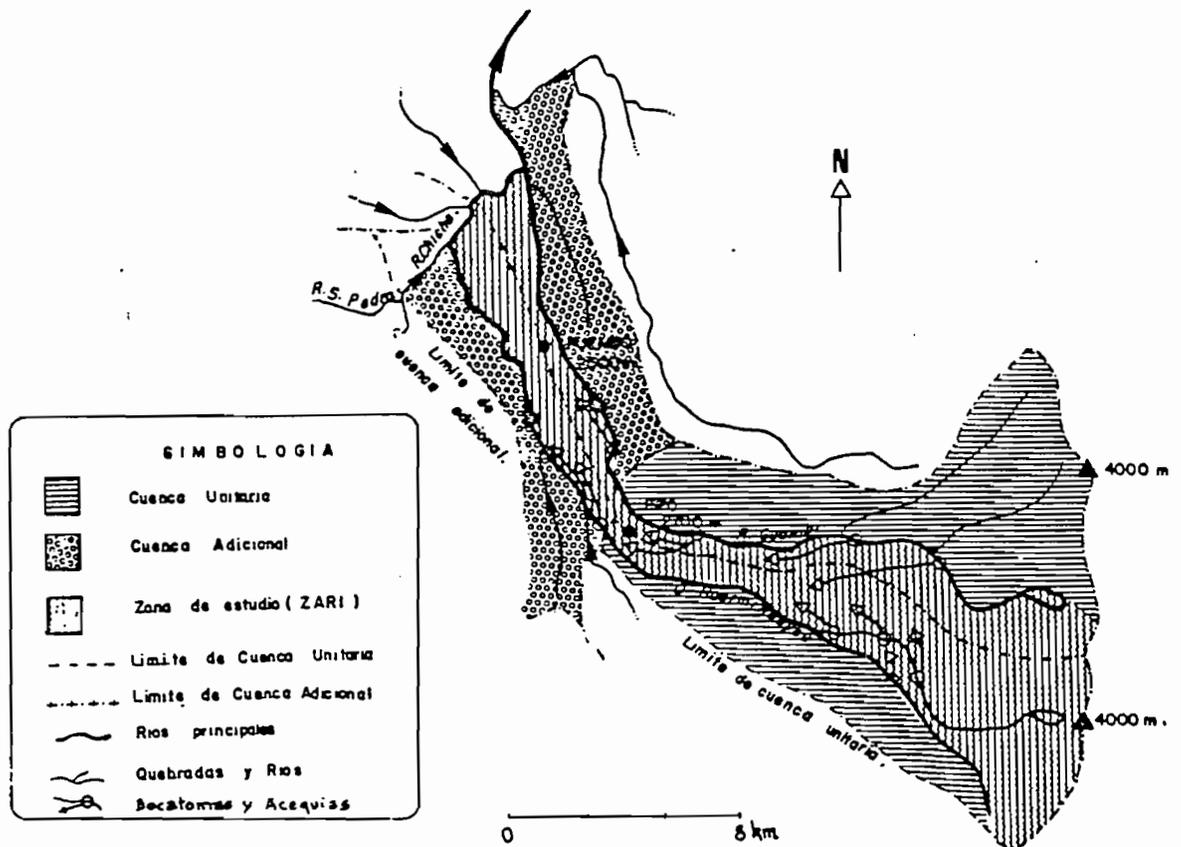


Schéma d'une ZARI-type dans le cas de deux bassins unitaires juxtaposés (ZARI de Puenbo-Pifo).

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 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, hydro-électrique, 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.

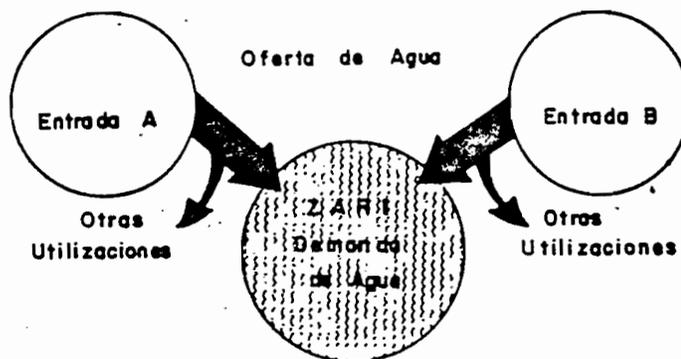
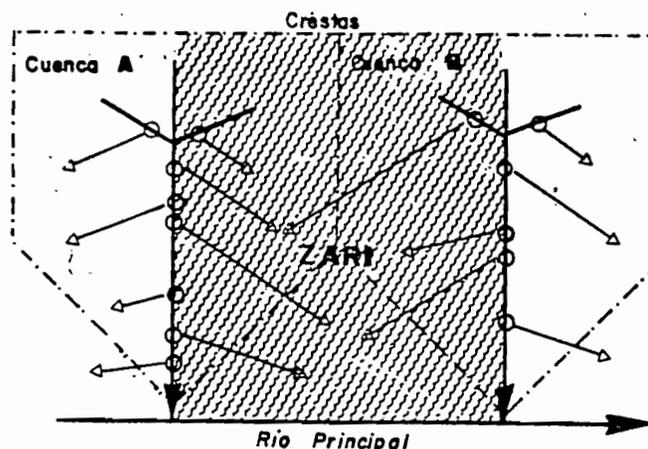


schéma théorique des relations entre bassins unitaires et ZARI.

### 5.3 Une application exemplaire: la ZARI d'URCUQUI

Située dans la province d'IMBABURA et faisant partie du bassin hydrographique du rio MIRA, la ZARI d'URCUQUI a été choisie comme terrain représentatif (opération A).

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 ci-contre.

## 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.

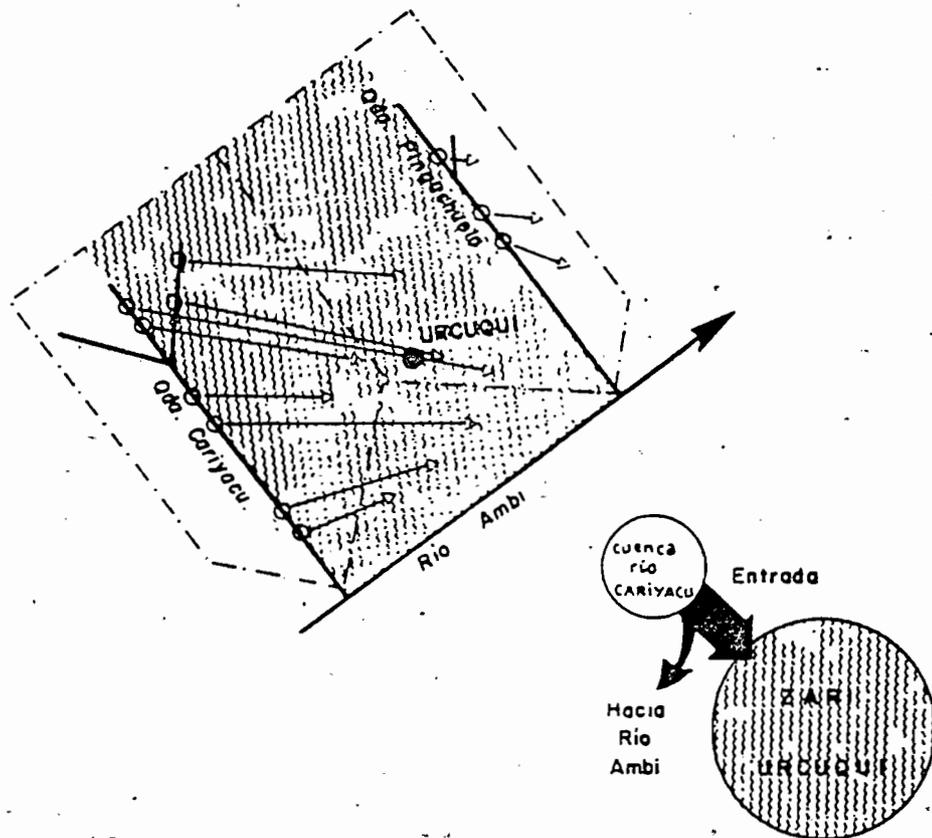
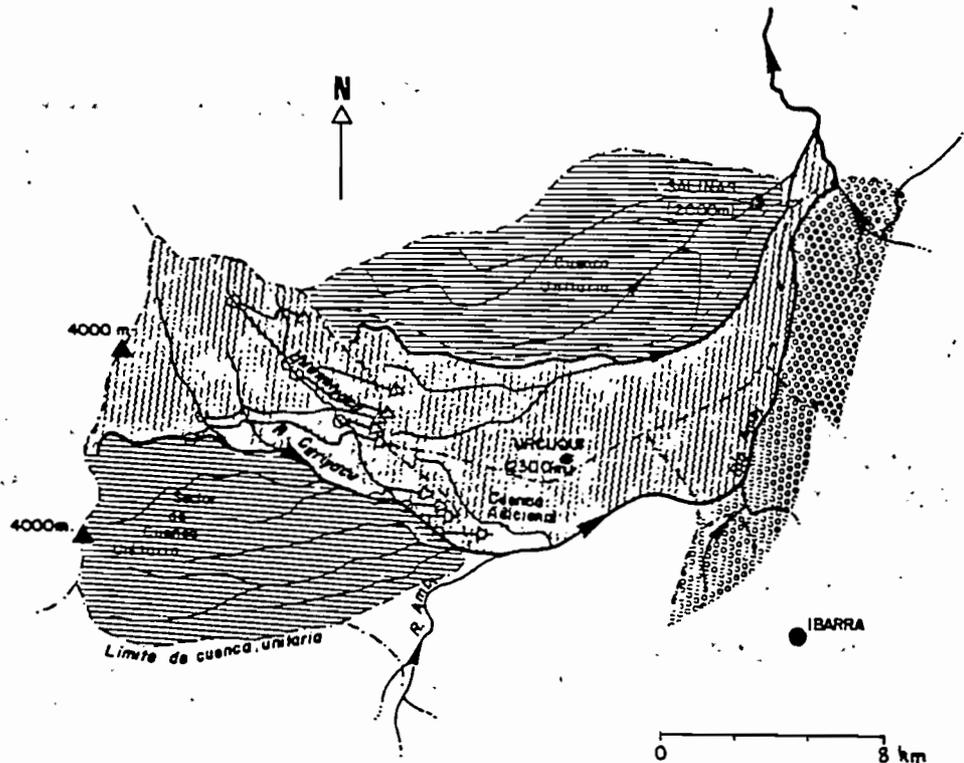


Schéma de la ZARI d'URCUQUI, entre le rio Cariyacu et la quebrada Pingunchuela, et les bassins unitaires avoisinants.

## IV LES ETUDES 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 de 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 de PRONAREG - ORSTOM).
  
- 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.

- D'abord, 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'efficience sur les acéquieres principales.

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 agrosociologiques.

- En second point, 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 des structures des exploitations, de leur évolution passée, et des objectifs que se donnent 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 agrosociologiques.

- Enfin, l'irrigation, comme facteur d'érosion, sera étudiée en collaboration avec l'équipe du Ministère de l'Agriculture et de l'ORSTOM 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 Equateur, 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 DEFINITION

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'Equateur déjà publiées par PRONAREG-ORSTOM: 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, celui de l'agro-économiste, c'est d'augmenter le nombre de cultures par an, quand cela est possible.

\* L'intensification culturelle.

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 où les coûts de production et les contraintes de main d'oeuvre ne sont pas abordés.

Avec le 3e. et le 4e. potentiel, 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 DECOUPAGE EN PLUSIEURS OPERATIONS

Le projet de recherche pluridisciplinaire INERHI-ORSTOM 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 série d'opérations, que nous allons présenter avec leurs différentes composantes.

### OPERATION A

Choix Raisonné des Aires Significatives pour l'Etude des  
Dysfonctionnements de l'Irrigation Equatorienne (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.

## OPERATION B

Travaux et Actions Pluridisciplinaires sur l'Agriculture de  
Terrains Représentatifs de l'Irrigation Equatorienne (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 acéquias et des périmètres).
- B3 Travaux pluridisciplinaires sur les unités d'usage du sol et les exploitations.
- B4 Travaux pluridisciplinaires sur les parcelles.

## OPERATION C

Localisation, Organisation et Caractérisation de l'Irrigation  
Equatorienne (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.

## OPERATION D

L'Eau et sa Gestion Rationnelle : une Aide au Développement de l'Irrigation Equatorienne (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 Evaluation de la ressource en eau par modélisation hydropluviométrique.
- D4 Bilan entre l'offre et la demande en eau par grand bassin hydrographique.

## OPERATION E

Observatoire des Changements Agricoles et Socio-Economiques dans les Zones Irriguées Equatoriennes (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 Evaluation "ex-post" d'un projet public d'irrigation, comparaison avec une situation voisine "hors projet".
- E5 Etablissement de comptes macro-économiques par ZARI.

#### OPERATION F

Etude Pédologique Orientée sur les Problèmes de l'Irrigation en EQUATEUR (EPOPIE).

Détermination du comportement hydro-dynamique des sols, mise en relation avec certaines de leurs caractéristiques déjà cartographiées.

Elle sera précisée ultérieurement.

#### OPERATION G

Etude des Phénomènes d'Erosion Liés à l'Irrigation en EQUATEUR (EPELIE).

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

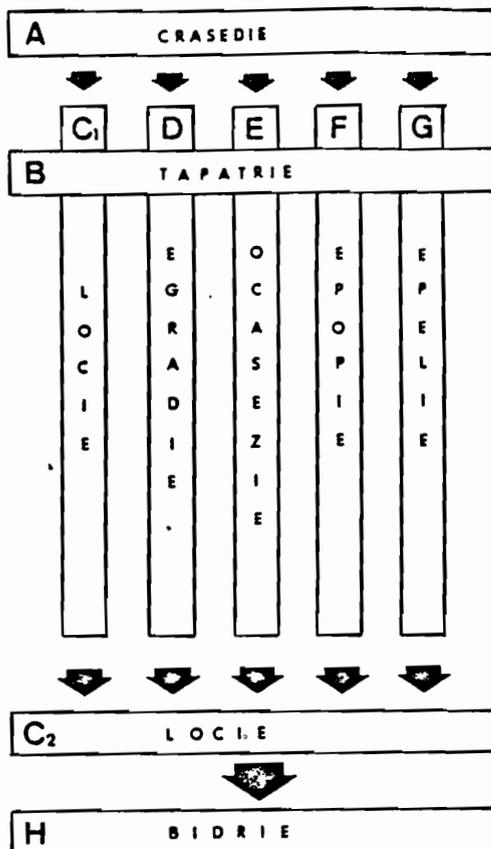
Elle sera menée en collaboration avec l'équipe MAG-ORSTOM qui travaille sur l'érosion depuis déjà un bon nombre d'années.

#### OPERATION H

Banque Informatisée des Données Relatives à l'Irrigation Equatorienne (BIDRIE).

Rassemblement, sous fichier informatique, des données descriptives et analytiques issues des opérations antérieures.

Ces différentes opérations s'articulent selon le schéma suivant :



Après une première analyse (A) visant à circonscrire les zones d'études 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.

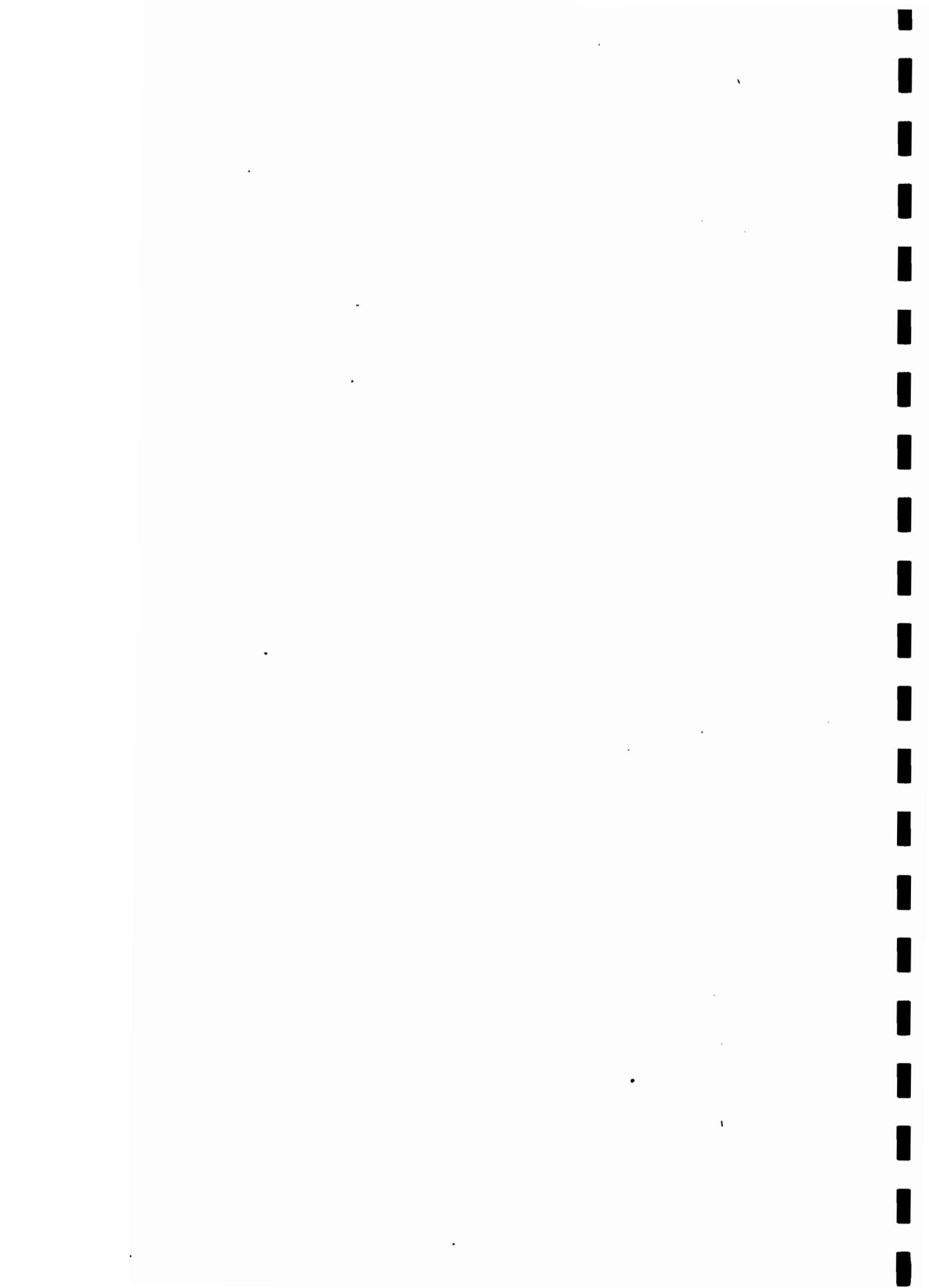
Le calcul des différents indicateurs se fera dans la composante C2 de l'opération C: les manquants seront complétés, soit par un inventaire systématique, soit par analogie avec des zones affines.

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



**Deuxième Partie**

**DETAIL DES OPERATIONS**



## OPERATION A

### CRASEDIE

Elle est l'étape préliminaire de tout travail postérieur puisque, selon son titre, elle doit circonscrire les aires de travail (régions déjà irriguées et potentiellement irrigables) et choisir les terrains d'étude.

Elle est donc divisée en 2 parties:

- Pour ses calculs de disponibilité en eau, l'hydrologue doit enfermer les zones irriguées (ou en passe de l'être) à l'intérieur d'un bassin hydrographique, arrêté par une station hydrométrique de bonne facture. Ce sera l'objectif de cette composante.
- Les autres disciplines travaillent sur des unités spatiales bien différentes: les ZARI. Leur nombre ne permettant pas une étude approfondie de chacune d'elles, il est donc nécessaire d'en bien choisir quelques-unes, où se feront des travaux de terrain détaillés: les ZARI représentatives. Ce sera l'objet du deuxième volet.

#### A1 : ZONES DE TRAVAIL ET MAILLAGE HYDROLOGIQUE

##### 1. Objectifs.

Cette première composante de l'opération A doit, en premier lieu, circonscrire les zones d'intervention du Plan National d'Irrigation, c'est-à-dire essentiellement, les régions déjà irriguées et celles potentiellement irrigables en raison de leur déficit pluviométrique.

On recherchera ensuite la première station hydrométrique dont les mesures soient fiables, en aval des parties irriguées. Le bassin versant correspondant constituera le cadre général sur lequel s'effectueront les bilans entre offre et demande en eau.

Il sera ensuite découpé en mailles élémentaires tissant un canevas hydrologique sur lequel se réaliseront les calculs.

Elles seront constituées par les bassins unitaires définis par PRONAREG-ORSTOM et par des bassins additionnels qui les relieront entre eux.

Cela permettra de mieux cerner les zones d'étude intéressantes tant du point de vue hydrologique que du point de vue agro-socio-économique.

## 2. Travaux antérieurs et justification

Les études de PRONAREG-ORSTOM constitueront les bases de départ que nous devons compléter et associer pour arriver aux objectifs fixés.

Le département de géographie du PRONAREG a localisé, sur des cartes au 1/50 000, les unités d'usage du sol de la Sierra comportant des périmètres irrigués: ces données ont été ensuite complétées pour la Costa par la Direction de Planification de l'INERHI, dans le cadre de sa convention avec la CEDEX.

Le département d'hydrologie du PRONAREG a, quant à lui, publié des cartes du déficit hydrique moyen annuel et du nombre de mois secs; il a, de plus, délimité un certain nombre de bassins versants unitaires (plus de 1500) dans lesquels les facteurs conditionnant l'écoulement sont homogènes. Il a, enfin, regroupé ces différentes informations pour fournir des éléments de base à la planification de l'irrigation en Equateur.

Le projet INERHI-CEDEX a utilisé les données antérieures et les a rassemblées par grands bassins hydrographiques, dans le but d'évaluer les ressources hydriques disponibles.

Les travaux antérieurs forment donc une base sérieuse de départ, mais ils restent cependant incomplets dans l'optique du Plan National d'Irrigation: l'évaluation des ressources hydriques par modélisation mathématique n'a pas donné les résultats escomptés et le découpage en bassins unitaires est incomplet.

Le premier travail sera donc de pallier ces insuffisances.

## 3. Résumé Méthodologique

Sur les cartes oro-hydrographiques au 1/200 000 de chaque grand bassin, on localisera toutes les stations hydrométriques répertoriées dans les listes de l'INAMHI.

On y reportera les bassins unitaires définis par PRONAREG-ORSTOM, les unités d'usage du sol avec irrigation, et les limites des régions potentiellement irrigables d'un point de vue climatique.

On procédera alors à un premier diagnostic sur le réseau hydrométrique, en distinguant les stations de bonne qualité (lit de la rivière stable, longueur des séries, nombre de jaugeages,...): ce premier jugement sera fondé sur les considérations émises par PRONAREG-ORSTOM et la Direction de l'Administration de l'Eau de l'INERHI.

On recherchera ensuite la première station hydrométrique de bonne qualité qui soit en aval des secteurs irrigués et potentiellement irrigables: le bassin versant correspondant servira de cadre à l'évaluation des ressources hydriques, et les données de la station permettront un ajustement correct du modèle hydropluviométrique.

Enfin, il conviendra de compléter le maillage du bassin choisi: pour cela, on délimitera des bassins versants additionnels qui respectent le sens du drainage, sans couper des périmètres irrigués ou de grands secteurs potentiellement irrigables, et qui coïncident, dans la mesure du possible, avec une station hydrométrique intermédiaire.

On obtiendra donc un découpage de l'espace satisfaisant du point de vue hydrologique, et on le représentera sous forme d'un schéma de fonctionnement hydraulique.

L'étude s'attaquera d'abord à la partie andine (MIRA, ESMERALDAS, PASTAZA ....), et sera étendue ultérieurement à la Costa.

#### 4. Produits attendus.

Un choix de bassins versants correspondant à des stations hydrométriques de bonne qualité, contenant les secteurs irrigués et potentiellement irrigables, et découpés en espaces élémentaires: les bassins unitaires et additionnels.

#### 5. Durée de l'opération.

Un ou deux mois seront suffisants pour réaliser ce découpage de l'espace qui s'effectuera au fur et à mesure des besoins.

#### 6. Personnel.

ORSTOM

INERHI

P. Le Goulven

W. Carrera

A. Segovia

## 7. Formation et valorisation.

### Formation

- Conception de schémas hydrauliques de fonctionnement servant de base aux modèles hydropluviométriques à discrétisation spatiale.

### Publication

- Rapport sur le maillage hydrologique des secteurs irrigués et potentiellement irrigables.

## 8. Collaborations externes.

- INAMHI (Institut National de Météorologie et d'Hydrologie)
- INERHI: Direction de l'Administration de l'Eau.

## 9. Principaux documents de base.

- Etudes hydrométéorologiques et hydrogéologiques préliminaires (MAG-ORSTOM).
- Etudes sur les éléments de base pour la planification de l'irrigation en Equateur (MAG-ORSTOM).
- Evaluation des besoins en eau pour l'irrigation par grands bassins hydrographiques (INERHI-CEDEX).
- Etude régionale intégrée de l'Altiplano Cundiboyacense - La Savane de Bogotá - (IGAC-ORSTOM).

## A2 SELECTION DES ZARI REPRESENTATIVES

### 1. Objectifs.

Cette composante est avant tout "technique". Elle correspond à la nécessité de travailler en profondeur sur des zones précises du pays, dans la mesure où les problèmes de l'irrigation privée sont très peu connus. Il faut donc choisir ces zones de telle manière que les principales situations climatiques et agraires soient représentées.

Faute d'information générale disponible sur les réseaux d'irrigation existants, le choix des ZARI représentatives ne peut s'opérer directement.

On regroupera, d'abord, les zones agricoles irriguées sur la base des résultats publiés par PRONAREG-ORSTOM (zones agricoles pour la programmation intégrée), et on cherchera, ensuite, une ZARI représentative de chaque groupe.

### 2. Antécédents, justifications

Parmi les documents disponibles pour repérer les grandes zones irriguées, on trouve les cartes d'usage du sol de PRONAREG-ORSTOM pour la Sierra, avec l'annexe thématique au 1/200 000 sur l'importance de l'irrigation permettant de localiser les régions les plus concernées.

Un premier travail de caractérisation de petites régions naturelles a été réalisé en 1979, également par PRONAREG-ORSTOM: il s'agit d'une délimitation de "Zones Agricoles pour la Programmation Intégrée".

### 3. Résumé méthodologique

Compte tenu de ces travaux, on peut concevoir un processus de sélection en plusieurs étapes:

- Effectuer une première sélection des zones agricoles définies par PRONAREG-ORSTOM en ne retenant que celles contenant des périmètres irrigués.

- Réaliser un choix de leurs paramètres descriptifs en gardant seulement ceux ayant trait au climat, à la pression démographique, à la taille des propriétés, aux principales productions, et au chargement animal.

- Traiter ces données par un programme d'analyse factorielle des correspondances, en dressant l'arbre de classification hiérarchique qui permettra de les regrouper par affinités, et revenir aux données de base pour individualiser chaque groupe.

- Elire une zone agricole représentative de chaque groupe et vérifier que l'ensemble des zones retenues témoignent de la diversité des climats (nombre de mois secs), et des calendriers agricoles (présence de cycles de contre-saison).

- Circonscrire les ZARI à l'intérieur de chaque zone agricole représentative; en décrire le contenu bio-physique selon l'information cartographique existante au 1/200 000; compléter cette description par les données socio-économiques facilement accessibles; choisir, enfin, la ZARI la plus adaptée qui sera l'objet d'études de terrain détaillées (opération B).

Les deux dernières étapes seront à la charge d'une commission, formée par les ingénieurs et chercheurs de l'équipe INERHI-ORSTOM

#### 4. Personnel

Toute l'équipe des ingénieurs et chercheurs ORSTOM-INERHI.

#### 5. Durée de l'opération

Étalée dans le temps au fur et à mesure des possibilités d'ouvrir de nouveaux terrains d'étude. On estime à 15 le minimum de ZARI à étudier dans la Sierra et la Costa.

#### 6. Produits attendus

- la sélection des ZARI représentatives servant de terrains d'étude.
- plusieurs rapports internes justifiant ces choix.

## 7. Contacts extérieurs

Présentation, et discussion des choix avec d'autres chercheurs franco-équatoriens connaissant bien le pays.

## 8. Bibliographie

CRUZ L.C. 1983 "EL mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Quito 205p.

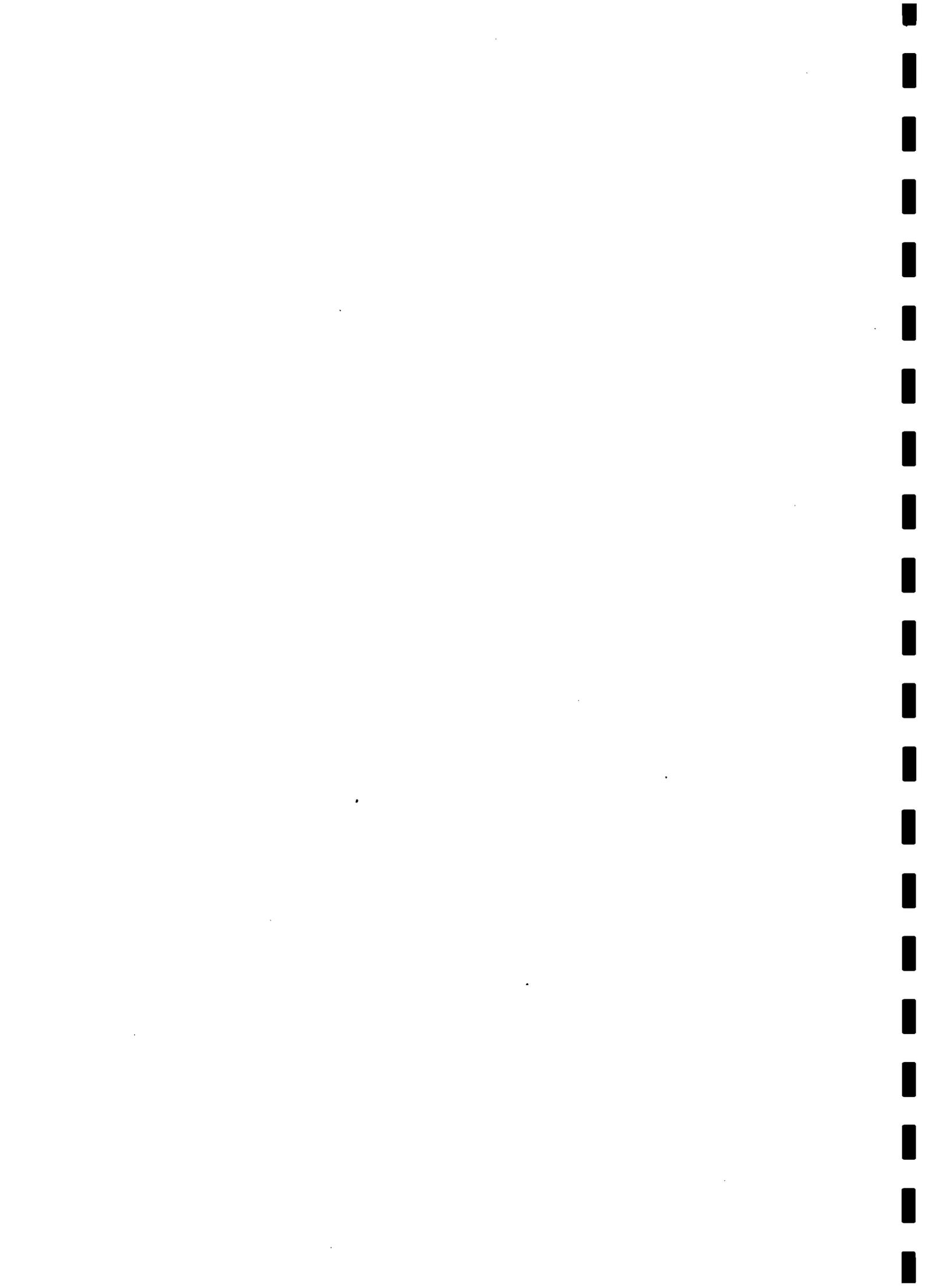
FAUROUX E. RAMOS M., PRONAREG. 1977 Diagnóstico socio-económico del medio rural. Zonas socio-económicas homogéneas de la Sierra. Quito-MAG 1979.

PORTAIS M; ALARCON D.V. 1979. Delimitación de las zonas agrícolas para la programación integrada. ZAPI; Quito, MAG ORSTOM 391p.

SUAREZ E. BERNARD A. & aut. PRONAREG 1978. Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano-Vol. D Calendario agrícola-Quito 528p.

INERHI-ORSTOM Doc. provisoire. Choix des micro-bassins d'étude dans la Sierra. Première partie: choix des zones agricoles et vérification de la représentativité, Mars 1987. Quito, INERHI-ORSTOM.

---



## OPERATION B

### TAPATRIE

#### 1. Objectifs.

Cette opération vise à alimenter les réflexions et travaux thématiques menés dans les opérations C, D, E, F et G: il ne s'agit pas d'accumuler des monographies sur les ZARI choisies, mais d'en diagnostiquer les dysfonctionnements, d'en déceler les origines et les symptômes, pour, ensuite, caractériser systématiquement les zones irriguées du pays.

Cette investigation sur des cas réels permettra de dépasser la seule description, et d'évaluer tous les paramètres, favorables comme défavorables, à la valorisation agricole de l'eau: le climat, l'infrastructure, le consensus social pour gérer équitablement la ressource eau, l'histoire socio-économique et agricole, la géomorphologie, le comportement hydrique des sols, les conditions de reproduction de l'écosystème cultivé et artificialisé par l'aménagement hydro-agricole.

En vue d'organiser ces travaux pluridisciplinaires tout en énonçant des diagnostics les plus complets possibles, nous avons divisé cette opération non par disciplines mais par échelles de travail.

#### sous-opérations

- B1 : étude préliminaire de la ZARI.
- B2 : travaux à l'échelle de la ZARI (ensemble acéquias-périmètres).
- B3 : travaux à l'échelle de périmètres (ensemble exploitations-périmètre).
- B4 : travaux à l'échelle d'exploitations (ensemble parcelles-exploitation).

## 2. Travaux antérieurs, justifications

Il n'existe pratiquement pas de publications sur le fonctionnement actuel et même passé de l'irrigation privée en Equateur.

Certes, on trouve une description parfois bien précise des canaux d'irrigation, effectuée par les agences régionales de l'INERHI dans le cadre des demandes de concessions obligatoires depuis 1972 (loi sur l'eau).

Mais on dispose rarement de précisions sur la répartition de l'eau entre différentes acequias, ses dérèglements à l'intérieur des périmètres, les faiblesses des infrastructures, les pertes...etc. Et l'on n'est pas mieux informé des systèmes de production en place ni de leurs performances.

Peu de chercheurs ont choisi de centrer leur études sur l'irrigation, préférant d'autres points comme le foncier, les rapports de travail, la micro-économie,...etc.

Citons néanmoins quelques études assez poussées: PIMAMPIRO de P. A. MOTHE (1986), les travaux menés par le CESA (notamment sur la vallée de la Chota), l'étude du bassin du rio Ambato réalisée en 1975 sous l'égide de la FAO, les documents publiés par le CATER sur le rio Catamayo en 1982.

Il existe également dans les dossiers d'agences de l'INERHI des détails intéressants, surtout lorsque la concession a fait l'objet de conflits et d'arbitrages interminables. On peut trouver dans quelques cas des jugements critiques sur les dotations actuelles de certains propriétaires, isolés ou regroupés.

Mais les nouveaux projets d'irrigation ignorent les systèmes pré-existants ou considèrent qu'ils disparaîtront avec l'aménagement moderne: il importe cependant de les étudier - et nous allons pallier cette lacune - car, dans bien des cas, le réseau public vient simplement se superposer aux réseaux privés plus anciens.

### 3. Résumé méthodologique

On formulera le diagnostic pluridisciplinaire à partir des quatre sous-opérations signalées antérieurement.

B1 : étude préliminaire, repérage et pré-diagnostic sur la ZARI.

Il s'agira d'abord de préparer la visite initiale de terrain, effectuant une délimitation précise de la ZARI grâce aux documents existants (cartes et inventaires).

Sur place, on s'informerait auprès des personnes "autorisées" du trajet des canaux, de la situation des prises et des périmètres.

On effectuera une reconnaissance systématique, soit en suivant les canaux, soit en opérant par transects successifs croisant les différents canaux. On établira une première carte de situation (au 1/25 000), que l'on vérifiera en analysant les éventuelles photos aériennes de la zone (anciennes et récentes).

Un entretien avec le groupe de "notables" de la zone permettra d'établir un contact, de formuler quelques hypothèses sur le fonctionnement de l'irrigation et de l'agriculture, d'annoncer notre projet d'étude pour une longue période, de demander une ou deux parcelles "témoins" (que nous suivrons pendant un an), et de leur faire recruter un observateur.

On retiendra un périmètre, considéré comme le plus significatif, pour analyser les problèmes de gestion de l'eau, et on procédera au suivi du canal correspondant, en vue d'apprécier les ouvrages de prise et de régulation, l'importance des phénomènes d'infiltration, les diverses faiblesses des berges...etc.

Après cette première tournée, et au fur et à mesure des travaux, on rangera l'information qualitative dans un dossier auquel on annexera les copies de documents concernant la zone (comme les mémoires techniques des agences de l'INERHI). Après chaque sortie, on écrira la synthèse des observations faites sur les différents périmètres, selon le plan suivant:

1. Situation du périmètre dans la zone
2. Population et histoire de la population
3. Etat actuel de l'infrastructure
4. Histoire de l'infrastructure
5. Fonctionnement actuel de l'irrigation
6. Economie de l'eau
7. Agriculture, problèmes agronomiques
8. Economie agricole
9. Potentiels, conditions limitatives
10. Evénements notables
11. Synthèse

B2. Travaux pluridisciplinaires à l'échelle de la ZARI entière (ensemble des acéquiass et périmètres).

Il s'agit de caractériser et de juger la répartition des ressources en eau dans la ZARI, de détecter les pertes éventuelles, et d'en mesurer l'importance. On procédera donc à cinq types d'études complémentaires :

- enquêtes agro-sociologiques sur l'eau et sa répartition à partir d'un échantillon stratifié et raisonné dans chaque périmètre (partie terrain de la sous-opération E1);

on recherchera les exploitants correspondant à un échantillon raisonné de parcelles distribuées dans les différents périmètres: on les soumettra à un questionnaire permettant de saisir le fonctionnement général du périmètre de l'enquête, d'appréhender les problèmes de gestion de l'eau dans la parcelle choisie, et d'identifier l'exploitation de l'enquêté.

Ces données permettront de caractériser le fonctionnement de chaque périmètre de la ZARI, puis de les comparer entre eux; en outre, le questionnaire comportera des parties ouvertes où les enquêtés pourront s'exprimer sur tel ou tel problème d'irrigation, ce qui permettra de compléter la liste des divers "dysfonctionnements" à prendre en compte (en vue de l'opération C, 2e. phase, inventaire).

Cette enquête aura lieu en pleine saison sèche, et de préférence au moment où le manque d'eau apparaît au niveau de la parcelle de référence (voir B4).

- jaugeages à la prise des canaux et à l'entrée des périmètres pour vérifier les déclarations d'enquêtes sur la répartition de l'eau et repérer les anomalies .

- évaluation de la dose d'irrigation optimale en fonction des caractéristiques des sols de chaque périmètre;

on effectuera dans chaque périmètre une ou plusieurs analyses physiques des sols (densité apparente, profondeur, capacité au champ, point de flétrissement permanent) pour calculer cette dose: on la confrontera ensuite avec les données de l'enquête afin d'apprécier les failles de l'irrigation pratiquée (sur-irrigation, mauvaise période de tour d'eau,...).

- estimation des pertes en eau par infiltration ou mauvais état de l'infrastructure, par mesures de débit ponctuelles et simultanées sur un échantillon de canaux.

- estimation de l'offre et de la demande et des concurrences amont-aval (partie terrain de la sous-opération D2).

**B3. Travaux pluridisciplinaires à l'échelle des unités d'usage du sol et des exploitations**

Il s'agit d'estimer la productivité agricole des différentes unités d'usage du sol, par une enquête agro-socio-économique sur un échantillon d'exploitations représentatives (preamble de la sous-opération E3).

On préférera la qualité de l'information à la multiplication d'enquêtes, qui ne permettraient guère d'estimer ni d'expliquer les résultats de production.

L'investigation portera à la fois sur l'histoire récente et les structures actuelles des exploitations, le fonctionnement agricole (assolements, rotations, calendriers, contraintes du système d'exploitation), et les résultats physiques et économiques.

Au contraire de l'enquête agro-sociologique sur la gestion de l'eau présentée précédemment, ce travail peut s'effectuer hors-saison d'irrigation, avec plusieurs passages de l'enquêteur.

**B4. Travaux pluridisciplinaires à l'échelle de parcelles de base.**

A cette échelle, on recherchera un minimum de références sur le fonctionnement de l'irrigation: consommation en eau, techniques employées et leur efficacité, problèmes agronomiques, économie de l'eau.

En outre, la parcelle de référence, justement choisie dans le souci de dénoncer un éventuel manque d'eau, témoignera de la difficile répartition de la ressource.

**4. Principaux produits attendus.**

On tirera de ces travaux pluridisciplinaires un inventaire de tous les problèmes de fonctionnement, accompagné des indicateurs correspondants.

Par ailleurs, des rapports de synthèse sont prévus sur chaque ZARI, pourront être présentés en séance publique dans la zone étudiée, et serviront éventuellement à la création d'un projet de rénovation de l'irrigation locale.

#### 5. Durée de l'opération.

Les opérations de terrain se dérouleront tout au long du projet de recherche; chaque ZARI représentative étant étudiée normalement pendant une année complète.

#### 6. Personnel.

Toute l'équipe du projet travaillera dans les diverses sous-opérations prévues.

#### 7. Principaux contacts.

Des contacts auront lieu avec les institutions locales (agences et districts de l'INERHI, organisations de développement, juntas des paroisses, juntas de l'eau...).

D'autres seront pris pour résoudre tel ou tel problème sur le terrain (notamment avec des chercheurs de l'ORSTOM et d'institutions équatoriennes, comme l'INIAP en agronomie).

#### 8. Bibliographie.

Les principaux documents disponibles ont été répertoriés dans les listes bibliographiques des opérations thématiques C1, D, E, F & G.

## OPERATION C

### LOCIE

#### OBJECTIFS

L'objectif principal de cette opération est de caractériser le fonctionnement de l'irrigation privée ; on se propose, à partir d'indicateurs pertinents, d'estimer les différences existant entre productivités actuelles (PAA) et potentielles (PAP), d'en expliquer les causes et de présenter des solutions. Les données seront rassemblées dans une banque informatisée à partir de laquelle il sera facile de construire la matrice de caractérisation définie dans la méthodologie générale.

Les nombreux indicateurs figurant dans la littérature internationale ne sont pas adaptés au milieu équatorien et les travaux de terrain (Opération B) devront déterminer les plus significatifs. Ceci implique la division de l'opération en deux phases successives:

- Sur la cartographie au 1/50000 on procédera à la localisation des périmètres aménagés et au tracé des acéquieras correspondantes, par synthèse de l'information existante. Ce premier travail permettra de délimiter correctement les zones d'analyse définies dans la méthodologie générale (ZARI). La délimitation des périmètres se fera d'abord par photo-interprétation en collaboration avec PRONAREG, puis si possible par analyse des images du satellite SPOT.
  
- La caractérisation ne commencera réellement qu'une fois les études de terrain bien avancées. Les données manquantes pour calculer les indicateurs seront complétées par un inventaire physique, et stockées dans la banque de données qui devra être définitivement élaborée. On procédera alors au calcul des indicateurs.

Le travail, d'envergure nationale, se fera par grands bassins hydrographiques en commençant par le couloir inter-andin (MIRA, ESMEALDAS, ETC.)

## C1 LOCALISATION ET ORGANISATION STRUCTURELLE

### 1. Travaux antérieurs et justification

PRONAREG - ORSTOM a élaboré au niveau national une cartographie de l'usage actuel du sol et des formations végétales. Dans la Sierra, le travail s'est effectué au 1/50 000 par photo-interprétation et vérifications de terrain et prend en compte l'irrigation. Selon le département de géographie (auteur de cette partie), l'irrigation transforme littéralement le paysage, et les cultures se différencient selon qu'il existe ou non la possibilité d'irriguer, indépendamment de la structure agraire et de la nature du sol. En cartographie, seules deux classes ont été considérées selon que la superficie irriguée était supérieure ou inférieure à 50% de la superficie totale de l'unité d'usage du sol considérée. L'irrigation a été localisée par l'organisation des parcelles et la tonalité. Les vérifications de terrain ont apporté des indications intéressantes principalement sur les zones peu irriguées.

Les photographies utilisées sont de 1963 et les travaux de terrain, s'étalant de 1976 à 1982, ont permis de vérifier que la localisation de l'irrigation privée avait peu évolué durant ce laps de temps. Sur la côte, le travail a été réalisé au 1/200 000 et malheureusement, l'irrigation n'est pas prise en compte.

De son côté, l'INERHI dispose d'un grand nombre de documents éparpillés dans divers services centraux et agences régionales. L'article 98 de la loi sur l'eau oblige tous les usagers à s'inscrire à l'INERHI en indiquant les caractéristiques principales de l'infrastructure existante ou prévue et la destination de l'eau prélevée. L'Institut autorise alors l'utilisateur à détourner un certain débit. Ces concessions sont enregistrées dans chaque agence, mais beaucoup de gens utilisent l'eau sans le déclarer. En plus, un certain nombre d'inventaires ont été réalisés (parfois sur la même zone) avec une bonne description de l'infrastructure mais sont de valeur très inégale et de dates bien différentes (1966 à 1985) et leurs résultats, souvent divergents, ne concordent pas non plus avec la réalité.

Enfin, il faut citer quelques études complètes mais très ponctuelles, subventionnées généralement par des Organisations Internationales.

En résumé, PRONAREG - ORSTOM s'est intéressé exclusivement aux périmètres, les a localisés approximativement, en a évalué l'importance et a caractérisé leur environnement.

La délimitation précise des périmètres n'a pas été faite mais PRONAREG possède toujours les documents de base (photographies aériennes semi-interprétées, fiches de terrain, ....) pour aller plus loin.

Pour sa part, l'INERHI, s'étant surtout intéressé à l'infrastructure (prises et canaux d'amenée), possède un grand nombre de documents sur le sujet: si leurs résultats divergent quelque peu, on devrait quand même pouvoir en faire une synthèse avec l'aide des agences régionales.

Une confrontation des deux sources (INERHI et PRONAREG) donnera une vision complète des systèmes irrigués, et plus conforme à la réalité.

Il ne faut pas cacher l'ampleur de la tâche, ni ignorer que cette opération est la colonne vertébrale du projet: par conséquent, de son succès dépend celui du Plan National d'Irrigation.

## 2. Résumé méthodologique

Après avoir rassemblé l'information provenant de l'INERHI au niveau du bassin hydrographique ( agences et bureau central), et l'avoir reportée sur cartographie au 1/50000, on procédera à la délimitation des Zones d'Analyse et de Recommandations pour l'Irrigation (ZARI) en commençant par les terrains représentatifs sélectionnés.

On établira des fiches sur l'infrastructure connue avec certitude (périmètres desservis, type de concession, description de la prise et du canal,...). Ces dossiers provisoires seront proposés au PRONAREG pour une délimitation précise des périmètres aménagés, au moyen des photographies aériennes déjà utilisées pour l'étude de l'usage actuel du sol. Les doutes et les incertitudes seront levées par une visite à l'agence concernée ou directement sur le terrain.

Une fois terminé ce travail d'analyse, on complètera les fiches d'infrastructure et on établira alors des fiches de périmètres (description, types de culture, gestion interne, conflits passés ou actuels,...)

Le contenu définitif des fiches ainsi que la mise au point des méthodes de travail seront testés sur les terrains représentatifs sélectionnés dans l'opération A.

Le dossier de chaque ZARI comprendra donc des fiches d'infrastructure, des fiches de périmètres, un schéma d'organisation entre acéquiats et périmètres, et une fiche de synthèse.

Au niveau du bassin hydrographique, on établira également une fiche pour chaque bassin unitaire défini dans l'opération A: y seront regroupées les différentes prises d'eau, afin de faciliter la mise au point du modèle de gestion des ressources hydriques.

Les dossiers ainsi constitués serviront de point de départ à la phase de Caractérisation et seront la base de la banque de données informatisée sur l'irrigation particulière.

Dans le même temps on procèdera à la compilation des études déjà effectuées, dans ce domaine, par photo-interprétation d'images satellitaires. La méthodologie sera mise au point sur la ZARI représentative de PUEMBO - PIFO qui servira de vérité-sol. Elle sera ensuite éprouvée sur les autres terrains représentatifs sélectionnés. Une fois ce travail terminé, on passera à la photo-interprétation systématique en collaboration avec le CLIRSEN.

### 3. Produits attendus

Pour chaque zone d'Analyse et de Recommandation pour l'Irrigation ( ZARI ) :

- la carte au 1/50 000 des acéquias et des périmètres
- une fiche de description de chaque acéquia
- une fiche de description de chaque périmètre
- un schéma d'organisation entre acéquias et périmètres
- une fiche de synthèse.

Pour le bassin hydrographique: une fiche de chaque bassin unitaire comprenant le réseau hydrographique et la localisation des prises et des rejets.

### 4. Durée de l'opération

Très difficile à déterminer vu la complexité du problème. L'information s'est révélée à première vue très décevante et sans rapport avec la réalité. En fait, sa qualité variera selon les agences.

D'un autre côté, on peut espérer que les nouveaux inventaires prévus sur le Guayllabamba nous seront d'une grande utilité.

On estimera donc la durée des travaux entre 1 an et 18 mois.

### 5. Personnel

ORSTOM : P. LE GOULVEN  
T. RUF

INERHI : W. CARRERA  
M. PROANO

E. GUERRA  
M. HERMOSA  
M. ROJAS ( à partir de juin )

PRONAREG : photo-interprètes

## 6. Formation et Valorisation

- Formation à la critique des documents et à leur analyse.
- Formation à la photo-interprétation.
- Organisation d'un travail systématique d'inventaire.
- Schématisation d'un problème réel extrêmement complexe.
- Structuration d'une banque de données.

## 7. Collaborations externes

- **Permanent**
  - . INERHI (Direction de l'Administration de l'Eau, agences régionales)
  - . PRONAREG (équipe de photo-interprétation)
  - . Corporations régionales de développement (CRM, PREDESUR, CREA, CEDEGE).
- **Eventuelles**
  - . Le CLIRSEN et le bureau de télédétection de l'ORSTOM en cas d'utilisation du satellite SPOT.

## 8. Documentation de base

- Cartographie au 1/50000 de l'usage du sol et des formations végétales de la Sierra - PRONAREG - ORSTOM.
- Cartographie au 1/200000 des formations végétales et de l'usage du sol de la Costa - PRONAREG - ORSTOM.
- Inventaire des réseaux d'irrigation - INERHI (diverses Directions).
- Mémoires techniques sur les canaux et les concessions d'irrigation (agences régionales de l'INERHI).
- Enquêtes sur la distribution de l'eau d'irrigation au niveau de l'utilisateur. 1977 - ANDERSON ET DAINES.
- L'agriculture dans six communautés de la vallée du Chota - 1977 - J. VAN ZIJL - CESA.
- Etude des acéquieras de la zone du Chota - 1985 G. KNAPP.

### III CARACTERISATION FONCTIONNELLE

#### 1. Travaux antérieurs, justification, résumé méthodologique

Améliorer l'irrigation, c'est d'abord la connaître. La phase antérieure permettra de visualiser son aspect extérieur. Il faut maintenant dépasser ce stade descriptif pour évaluer et mesurer son fonctionnement. C'est l'objet de cette deuxième partie.

Il n'existe pas encore d'études de ce type en Equateur. Les quelques documents cités antérieurement (première phase) ont largement mis l'accent sur la phase de description. Il est possible que la complexité du problème ait rebuté bon nombre de personnes.

En effet, l'irrigation particulière, notamment dans la Sierra, ne répond pas souvent aux normes couramment admises et de ce fait, les indicateurs généralement cités dans la littérature n'ont parfois aucune signification.

Les études de terrain ( opération B ) devront donc fournir les indicateurs représentatifs des fonctionnements hydraulique, agricole et socio - économique, et permettre un diagnostic de situation qui souligne les problèmes dominants.

Certains indicateurs seront calculables à partir des paramètres descriptifs de la première phase, mais d'autres seront appréhendés directement. A ce niveau, on devra choisir entre 2 méthodes de travail:

- en cas de financement extérieur, on procéderait à un inventaire physique qui permettrait de compléter les paramètres descriptifs manquants et de relever tous les indicateurs de fonctionnement. Un tel inventaire serait donné à des équipes contractuelles qui partiraient sur des périmètres déjà localisés et avec des objectifs très précis.
- sans financement, l'inventaire ne pourrait être mené que sur quelques bassins hydrographiques par le personnel de l'INERHI. Pour le reste du pays, on effectuerait un transfert des résultats acquis sur les terrains représentatifs vers les ZARI aux structures comparables (appartenance à un même groupe).

Il va sans dire que la deuxième solution entraînerait une perte importante de précision dans le diagnostic.

Quelle que soit la solution choisie, la qualité de la caractérisation dépendra beaucoup du sérieux avec lequel aura été menée la phase de description.

## OPERATION D EGRADIE

La gestion rationnelle de l'eau est nécessaire pour satisfaire des besoins toujours plus pressants et résoudre les conflits entre les différents utilisateurs.

On abordera cette gestion par grand bassin hydrographique, en calculant la ressource disponible en divers points, mois par mois et année par année.

Pour cela, on considèrera les 2 aspects fondamentaux habituels que sont l'offre et la demande en eau:

L'offre sera évaluée en adaptant un modèle de transformation pluie-débit, discrétisé spatialement sur les bassins versants unitaires et additionnels définis dans l'opération A.

La demande, elle, s'étudiera sur la base des ZARI, en tenant compte des besoins climatiques, des caractéristiques de l'infrastructure et des systèmes de culture; on s'appuiera donc sur les études de terrain menées conjointement avec les autres disciplines (Opération B) et sur l'inventaire prévu dans l'opération C.

Cependant, l'inventaire des ressources et leur gestion sont étroitement subordonnés à une bonne connaissance des éléments du climat. C'est donc par cet aspect que le travail commencera.

L'opération sera divisée en 4 composantes principales:

D1 : Caractérisation hydroclimatique préliminaire

D2 : Evaluation des besoins

D3 : Evaluation de la ressource en eau

D4 : Confrontation des ressources aux besoins

Il faut souligner l'intérêt qu'a suscité cette opération auprès d'autres instituts (Institut National de Météorologie et d'Hydrologie, Ecole Polytechnique Nationale), ou d'autres directions de l'INERHI (Administration de l'eau). Un accord est déjà établi pour répartir le travail, toujours pesant, de collecte et traitement de l'information de base, et cette collaboration devrait continuer jusqu'à la phase de synthèse, surtout dans les composantes D1 et D3.

## D1 CARACTERISATION HYDROCLIMATIQUE PRELIMINAIRE

### I. PLUVIOMETRIE

#### 1. Travaux antérieurs et justification

Au niveau national, deux études méritent d'être mentionnées:

- L'analyse pluviométrique effectuée par PRONAREG - ORSTOM dans le cadre de l'inventaire des ressources en eau. Les stations ont toutes été inspectées, leurs caractéristiques physiques définies et des critères de qualité établis. Une période de référence de 10 ans a été choisie ( 1964 - 1973 ). Le manque de moyens de calcul n'a malheureusement pas permis un traitement complet de l'information et l'étude commence à dater. Néanmoins, elle doit être une base d'appui privilégiée, étant donné le sérieux avec lequel les analyses ont été menées.
- L'étude des pluies mensuelles et annuelles (jusqu'à 1978), réalisée par l'Institut National d'Energie électrique (INECEL), dans le cadre de son plan d'électrification. Il est regrettable que les résultats publiés ne fassent aucune mention d'une quelconque vérification des données. Vu par ailleurs le caractère spécifique des objectifs poursuivis, l'analyse a surtout porté sur les régions à forte pluviosité qui ne nous intéressent guère. Les résultats ont été utilisés par l'INERHI ( Plan National des Ressources Hydriques ) et ont abouti au tracé d'isohyètes interannuelles dont on tiendra compte.

Il convient également de souligner deux études régionales réalisées par INAMHI dans le Nord et le Sud du couloir interandin, dans lesquels le traitement de l'information par simples et doubles masses a été abordé.

Malgré cela, le service national de météorologie ( INAMHI ) publie encore des précipitations annuelles supérieures à 35 mètres: on voit donc que le problème d'homogénéisation reste pendant.

Or l'utilisation d'un modèle hydropluviométrique exige une information de qualité. Les études antérieures visaient à calculer des paramètres interannuels figés (moyennes, variances,...); mais un modèle de gestion et de planification doit tenir compte de la succession chronologique des événements.

Il convient donc de ne pas négliger l'étude pluviométrique proposée.

## 2. Résumé méthodologique

Après une analyse bibliographique des principaux phénomènes climatiques qui sont à l'origine des précipitations en Equateur, de leur périodicité et de leurs grandes zones d'influence, on procédera à l'homogénéisation des données historiques des stations sélectionnées, par la méthode des simples et doubles masses ou par celle du vecteur régional.

Puis on analysera quantitativement les séries chronologiques retenues, en mettant l'accent sur leurs caractéristiques saisonnières; leur distribution statistique, les effets de tendance rencontrés et l'impact des phénomènes pseudo-cycliques.

On choisira, alors, une période commune en fonction de la longueur des séries et de la durée de planification escomptée, et on complètera les données manquantes par corrélations inter-postes.

Enfin, on élaborera une zonification précise, selon les caractéristiques précédemment calculées et les effets dûs au relief (relations pluie-altitude). Elle permettra de calculer la pluie moyenne sur chaque bassin et de définir une chronique synthétique des pluies mensuelles, conforme aux caractéristiques des stations avoisinantes et en relation avec leurs zones d'influence respectives.

## 3. Produits attendus

### - **Produit principal**

Création, sur chaque bassin unitaire, de chroniques pluviométriques moyennes mensuelles durant une période prédéterminée.

### - **Produit annexe**

Création d'une banque de données mensuelles et annuelles (information pluviométrique, programmes de traitement et de gestion).

## 4. Durée de l'opération

La durée initialement prévue (15 mois) est maintenue: cependant, le travail n'ayant réellement débuté que début mars, suite à des problèmes de disponibilité en personnel (transfert d'un autre département), l'opération devrait se terminer fin mai 1988.

## 5. Personnel

ORSTOM	INERHI
P. Le Goulven	M. Aleman
	R. Diaz
INAMHI	A. Segovia
EPN	Administration de l'eau

## 6. Formation et valorisation

### - Formation

Analyse critique et synthèse de données aléatoires.

Rédaction de notes méthodologiques sur les techniques employées et élaboration de manuels d'utilisation des programmes informatiques.

### - Publications

Communication ou article sur les "caractéristiques pluviométriques de certaines régions sèches d'Equateur".

Rapport final sur les caractéristiques pluviométriques de l'Equateur.

## 7. Collaborations externes

### - Permanentes

. INAMHI (Institut National de Météorologie et d'Hydrologie).

. ORSTOM - PRONAREG.

. INECEL (Institut Equatorien d'Energie Electrique)

. Corporations Régionales (CEDEGE, CREA, CRM, PREDESUR).

. INERHI: Département du Plan National des Ressources Hydrauliques et Direction des Etudes.

- **Eventuelles**

- . Commission Permanente du Pacifique Sud à travers son programme ERFEN (Etude régionale du phénomène du Niño).
- . Laboratoire Hugo de Vries d'Amsterdam par l'intermédiaire du professeur T. VAN DER HAMMEN. Cette collaboration permettrait d'estimer l'origine et la durée de la tendance à la sécheresse détectée sur la côte Sud de l'EQUATEUR. Elle ne pourrait avoir lieu que dans le cas d'un financement extérieur.

8. Principaux documents à consulter

- Etudes hydrométéorologiques et hydrogéologiques préliminaires (MAG-ORSTOM):
  - . Pastaza, Chimbo et Chanchán
  - . Cañar, Paute et Sud-Equatorien
  - . Esmeraldas et Nord-Equatorien
  - . Guayas, la Péninsule et le Manabí
- Les climats de l'Equateur: fondements explicatifs. P. POURRUT. (CEDIG - IPGM - ORSTOM).
- Etude Hydrologique du bassin du río MIRA (INAMHI) - non publié officiellement.
- Résultats obtenus par le Plan National des Ressources Hydriques dans le cadre de sa collaboration avec le CEDEX.
- Les bulletins de l'ERFEN. Commission Permanente du Pacifique Sud - Paez 370 y Robles - 6ème étage - Quito.
- Etude agroclimatologique des régions hautes d'Amérique du Sud - FRERE et RIJKS (FAO - UNESCO - OMM).
- Etude régionale intégrée de l'Altiplano Cundiboyacense: volume méthodologique et étude générale. (IGAC - ORSTOM).

## II CLIMATOLOGIE

### 1. Travaux antérieurs et justification

Au niveau national, on ne peut citer que l'étude PRONAREG - ORSTOM. Si la température a pu être appréhendée dans la plupart des cas, les autres paramètres ont été très peu répertoriés, par manque de données.

Douze ans après, la situation est différente: on possède, maintenant, des données mensuelles à peu près complètes sur un bon nombre de stations, et l'arrivée des moyens informatiques en permettra l'analyse par simples masses, ce qui n'avait pas encore été réalisé.

Il faut également signaler certaines études ponctuelles de bon niveau, comparant différentes formules d'évapotranspiration potentielle entre elles.

Le temps est venu d'étendre ces comparaisons à un niveau spatial plus vaste et de délimiter les zones de validité des différentes formules, pour mieux évaluer les besoins en eau des cultures.

Les gelées constituent un facteur limitant pour l'agriculture et conditionnent parfois l'élaboration des calendriers agricoles: il est donc important de connaître leur répartition et leur fréquence d'apparition, ce qui n'a encore fait l'objet d'aucune étude en Equateur.

### 2. Résumé méthodologique

La méthodologie évoquée dans le paragraphe "pluviométrie" reste valable ici, jusqu'à l'extension des données par corrélations.

Il va sans dire que les techniques employées seront simplifiées, étant donné que les données climatiques varient, dans le temps et l'espace, de façon moins aléatoire que les précipitations.

On calculera l'ETP (évapotranspiration potentielle) par plusieurs formules dont le nombre et le type dépendront des paramètres recueillis; on les comparera entre elles ainsi qu'aux résultats fournis par le bac d'évaporation; puis on choisira la formule la plus adaptée dont on délimitera l'aire d'influence.

Elle sera alors corrélée avec les calculs obtenus par une formule plus simple (THORNTHWAITE), et on appliquera l'ajustement aux stations ne possédant que des données de températures.

Après avoir étudié la variation spatiale de l'ETP "standardisée", on pourra établir une moyenne mensuelle et annuelle réaliste des valeurs, sur chaque bassin unitaire.

Pour ce qui concerne les gelées, on comparera d'abord température au sol et sous abri: suivant les résultats obtenus, on évaluera mensuellement la durée et la fréquence d'apparition des gelées, dont on cherchera à expliquer les causes, en vérifiant que la théorie proposée soit conforme à la répartition spatiale des événements.

### 3. Produits attendus

#### - Produits principaux

Evapotranspiration potentielle mensuelle et annuelle moyenne sur chaque bassin unitaire.

Localisation, répartition et fréquence des gelées.

#### - Produit annexe

Création d'une banque de données mensuelles et annuelles (information, programmes de traitement et de gestion).

### 4. Durée de l'opération

Initialement prévue de février 1987 à février 1988, l'opération n'a en fait démarré qu'en Mars, souffrant un léger retard dû au départ en stage de l'ingénieur prévu pour la piloter.

On peut cependant espérer que cela ne nuira pas au bon déroulement du travail, et que l'opération se terminera à la date prévue.

## 5. Personnel

ORSTOM : P. LE GOULVEN Hydrologue

INERHI : G. COBO Ingénieur Civil à partir de juillet  
E. GONGORA Ingénieur Civil  
I. SEGOVIA Assistant-Ingénieur à temps partiel  
ADMINISTRATION DE L'EAU

INAMHI - EPN

## 6. Formation et Valorisation

### - Formation

Analyse et synthèse des données aléatoires.

Rédaction de notes méthodologiques et de manuels d'utilisation des programmes de traitement.

### - Publications

Communication ou article sur la "validité des formules d'ETP en milieu tropical de montagne"

Communication ou article sur "genèse et localisation des gelées dans la Sierra Equatorienne"

Rapport final sur les "caractéristiques climatiques des régions sèches de l'Equateur".

## 7. Collaborations externes

### - Permanentes

- . INAMHI
- . ORSTOM - PRONAREG
- . Corporations Régionales
- . Département des études de l'INERHI

### - Eventuelles

- . à identifier

## 8. Principaux documents à consulter

- Pour la méthodologie et les résultats espérés, on consultera les volumes méthodologiques et l'étude générale publiés dans le cadre du projet IGAC - ORSTOM sur l'altiplano Cundiboyacense.
- Etudes hydrométéorologiques et hydrogéologiques préliminaires (MAG - ORSTOM ). On regardera également les annexes où figurent les fiches d'inspection des stations.
- Les études sur "l'Eau en vue de l'irrigation" (MAG-ORSTOM).
- Etude hydrologique du bassin du río Mira (INAMHI)
- Etude Agroclimatologique des régions hautes d'Amérique du Sud - FRERE et RIJKS (FAO - UNESCO - OMM).

### III HYDROMETRIE

#### 1. Travaux antérieurs, justifications et résumé méthodologique.

Les travaux de PRONAREG-ORSTOM constitueront, encore une fois, le support principal de cette étude. De nombreuses stations ont été inspectées, et un critère de qualité émis sur chacune d'entre elles.

L'INECEL s'est également intéressé à la question dans le cadre de son plan d'électrification, mais surtout dans des secteurs non irrigués.

Enfin, l'INERHI et la CEDEX ont également réalisé une étude des stations hydrométriques, mais en se fondant principalement sur les résultats de l'INECEL.

Cependant, tous les travaux antérieurs se sont préoccupés de l'analyse des débits observés, sans connaître les prélèvements en amont.

Or, un modèle mathématique de transformation pluies-débits a besoin des écoulements naturels pour caler ses paramètres et vérifier ses résultats.

L'objectif de cette analyse est donc de restituer les apports naturels aux stations hydrométriques choisies et de vérifier l'homogénéité des chroniques reconstituées.

Elle s'appuiera donc sur l'opération C, qui a pour tâche principale de localiser les prises d'eau relatives à l'irrigation privée. Les prélèvements effectués par les périmètres publics seront obtenus auprès des districts de l'INERHI, et ceux concernant l'hydro-électricité et l'alimentation des villes, auprès du Plan National des Ressources Hydriques qui en a déjà fait l'analyse.

## D2 EVALUATION DES BESOINS

Le département du Plan National d'Irrigation de l'INERHI a déjà calculé les besoins en eau des systèmes irrigués et potentiellement irrigables, lors de sa collaboration avec la CEDEX.

Cependant, faute de moyens et de temps, les calculs se sont faits sans analyse des données climatiques, et en ne considérant que des valeurs moyennes interannuelles.

De plus, les superficies prises en compte n'étaient que des estimations arbitraires des résultats publiés par PRONAREG-ORSTOM, et l'efficacité de l'infrastructure était fixée d'après des normes non adaptées à l'irrigation privée.

Pour toutes ces raisons, l'étude des besoins en eau doit être complétée et affinée.

Les travaux de terrain, menés conjointement avec les autres disciplines, permettront de calculer des efficacités de transport, de distribution, et d'application, plus conformes à la réalité.

L'inventaire prévu dans l'opération C nous aidera à mieux circonscrire les superficies irriguées, et l'étude pédologique (opération F) précisera les surfaces potentiellement irrigables.

A partir des analyses pluviométriques et climatologiques antérieures (D1), on calculera les besoins théoriques selon la méthode détaillée dans le bulletin 24 de la FAO, que l'on modifiera en introduisant les notions d'efficacité, de qualité de la ressource, et de risques encourus par toute défaillance de la fourniture.

Les résultats seront comparés aux concessions accordées par l'INERHI, et l'on essaiera d'estimer la consommation réelle, à partir des études de terrain et des diverses situations socio-économiques rencontrées.

Ce travail, évidemment pluridisciplinaire, sera complété par l'analyse des autres besoins en eau (hydroélectricité, eau potable), dont l'évaluation a déjà été faite par la Direction de Planification.

### D3 EVALUATION DE LA RESSOURCE EN EAU

Plusieurs expériences d'évaluation de la ressource hydrique par une modélisation hydrométrique ont déjà été réalisées en Equateur, par l'INECEL (modèle HEC4), par l'INERHI (modèle de THEMES), et par l'Ecole Nationale Polytechnique.

Dans tous les cas, les résultats n'ont pas atteints les espoirs permis, soit que les modèles aient été calés sur les débits observés, et non sur les débits restitués, soit qu'ils n'aient pas été adaptés au milieu montagneux équatorien, pour lequel ils n'ont pas été conçus.

Pour remédier à ces imperfections, on choisira des bassins versants correspondants à des stations déjà existantes, et dont les limites coïncident à peu près avec celles des bassins unitaires définis par PRONAREG-ORSTOM. On y estimera les prélèvements éventuels, par l'inventaire ou des tournées de terrain, et on procèdera à la reconstitution des débits naturels.

Sur chacun de ces bassins, on analysera les relations entre pluies et débits mensuels, pour détecter les facteurs prépondérants de l'écoulement.

On testera, alors, une série de modèles, en comparant leurs résultats aux valeurs reconstituées, et on sélectionnera la meilleure option (modèle original ou modifié).

Une fois ce choix effectué, on estimera les paramètres de calage en les reliant aux caractéristiques physiques des bassins, dans l'optique de les transposer sur des surfaces non étudiées.

Le calage définitif se fera par grand bassin hydrographique, en comparant les débits calculés aux valeurs reconstituées, pour chacune des stations hydrométriques rencontrées.

#### D4 CONFRONTATION DES RESSOURCES AUX BESOINS

Le bilan entre offre et demande en eau se fera simultanément sur chaque bassin unitaire et additionnel, mois par mois, et sur un nombre d'années fixé par l'étude pluviométrique.

Un premier diagnostic sera établi sur la situation actuelle, et on mesurera ensuite l'impact des différentes actions proposées sur la disponibilité en eau.

Les composantes D3 et D4 devraient débiter en septembre 1987, alors que la dernière devra attendre la constitution de la banque de données sur l'irrigation, au moins pour un grand bassin hydrographique.

---

# OPERATION E

## OCASEZIE

### 1. OBJECTIFS

L' "observatoire des changements agricoles et socio-économiques des zones irriguées équatoriennes" est consacré à l'étude des dysfonctionnements relevant de l'analyse agronomique et socio-économique. Il comprend des travaux fondamentaux qui s'appuient sur les ZARI représentatives (exploitation des données de terrain) mais aussi des travaux de traitement de l'information sur l'ensemble des zones irriguées du pays.

Cette opération se divise en cinq composantes que nous détaillerons ci-après :

- E1. 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 productivités agricoles actuelles et potentielles dans chaque ZARI.
- E4. Evaluation ex-post d'un projet public d'irrigation et comparaison avec une situation voisine "hors projet".
- E5. Etablissement de comptes macro-économiques par ZARI.

### 2. TRAVAUX ANTERIEURS, JUSTIFICATIONS

Plusieurs inventaires socio-économiques ont été réalisés à partir des unités administratives comme la paroisse, le canton, la province dans le cadre de la coopération entre l'ORSTOM et PRONAREG (MAG). On dispose ainsi de descriptifs concernant la terre, la force de travail, les cultures et l'élevage, la productivité agricole...etc.

Si ces travaux furent utiles, en particulier pour raisonner notre choix de ZARI (cf.opération A), il faut cependant souligner que l'agriculture irriguée n'a jamais constituée un objet d'étude spécifique jusqu'à maintenant: par conséquent la plupart des données n'isole pas ce qui revient à l'agriculture pluviale hors périmètres irrigués de ce qui correspond à l'agriculture irriguée et parfois pluviale dans les périmètres irrigués.

On dispose cependant de quelques éléments structurels à travers notamment les cartes d'utilisation du sol et les fiches de terrain correspondantes. Quant aux études sur le fonctionnement actuel des zones irriguées, il apparaît dans l'état actuel des connaissances qu'elles sont rares, ponctuelles. Encore plus rares sont celles qui retracent la dynamique de développement de l'irrigation non publique en Equateur.

Ceci donne à l'observatoire un rôle de promotion et de capitalisation des études sur le fonctionnement actuel de l'irrigation. On cherchera la nature des contraintes, leurs origines, les marges d'évolution, les possibilités d'intervention pour mieux gérer la ressource eau.

### 3. PRESENTATION DE CHAQUE SOUS-OPERATION: JUSTIFICATION, RESUME METHODOLOGIQUE, PRODUITS ATTENDUS, DUREE, PERSONNEL.

#### E1. Méthodologie du diagnostic sur la répartition de l'eau dans les ZARI et recherche sur l'amélioration des tours d'eau

La répartition actuelle de l'eau disponible résulte d'un processus historique de constitution de réseaux, d'achats de droit d'eau et d'héritages. Pour comprendre et juger le système de répartition dans chaque ZARI, il est nécessaire de procéder à trois caractérisations différentes:

- Equité de la répartition de l'eau entre périmètres
- Equité de la répartition entre utilisateurs d'un même périmètre
- Adéquation entre la dotation globale, le fonctionnement du tour d'eau (module, horaire, période) et le comportement hydrique des sols (voir opération spéciale sur ce sujet: F)

#### a) Equité entre périmètres.

Il s'agit d'identifier les acéquias, leurs dotations, les périmètres correspondants et leurs superficies; d'élaborer un schéma de distribution en précisant pour chaque périmètre son altitude moyenne (on partira du schéma hydraulique que l'on complètera par la disposition des divers périmètres et des acequias); de calculer le débit fictif continu par hectare, indicateur de l'équité de la répartition en liaison avec l'altitude; de noter, quand c'est connu, la présence de conflits ou au contraire d'accords de répartition, ou bien l'absence apparente de règles sur le prélèvement de l'eau dans les rios.

Une très forte inégalité des dotations ne pourra probablement pas être aplaniée de façon brutale, du fait des risques de conflits sociaux qu'entraîneraient des décisions externes à la zone. Il faudra donc rechercher un consensus entre les groupes d'utilisateurs en incluant ce problème de répartition dans celui de l'amélioration des infrastructures: accroissement et sécurité de l'approvisionnement global de la ZARI.

Si l'amélioration des infrastructures permet de doter tous les périmètres d'un débit satisfaisant, le consensus pourra probablement être trouvé; si elle ne peut atteindre cet objectif, il sera bien plus difficile de répartir... le manque d'eau, en particulier si certains groupes disposent de suffisamment d'eau, par droit hérité ou par situation géographique favorable dans le système de distribution de l'eau.

b) **Equité entre utilisateurs d'un même périmètre.**

Dans tous les cas où un périmètre est constitué de petites et moyennes exploitations, se pose le problème de l'équité de la répartition du débit disponible. Deux cas se présentent:

- existence d'un tour d'eau organisé
- distribution à la demande

On repèrera les secteurs du périmètre étudié où se profile un manque d'eau; on cherchera des explications dans le dérèglement du tour d'eau ou dans l'existence de situations de rente.

C'est l'expérience acquise dans les travaux de terrain (ZARI représentatives de l'opération B) qui nous donnera tous les cas de figures de la répartition inégale et inefficace de l'eau, et les moyens de les identifier par enquête rapide sur d'autres ZARI.

L'amélioration ou la création de tour d'eau dans un périmètre suppose une étude d'adéquation entre la demande des cultures, le comportement hydrique des sols, les connaissances techniques des irriguants, et le consensus social pour répartir la ressource.

Les facteurs qui jouent sur l'optimisation du tour d'eau sont les suivants:

- demande climatique de la plante cultivée la plus exigeante de la zone.

- dotation maximale que le sol peut incorporer sans perte au champ, fonction de la capacité au champ, du point de flétrissement permanent, de la densité apparente du sol, de la profondeur d'enracinement de la plante considérée.

Ces deux éléments donnent le rythme de l'irrigation nécessaire et par conséquent la période du tour d'eau.

Ensuite il faut chercher les modalités du tour d'eau, c'est à dire le module et les horaires d'irrigation par hectare. Etant donné que l'essentiel de l'irrigation s'effectue à la raie, on doit tenir compte de plusieurs facteurs:

- la taille et de la forme des parcelles,
- l'orientation et de la longueur des sillons,
- le temps de progression de l'eau dans les sillons,
- le temps d'humectation du profil cultural,
- les pertes éventuelles aux colatures et dans le sol,
- le temps que l'irrigant veut consacrer à l'opération,
- sa présence continue ou non continue au champ,
- les risques d'érosion.

Il s'agira donc de concevoir une méthode de diagnostic sur la répartition de l'eau en prenant en compte les conditions équatoriennes de l'irrigation, et de proposer des recommandations adaptées. Les opérations G (étude des phénomènes d'érosion liés à l'irrigation) et F (étude du comportement hydrique des sols) devraient permettre de fournir les références techniques indispensables à la réalisation de ces diagnostics. A l'issue de cette sous-opération E1, un manuel sera rédigé afin que n'importe quel ingénieur de terrain puisse effectuer lui-même le diagnostic.

Durée de l'opération : deux ans (deux campagnes d'irrigation)

Personnel : INERHI: Marcelo Proaño, Martha Durán,  
 ORSTOM: Thierry Ruf.  
 travail conjoint avec les opérations D, F & G.

E2. Dynamiques agraires autour des aménagements hydro-agricoles (perspectives historiques)

Cette sous-opération a pour but de retracer l'histoire des zones irriguées, d'inventorier les diverses transformations des systèmes agraires, de trouver des indicateurs simples les reflétant. On procédera à l'analyse historique des changements techniques, agricoles, économiques et sociaux des ZARI représentatives et de certaines autres zones, choisies en fonction de l'existence de documents monographiques. Ce travail sera confié essentiellement à un ingénieur agronome français, Mlle. Angela Hilmi (deux ans de présence en Equateur à partir d'Octobre 1987 en vue d'une thèse), qui en développera la méthodologie en liaison avec l'équipe INERHI-ORSTOM en temps opportun.

E3. Détermination des productivités agricoles actuelles et potentielles dans chaque ZARI, et des éléments explicatifs de ces productivités.

Dans la plupart des documents de factibilité de projets, on mise sur une transformation rapide de l'agriculture qu'induirait le projet pour en déduire une certaine rentabilité propre à satisfaire les exigences des bailleurs de fonds. Cette vision repose sur l'idée que des améliorations structurelles entraînent obligatoirement l'accroissement des rendements agricoles jusqu'à l'obtention de productions équivalentes à ceux obtenus en stations de recherche agronomique. Dans certains cas, le document de factibilité introduit en plus une notion de temps nécessaire pour atteindre le modèle d'agriculture intensif proposé par le projet: trois, cinq, sept ans...etc.

Cette projection réalisée par les bureaux d'étude apparaît fort discutable pour deux raisons essentielles:

- d'une part, elle est circonstancielle; on s'arrange pour atteindre effectivement un taux de rentabilité interne du projet rassurant pour les financiers.

- d'autre part, l'effet de retour peut être aussi important que la surestimation des résultats: après quelques années règne un sentiment d'échec, échec que l'on attribue volontiers aux agriculteurs jugés incapables d'atteindre ces objectifs. Or, ceux-ci n'ont jamais été fixés par eux et ne correspondent pas toujours ni à leurs moyens, ni à leurs contraintes de gestion.

La sous-opération E3 aura pour objectif d'examiner de manière réaliste quelle est la productivité actuelle et potentielle des principales Unités d'Usage du sol telles qu'elles ont été définies par l'équipe ORSTOM-PRONAREG pour l'établissement des cartes d'usage du sol. On définira quelle pourrait être l'amélioration de cette productivité en cas d'amélioration sensible des conditions d'irrigation .

PAA = productivité agricole actuelle d'une Unité d'Usage du Sol

PAP = productivité agricole potentielle d'une Unité d'usage du sol (avec irrigation maîtrisée)

Comme dans la plupart des cas, une ZARI comprend plusieurs Unités d'Usage du sol; il faudra donc décomposer la PAA et la PAP d'une ZARI.

### Résumé méthodologique

On commencera par caractériser l'Unité du Sol par un assolement précis, avec la proportion de chaque sole. On cherchera pour chaque production végétale ou animale des données sur les rendements passés (d'une vingtaine d'années) et actuels, afin de situer la productivité actuelle de chaque production dans une certaine dynamique, et d'estimer l'évolution possible pour les dix prochaines années.

On caractérisera la productivité d'une Unité d'Usage du Sol par l'ensemble des productions dégagées annuellement sur les différentes soles qui la compose. Dans bien des cas, elle sera faible, et on cherchera à expliquer cette faiblesse en ayant recours à plusieurs scénarios:

- Les conditions d'irrigation sont très mauvaises,
  - par manque d'eau généralisé;
  - du fait d'une répartition très inégale;
  - par manque d'organisation de tours d'eau;
  - du fait de pratiques d'irrigation non maîtrisées.
  
- L'écosystème cultivé ne répond plus aux exigences des systèmes de production, avec pour manifestation:
  - la dégradation de la fertilité des sols;
  - des processus érosifs avancés.

- Les systèmes de cultures sont à la limite des biotopes des plantes cultivées,

- allongement des cycles devenant limitant;

- risques de gelées trop importants.

- La répartition foncière est très inégale, ne permettant pas de développer des formes d'agriculture plus intensives dans pratiquement aucune des structures de production (certains hacendados vivent seulement de la rente foncière sans se préoccuper d'agriculture tandis que des petits paysans pratiquent avec difficulté une agriculture de subsistance sur des lopins de terre).

- Les statuts des agriculteurs ne sont pas propices à l'intensification, comme dans le cas de métayage ou d'autres formes précaires de tenure de la terre.

- La force de travail familiale n'est pas disponible,

- parce qu'elle est occupée à d'autres activités;

- parce que le calendrier cultural d'un système plus intensif n'est pas compatible avec le temps réservé par la famille à l'agriculture;

- par ailleurs, la force de travail extérieure est rare et chère (à certaines périodes clefs) pour suivre un modèle plus intensif.

- Il n'y a pas d'association entre l'agriculture et l'élevage: les fonctions de fertilisation, de traction et d'épargne que pourrait assurer l'élevage sont absentes dans les systèmes de production.

- Les moyens techniques et financiers manquent pour réaliser les opérations culturales-clefs.

- Les agriculteurs manquent de formations (analphabétisme), ce qui limite l'accès à de nouveaux référentiels techniques, ou empêche l'analyse critique de nouvelles expériences (et de leurs éventuels échecs).

- Les risques de mauvaise commercialisation sont grands, faute d'organisation de celle-ci par d'autres agents que les commerçants "intermédiaires".

Ces derniers imposent un mode de commercialisation et des prix qui leur assurent le plus grand bénéfice. En conséquence, les agriculteurs, qui pratiquent une agriculture extensive de subsistance, ne sont pas encouragés à évoluer vers une agriculture plus rémunératrice du travail et plus intégrée aux marchés agricoles.

La liste des scénarios expliquant la productivité d'une Unité d'Usage du Sol n'est pas close. On trouvera avec nos études de ZARI représentatives d'autres explications. Dans chaque ZARI, on devra systématiquement associer à la productivité trouvée les éléments explicatifs certains ou probables décelés grâce à des indicateurs simples et facilement prélevables sur le terrain et utilisés dans la deuxième phase de l'opération C de caractérisation exhaustive des ZARI.

Si le nombre initial de ZARI représentatives s'avère insuffisant pour couvrir toutes les unités d'Usage du Sol repérées, on procédera à des enquêtes spécifiques dans un nouvel échantillon de ZARI comprenant ces unités délaissées dans le premier choix (opération A).

Durée : 18 mois

Participants; INERHI - Marcelo PROANO (agronome), Martha DURAN (socio-économiste), deux autres économistes.  
ORSTOM - Thierry RUF (agro-économiste) avec appui d'un VSNA.

#### **E.4 Evaluation ex-post d'un projet public d'irrigation et comparaison avec une situation voisine "hors projet".**

L'INERHI intervient depuis plus de 20 ans dans la conception, la réalisation et la gestion de projets d'irrigation de taille moyenne (1.000 à 10.000 ha). Les évaluations de ces projets sont rares, tant sur le plan strictement économique que sur celui des changements induits par l'intervention publique. On propose dans cette sous-opération de procéder à l'évaluation la plus complète possible des effets d'un projet, selon une méthode pratiquée notamment par le Ministère français de la Coopération. On travaillera par comparaison avec une situation voisine sans projet.

L'évaluation comporte cinq points:

1. Présentation de la situation avant projet.

- milieu physique : climat, géomorphologie, sols, avec les caractères essentiels,
- milieu humain : démographie, économie régionale, types d'exploitations agricoles (foncier, force de travail,...etc)
- fonctionnement ancien de la répartition de l'eau et de son utilisation (infrastructures, règles de répartition, systèmes de cultures irriguées, résultats...)

2. Vie du projet.

- objectifs initiaux pour financer le projet,
- chronologie des réalisations du projet et des éventuelles difficultés, évolution des objectifs,
- types de financement, coûts.

3. Evolution comparée de l'agriculture sur une zone du projet et sur une zone hors projet

- extension des superficies aménagées, irriguées, et de la production agricole.
- y-a-t'il des exploitations agricoles qui ont su ou pu mieux valoriser l'eau apportée par le projet?
- quelles sont les conditions, autres que l'apport d'eau, qui ont joué sur l'évolution décrite? (pression démographique, exode rural, conditions de commercialisation, maladies phytosanitaires, ...etc)
- établir une typologie d'évolution des exploitants agricoles, en précisant l'effet du projet sur chaque type, et la représentation de chaque type.

4. Analyser les réactions du projet par rapport aux résultats obtenus, et les réactions des exploitants agricoles par rapport aux projet.

5. Etablir les comptes macro-économiques de l'année passée selon la méthode "des effets", c'est à dire en décomposant les comptes par principaux agents économiques, la sphère des producteurs agricoles, celle des commerçants, celle des entrepreneurs privés, celle de l'Etat à travers l'institution chargée du projet.

Durée : 6 mois.

Personnel : Deux étudiants français en stage d'ingénieur venant du CNEARC de Montpellier.

#### E5. Etablissement de comptes macro-économiques par ZARI

Connaître la situation macro-économique actuelle et sa possible évolution après amélioration de l'irrigation, telle est l'objectif de cette opération. Il s'agit d'estimer, en fonction du diagnostic sur la situation de l'eau, ....

- le coût d'un projet d'amélioration adapté à chaque ZARI,
- les effets économiques réalistes d'un tel projet.

Cette sous-opération devra être engagée avec beaucoup de prudence, car la succession d'estimation des PAA, des PAP, des valeurs marchandes, des coûts, risque d'entraîner un cumul d'erreurs important. Les détails de E5 ne sont pas encore connus, et il est fort probable qu'il faille définir des méthodes de calcul en fonction de la qualité des études et des inventaires des différentes sous-opérations.

#### 4. RAPPEL DES PRINCIPAUX PRODUITS DE L'OPERATION E.

E1 : - manuel méthodologique sur le diagnostic précis de la répartition de l'eau et le raisonnement de son amélioration dans les ZARI.

- indicateurs de l'équité de la répartition (pour op.C)

E2 : - thèse sur les dynamiques agraires des zones irriguées.

- indicateurs de ces dynamiques (pour op. C, inventaire).

- E3 : - rapport sur la productivité de zones irriguées et des scénarios divers qui l'expliquent.
- caractérisation par extension de résultats d'enquêtes et par éléments d'inventaire de la productivité actuelle et potentielle de chaque ZARI en vue de l'opération H (banque de données).
- E4: - rapport d'évaluation d'un projet public d'irrigation, aspects méthodologiques et résultats.
- E5: - comptes macro-économiques des ZARI.

Par ailleurs, chaque ZARI représentative de l'opération B fera l'objet d'un rapport final d'étude présentant le diagnostic de situation agro-socio-économique (la partie bilan hydrologique étant rédigée par l'équipe de l'opération D (EGRADIE), celle du comportement des sols par l'équipe de F (EPOPIE), celle des risques d'érosion liée à l'irrigation par l'équipe du G (EPELIE)): ce rapport indiquera les possibilités de transformation des systèmes étudiés, et pourra servir de base à l'élaboration et au financement d'un projet adapté à la situation de la ZARI. Il est prévu de présenter les résultats sur le terrain.

## 5. RAPPEL DU PERSONNEL

France : T. RUF (ORSTOM), A. HILMI (thésarde sur 2 ans),  
Un assistant VSNA, Deux étudiants français  
stagiaires (6 mois).

Equateur : M. PROANO (agronome), E. JUNA (économiste),  
M. DURAN (économiste), 2 assistant-dessinateurs

## 6. DUREE DE L'OPERATION

L'ensemble des travaux de l'observatoire s'effectuera tout au long de la vie du projet, soit 30 mois prévus.

## 7. PRINCIPAUX CONTACTS EXTERIEURS

- EQUATEUR :
  - INIAP
  - MAG-PRONAREG
  - CESA et autres ONG
  - Universités
  - Représentation de la FAO
  
- FRANCE :
  - CNEARC et autres écoles agronomiques
  - ORSTOM , UR. systèmes de production dept.E

## 8. PREMIERS ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

ALOP, 1980

Proyecto de apoyo para acciones de regadío y rehabilitación de tierras para grupos marginados de la Sierra ecuatoriana. (agosto 1980) Quito, ALOP. 14p. + annexes

ALOP - CESA - CONADE - FAO - MAG - SEDRI, 1984

La situación de los campesinos en ocho zonas del Ecuador. Quito, Edimpress S.A., 2 tomes 496p

BERNARD A. ET AL. 1974

Ile Censo Agropecuario 1974, Resultados provisionales. Distribución de la tierra. Resumén nacional Quito, MAG-INEC, Convenio MAG-ORSTOM 147p multig.

BOTHMER (von) M.D. 1974 :

Análisis del mercado en el proyecto Montúfar. Semin. intern. las infraestructuras de los distritos de riego. Nov. 1974. Quito, INERHI, DSE, FAO 52p.

DARREGERT B. 1981

Estudio de los sistemas tradicionales de riego en Centro-Loja Ecuador. Semin. Aspectos técnicos y socio-económicos del riego en las zonas marginadas. Dec. 1981. Loja, CATER 46p.

DELAUNAT D. 1986

Las migraciones interprovinciales en el Ecuador.  
Quito, CEDIG, Doc. Investig. ser. Demog. y Geog. Población N. 4

FAO, BIRD. 1975

Ecuador, Tungurahua irrigation and rural development project,  
preparation mission. 2 vol. june 1975.  
Rome, FAO-World Bank cooperative programe.  
Vol. 2: annexes 120p.

FAUROUX E., RAMOS M & Al. PRONAREG 1979

Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano.  
Formación de las estructuras agrarias en el Ecuador. Metodología.  
Quito, MAG-ORSTOM  
95p multig.

FAUROUX E., RAMOS M., & 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 194p C 178p multig

FAUROUX Emmanuel 1983

Les transformations récentes des grandes exploitations agricoles  
dans la Sierra et la Costa de l'Equateur.  
Paris, in:Cah. ORSTOM, ser.Sci Hum.,vol XIX, N. 1  
pp29-42

GALLARDO E. Guillermo (INERHI) 1983

El plan nacional de riego. Comm. symposium "moder.orient.sobre  
pbs planif. y admin. recursos hydraulicos"  
Inst. Italo-Latino Amer., Esc. Polit.Nacional. Quito 14-18:3.83  
pp595-611

GONDARD P. 1985

Du paysage à la planification: inventaire de l'utilisation  
actuelle du sol et des formulations végétales dans les Andes  
équatoriennes.  
Paris, ORSTOM, La 94, In:Dyna.Syst.Agr, à travers champs, agro,&  
géog pp285-288

GONDARD P. 1984

Inventario y cartografía del uso actual del suelo en los Andes  
ecuatorianos.  
Quito, MAG-ORSTOM-CEPEIGE  
92P fig, cart, phot, biblio

GONDARD P. 1985

L'utilisation des terres dans les Andes équatoriennes. De  
l'inventaire à la dynamique des transformations. De  
Montpellier, in:Car.Rech.Devt. N. 6 avril 1985  
pp45-54

MOTHES Patricia A. 1986

Pimampiro's canal: adaptation and infrastructure in northern  
Ecuador.Univ. of Texas et Austin 247p

PORTAIS M. 1978

Las zonas agrícolas para la programación integrada (ZAPI).

Quito, MAG-ORSTOM

391p cart-multig

PORTAIS H. 1986

Repartición geográfica de la población en el Ecuador

Quito. CEDIG-ORSTOM, Doc. Investig. ser. Demog. Poblacion N. 3

20p.

S.A. AGRER N.V. 1982

Proyecto "El Pisque", Plan Maestro Quinquenal. Dirección de  
operación y desarrollo de sistemas de riego

Quito-INNERHI

268p + cart.

SOTOMAYOR V. Jorge, MONTENEGRO Maribel (INNERHI) 1983

El régimen tarifario en aguas en los proyectos en operación del  
INNERHI. Com. Sympo "Modern. orient. s. pbs planif y adm. recursos  
hydraul."

Inst. Italo-Latino amer., Esc. Polit. Nacion. Quito 14-18.3.83

pp659-683

SUAREZ E., VERA D., ENDARA J. ARIAS E., BERNARD A. Y PRONAREG  
1978

Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano... La  
tierra

Quito, MAG-ORSTOM, doc. N. 2

216p multig

SUAREZ E., VERA D., ENDARA J., ARIAS E., BERNARD A. Y PRONAREG  
1978

Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano...  
Población y empleo.

Quito, MAG-ORSTOM, doc. N. 3

403.p multig.

SUAREZ E., VERA D., ENDARA J., ARIAS E., BERNARD A. Y PRONAREG  
1978-

Diagnóstico socio-económico del medio rural ecuatoriano..La  
ganadería

Quito, MAG-ORSTOM, doc. N. 5

254p multig

SUAREZ E., VERA D., ENDARA J., ARIAS E., BERNARD A. Y PRONAREG  
1978

A. Producción agrícola. B. Productividad agrícola. C. Insumos  
agrícolas. D. Calendario agrícola.

Quito, MAG-ORSTOM, doc. N. 4, 4 vol. ABCD

A294p, B397p, C517p, D528p multig

THOMASSIN M.M. 1985

Analyse des données et représentation cartographique. Un exemple:  
dominantes culturales et élevage de la Sierra équatorienne.

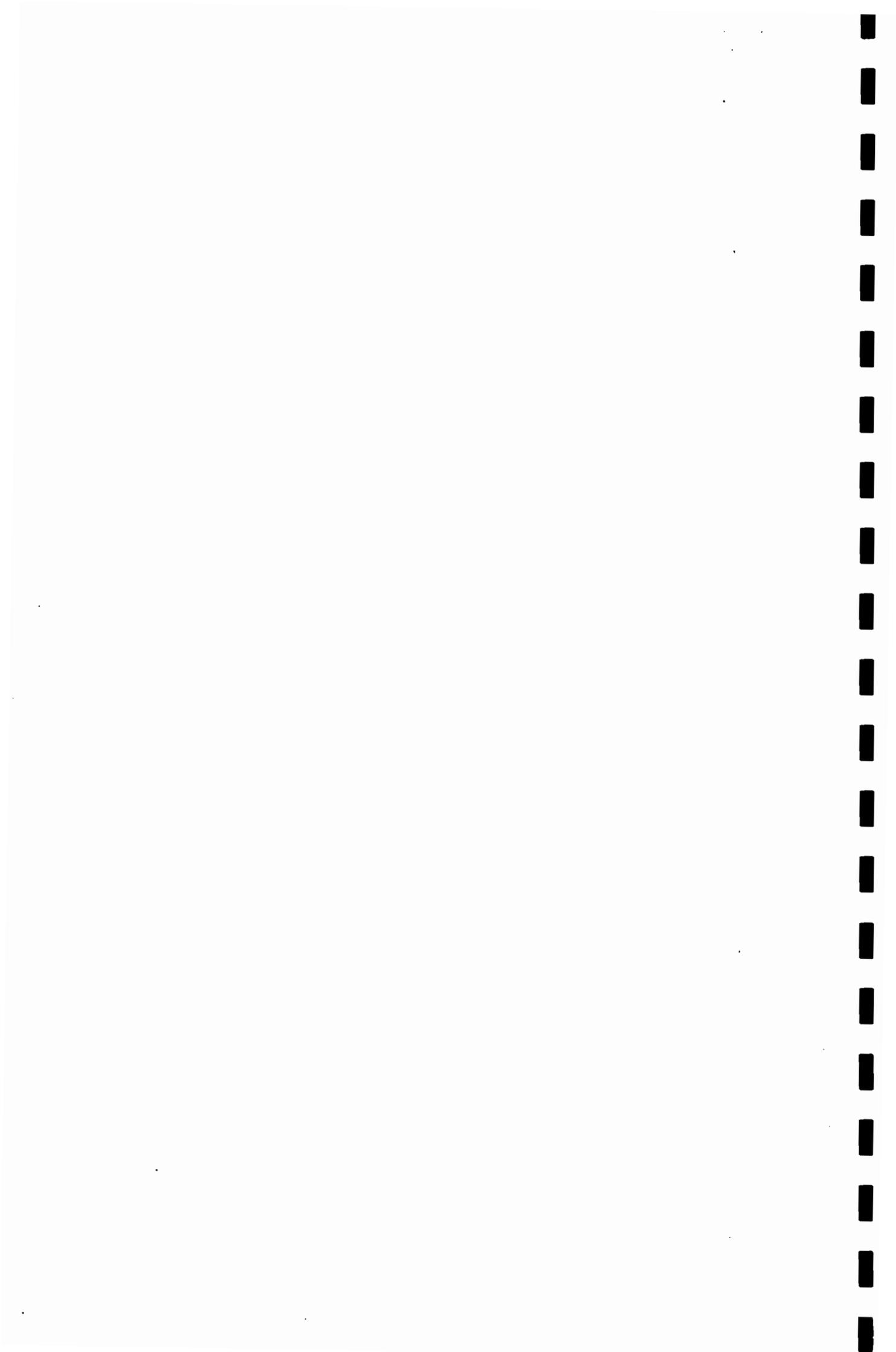
Com. Franç. de Cartog., Bull. N. 2, fasc.104, pp19-30 fcart

USAID (United States Agency for International Development) 1980  
Small farm irrigation improvement in Salcedo, Ecuador: technical,  
economic & institutional feasibility. Prepared by  
HANCOCK K., ANDERSON A. & al.S  
Washington, D.C., USAID

VERA ALARCON D., PORTAIS M. 1979  
Delimitación de las zonas agrícolas para la programación  
integrada (ZAPI) 1. Costa 2. Sierra.  
Quito, PRONAREG-ORSTOM, Min. Agric y Ganad. (MAG) Junio 1979  
391p

VINVINELLI P. CACCIAMANI D. 1983  
Proyecto para el desarrollo del cultivo de arroz en la cuenca del  
río Guayas - Ecuador. Com. Sympo. Modern. orient. s. pbs. planif. Admin.  
rec. hydric.  
Inst. Italo-Latino Americ. Esc. Polit. Nacion. Quito 14-18.3.83  
10p

---



# OPERATION F

## EPOPIE

Comportements hydriques, étude des contraintes édaphiques et potentiels d'extension des périmètres irrigués par ZARI.

### 1. Objectifs

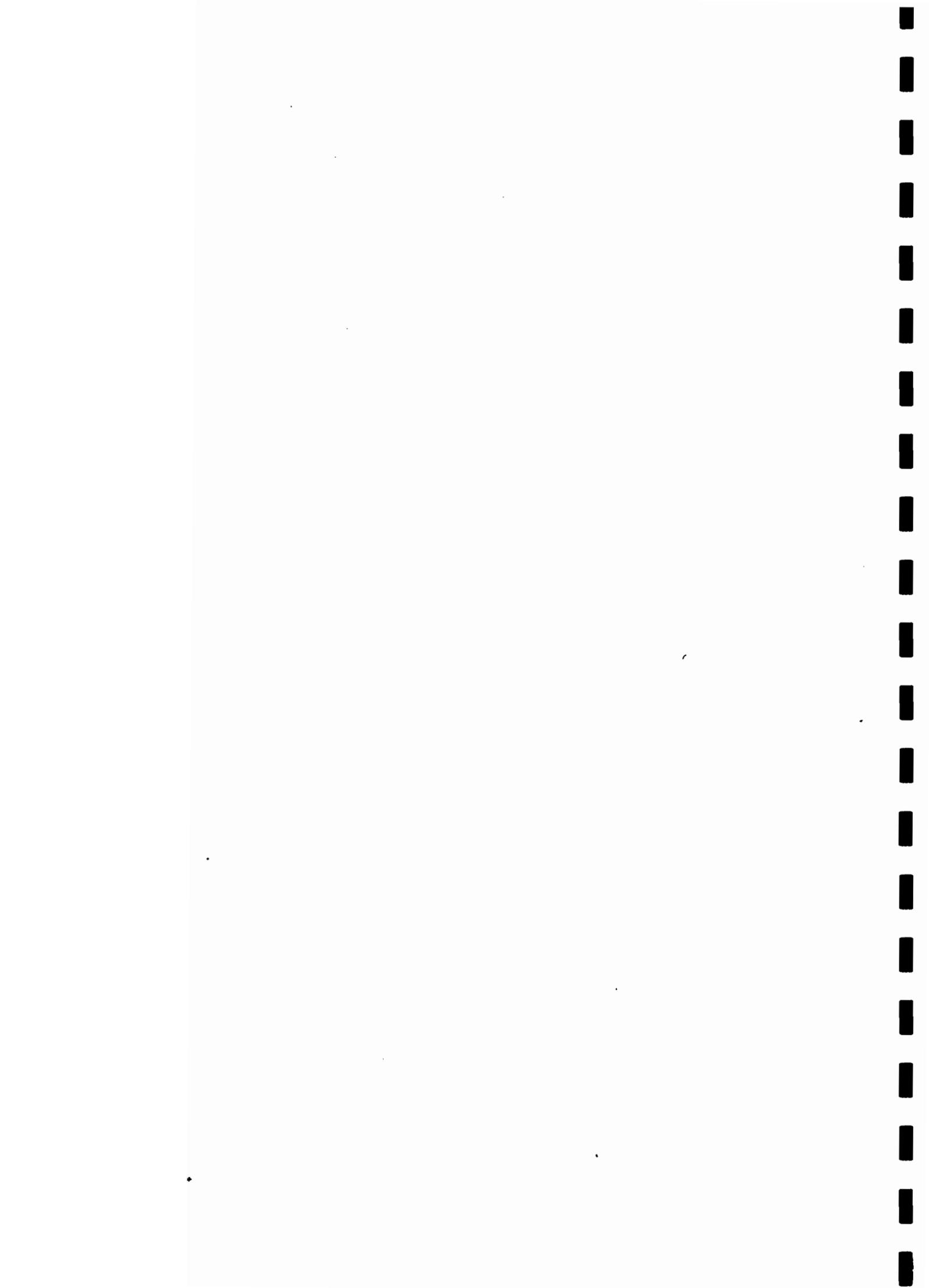
Cette opération appelle la responsabilité d'un chercheur français de l'ORSTOM: ses composantes ne sont donc pas encore connues dans le détail, mais elles s'orientent selon les axes suivants:

- Un regroupement des catégories de sols définis par PRONAREG-ORSTOM selon leur comportement hydrique, permettant de cartographier la réserve utile des sols, et de caractériser de ce point de vue les différentes ZARI du pays.
- Une étude précise, sur les ZARI représentatives, de ce comportement physico-hydrique dans chacun des périmètres, afin de juger l'adéquation de la distribution de l'eau, tout en obtenant de nouvelles références sur les catégories de sols présentes. On examinera aussi l'influence des façons culturales sur l'économie de l'eau.
- Une estimation critique de l'influence de l'irrigation et des systèmes de production correspondants, sur les caractéristiques des sols.
- Une analyse fine des critères de délimitation des zones potentiellement irrigables (en liaison avec l'opération G).

### 2. Antécédents, justifications

On dispose d'une couverture pédologique très complète sur le pays, mais les légendes ne permettent pas une exploitation directe de ces documents: il faut donc les interpréter et procéder à de nouvelles mesures, orientées sur les problèmes hydriques.

En 1987, un premier suivi de parcelles sur la ZARI de PUEMBO-PIFO permettra de formuler quelques hypothèses sur l'adéquation entre les pratiques d'irrigation et les caractéristiques physico-hydriques de sols sablo-limoneux sur "cangahua" bien représentés dans le nord de la Sierra. Par ailleurs, on évaluera de manière systématique la dotation utile que peut recevoir le sol dans chaque périmètre de la ZARI, ceci venant compléter l'étude agro-sociologique sur la répartition de l'eau et la campagne de jaugeages prévue en pleine saison sèche (juillet-août-septembre). Ce travail sera poursuivi et affiné avec l'arrivée du chercheur pédologue pressenti.



# OPERATION G

## EPELIE

### 1. Objectifs

Comme la précédente opération, cette étude n'a pas encore été définie dans les détails, étant sous la responsabilité future du groupe de travail MAG-ORSTOM sur la dégradation des sols par l'érosion: ne seront présentées ici que les axes généraux de recherche.

- identification des phénomènes d'érosion dûs directement ou indirectement au transport et à l'utilisation de l'eau. Importance de ces phénomènes dans les ZARI représentatives.
- recherche des paramètres favorisant les processus érosifs décrits précédemment; notamment l'évaluation des vitesses linéaires limites pour la pratique de l'irrigation à la raie ( la plus répandue) en fonction de la pente, du type de sols et de système cultural.
- recherche de dispositifs de conservation des sols ( pré-vention ou récupération, lorsque l'érosion existe déjà).

### 2. Antécédents. justifications

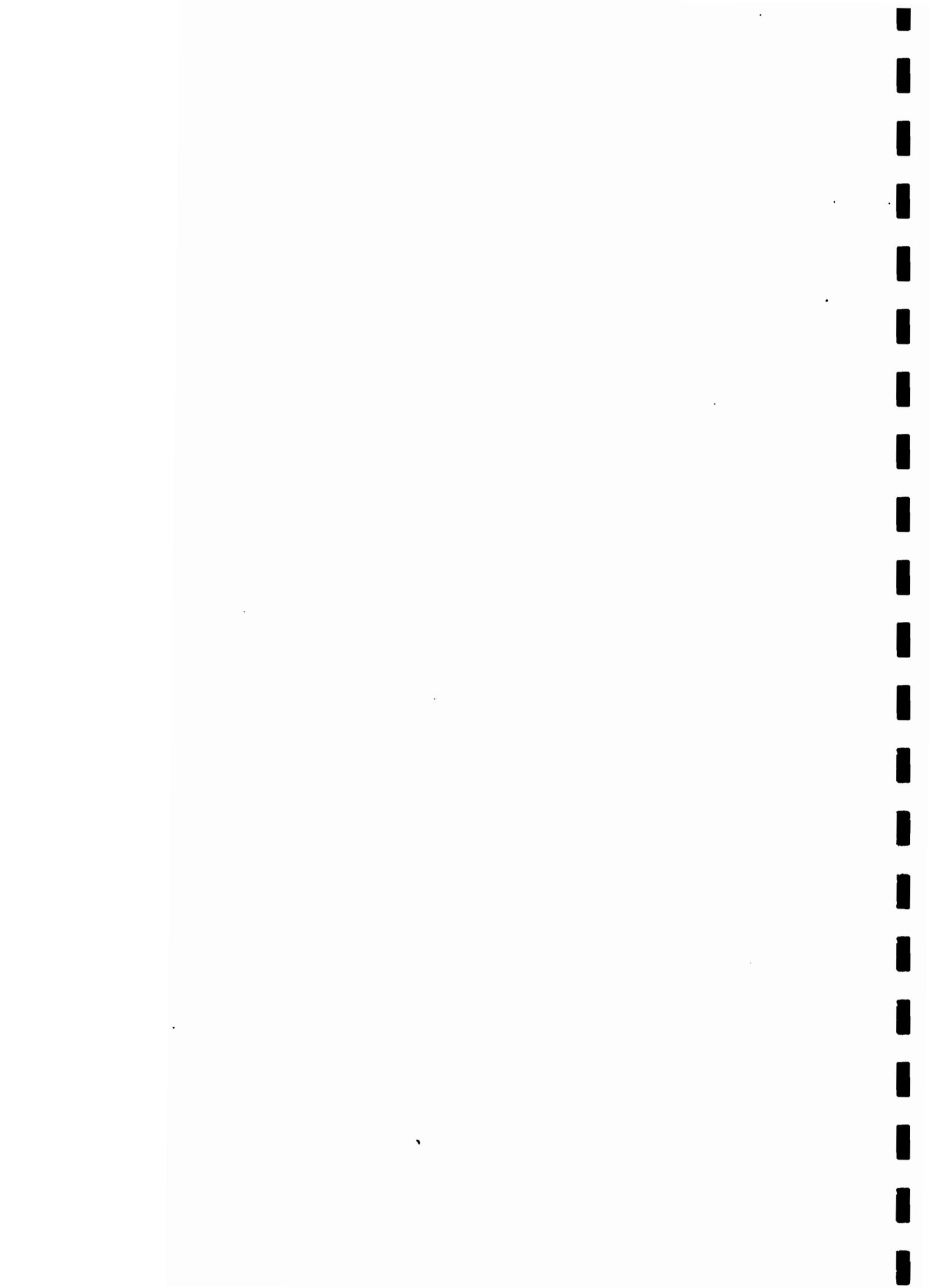
Une équipe MAG-ORSTOM (PRONACOS) étudie depuis déjà plusieurs années les processus érosifs d'origine éolienne et ceux liés aux ruissellements après les pluies. Suite aux contacts pris au démarrage du projet de recherche INERHI-ORSTOM, et aux observations réalisées dans les premières tournées de terrain, il est apparu que l'érosion dans les zones irriguées n'est pas négligeable, mais bel et bien négligée.

Or, un processus de dégradation des sols peut signifier l'existence d'un dysfonctionnement local ou général dans la zone d'irrigation.

C'est pour comprendre ces phénomènes et pour disposer de leurs représentations dans toutes les ZARI, que l'idée d'une collaboration entre les deux équipes de recherche a germé.

Pour l'année 1987, aucun travail particulier n'a été entrepris dans ce domaine; seules les enquêtes agro-sociologiques sur la répartition de l'eau se sont intéressées aux éboulements et aux interruptions de service.

Cette opération devrait être définie avec précision avant la fin de l'année 1987.



## OPERATION H

### BIDRIE

Actuellement, les données sur l'irrigation privée sont recueillies par les agences régionales de l'INERHI, et constituent des dossiers techniques et judiciaires assez volumineux.

La Direction de l'Administration de l'Eau centralise cette information, et reçoit les modifications chaque année.

Les dossiers, ainsi constitués, mettent surtout l'accent sur l'infrastructure d'équipement et les débits concédés, mais peu sur les périmètres eux-mêmes, encore que les différents actes juridiques peuvent donner une idée des problèmes de fonctionnement.

La Banque Informatisée des Données Relatives à l'Irrigation devra contenir les éléments descriptifs des systèmes irrigués, et les paramètres indicatifs de leur fonctionnement. Elle rassemblera, donc, les résultats obtenus dans l'opération C, et les organisera de manière fonctionnelle, par grand bassin hydrographique, et par ZARI. L'information concernant ces dernières sera répartie dans plusieurs archives:

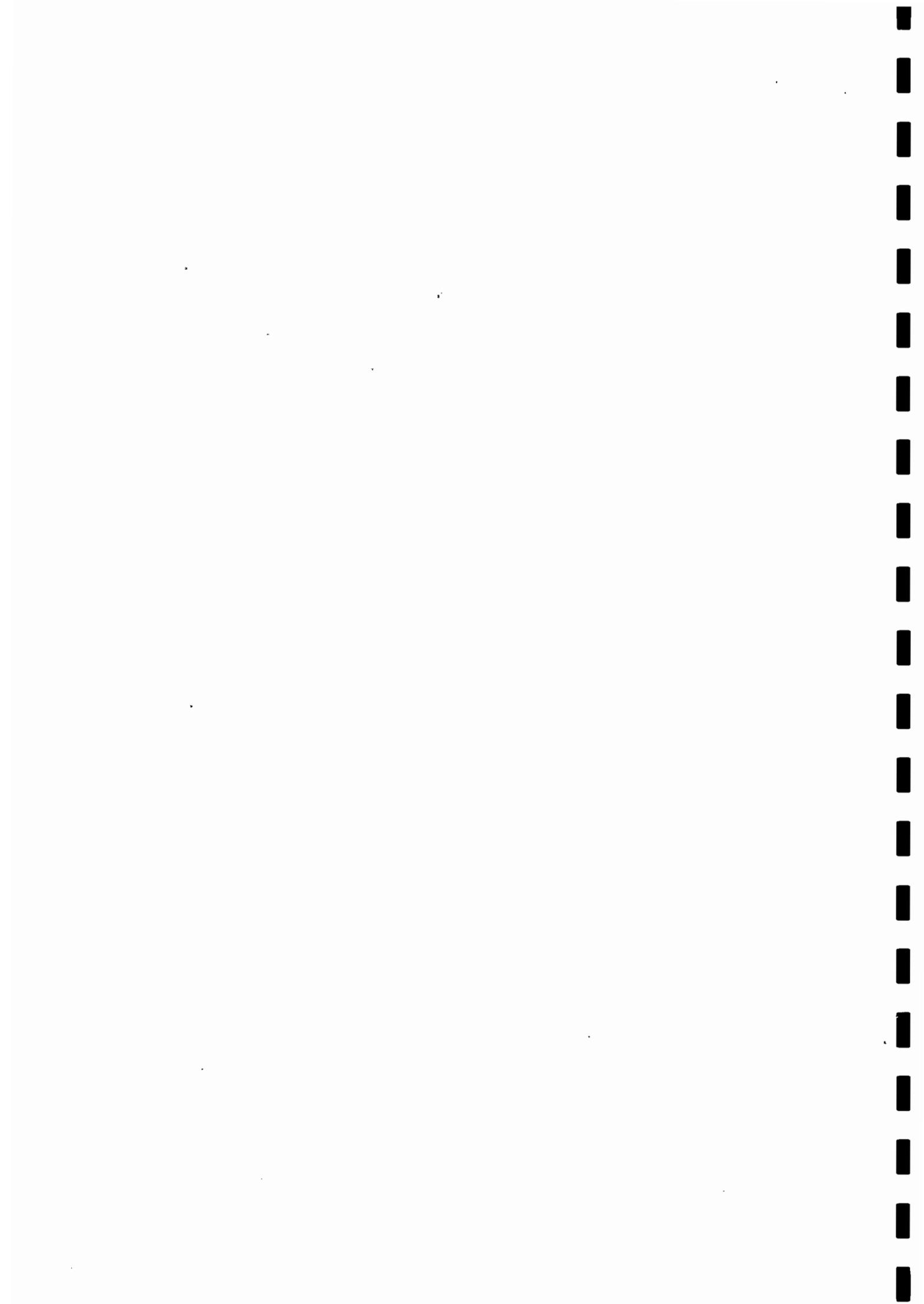
- un fichier de l'infrastructure (prises d'eau, acéquier principales, secondaires,...)
- un fichier des périmètres et des usagers
- un fichier d'organisation entre acéquier et périmètres
- un fichier de synthèse

Les données devront être facilement accessibles pour permettre d'éventuelles modifications et réactualisation. On utilisera, donc, des logiciels déjà connus (D BASE III par exemple), et compatibles avec le futur équipement informatique de l'INERHI.

Elle permettra, ainsi, un dialogue permanent avec les agences régionales, et une gestion plus efficace de la ressource.

Cette opération est, pour le moment, dans l'attente du recrutement d'un ingénieur devant s'occuper du micro-ordinateur de la Direction de Planification.

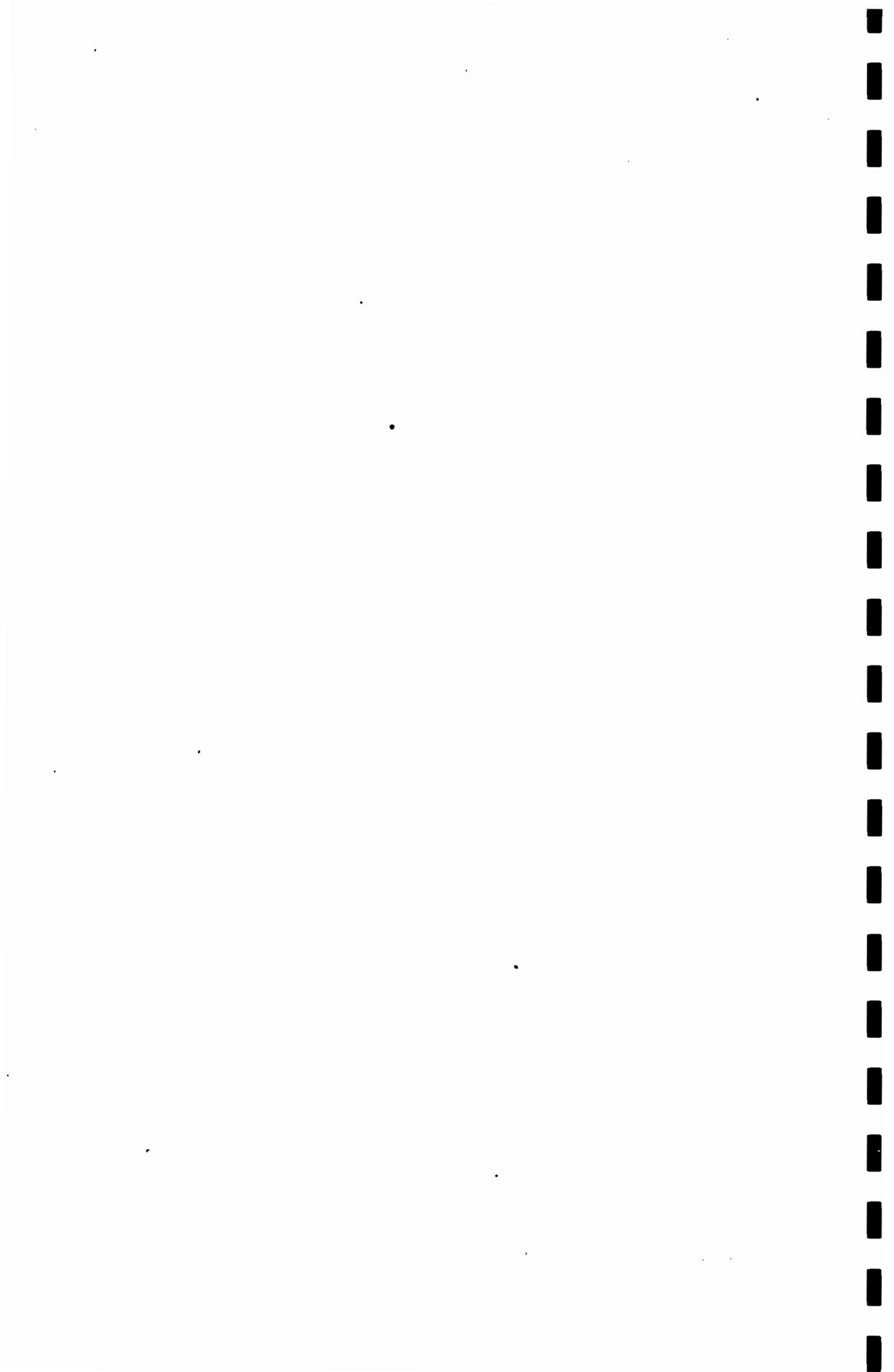
La conception de la banque se fera conjointement avec la Direction de l'Administration de l'Eau.



**Troisième Partie**

**ANNEXES**

**DETAIL DES TRAVAUX**



# OPERATION B

## TAPATRIE

### B1. TRAVAIL PRELIMINAIRE

**B1.1** Délimitation précise de la zone sur une carte au 1/50000  
(voir la note sur la délimitation des ZARI dans la méthodologie générale)

**B1.2** Recherche et dépouillement de l'information existante

- Cartographie 1/50000 usage des sols . PRONAREG.
- réseaux d'acéquias. INERHI (inventaires - documents techniques d'agences).
- Elaboration d'une première carte de situation des acéquias et périmètres.
- Jugement sur la complexité des réseaux et l'éventuelle nécessité de passer à l'échelle du 1/25000 pour l'action suivante de repérage sur le terrain.

**B1.3** Repérage des acéquias et des périmètres sur le terrain

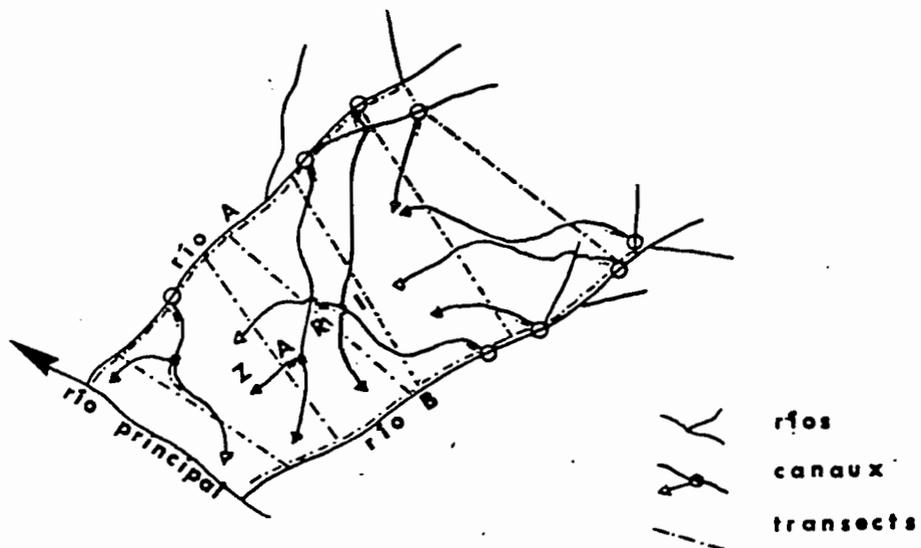
outillage de base: - La première carte de situation.

- Une carte vierge où l'on va dessiner acéquias, limites de périmètres, et situer les ouvrages principaux prises, répartiteurs, colatures).
- Un altimètre précis (+/- 10m )
- Un carnet pour faire tous les croquis explicatifs nécessaires.
- Un mètre pour mesurer les sections des acéquias et estimer grossièrement le débit.
- Un appareil photo pour prendre les prises et autres points significatifs.

Le repérage n'est pas une opération simple dans la plupart des cas. En effet, l'exemple de la zone de PUEMBO-PIFO nous a montré l'extrême complexité des réseaux qui s'enchevêtrent, la difficulté d'attribuer à une zone irriguée un canal et une prise et réciproquement, la confusion qui règne au niveau des noms des acéquias.

Il faut donc procéder en multipliant les sources (les informateurs) et en vérifiant sur le terrain.

- Rencontrer des membres des "Juntas de l'eau" (si elles existent) ou le président de la Junta Paroissiale.
- Procéder d'abord avec les acéquias déjà connues. Examiner le trajet présumé avec l'interlocuteur. Lui faire préciser la zone d'utilisation et les types d'utilisateurs.
- Examiner si il n'existerait pas d'autres acéquias et faire de même.
- Prendre systématiquement tous les noms d'une acéquia (une même acéquia peut porter plusieurs noms!)
- Aller visiter systématiquement les prises. les photographier et faire un schéma. Parcourir le début du canal mort. Noter si il y a des ouvrages spéciaux. En faire des schémas. Faire une évaluation grossière du débit. Noter les imperfections visibles, et signaler les difficultés d'accès.
- Reprendre ensuite la zone d'étude et effectuer des transects perpendiculaires aux acéquias d'un rio à l'autre.



A chaque rencontre avec une acéquia, demander son nom à un habitant proche, son origine et sa destination. Porter ces informations sur une fiche de travail, et, dès qu'une partie de canal est bien identifiée, la porter sur le fond de carte topographique.

- Etablir au propre et au bureau et au crayon de couleur une carte restituant toute cette information. Signaler, avec des points d'interrogation et des notes en marge de la zone d'étude, tous les points douteux.

#### B1.4 Entretiens avec un (ou des) groupe (s) de notables de la junte de l'eau et de la junte paroissiale du (des) village (s)

Il s'agit d'effectuer un pré-diagnostic de situation, tout en vérifiant les principaux éléments du repérage. Un guide d'entretien a été rédigé et comprend les points suivants:

- Confirmation de la carte de situation.
- Explications sur la répartition de l'eau entre les acéquias. Points d'histoire. Clefs.
- Principes de répartition de l'eau dans un périmètre.
- Démographie et changements fonciers depuis 20 ans environ.
- Changement de l'agriculture et de l'élevage depuis 20 ans environ.
- Situation hydra-agricole actuelle -y-a-t il manque d'eau et pourquoi ?
- Economie de l'eau et économie agricole.
- Possibilités de transformation.

A l'issue de cet entretien, on établira un dossier par périmètre dans lequel on classera toute les informations qualitatives (événements, témoignages...) susceptibles d'aider à la compréhension du fonctionnement de ces périmètres.

Ce dossier "périmètre" comprendra 3 parties:

1. Situation du périmètre dans la zone
2. Population et histoire de la population
3. Etat actuel de l'infrastructure

4. Histoire de l'infrastructure
5. Fonctionnement actuel de l'irrigation.
6. Economie de l'eau
7. Agriculture, problèmes agronomiques
8. Economie agricole
9. Potenciels, conditions limitantes
10. Evénements notables
11. Synthèses

#### B1.5 CHOIX (PERIMETRE ET ACEQUIA D'ETUDE, PARCELLE D'ETUDE) DANS LA ZONE

Il s'agit de disposer de sites particuliers en évitant une situation trop marginale dans la zone. Les critères de choix seront très dépendants des possibilités réelles de travail sur la zone. Dans la mesure du possible, en choisira un périmètre aux caractéristiques suivantes:

- situation : deuxième moitié basse de la zone
- alimentation : acéquia en terre relativement longue avec un débit significatif (entre 50 et 100 l/s)
- si possible: système mixte avec partage de l'eau entre haciendas et zones paysannes.
- situation de dépendance vis à vis de périmètres amont et aval.

Dans ce périmètre, on choisira une (ou deux) parcelle (s) représentative (s) qui fera (feront) l'objet de suivis et de mesures précises.

Dans la mesure du possible, ce choix s'effectuera sur les critères suivants:

- parcelle avec une culture sensible au manque d'eau (elle doit révéler les difficultés de gestion de l'eau dans le périmètre).
- parcelles non situées en tête des périmètre.
- taille : entre 0,5 et 1 Ha.
- minimum de pente.

- dépendance du seul système d'irrigation étudié.
- pas de réservoir.

Si le groupe des notables propose une parcelle qui n'ait pas ces caractéristiques, on l'étudiera quand même à titre de "témoin" mais on cherchera une autre parcelle qui ait cette représentativité (des problèmes d'irrigation).

#### B1.6 RECRUTEMENT D'UN OBSERVATEUR DE TERRAIN

Les travaux de suivi, de mesure et d'enquêtes nécessitent la participation quotidienne d'un observateur recruté dans le village.

Dans la mesure du possible, le choix de l'observateur reposera sur les critères suivants:

- Habitant du bourg le plus proche du périmètre représentatif.
- Lettré, avec si possible une formation agricole, ou des connaissances pratiques de l'agriculture.
- Bien connu et bien accepté dans la zone (ce sera difficile à savoir!).

#### B2.1 ENQUETE AGRO-SOCIOLOGIQUE SUR LA GESTION DE L'EAU A L'ECHELLE DE TOUTE LA ZARI

\* Constituer un échantillon représentatif des diverses situations de périmètres à partir d'une des bases suivantes.

1. Cas le plus favorable : On dispose d'un Plan cadastral et de photographies aériennes au 1/15000 à 1/20000:

On procède à l'échantillonnage des parcelles, et à la recherche des exploitants correspondants.

On repère le plus précisément possible les périmètres sur la photo aérienne. On choisit les parcelles sur la photo, on retrouve le nom du propriétaire, ou de l'exploitant sur la base cadastrale.

2. Cas moins favorable : on ne dispose que des photos aeriennes sans cadastre on opere de la même façon, mais l'exploitant sera plus difficile à trouver. Il faudra l'identifier sur le terrain.

3. Cas encore moins favorable : on n'a ni photo, ni cadastre. Heureusement on peut se rabattre sur des listes des usagers ou de membres de juntas de l'eau, listes correspondants à priori à l'usage d'une acequia et donc d'un périmètre. On effectue alors un tirage au hasard dans la liste.

4. Cas le plus defavorable : il n y a rien, ni photo, ni cadastre, ni liste. On effectuera une enquête par rencontre au hasard le long du canal.

A fin d'être certain de bien caractériser le fonctionnement de chaque périmètre, on effectuera entre 5 et 10 enquêtes selon l'importance du périmètre. Ainsi, on estime à une centaine le nombre de questionnaires à traiter, chiffre suffisant pour dresser le "tableau de bord" de la repartition de l'eau et des ses problèmes.

\* Faire passer le questionnaire par l'observateur, mais également par l'équipe agro-socio-economie du Plan National d'irrigation.

Le questionnaire comportera essentiellement:

1. La situation de l'enquête vis à vis d'un manque éventuel d'eau.
2. Les raisons invoquées par l'enquêté pour expliquer sa situation
3. Les principaux éléments du fonctionnement de l'irrigation (répartition, tour d'eau, gestion quotidienne, entretien regulier, entretien exceptionnels de l'infrastructure).
4. Les possibilités d'amélioration selon l'enquêté.
5. Le principal caractéristique de son exploitation agricole.

\* On effectuera deux traitements des données de l'enquête.

1. Un traitement général pour caractériser l'ensemble de la zone.

2. Un traitement périmètre par périmètre.

B 3. ENQUETE SOCIO-ECONOMIQUE SUR LES EXPLOITATIONS AGRICOLES ET LEUR RESULTATS DE PRODUCTION

- Echantillonnage selon l'usage du sol à partir de listes d'exploitants, ou d'usagers de l'irrigation.
- Elaboration d'un questionnaire adapté à chaque zone, en fonction des productions. Le questionnaire comprendra essentiellement, vu sous un angle dynamique (il a 20 ans aujourd'hui)
  - structure foncière, mode de faire valoir, situation dans la zone d'étude.
  - structure familiale, force de travail disponible
  - objectifs familiaux
  - tableau des parcelles, de leur dotation théorique en eau (débit, heures, rythme mensuel) et des contraintes et risques liés à l'irrigation. Synthèse.
  - moyens de production
  - Association agriculture-élevage.
  - principaux problèmes de production
  - résultats techniques.
  - comptes économiques
- Traitement des données. Sorties des résultats techniques et économiques des exploitations. Sorties des problèmes techniques et socio-économiques que l'on rencontre dans la zone.  
Elaboration d'une typologie des exploitations.

B4 SUIVI DES PARCELLES REPRESENTATIVES

B4.1 Caractérisation physique et socio-économique de la parcelle

- Situation dans le périmètre, altitude, dotation en eau, aménagement à la parcelle.

- Caractéristiques de l'exploitation, type d'agriculture mené par l'exploitant.
- Caractéristiques du sol. Résultats de l'analyse.

NB: Matériel nécessaire:

- Décamètre, Altimètre, fiches de caractérisation.
- pelle, sacs échantillon de sols, fiches cartonnés identification des échantillons sols, résultats des analyses de laboratoire.

#### B4.2 Suivi agronomique journalier

Une fiche d'observation sera rempli chaque jour par l'observateur en incluant notamment:

- Les événements climatiques (Pluies, gelées, vents) avec une mesure de la pluie à l'aide d'un pluviomètre installé en lieu sûr à proximité des parcelles.
- Les stades de développement de la culture
- Les irrigations, leur durée, et la mesure du débit à l'entrée de la parcelle à l'aide d'un dispositif spécial (mesure en début, milieu et fin d'irrigation).
- Les autres informations techniques, fertilisation, entretien, etc.
- Les états de la végétation, notamment les stress hydriques et les maladies.

Pour toute intervention, l'observateur notera leur durée, le nombre de travailleurs (leurs statuts), les quantités de facteurs de production consommés.

Ces observations serviront à définir la période exacte où le manque d'eau se fait sentir, permettant de déclencher presque aussitôt l'enquête spécifique sur la gestion de l'eau dans la zone d'étude.

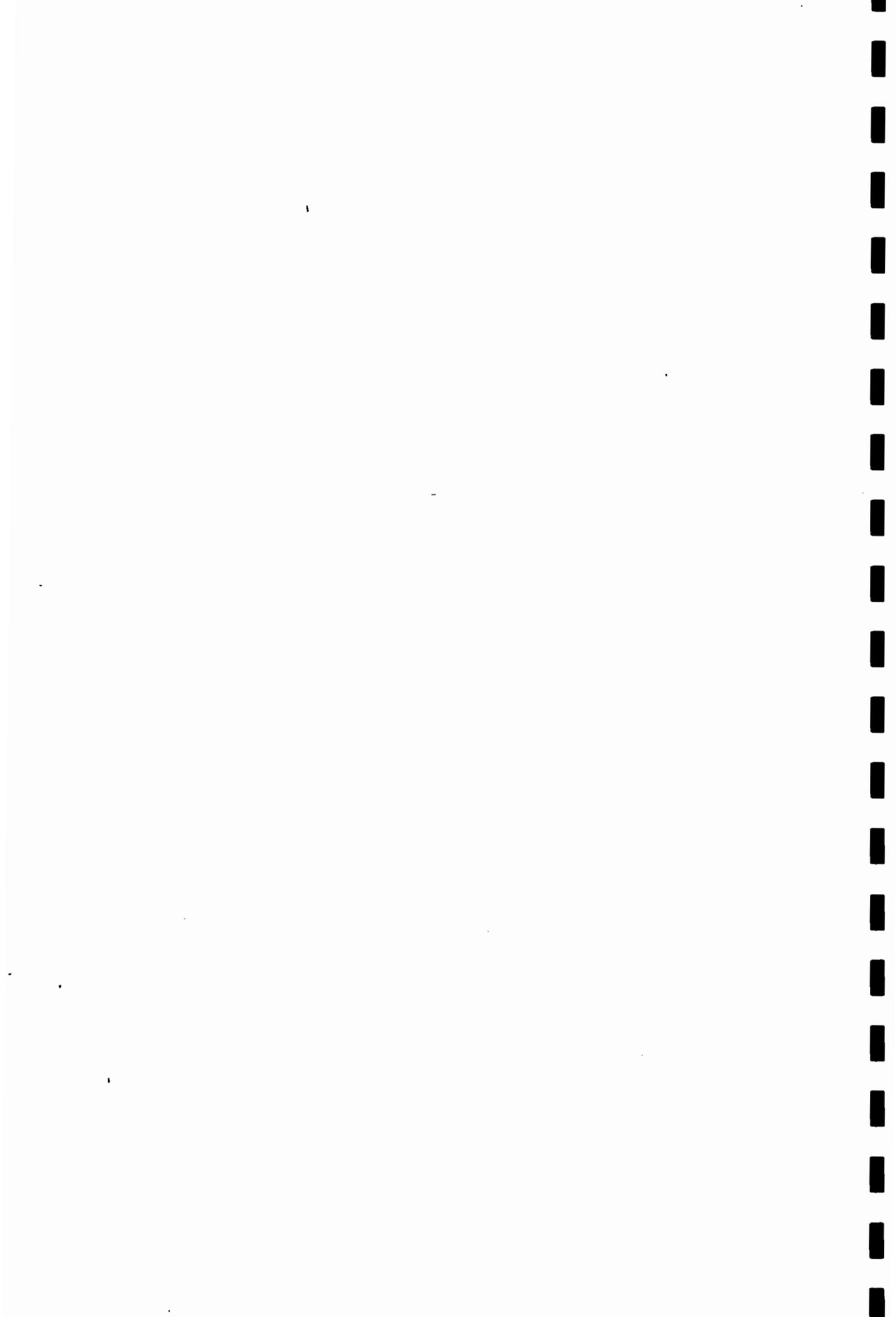
Par la suite, l'analyse de ces données permettra de comprendre certains facteurs ou conditions ayant joué favorablement ou défavorablement dans l'élaboration du rendement.

NB: matériel nécessaire pour chaque observateur: Pluviomètre-fiches de suivis.

- B4.3 - Mesures et observation d'une irrigation en pleine saison sèche. Diagnostic sur la répartition de l'eau et les méthodes employés
- Description de la méthode d'irrigation. Décomposition des actes techniques. Schématisation. Existence de débits d'attaque et de débit d'entretien. Existence de pentes aux colatures. Mesure des débits.
  - Observations et mesures du temps de progression de l'eau dans les sillons: Noter sur un schéma à intervalle régulier la progression de l'eau (l'intervalle de temps doit être fixé sur la parcelle en fonction du débit disponible et de la technique d'irrigation).
  - Effectuer un profil cultural témoin avant irrigation sur deux "stations" d'observation le long d'un même sillon (ou ensemble de sillons irrigués de concert) une en amont l'autre en aval de la parcelle.
  - Effectuer à intervalles réguliers après irrigation et sur un sillon ou un (ensemble de sillons contigus) un profil cultural avec 2 stations amont et aval. (l'intervalle de temps doit être fixé à la parcelle en fonction de la vitesse de infiltration, facteur du type de sols et de sa structure).

NB: Matériel nécessaire: - 2 bèches pour creuser les profils  
- 1 chronomètre  
- 1 canif pour rafraichir le profil  
- 1 fiche d'observation de temps de progression de l'eau  
- 1 fiche de description du profil.

---



## OPERATION C

### LOCIE

#### a.- Préparation de l'information

- Rassemblement de la cartographie concernant le bassin hydrographique. On choisira généralement l'échelle du 1/50 000 correspondant à celle des photographies aériennes utilisées par PRONAREG - ORSTOM et à la définition maximale du satellite SPOT. Dans certains cas très complexes (environs de Quito par exemple) on passera postérieurement au 1/25 000.

- Tracé des limites des bassins versants unitaires définis par PRONAREG-ORSTOM, et des bassins intermédiaires établis au sein même du projet.

- Visite à l'agence s'occupant du bassin hydrographique considéré et photocopie des mémorandums techniques concernant toutes les concessions consenties et celles en cours d'attribution.

#### b.- Délimitation des "ZARI"

- Commencer par définir les limites précises des ZARI représentatives définies dans l'opération A et utilisées dans l'opération B.

- Réviser les fiches de caractérisation établies au 1/200 000 pour examiner la localisation des parties irriguées.

- Analyser les rapports techniques de l'agence de l'INERHI et compléter cette information, si nécessaire, en tenant compte des acéquieras déjà tracées sur les cartes topographiques.

- Pour les "ZARI" représentatives, analyser toute l'information disponible (inventaires, études particulières,....) et dessiner le canevas des réseaux d'irrigation. En déduire les limites précises de la ZARI représentative.

- Délimiter ensuite les autres ZARI en partant toujours d'une limite déjà tracée (ZARI représentative) et en tenant compte surtout des principales acéquias et des principaux périmètres. Se rappeler qu'une ZARI est un espace de même grandeur qu'un bassin versant unitaire, contenant à la fois les acéquias et les périmètres correspondants. Ses limites seront donc soit des rivières, soit des lignes de crêtes, les deux constituant des obstacles géographiques. Dans certains cas, on prendra comme limites des ruptures de pentes ou des espaces non cultivés entre deux grandes zones irriguées.

### c. Préparation des dossiers

- Pour chaque ZARI, constituer un dossier où sera rassemblée toute l'information de base la concernant.

- Procéder à une analyse critique des sources d'information en se fondant sur les rapports techniques des agences.

- Comparer cette information avec les zones irriguées signalées et cartographiées par PRONAREG - ORSTOM. L'infrastructure connue avec certitude sera tracée définitivement, les autres acéquias figureront en pointillé.

- Mettre en évidence les incohérences décelées (acéquias sans zone irriguée, ou le contraire).

- Pour chaque acéquia connue avec certitude, établir une fiche contenant tous les éléments descriptifs, à savoir :

- nom de l'acéquia, quantité et noms des propriétaires, type de concession (officielle, en cours, sans ), ancienneté ...

- description de la prise (nom du rio, localisation précise, altitude, type, état de la prise, existence d'un ouvrage de régulation...)

- description du canal (débit total concédé par l'INERHI, débit d'irrigation, jaugeages effectués, débit maximal de l'acéquia, longueur du canal, présence d'ouvrages spéciaux, nombre d'acéquias dérivées correspondant à des périmètres différents et leur noms,...)
- On remplira le même type de fiche pour chaque acéquia dérivée et on prendra comme exemple de départ les fiches élaborées sur Palacara.
- On commencera évidemment par les ZARI représentatives où l'on pourra vérifier la confiabilité des documents par les travaux de terrain.
- Le contenu définitif des fichiers sera établi selon les données récoltées sur ces zones représentatives: il sera la base de la banque de données informatisée.

#### d. Délimitation des périmètres aménagés

- Proposer les dossiers ainsi constitués aux photos-interprètes du PRONAREG pour une meilleure définition des périmètres aménagés avec description détaillée des principales caractéristiques visuelles (tracé des acéquias principales et secondaires, prises, taille des parcelles, intensité de l'irrigation ): On utilisera également les fiches de terrain pour compléter l'information issue des photographies aériennes.

- Quelques expériences ont déjà été réalisées avec le personnel de PRONAREG: les objectifs fixés sont réalisables (environ une semaine pour terminer une feuille au 1/50000). Cependant, pour la Costa, le travail sera un peu plus difficile car on ne dispose pas de photographies pré-interprétées ni de fiches de terrain sur l'irrigation. D'un autre côté il est probable que les périmètres aménagés soient plus facilement repérables car plus grands et mieux structurés.

- On commencera, là encore, par les zones représentatives, ce qui permettra de confronter les résultats de la photo-interprétation avec les données de terrain.

#### e. Fiches de périmètres

- Si, après le travail de PRONAREG, il subsiste des doutes ou des incertitudes, on retournera à l'agence de l'INERHI concernée: et, si ce n'est pas suffisant, une rapide visite sur le terrain sera nécessaire pour ajuster ou corriger.

- Une fois le dossier complété, on mesurera les superficies délimitées et on élaborera une fiche pour chaque périmètre en notant:

- Le nombre et les noms des bénéficiaires, la superficie aménagée, la superficie irriguée, l'altitude, le type de parcellaire...
- L'utilisation du sol en pourcentages (cartes d'usage du sol et fiches de terrain du PRONAREG) .
- Le débit fictif continu (fourchette entre les débits concédés et mesurés), le type de distribution (sans règles, avec un tour d'eau, avec ou sans modules, ...); la présence de réservoirs en tête de périmètre ou à l'intérieur de celui-ci,....
- Les conflits passés et actuels, les accords établis entre divers propriétaires,...

- Il serait vain de proposer un modèle théorique de fiche sans savoir quelles données seront réellement accessibles dans les agences et sur le terrain. La structure des fiches de périmètres sera donc mise au point sur les zones représentatives.

#### f. Structure des dossiers

Pour chaque ZARI on aura donc:

- la carte de situation des périmètres et des acéquias au 1/50000.
- des fiches d'acéquias établies surtout à partir des données de l'INERHI.
- des fiches de périmètres sur la base du travail de PRONAREG.

- Un schéma d'organisation entre acéquias et périmètres bâti selon le modèle de PALACARA.
- Une fiche de synthèse de la ZARI où seraient regroupées les données d'infrastructure ( nombre d'acéquias, longueur totale ,...) et celles concernant les périmètres (superficie totale aménagée, irriguée, débit fictif continu,...).

Pour chaque grand bassin hydrographique, on établira:

- une carte oro-hydrographique avec le tracé des bassins unitaires et la localisation des prises d'eau
- un schéma hydraulique de chaque bassin unitaire, sur lequel on superposera une notation linéaire permettant de positionner précisément chaque prise et déterminant son influence en aval. Ces schémas serviront de base au modèle mathématique de gestion de l'eau.

- Les dossiers ainsi constitués seront classés dans les archives achetées à cet effet, en attente de la phase de caractérisation.

#### g. Compléments de photo-interprétation.

- En cas de financement extérieur, on envisagera une photo-interprétation des images du satellite SPOT.

- On commencera par analyser la documentation existante sur les travaux ayant trait à l'étude de l'humidité des sols et de l'état hydrique de la végétation (chlorophylle).

- La ZARI représentative de PUEMBO - PIFO servira de terrain d'expérimentation (vérité-sol); des contacts seront pris avec l'atelier de télédétection de l'ORSTOM (ATOB) et le CLIRSEN représentant de SPOT-IMAGE en Equateur.

- On sélectionnera, en fonction des apports pluviométriques et des calendriers agricoles, les périodes intéressantes et on vérifiera s'il en existe déjà des clichés.

- La sélection du type d'images (thematic maper, ...), du type de traitement et de l'échelle de visualisation serait effectuée sur la ZARI de Pifo - Puembo avec l'aide de l'ATOB et du CLIRSEN.
- La méthodologie serait alors éprouvée sur les autres terrains représentatifs et corrigée si nécessaire. La photo-interprétation systématique pourrait alors commencer avec la collaboration exclusive du CLIRSEN.

- Ce programme, quoique ne pouvant fonctionner qu'avec un financement extérieur, présente cependant 3 avantages sur l'analyse des photos aériennes:

- La visualisation de la situation en 1986 et 1987 et non en 1963 comme dans le cas des photographies aériennes.
- La possibilité d'estimer l'intensité de l'irrigation, c'est-à-dire de distinguer les périmètres irrigués des périmètres aménagés.
- La mise au point d'une méthodologie qui faciliterait la réactualisation de ces données par l'INERHI dans les années future.

-----

## OPERATION D

### EGRADIE

#### D1 CARACTERISATION HYDROCLIMATIQUE PRELIMINAIRE

##### I PLUVIOMETRIE

###### a. Analyse et synthèse climatique

Pour analyser correctement des séries pluviométriques, il est préférable de connaître et comprendre les phénomènes qui sont à l'origine des précipitations. En Equateur, on en recense trois:

- une circulation des masses d'air à l'échelle du continent, perturbée par les hauts massifs de la cordillère.
- une circulation plus locale, induite par le relief lui-même.
- le phénomène du Niño.

On se référera aux publications énoncées antérieurement pour faire une première synthèse des différents phénomènes. On précisera la position moyenne mensuelle de la CIT à l'aide des documents de la division météorologique de l'INAMHI.

On s'intéressera surtout aux aspects suivants:

- fréquences et durées d'apparition
- impact au long de l'année.
- zone d'influence

Cette analyse doit être commencée dès le début de l'opération, et sa poursuite facilitera l'interprétation des données.

Réciproquement, la synthèse des résultats pluviométriques permettra d'en dégager les points notables: (effets d'abri, maxima pluviométriques, relations locales pluie-altitude....)

#### b. Inventaire des données disponibles

Répertoire de toutes les stations situés dans les bassins hydrographiques choisis et de quelques stations avoisinantes, selon les dernières listes de l'INAMHI en vigueur.

Localisation de l'ensemble à partir de leurs coordonnées, et des cartes déjà publiées par PRONAREG-ORSTOM, INERHI-CEDEX, et la Direction de l'Administration de l'Eau de l'INERHI, sur les cartes au 1/200 000 jointes aux rapports "l'eau en vue de l'irrigation" (PRONAREG-ORSTOM).

#### c. Collecte de l'information

Collecte de l'information de base jusqu'à 1985 inclus, auprès de l'INAMHI qui fournira les données historiques mensuelles pour la plupart des stations; les données manquantes devront être cherchées à l'INECEL, à l'EMAP-Q, et dans les corporations régionales.

Pour ce qui concerne les stations de l'INERHI, des contacts ont été pris avec A. ENRIQUEZ pour nous faciliter l'information brute, dont le dépouillement sera assumé par tous les assistants du projet.

#### d. Préparation de l'information

Codification des données, en tenant compte de celle de l'INAMHI et des besoins propres de l'Institut. Les données seront archivées dans le micro-ordinateur de la Direction de Planification. Il sera nécessaire d'élaborer un petit programme de vérification des erreurs de mécanographie.

Passage du programme MASA, en utilisant uniquement les simples masses: leur analyse permettra un premier regroupement des stations à même organisation interne.

Pour tout ce qui concerne ce paragraphe, on se référera à la méthodologie employée en Colombie (étude IGAC - ORSTOM), et à la note méthodologique décrivant les simples et doubles masses ainsi que l'utilisation du programme MASA.

#### e. Homogénéisation

Analyse par doubles masses, en confrontant les stations à l'intérieur d'un même groupe.

Détection des erreurs possibles et analyse des historiques en tenant compte des fiches de terrain publiées par PRONAREG - ORSTOM.

Correction des erreurs identifiées ou élimination des totaux annuels douteux.

L'analyse par doubles masses permettra également de confirmer (ou de modifier) les groupes identifiés précédemment.

S'il nous reste du temps, on procédera à l'analyse des données par la méthode du vecteur régional qui façonne une station fictive, sur la base des valeurs les plus probables, réellement représentative de chaque zone pluviométrique homogène. Dans ce cas, une note technique y serait spécialement consacrée.

#### f. Caractérisation

En plus des paramètres statistiques généralement calculés (moyenne, variance, coefficient de variation ...), on s'intéressera à la définition et au calcul d'indices qui caractérisent la répartition saisonnière, les effets de tendance et l'impact des phénomènes pseudo-cycliques (el Niño), par désagrégation des séries.

On ajustera la série complète à diverses lois statistiques, et on calculera la totalité des indices pour les stations les plus longues, en définissant un nombre d'années minima pour que leur ait un sens.

#### g. Extension

On choisira une période de référence en fonction de la longueur des séries retenues, suffisamment étendue pour calculer les paramètres statistiques avec précision.

Les valeurs manquantes des stations les plus riches en données seront alors complotées sur cette période de référence, par corrélations inter-postes.

On vérifiera que les séries ainsi étendues restent conformes aux séries historiques (similarité des paramètres statistiques).

Ces stations constitueront un réseau de base servant aux travaux postérieurs; les autres ne gardant qu'un caractère indicatif.

Une note technique sera publiée sur ce point, avec le manuel du programme de corrélations (CORAN).

#### h. Zonification

L'étude de la variation spatiale des précipitations à l'intérieur de chaque bassin hydrographique permettra une zonification pluviométrique, et on essaiera de délimiter l'aire d'influence de chaque station de base.

Ces opérations seront facilitées si l'on procède à l'homogénéisation des données par la méthode du vecteur régional.

#### i. Création de chroniques

Création de chroniques synthétiques de pluies mensuelles moyennes sur chaque bassin unitaire, de durée égale à la période de référence.

## II CLIMATOLOGIE

### a. Analyse et synthèse climatique

cf. pluviométrie, en sachant bien que les effets seront beaucoup moins évidents.

### b. Inventaire des données disponibles

Idem, mais pour cette partie, on gardera les stations récemment installées ou fermées depuis longtemps, étant donné la modestie du réseau climatologique et la faible variation de ce type de données.

### c. Collecte de l'information

Collecte de l'information de base jusqu'à 1985 inclus e s'attachant aux paramètres mensuels suivants:

- Température moyenne (T)
- Humidité relative (H)
- Evaporation du Bac (E)
- Vitesse moyenne du vent (V)
- Nébulosité (N)
- Pourcentage d'ensoleillement (L)

La principale source d'information sera, là aussi, l'INAMHI. Seules les températures ont été archivées sur support informatique, les autres données devront être sorties des annuaires ou des rapports fournis par l'INAMHI dans le cadre de son accord avec l'INERHI.

Pour les données de l'INERHI on calculera les valeurs mensuelles à partir des registres de l'observateur en suivant la méthodologie déjà employée pour le bassin de MIRA.

On mobilisera le maximum de personnes pour effectuer ce travail très rapidement.

Une première analyse des stations sera faite en identifiant le nombre d'années complètes de fonctionnement, pour chaque paramètre.

On complètera les valeurs mensuelles manquantes par les moyennes interannuelles, pour les années où, seuls, 1 ou 2 mois font défaut.

Les stations qui, malgré cette première extension, n'ont toujours que très peu d'années ecomplètes, seront mises de côté pour une utilisation postérieure, et seulement à titre indicatif.

### d. Préparation de l'information

Codification des données en tenant compte de celle de l'INAMHI et des besoins propres de l'INERHI. Le code d'identification devra renseigner sur :

- le type de données (voir paragraphe précédent)

- le numéro de la station (donné par l'INAMHI)
- le bassin hydrographique dont elle dépend
- le type d'archive (données historiques, corrigées étendues ....).

Une note méthodologique sera élaborée sur ce sujet et décrira le traitement des données climatiques par simples masses ainsi que l'utilisation du programme CLIMASA.

Les données seront archivées dans le micro-ordinateur de la Direction de Planification et, comme pour la pluviométrie, il sera nécessaire d'élaborer un petit programme permettant de détecter les erreurs de mécanographie.

#### e. Homogénéisation

Analyse des stations par simples masses (programme CLIMASA).

Les doubles masses ne sont pas ici nécessaires car les variations interannuelles sont faibles, et l'organisation interne des séries chronologiques peu marquée (à l'exception peut-être de l'évaporation sur bac).

On tiendra compte des fiches de terrain publiées par PRONAREG-ORSTOM.

Les erreurs identifiées seront corrigées et les valeurs douteuses éliminées.

Bien que le but ne soit pas de créer des chroniques mensuelles, on complétera les valeurs manquantes soit par corrélation avec des stations voisines soit en les remplaçant par la moyenne interannuelle, avec la même prudence que précédemment.

#### f. Caractérisation et zonification

Calcul des indices classiques de répartition saisonnière et de variation interannuelle... selon la manière énoncée au paragraphe pluviométrie.

On étudiera alors la variation spatiale des différents paramètres; au niveau de chaque bassin hydrographique si elle est notable ou alors au niveau du pays (humidité relative par exemple).

Les travaux antérieurs permettront d'envisager une zonification climatique.

#### g. Validité des formules d'ETP.

Un certain nombre de formules d'ETP seront adaptées au pays, et représenteront une panoplie d'essai prenant en compte, un paramètre (THORNTHWAITE par exemple), ou le plus grand nombre (PENMAN).

Dans chaque station on effectuera les calculs, mois par mois et année par année, sur toutes les formules de la gamme, à l'aide d'un programme qu'il faudra mettre au point.

Les séries calculées seront alors comparées entre elles, puis à l'évaporation du bac, par des indices de covariation.

On choisira la formule la plus adéquate du point de vue de la moyenne annuelle et de sa variation saisonnière.

On essaiera de délimiter la zone de validité des formules choisies, en utilisant les résultats du paragraphe antérieur.

#### h. Calcul de l'ETP

Dans chacune des zones, on déterminera mensuellement des relations entre la formule choisie et les résultats obtenus par une formule plus simple (THORNTHWAITE).

On appliquera les ajustements trouvés (graphiques ou numériques) à toutes les stations de la zone possédant des données thermométriques pour obtenir une ETP "Standard".

Les relations avec l'altitude seront établies et à partir de là, il sera possible de calculer l'évapotranspiration potentielle moyenne sur chaque bassin, en conformité avec la réalité et les caractéristiques saisonnières des stations avoisinantes.

#### i. Définition des gelées

Comme nous avons la chance d'avoir des stations de l'INERHI équipées de thermomètres au soi et dans le sol, on essaiera d'établir une relation entre les gelées réelles (au sol) et les températures sous abri.

Si aucune relation n'apparaît, on prendra comme critère de gelées la définition théorique d'une température sous abri inférieure ou égale à 0 degré C.

#### j. Collecte de l'information

A partir des annuaires météorologiques de l'INAMHI et des relevés originaux de l'INERHI, on relèvera le nombre de jours où la température minimale correspond au critère défini précédemment. On distinguera les événements isolés, des gelées consécutives.

Les résultats seront enregistrés sur des formulaires préétablis. Pour plus de précisions, on lira le volume méthodologique du projet IGAC-ORSTOM de Colombie.

#### h. Localisation et fréquence

En fonction des données collectées, on établira des histogrammes mensuels décrivant la fréquence des gelées. On élaborera un schéma théorique d'occurrence qui vérifie et précise la répartition spatiale et l'intensité des gelées.

---

## OPERATION E

### OCASEZIE

#### Détails des travaux de la sous-opération E3

1. On devra recenser toutes les Unités d'Usage du Sol répertoriées dans les cartes de PRONAREG-ORSTOM et vérifier que l'échantillon de ZARI représentatives les reflète tous.
2. Pour chaque Unité d'Usage du Sol, et dans chaque ZARI représentative, on calculera d'après les enquêtes d'exploitations agricoles (de l'opération B) les superficies des cultures d'hiver, de printemps et d'été ainsi que les cultures permanentes en ramenant ces données à une unité d'usage du sol de 100 hectares.
3. On essaiera, toujours en exploitant les enquêtes d'exploitations agricoles, d'estimer l'évolution du taux de culture, par exemple en prenant comme critère le nombre de mois d'occupation de la terre sur l'unité fictive de 100 hectares.
4. On rassemblera la documentation existante sur les rendements des cultures, ou le poids de viande, litres de lait par unité de bétail et le chargement animal dans les différentes régions de l'Equateur, indiquant notamment la strate altitudinale pour laquelle ces données ont une signification, la variété cultivée (traditionnelle ou améliorée), la période de culture, la longueur du cycle, l'utilisation occasionnelle, complémentaire ou principale de l'irrigation. On disposera de trois sources principales d'information:
  - stations INIAP et comparaisons variétés traditionnelles, v. améliorées.
  - travaux de projets particuliers de tout type (y compris ONG)
  - rendements déclarés dans des enquêtes d'exploitations.

Dans la mesure du possible, on essaiera de trouver des références sur les années antérieures (depuis une vingtaine, d'années).

5. On ajoutera à cette documentation les données recueillies dans nos enquêtes d'exploitation, actuelles et passées et on présentera les résultats sous forme d'un tableau de synthèse des différentes sources avec les données:

REGION ..... STRATE ALTITUDINALE .....  
ANNEE (s) .....

CULTURE  
variété  
période de culture  
longueur du cycle  
utilisation irrigation

Produit de la culture  
RP = rendement passé (fourchette)  
RA = rendement actuel fourchette)  
Bonnes conditions d'irrigation  
Mauvaises conditions d'irrigation  
Autres conditions

ou, dans le cas de production animale ...

ESPECE  
race  
chargement/100 ha agricoles irrigués  
production recherchée  
nb produit / ha agricole irrigué  
Conditions

6. On passera ensuite à l'évolution globale de la PAA depuis 20 ans pour une unité spatiale agricole de 100 hectares.
7. On passera ensuite au calcul de la PAP en se référant aux données de production actuelle des périmètres bien irrigués. On tiendra compte des diverses conditions limitantes pour éventuellement limiter la PAP, et dans certains cas, des seuils seront adoptés signifiant que ces conditions sont si défavorables que la PAP ne différera sans doute pas de la PAA.
8. Dans le cas où l'information de base serait insuffisante sur certains systèmes de production, on effectuera des enquêtes spécifiques complémentaires.
9. On étendra les résultats obtenus à l'ensemble des ZARI selon une procédure d'analogie entre les systèmes étudiés et les systèmes décrits dans l'inventaire, avec éventuelles corrections.
10. PAA et PAP seront ensuite exprimées en sucres pour l'analyse macro-économique (voir E5).