

REPUBLICA DEL ECUADOR

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
CONADE - INERHI - ORSTOM

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

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

Série 18, Volume Méthodologique, Tome 1

MODELISATION DE L'ECONOMIE AGRICOLE
DANS UN ESPACE IRRIGUE

CONSTRUCTION D'UN MODELE ECONOMIQUE
ANNUEL AVEC GAMS *

ORSTOM

INERHI

CIRAD



Document élaboré par :

ORSTOM

Thierry RUF

Patrick LE GOULVEN

Martha DURANGO

Yadira CARRION

INERHI

CIRAD

Jean Luc SABATIER

Série 18, Volume Méthodologique, Tome 1

**MODELISATION DE L'ECONOMIE AGRICOLE
DANS UN ESPACE IRRIGUE
CONSTRUCTION D'UN MODELE ECONOMIQUE
ANNUEL AVEC GAMS ***

ORSTOM

INERHI

CIRAD

GAMS (General Algebraic Modeling System) : logiciel de compilation et d'exécution de modèles mathématiques programmés, mis au point par la Banque Mondiale.

29 AVRIL 1994

Quito, juillet 1992

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 39 481

Cote : A

M

P45

Ont participé au Projet

POUR L'INERHI

DEPARTEMENT PLAN NATIONAL D'IRRIGATION

Ing. Hugo Ribadeneira

Ing. Alex Salazar

Section de Planification Hydro-agricole

Ing. Wellington Carrera

Ing. Maribell Montenegro

Ing. Edgar Pazmiño

Ing. Manuel Rojas

Ing. Mauricio Realpe

Ing. Eva Gavilanez

Mr Efraín Guerra

Mr Milton Hermosa

Me Marcia Lalama

Mlle Jeannette Veira

Section de Programmation Opérationnelle

Ec. Omar Silva

Ec. Edison Juna

Mr Mario Galarza

Mr Rodolfo Romero

DIRECTION D'ADMINISTRATION DE L'EAU

Ing. Homero Villacres

Ing. Fernando Serrano

Hid. Angel Segovia

DEPARTEMENT PLAN NATIONAL DE RESSOURCES HYDRAULIQUES

Ing. Elder Aragundi

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

Ing. Edmundo Góngora

Ing. Patricio Moncayo

Ing. José Silva

Ing. Patricio Nájera

Ec. Martha Durango

Hid. Antonio Gonzalez

Arq. Mercedes Jara

Arq. Guido Mantilla

Mlle Yadira Carrión

Mr Jorge Cisneros

Mr Edison Echeverría

Mr Patricio Cueva

Mlle Patricia Andrade

Section de Planification Hydraulique

Ing. Iván Osorno

Ing. Miriam Ayala

Ing. Pedro Mosquera

Ec. Cesar Yumiseva

Mr Ricardo Díaz

UNITE D'INFORMATIQUE

Ing. Miguel Alemán

POUR L'EPN

Ing. Luis Bastidas

Ing. Francisco Cruz (INAMHI)

Ing. Santiago Sarasti

POUR L'ORSTOM

DEPARTEMENT EAUX CONTINENTALES

Ing. Patrick Le Goulven

Ing. Roger Calvez

Ing. Xavier Bonhommeau

Ing. Jean-Louis Augeras

Ing. Luc Gilot

MISSIONS D'APPUI

Ing. Michel Goueffon (CEMAGREF)

Ing. Jean-Luc Sabatier (CIRAD)

DEPARTEMENT SOCIETE, URBANISATION, DEVELOPPEMENT

Ing. Thierry Ruf

Ing. Emmanuel Dattée

Ing. Francis Haberstock

APPUI LOCAL

Ing. Catherine Perroud

Ing. Isabelle Linossier

Mr Pablo Nuñez

Mr Pablo Suarez

Mlle Miriam Cisneros

Me Amparo de Eguez

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

FONCTIONNEMENT DE L'IRRIGATION TRADITIONNELLE EN ÉQUATEUR

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

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

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

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

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

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

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

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

THÈMES SPÉCIFIQUES ABORDÉS

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

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

ORGANISATION ORSTOM

- Patrick LE GOULVEN, hydrologue du DEC et Directeur International du Projet
- Thierry RUF, agro-économiste du SUD

ORGANISATION INERHI

- 1987-90 : Hugo RIBADENEIRA, Directeur National du Projet
- 1991 : Alex SALAZAR

**Avertissement technique sur les rapports du projet
« Intégration des données et des connaissances
sur le fonctionnement de l'irrigation équatorienne »**

Le rapport

**Modélisation de l'économie agricole dans un espace irrigué,
méthodologie de la construction d'un modèle économique avec GAMS**

fait partie d'un ensemble de rapports de synthèse sur l'irrigation traditionnelle des Andes équatoriennes. Il s'agit de restituer les méthodes employées et les résultats obtenus au cours de toutes les opérations du projet ORSTOM-INERHI, avec des banques de données et des programmes d'exploitation, en vue d'établir des recommandations pour le Plan National d'Irrigation.

L'opération I se déroule sur 9 étapes, chacune comportant ses méthodologies et ses résultats adaptés à chaque grand bassin régional, comme le Mira, le Guayllabamba, le Pastaza, etc. Pour chacun d'eux, un rapport de synthèse final sera présenté, en se référant aux résultats acquis dans les différentes étapes.

- I 1. PROGRAMME BIDRIE (Banque Informatisée de Données et Résultats sur l'Irrigation Équatorienne)
- I 2. TYPOLOGIE DES INFRASTRUCTURES (Classification par analyses multifactorielles des systèmes techniques d'irrigation, selon des critères hydrologiques, techniques et socio-économiques)
- I 3. TYPOLOGIE DES PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS (Classification par analyses multifactorielles des espaces sous irrigation, selon des critères agricoles, socio-économiques et techniques)
- I 4. SUPERFICIES IRRIGUÉES ET POTENTIELLES (Classification des espaces secs potentiellement irrigables)
- I 5. PRODUCTIVITÉS ACTUELLES ET POTENTIELLES (Calculs macro-économiques par ZARI et par bassin régional)
- I 6. BILANS BESOINS EN EAU / DISPONIBILITÉS EN EAU (bilans calculés par périmètre et classification de la situation dans chaque bassin régional)
- I 7. COMPARAISON DOTATIONS ACTUELLES / RESSOURCES EN EAU (confrontation entre débits concédés, dérivés réellement et ressources hydrauliques)
- I 8. MODÉLISATION DE L'ÉCONOMIE AGRAIRE (Simulation de l'impact des différentes actions ou absence d'action sur les systèmes d'irrigation — réhabilitation ou crises —)**
- I 9. SIMULATION DE L'INTERVENTION DE L'INERHI (Examen, sous l'angle des bilans hydriques dans les bassins régionaux, des scénarios d'évolution des systèmes de production agricole)

Synthèses par bassins régionaux

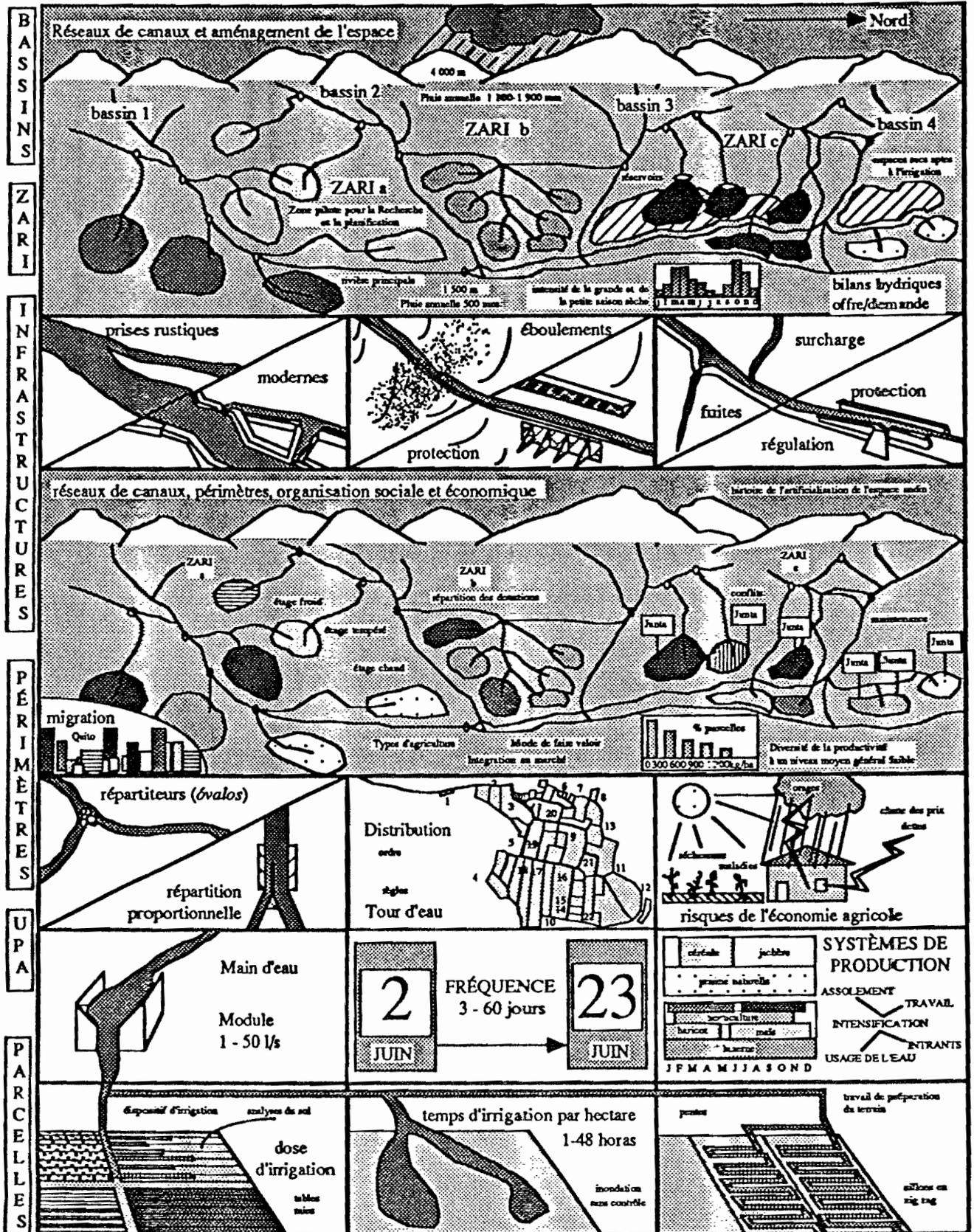
Le bassin du Mira

Le bassin du Guayllabamba

Le bassin du Pastaza

Le bassin du Santiago

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



SIGLES IMPORTANTS

BCEOM	Société Française d'Ingénierie (Département Aménagements Hydrauliques et Développement Rural)
BID	Banque Internationale de Développement
BIRD	Banque Mondiale
CEMAGREF	Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
CICDA	Centre International de Coopération pour le Développement Agricole
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNEARC	Centre National d'Études Agronomiques des Régions Chaudes
FAO	Food et Agriculture Organization
INAMHI	Institut National de Météorologie et Hydrologie
INEC	Institut National des Statistiques et Recensements
INERHI	Institut Équatorien des Ressources Hydrauliques
INIAP	Institut National de Recherches Agronomiques
IRAT	Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (du CIRAD)
MAG	Ministère d'Agriculture et de l'Élevage
ORSTOM	Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
PRONAREG	Programme National de Régionalisation Agricole (du MAG)
SEAN	Service des Statistiques Agricoles Nationales

QUELQUES DÉFINITIONS UTILES

Le projet ORSTOM-INERHI a défini un certain nombre de concepts pour décrire les réseaux d'irrigation et les agricultures irriguées. Nous rappelons ici les notions fondamentales (illustrées par le schéma des échelles de travail sur le fonctionnement de l'irrigation traditionnelle).

ZARI : Zone d'Analyses et de Recommandations pour l'Irrigation

C'est l'espace de la demande en eau, dont les contours englobent de façon cohérente les périmètres irrigués et les canaux qui les alimentent depuis leurs prises. Il s'agit de l'entité spatiale qui a vu une chaîne historique d'aménagements superposés.

Usage du sol

C'est l'assolement annuel existant dans un périmètre ou une portion de périmètre. Il est le reflet des contraintes et de potentiels agro-écologiques et de décisions prises par les agriculteurs selon les conditions environnantes et leurs expériences acquises (on parlera de *systèmes de production*).

Modèle de production

C'est une synthèse des systèmes de production en place. Elle est décrite par un usage du sol dominant et par des niveaux de performances en termes physiques (rendements agricoles) et économiques (productivités monétaires à l'hectare et par travailleur agricole).

Activité agricole

C'est l'ensemble des cultures et travaux agricoles se succédant dans une parcelle de base tout au long de l'année agricole. Il s'agit soit d'activité simple comme l'exploitation d'une prairie naturelle comme un parcours, soit d'activités complexes avec par exemple une succession de deux cultures dans l'année comme le maïs suivi du haricot.

Étages bio-climatiques ou agro-écologiques

Ils ont été définis, non pas par des seuils climatiques mais par l'étude de la répartition des cultures par strates de 100 m d'altitude (voir rapport méthodologique E1). On distingue trois étages principaux :

nom de l'étage	altitude	cultures particulières
étage sub-tropical chaud	1 500 - 2 200 m	canne à sucre
étage tempéré	2 300 - 2 700 m	maïs + canne à sucre
étage froid	2 800 - 3 300 m	pomme de terre, céréales (sans irrigation)

PLAN

	page
Introduction	
Références pour s'engager dans un travail de modélisation	1
1. Définition des concepts et problèmes de représentation de systèmes agraires irrigués anciens	1
2. Les principes de modélisation en économie régionale : le tableau d'équilibre général	3
3. Les limites de la représentation synchronique par la modélisation	4
Chapitre 1	
Les étapes de l'écriture d'un modèle sous le logiciel GAMS	
1. Présentation générale de GAMS	5
2. Identifier l'espace et les unités du modèle et leurs dimensions	5
3. Un schéma des compartiments et des relations entre compartiments	6
4. Définir les activités	7
4.1. Ensemble d'activités : agriculture et élevage	7
4.2. Ensemble démographique : familles paysans / journaliers	8
4.3. Ensemble d'activités : échanges agricoles	8
4.4. Ensemble d'activités : consommations intermédiaires	8
4.5. Ensemble d'activités : irrigation	8
4.6. Ensemble : échanges généraux de travail des journaliers entre étages	8
5. Définir les caractéristiques techniques de chaque activité	9
5.1. Données d'enquêtes et bibliographiques	9
5.2. Bilans hydriques	9
5.3. Données estimées (empiriques)	9
6. Définir les règles du modèle	9
6.1. Équations strictes avec un scalaire défini	9
6.2. Inégalités à respecter avec un scalaire défini	10
7. Écrire le vecteur économique (coûts, prix unitaires)	12
8. Commencer le calibrage	13
9. Simuler les changements de conditions hydriques et économiques, pas à pas, selon la problématique du travail	13
Chapitre 2	
La syntaxe de l'écriture d'un modèle sous GAMS	15
1. Un exemple simple pour comprendre l'écriture de la programmation : modèle « ejemplo »	15
1.1. Écriture du programme	15
1.2. Exécution du programme sous GAMS et détection d'erreurs de programmation	15
1.3. Exécution du programme sous GAMS après détection des erreurs d'écriture	16
2. Un exemple théorique plus difficile : structure complexe d'un modèle économique ...	16
3. Étude d'un modèle réel : le fonctionnement de l'étage froid d'Urcuquí	20
4. La représentation des résultats. Gestion des données et graphisme sous WINGZ	21

Conclusion

1. Un effort de formation	24
2. Les limites de la modélisation	25

Bibliographie	26
----------------------------	----

ANNEXES (numérotées de 1 à 10, paginées de 1 à 49)

Annexe 1	Installation de GAMS sur le disque dur d'un ordinateur IBM-PC-XT-AT	1
Annexe 2	Programme « exemple », base de la programmation sous GAMS	3
Annexe 3	Glossaire des activités	11
Annexe 4	Glossaire des <i>inputs</i>	13
Annexe 5	Glossaire des instructions des programmes écrits sous GAMS	15
Annexe 6	Glossaire des <i>scalaires</i>	16
Annexe 7	Glossaire des termes du vocabulaire GAMS	17
Annexe 8	Programme de base de la ZARI d'Urcuquí (bassin du Mira)	19
Annexe 9	Programme FRIO (étage froid d'Urcuquí)	42
Annexe 10	Information sur le tableur WINGZ (Macintosh)	48

Introduction

Références pour s'engager dans un travail de modélisation

1. DÉFINITION DES CONCEPTS ET PROBLÈMES DE REPRÉSENTATION DE SYSTÈMES AGRAIRES IRRIGUÉS ANCIENS

Pour des régions à agriculture pluviale, la représentation de systèmes agraires ne va pas de soi. Lorsqu'il y a eu artificialisation par la création de réseaux d'irrigation, l'exercice de représentation n'est pas plus simple, même si l'analyse du fonctionnement des réseaux peut s'appuyer sur des mesures physiques du flux que constitue la circulation de l'eau dans les différents compartiments du système agricole.

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

Le travail de recherche sur les systèmes agraires doit reposer sur trois points :

- a/ une théorie des systèmes agraires ;
- b/ une classification des systèmes agraires ;
- c/ une ou plusieurs hypothèses fortes de dysfonctionnements dans les dynamiques actuelles que l'on apprécie dans le cadre d'une analyse diachronique et que l'on teste par une représentation synchronique.

a) Une théorie des systèmes agraires irrigués anciens

Nous adopterons les définitions suivantes :

- **système agricole** : système d'exploitation de la Nature historiquement constitué pour satisfaire les besoins d'une population à une époque donnée (MAZOYER, 1985) ;
- **irrigué** : situation particulière où l'artificialisation du milieu permet de diminuer fortement les risques climatiques ;
- **réseau d'irrigation ancien** : situation où la phase principale de l'artificialisation est terminée, impulsée dans le cadre de relations socio-économiques particulières par une autorité sociale aménagiste différente des autorités étatiques actuelles.

La structure des systèmes hydrauliques s'appréhende à travers l'origine et les crises de reproduction de ces systèmes comme en témoignent les nombreux actes des procès entre parties prenantes, procès de justice ordinaire avant 1972, procès devant l'INERHI depuis la loi de nationalisation des eaux. Parmi les étapes d'évolution, la complexité des problèmes de distribution amène parfois la création d'un tour d'eau du fait de l'intervention d'une autorité sociale hydraulique, laquelle peut avoir changé de nature entre la construction et la décision de modifier les règles de distribution.

- **dynamique (actuelle)** : selon les cas, la gestion du système agricole est stable, en phase de croisière, ou bien en crise, en évolution vers de nouvelles formes de fonctionnement.

b) Une classification des systèmes agraires irrigués anciens

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

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

c) Une hypothèse de dysfonctionnement

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

- la gestion des systèmes irrigués anciens a été établie sous des rapports sociaux et dans des conditions démographiques qui diffèrent sensiblement de ceux connus aujourd'hui ;
- elle a été soumise aux changements agro-économiques liés aux intégrations des économies paysannes aux marchés mondiaux, et aux processus d'individualisation des exploitations familiales paysannes, notamment du centre de décision de gestion des espaces agricoles (accès à la terre et à l'eau et choix des assolements) ;
- elle repose aujourd'hui en partie sur des autorités bureaucratiques établissant de nouvelles règles de droit sur les eaux.

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

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

L'ensemble des risques de dysfonctionnements de gestion des réseaux amène les agriculteurs, selon leur situation (trajectoire), à prendre des décisions stratégiques : choix d'une combinaison de systèmes de culture dans leurs systèmes de production.

Faute d'une connaissance claire de ces problèmes et d'une représentation correcte de leurs influences, le risque de voir une régression agricole, économique et démographique n'est pas négligeable. Deux voies de représentation des problèmes de l'irrigation doivent être développées, l'une visant à comprendre l'origine des problèmes et conflits, l'autre cherchant par la modélisation à examiner l'influence des paramètres de l'irrigation sur les résultats économiques des agricultures soumises à irrigation, en simulant en particulier des crises ou des interventions sur l'eau. Dans ce rapport, nous ne développerons pas la première voie qui est abordée dans les opérations E pour l'évolution contemporaine des systèmes de production et H pour l'évolution des systèmes irrigués et des règles de gestion de l'eau.

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

2. LES PRINCIPES DE MODÉLISATION EN ÉCONOMIE REGIONALE : LE TABLEAU D'ÉQUILIBRE GÉNÉRAL

On définit des activités et les types d'équations qui permettent leur quantification.

Les types d'activités sont :

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

Chacune de ses activités a un coût unitaire si elle représente une dépense pesant sur les charges d'exploitation, ou bien un prix unitaire si elle contribue au Produit Brut Agricole.

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

Ces notions sont traduites par les « quantificateurs » définis pour construire la matrice du modèle. On peut citer à titre d'exemple ce qui est consommé par les activités de culture —hectares de Surface Agricole Utilisée (SAU), mètres cubes d'eau d'irrigation, journées de travail de la population, intrants (kg d'engrais, heures de tracteur, d'attelage, etc.) — et ce qui est produit par ces mêmes activités exprimé en kilogrammes de céréales, d'unités fourragères, etc.

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

Pour chaque simulation réussie, on obtient comme résultats d'une part la valeur de la fonction objectif du modèle, en l'occurrence le revenu net agricole de la population, d'autre part, la combinaison optimisée des activités qui contribuent à cette optimisation économique, mais aussi l'ensemble des activités rejetées. Le modélisateur ne doit pas se contenter d'un seul résultat, mais au contraire, il doit éprouver la robustesse de son modèle et multiplier les simulations afin de percevoir les tendances économiques et agricoles probables selon certaines hypothèses et en fonction d'événements précis.

3. LES LIMITES DE LA REPRÉSENTATION SYNCHRONIQUE PAR LA MODÉLISATION

Le diagnostic sur le fonctionnement actuel des systèmes agraires pose deux questions centrales :

- 1) On cherche à savoir si, dans le cadre des relations sociales, économiques et technologiques actuelles, on a atteint une limite de reproduction du système agricole.

Si c'est la conclusion que l'on retient, cela laisse comme options :

- soit de laisser s'opérer une crise agricole dont la résolution aboutira à un changement radical des relations socio-économiques, par exemple une très forte migration paysanne, induisant une redistribution radicale des moyens de production, terres et eaux en particulier ;
 - soit d'intervenir pour orienter dans un sens ou dans un autre ce changement de systèmes agraires.
- 2) Si, au contraire, on ne perçoit aucune tendance de crise, il existe des marges d'évolution et de gestion des ressources que l'on peut explorer pour rendre plus efficace le fonctionnement du système agricole.

La modélisation à travers la programmation linéaire permet de vérifier les performances d'un système agricole donné, éventuellement d'entrevoir une marge d'évolution. Elle ne permet pas de modifier pas à pas les règles sociales et économiques en ce qui concerne le partage des moyens de production. Si on souhaite modéliser une économie paysanne à la place d'une économie d'hacienda, on doit construire deux modèles différents, mais pas faire glisser un modèle vers l'autre, le processus de démantèlement d'une hacienda n'étant pas un phénomène économique continu mais bien un changement radical des relations de production dans l'espace considéré.

Chapitre 1

Les étapes générales de l'écriture d'un modèle sous le logiciel GAMS

1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE GAMS

GAMS (*General Algebraic Modeling System*) est un logiciel de compilation et d'exécution de modèles mathématiques programmés, mis au point par la BIRD. Les auteurs sont Anthony BROOKE (BIRD), David KENDRICK (University of Texas, Austin) y Alexander MEERAUS (BIRD).

GAMS permet un rapprochement entre informaticiens et économistes. En fait, la syntaxe des programmes est simplifiée, de telle manière que les modélisateurs puissent eux-mêmes faire la programmation du modèle, sans avoir nécessairement recours à un informaticien et à un langage relativement difficile à manier comme le FORTRAN. Dans le domaine de la modélisation de l'économie, la BIRD connaissait des difficultés entre le moment de conception d'un modèle par un économiste et sa traduction en langage informatique. De plus, les procédures d'actualisation ou d'évolution d'un modèle prenaient des mois (BROOKE, A., 1988).

GAMS est conçu de telle manière qu'il y a indépendance entre l'écriture du modèle et sa résolution mathématique. Une modification des activités ou des règles de fonctionnement n'entraîne pas une refonte complète des algorithmes de calcul. On peut même choisir différents modules de résolution, linéaires ou non linéaires.

2. IDENTIFIER L'ESPACE ET LES UNITÉS DU MODÈLE ET LEURS DIMENSIONS

L'espace du modèle doit constituer un ensemble géographique et économique cohérent, c'est-à-dire formé d'unités de gestion ayant des relations sociales et économiques que l'on peut décrire et quantifier. Il s'agit de travailler sur un espace appréhendé comme un système organique dont les compartiments échangent des produits, du travail, de l'argent, et de l'eau.

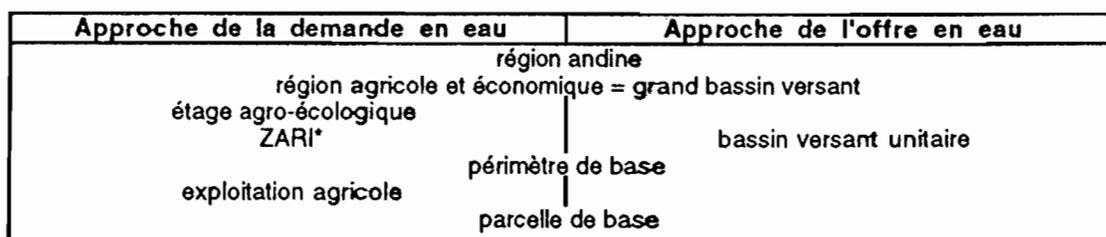
Les unités spatiales modélisables sont emboîtées à différentes échelles. En théorie, elles vont du complexe « eau-sol-plante » à l'ensemble régional que peut constituer un grand bassin versant des Andes. Mais en réalité, le découpage de l'espace est très variable avec des unités dont le recoupement sera très difficile. Il dépend souvent de l'approche prédominante d'une spécialité scientifique, comme le montre le tableau (figure 1) :

Approche économique	Approche agronomique	Approche hydrologique
Nation région administrative canton paroisse hameau unité de production agricole champ	région climatique petite région naturelle exploitation agricole parcelle complexe eau-sol-plante	grand bassin versant bassin versant unitaire

Approche climatique	Approche socio-ethnologique
région mondiale étage climatique versant	grande région culturelle région ethnique village clans familiaux

FIG. 1 - Différents types de découpage de l'espace

Le projet ORSTOM-INERHI était confronté au problème de découpage de l'espace avec le risque d'opter pour des unités spatiales sans liens entre les différentes approches. Un double découpage a été adopté (voir opération A) avec les liens qui permettent leur exploitation commune (figure 2).



*: Zone d'Analyses et de Recommandations pour l'Irrigation (voir « quelques définition utiles »)

La modélisation des systèmes agraires irrigués portera sur les unités communes et sur les unités de la demande en eau, sachant les conditions de l'offre en eau. Les unités spatiales privilégiées de la modélisation seront la ZARI et ses différents étages agro-écologiques, où l'on dressera la liste des activités, le sens des règles des modèles, la collecte des données techniques et économiques et où l'on effectuera le calibrage (estimation des données empiriques). L'intégration se fera à l'échelle du grand bassin versant, sur la base des données techniques adaptées pour cette échelle.

3. UN SCHEMA DES COMPARTIMENTS ET DES RELATIONS ENTRE COMPARTIMENTS

La construction du modèle repose sur une représentation relativement simple des acteurs, activités et échanges entre divers compartiments (voir figure 3).

Les hypothèses préalables sont très importantes :

- la population est scindée en deux ensembles : celui des familles ayant accès à la terre et celui des familles de paysans sans terre, dont la subsistance économique et sociale dépend des rapports avec les premières familles ou de l'extérieur de la zone modélisée ;
- les centres de décision sont les familles gérant des exploitations agricoles ;
- l'objectif premier du modèle est d'assurer l'alimentation de toute la population, familles avec ou sans terres ; il est ensuite de maximiser le revenu net global de la population par le choix d'une combinaison d'activités agricoles ou non agricoles.

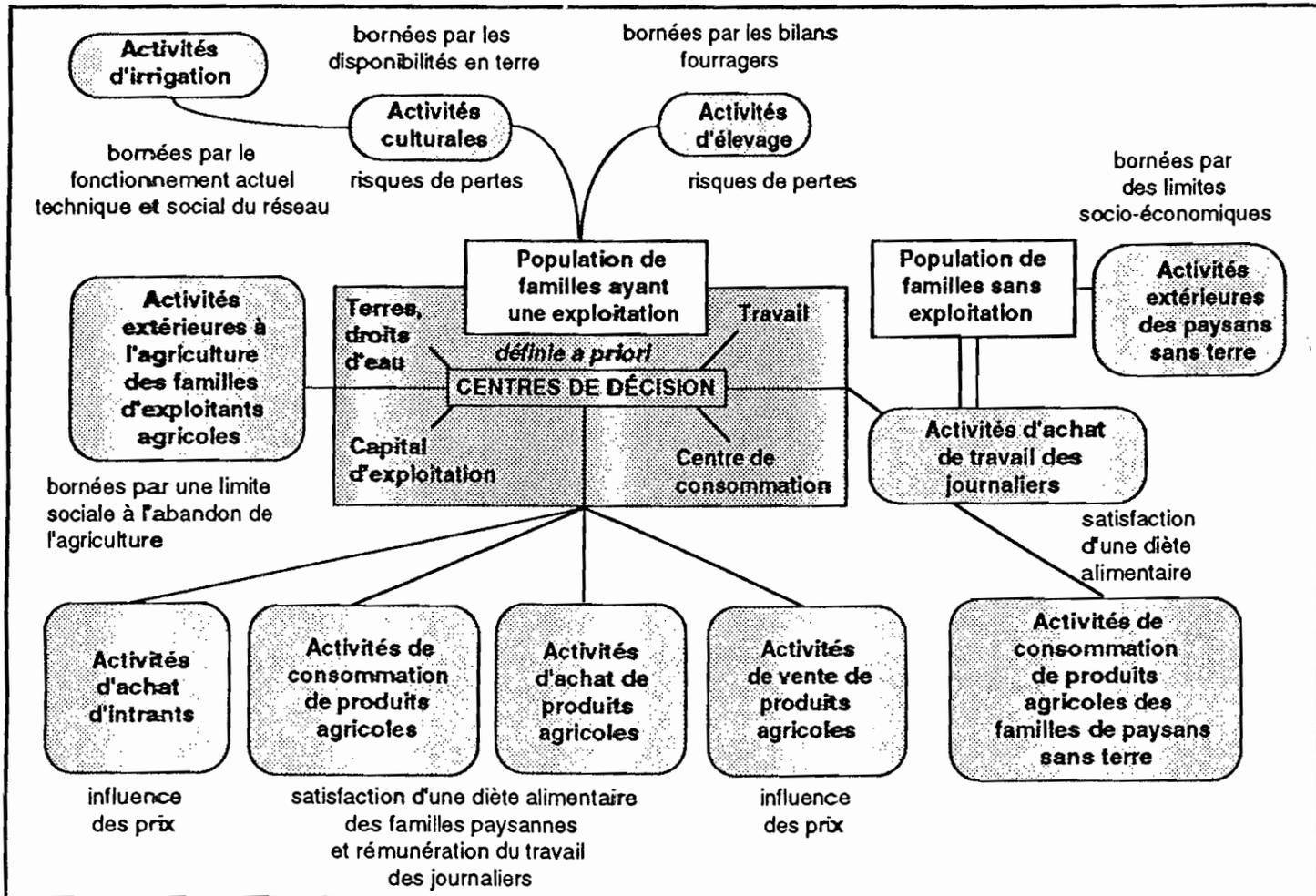


FIG. 3 - Schéma général de la modélisation d'un étage agro-écologique

4. DÉFINIR LES ACTIVITÉS

Dans le modèle le plus complexe réalisé à ce jour (15 août 1991), celui d'Urcuquí, les activités retenues sont classées par plus de commodité en 6 sous-ensembles (voir en annexe 8 le programme déclarant le détail des activités et le glossaire des codes en annexes 3 à 7).

4.1. Ensemble d'activités : agriculture et élevage

- l'utilisation des prairies de haute altitude (*paramo*, sorte d'alpage) ;
- l'utilisation de la superficie agricole utile hors périmètre sous infrastructure irriguée avec :
 - l'utilisation des prairies naturelles non irriguées (part de la SAU sans irrigation) ;
 - la mise en cultures de la SAU sans irrigation avec des céréales, des tubercules, etc., entrant dans une certaine succession de cultures (cycles courts).
- l'utilisation de la SAU sous infrastructure d'irrigation avec :
 - l'utilisation de prairies naturelles sous irrigation ;
 - la mise en culture de la SAU irrigable avec des céréales, des tubercules, etc., entrant dans une certaine succession de cultures (cycles courts) avec ou sans irrigation ;
 - la mise en culture de la SAU irrigable avec des cultures pérennes irriguées ou non ;

- les élevages bovins, ovins et porcins ;
- la prise en compte des risques techniques et économiques sur les cultures et sur l'élevage.

4.2. Ensemble démographique : familles paysans / journaliers

- le nombre d'unités de production familiales ;
- la population totale ;
- la population des familles gérant les unités de production ;
- la population des journaliers.

4.3. Ensemble d'activités : échanges agricoles

- l'autoconsommation de céréales, tubercules, lait, viandes et autres produits alimentaires ;
- l'achat de produits alimentaires de base à l'extérieur de la zone ;
- la vente des productions agricoles et animales.

4.4. Ensemble d'activités : consommations intermédiaires

- le travail familial consacré à l'agriculture ;
- la fertilisation ;
- le traitement phytosanitaire ;
- la force de traction animale ou mécanisée.

4.5. Ensemble d'activités : irrigation

Deux cas se présentent : soit une approche par saison pluviométrique, soit une approche par mois, ce dernier cas ayant l'inconvénient d'alourdir énormément l'écriture d'un modèle complexe sur plusieurs étages agro-écologiques. Dans le premier cas, on définira les activités suivantes :

- consommation en eau d'irrigation en saison de pluies (*invierno*) ;
- consommation en eau d'irrigation en saison sèche (*verano*).

4.6. Ensemble : échanges généraux de travail des journaliers entre étages

- vente de journées de travail des journaliers de l'étage froid aux exploitations du même étage ou vers les autres étages (tempéré et chaud) ;
- vente de journées de travail des journaliers de l'étage tempéré aux exploitations du même étage ou vers l'étage chaud ;
- vente de journées de travail des journaliers de l'étage chaud aux exploitations du même étage ;
- achat de journées de travail de journaliers extérieurs à la zone modélisée par les exploitations de l'étage chaud.

5. DÉFINIR LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE CHAQUE ACTIVITÉ

5.1. Données d'enquêtes et bibliographiques

Les informations proviennent de cinq sources principales :

- les suivis de parcelles pilotes des ZARI pilotes (opération B) ;
- les enquêtes et mesures sur parcelles des composantes de rendement (informations variables pour le maïs et le haricot sec pour le nord des Andes équatoriennes) — opération B, Urcuquí ;
- les enquêtes « systèmes de production » effectuées dans les ZARI pilotes (opération B) ;
- les données de synthèse sur la productivité des principales cultures (enquêtes SEAN interprétées à nouveau par le projet ORSTOM-INNERHI pour le bassin du Mira) — opération E ;
- les données disponibles en bibliographie, notamment celles du PRONAREG (malgré un certain vieillissement de cette source d'information).

5.2. Bilans hydriques

Les informations pourront être obtenues par deux voies principales :

- les bilans hydriques régionaux vectoriels (opération D) ;
- l'estimation des consommations en eau des cultures avec le programme CROPWAT (FAO) en prenant comme source d'information les données météorologiques d'une station connue et en travaillant soit sur des moyennes, soit sur des années particulières ; les données de consommation de chaque culture dépendent des conditions climatiques locales, de l'état des réserves du sol, de la profondeur d'enracinement et du calendrier agricole ; le logiciel CROPWAT, qui fournit les besoins en eau par décades (consulter le manuel de CROPWAT écrit en espagnol par Miguel ALEMÁN).

5.3. Données estimées (empiriques)

Un certain nombre d'indicateurs devront être estimés de manière empirique, soit *a priori*, soit au cours de la phase de calage du modèle (voir 2.7.). Ainsi, la prise en compte du risque agricole passe par l'intermédiaire d'un coefficient réducteur de la production : il s'agit d'un pourcentage de la superficie cultivée sur lequel pèsent des charges équivalentes à des pertes de production. De la même manière, on a tenu compte de risques sur la production animale en affectant un coefficient réducteur sur le nombre d'unités animales et un coût à cette part d'effectif touchée.

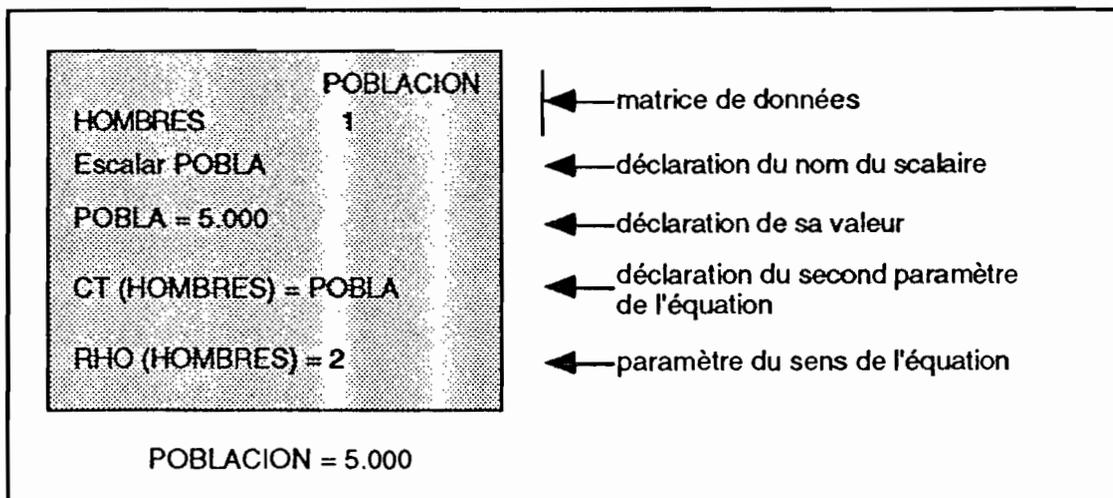
6. DÉFINIR LES RÈGLES DU MODÈLE

Les règles du modèle ne vont pas de soi. Elles supposent un exposé des hypothèses qui sous-tendent un choix : règle impérative traduite par une équation où les deux membres sont liées par une stricte égalité, ou règle moins contrainte par le simple respect d'une inégalité entre les deux membres.

6.1. Équations strictes avec un scalaire défini

Certaines équations semblent évidentes, comme les équilibres suivants :

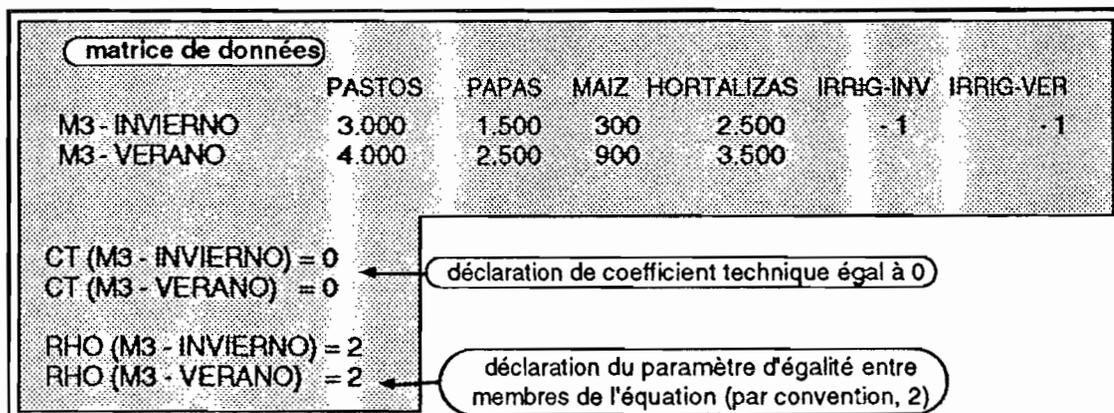
- La *population*, définie dans l'ensemble I des activités, doit être égal au scalaire « Population ». On écrira POBLACION = POBLA, ce qui se traduit en langage matriciel sous la forme :



Bien entendu, ici, le langage matriciel semble bien lourd. Dans de nombreux cas, il facilite toutes les écritures du programme.

- Les bilans de consommation en eau pour calculer la demande en eau générale

On calcule la somme des besoins en eau de la combinaison des cultures irriguées et on l'équilibre par l'activité d'apport d'irrigation selon la période considérée (mensuelle, saison, année). Par exemple, on écrira :



- Les bilans d'utilisation de la production agricole

On déclare, par exemple, que la production de maïs est utilisée de la manière suivante :

« Production de maïs » = « Autoconsommation de maïs » + « Vente de maïs »

Cette écriture implique que l'on néglige les reports de stock de maïs d'une année à l'autre.

- Les bilans alimentaires

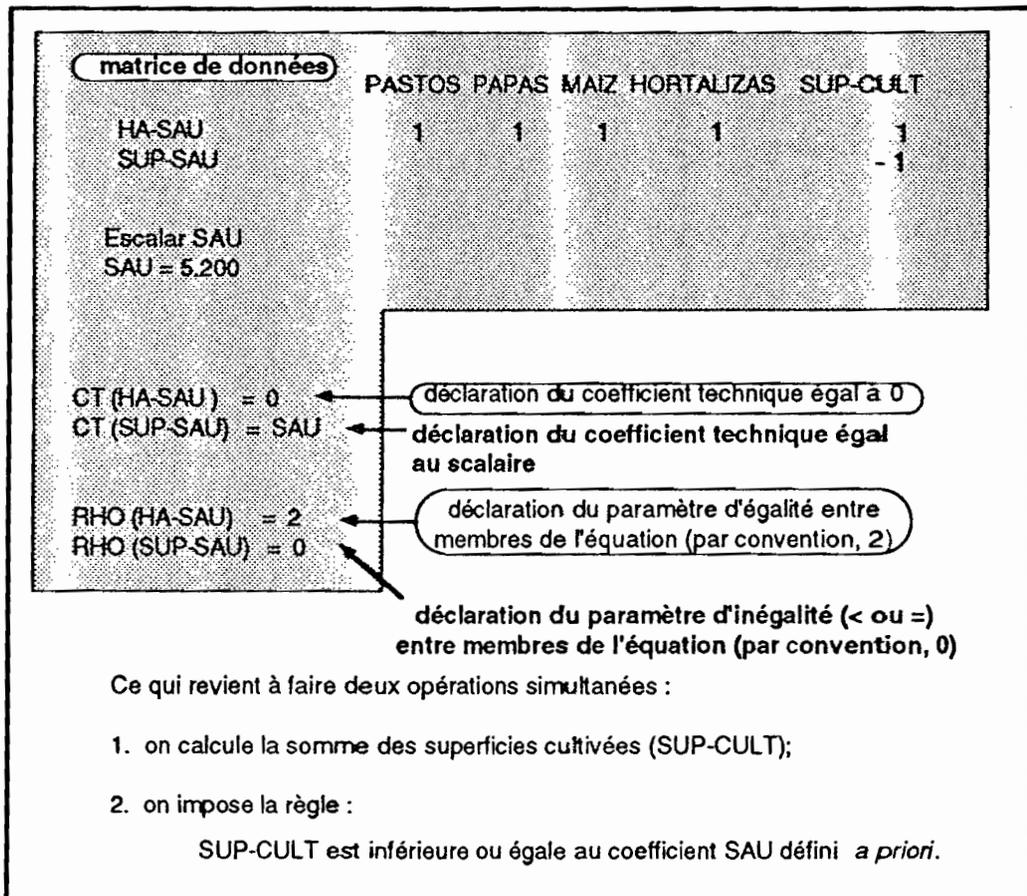
On définit une diète alimentaire par habitant et la règle choisie est que la population se nourrit correctement, autrement dit, que les activités d'autoconsommation, auxquelles on ajoute d'éventuels achats alimentaires, satisfont strictement les besoins de la population.

6.2. Inégalités à respecter avec un scalaire défini

On établit des règles moins strictes que les précédentes, mais fondamentales pour que le modèle puisse, après de nombreuses itérations, optimiser la solution.

- *Les règles d'assolement*

Chaque activité culturale consomme des hectares de superficie agricole. La somme des superficies consommées par chaque culture n'est pas nécessairement égale à la superficie agricole disponible (scalaire SAU). Par contre, elle ne peut être supérieure à cette donnée. On écrit donc une règle de respect selon la forme suivante :



- *Les bilans hydriques*

On écrira que les besoins en eau sont inférieurs ou égaux au seuil fourni par le système. On pourra ensuite faire jouer les différentes composantes du seuil pour appréhender l'effet de crise sur le réseau, ou au contraire l'impact d'une amélioration du réseau.

Les besoins en eau des cultures (calculés ci-dessus) ne peuvent être supérieurs à ce que le système d'irrigation fournit, compte tenu des efficacités de transport, de distribution et d'application. On définit la quantité d'eau disponible dans un coefficient technique complexe mettant en jeu le débit concédé (en litres par seconde), le temps considéré (exprimé en secondes), l'efficacité du système (inférieure à 1) et l'ensemble divisé par 1 000 pour obtenir un seuil maximum exprimé en mètres cubes.

- *Les limites particulières*

On peut imposer des règles empiriques au modèle. Par exemple, on peut limiter les achats alimentaires extérieurs, comme le riz ou les pâtes alimentaires, sachant que les habitants

veulent diversifier les bases alimentaires. On impose alors qu'une partie de la diète en céréales soit bien produite par l'agriculture locale.

On peut également introduire des règles souples en matière d'utilisation d'intrants produits par l'agriculture, comme la force de traction animale. On sait que l'élevage bovin traditionnel a cette fonction parmi d'autres. Les vaches procurent un certain nombre d'heures de traction dans l'année. Ceci peut être suffisant pour couvrir les besoins des cultures. Parfois, cela ne sera pas le cas. On doit donc créer une activité spécialisée de bœufs de traction qui n'apparaît qu'en cas de manque d'heures fournies par l'élevage traditionnel. En définitive, la règle sera la suivante :

$$\boxed{\text{Somme des besoins de traction}} - \boxed{\text{Traction de l'élevage traditionnel}} - \boxed{\text{Traction spécialisée}} \leq 0$$

Cela revient à dire que le potentiel de traction animale est supérieur ou égal aux besoins de la combinaison de cultures.

7. ÉCRIRE LE VECTEUR ÉCONOMIQUE (COÛTS, PRIX UNITAIRES)

Le vecteur économique permet de créer l'équation maîtresse du modèle. La fonction « objectif » du modèle est la quantité nommée Z égale à l'ensemble des recettes brutes des activités auquel on retranche l'ensemble des dépenses. Dans les modèles du projet ORSTOM-INERHI, la fonction « objectif » Z représente une sorte de revenu agricole net de la population, sachant son alimentation satisfaite par la production et par le travail (achats extérieurs compris). On ne peut pas parler de bénéfice net, dans la mesure où il a été impossible d'évaluer correctement les amortissements du capital d'exploitation, les frais financiers, etc.

Le vecteur économique s'écrit comme une série de prix et coûts unitaires dont les références proviennent d'enquêtes de terrain. Selon les modèles, on emploiera comme unité monétaire le Sucre équatorien ou le Dollar américain. Le Sucre a l'avantage d'être immédiatement compris par les utilisateurs équatoriens. Cependant, dans le contexte d'une inflation dépassant 50 % par an, on rencontre une grande difficulté dans les comptes des cultures, puisque les prix unitaires des intrants lors de la campagne agricole en cours ne sont plus les mêmes en fin de campagne. Les cours des productions varient fortement tout au long de l'année. Les références acquises sur le terrain perdent vite leur validité.

Une manière d'éviter de passer au « Sucre constant » est d'exprimer l'ensemble des prix en dollars selon le cours à la date de l'enquête. Même si cette solution n'est guère satisfaisante, elle permet des comptes plus proches de la réalité. En effet, la structure des prix agricoles s'appuie largement sur le dollar. On a pu constater une relative stabilité des prix si on les exprime dans la monnaie américaine.

L'écriture est simple. On déclare l'intrant (le nom de l'équation) puis on écrit la valeur unitaire avec comme convention la règle suivante :

Prix des produits vendus par les agriculteurs : en négatif Prix des intrants achetés par les agriculteurs : en positif

exemples

KG-VENT-CER - 0,35

(signifie que le prix du kilogramme de céréales vendues est de 0,35 USD)

KG-ABONOS 0,40

(signifie que le prix du kilogramme d'engrais minéral acheté est de 0,40 USD)

On peut faire intervenir des revenus ou des dépenses complémentaires sur des activités non directement liées aux achats ou aux ventes. Par exemple, on prend en compte les redevances sur l'eau payées dans les juntas des irriguants en affectant un coût par mètre cube consommé. On peut aussi inclure des coûts par hectare cultivé, qui ajustent parfois le modèle, dans la mesure où certaines opérations n'ont pas été minutieusement décrites.

En ce qui concerne le travail des journaliers, on a considéré que les revenus de cette catégorie de la population étaient essentiellement consommés pour satisfaire les besoins alimentaires. D'un côté, il s'agit d'un revenu, mais de l'autre, c'est-à-dire, du côté des paysans employeurs de main d'œuvre journalière, il s'agit d'un coût. Sur le plan macro-économique, les deux choses s'annulent. Pour rendre compte de ce flux interne, on a préféré imposer un échange de produits alimentaires entre les paysans producteurs et les paysans sans terre.

8. COMMENCER LE CALIBRAGE

Une fois écrit le programme et après avoir corrigé les erreurs éventuelles (cf. chapitre 3 pour la syntaxe), le modèle offre une solution optimisée qui ne correspond pas forcément à la combinaison actuelle de cultures dans l'espace étudié. Le modèle doit être calibré en modifiant pas à pas certaines données techniques pour retrouver comme optimisation la représentation de ce qui existe actuellement. Pour y arriver, on peut jouer sur les déclarations de consommation ou de production des activités productives, sur la structure du vecteur économique, sur certaines règles et contraintes qui paraîtraient trop limitantes.

Par contre, on ne peut jouer sur les données physiques du modèle, comme les scalaires pour les limites de superficies, la population, le disponible actuel en eau, etc.

Au cours de cette phase, il est courant d'ajouter de nouvelles activités et règles de fonctionnement. D'ailleurs, un modèle n'est jamais définitif. Il devient de plus en plus complexe, au fur et à mesure de la prise en compte de nouvelles données et connaissances sur le milieu étudié. La limite du travail correspond souvent aux possibilités du calculateur et de la mémoire vive de l'ordinateur.

À titre d'exemple, sur un compatible IBM de type XT avec 640 K de mémoire vive et une rapidité d'exécution de deux fois celle du standard IBM-PC, un modèle à 40 activités est résolu en trois minutes (compilation, exécution sous le module BDLMP de GAMS, écriture des résultats sur le disque dur), alors qu'un modèle de 120 activités demande 25 minutes d'exécution, temps déjà trop long pour assurer l'ensemble des calibrages et simulations.

Enfin, on doit vérifier la sensibilité ou la robustesse du modèle, c'est-à-dire s'assurer que le problème est bien posé et peut être résolu avec des variations significatives des conditions de fonctionnement (prix, coûts, diètes alimentaires, dotations en eau, etc.).

9. SIMULER LES CHANGEMENTS DE CONDITIONS HYDRIQUES ET ÉCONOMIQUES, PAS À PAS, SELON LA PROBLÉMATIQUE DU TRAVAIL

L'étape d'exploitation du modèle et d'interprétation des résultats est bien entendu le fruit du travail conceptuel précédent. La qualité des données techniques et économiques est une condition de la réussite de la modélisation.

Dans le contexte de l'INERHI et du Plan National d'Irrigation, la modélisation vise en priorité à interpréter les effets possibles d'une dégradation des réseaux traditionnels, se traduisant par une baisse régulière du disponible en eau, ou au contraire, les effets possibles d'une réhabilitation des mêmes réseaux. Le modèle peut donc servir à renseigner les planificateurs et les associations d'irrigation sur les tendances macro-économiques et l'évolution de l'agriculture, de l'emploi à la campagne en cas de « laissez-faire ». Il permet d'envisager l'impact d'une action de développement et d'en évaluer le bénéfice macro-économique sur des bases beaucoup plus réalistes que les études de faisabilité des projets qui définissent *a priori* le modèle de production final après la mise en œuvre du projet.

D'autres simulations peuvent être tentées : sensibilité au prix (calcul de prix limites pour le rejet d'une activité), sensibilité aux échanges de travail, sensibilité à la rémunération des activités non agricoles, etc.

Dans un premier temps, il est important d'exercer des simulations en ne jouant que sur un seul facteur, de manière à décrire un processus continu sous l'effet des variations de ce facteur.

Dans des étapes ultérieures, on peut comparer les optimisations en proposant des scénarios complexes où plusieurs facteurs ou conditions changent. On peut aussi intégrer de nouvelles cultures, par exemple, si on pense qu'une vulgarisation agricole peut les diffuser.

Il faut régulièrement adapter le modèle, en particulier dans sa dimension économique. Les prix et les coûts peuvent changer au cours de l'année. Il est donc indispensable de maintenir des enregistrements de prix sur le terrain, afin d'être en mesure d'actualiser rapidement les solutions du modèle et de rendre compte aux décideurs des nouvelles valeurs.

Chapitre 2

La syntaxe de l'écriture d'un modèle sous GAMS

Les éléments de ce chapitre reprennent le schéma de formation employé dans le séminaire ORSTOM-INERHI sur la modélisation de l'économie de systèmes agraires irrigués (18-23 février 1991).

Une personne non familiarisée avec GAMS doit se reporter à l'annexe sur l'installation du logiciel GAMS et aux instructions de démarrage (annexe 1).

1. UN EXEMPLE SIMPLE POUR COMPRENDRE L'ÉCRITURE DE LA PROGRAMMATION : LE MODÈLE « EJEMPLO »

1.1. Écriture du programme

Pour écrire un programme, il suffit de travailler avec n'importe quel éditeur de texte ou traitement de texte, pourvu qu'on respecte l'ordre des déclarations et la syntaxe. Nous utilisons l'éditeur SIDE KICK car il présente l'avantage de pouvoir être appelé par deux touches simultanées à n'importe quel moment. On peut donc écrire le programme et le faire exécuter puis revenir immédiatement à l'éditeur pour le modifier (voir annexe sur l'installation de GAMS). Tout programme doit être nommé par une racine de 8 lettres maximum suivie de l'extension .GMS.

Pour mieux expliquer comment on construit un programme sous GAMS, on a créé un petit modèle très simple d'optimisation d'une combinaison de trois activités, les cultures A, B, C, qui consomment des hectares, des mètres cubes et des journées de travail (voir annexe 2, formation à la modélisation, programme « Ejemplo.GMS », écriture du programme, pages 4 et 5).

On déclare comme scalaires SAU, AGUA et TRABAJO qui sont des constantes limites respectives de la superficie agricole utile (en hectares), de la disponibilité en eau (en mètres cubes) et de la disponibilité en travail (journées de travail).

On déclare les bénéfices rapportés par chaque culture dans le vecteur « objectif ».

On indique les règles des équations, à savoir que la combinaison optimale des cultures doit comporter une superficie, une consommation en eau et en travail inférieure ou égale aux scalaires prédéfinis.

1.2. Exécution du programme sous GAMS et détection d'erreurs de programmation

Une fois écrit le programme sous éditeur, on revient au système de l'ordinateur (sous MS-DOS) et on se place dans le répertoire C:GAMSLIB. On exécute le programme en tapant au clavier GAMS EJEMPLO.GMS

Le logiciel commence par vérifier l'écriture du programme et détecte les erreurs. Il signale leur nombre et indique que le fichier où l'on pourra vérifier leur localisation porte le même nom que le programme suivi de l'extension .LST (pour Listing). Pour consulter ce fichier texte, il faut utiliser soit l'éditeur de texte, soit l'ordre du DOS étendu VISU qui permet d'afficher à l'écran n'importe quel fichier texte. (VISU vient du fichier de commande VISU.COM).

Dans ce fichier, on trouve le programme tel qu'il a été écrit ligne par ligne. GAMS repère les erreurs par des étoiles en début de ligne et indique entre parenthèses un chiffre qui renvoie en fin de fichier à la liste des erreurs type. C'est une aide précieuse pour corriger un grand nombre d'erreurs d'écriture, de ponctuation, etc.

1.3. Exécution du programme sous GAMS après correction des erreurs d'écriture

Lorsque GAMS ne repère plus d'erreur d'écriture, il passe à la phase de compilation du programme puis à l'exécution, c'est-à-dire à la résolution du problème posé. À l'écran apparaissent quelques indications sur le bon déroulement du programme, notamment les itérations et finalement la réussite ou l'échec de l'optimisation. Le même fichier .LST est créé pour rendre compte de tout ce qui s'est passé, depuis la vérification jusqu'au résumé de la solution optimisée (voir annexe 2, pages 4 à 9).

	page annexe 1
vérification de la cohérence du programme	
• vérification des déclarations	6
• vérification des données	7
• vérification des équations	7
résultats	
• niveaux où agissent les activités	8
• résumé de l'exécution du programme	9
• valeurs des activités	10
• résumé de l'optimisation	11

L'interprétation des résultats ne se base pas seulement sur la valeur de la fonction « objectif » et sur la combinaison d'activités utiles à l'optimisation présentée dans le résumé final (annexe 2, page 11).

Il faut s'intéresser aux activités rejetées (se poser la question pour savoir si ce rejet est cohérent ou bien reflète une erreur de conception du modèle qui n'est pas reconnue par GAMS).

Il est important de vérifier la justesse du modèle en examinant chaque équation (annexe 2, page 7).

Certaines exécutions ne conduisent pas à une optimisation. Le problème a pu être mal posé, une équation est insoluble ou incompatible avec une autre. On retrouve rapidement ce type d'erreurs. Par contre, si les coefficients techniques — consommations, productions, prix et coûts, et scalaires — sont définis sans rapport avec la réalité du terrain, on risque de ne jamais trouver les raisons de la défaillance du modèle. Avec de mauvaises données, un gros calculateur, pour perfectionné et rapide qu'il soit, ne donne pas de résultats cohérents.

Enfin, l'étude des activités doit passer par la valeur des dérivées. Pour les activités rejetées, plus la dérivée est proche de zéro, plus l'activité a des chances d'être intégrée si les conditions changent un peu ; plus sa valeur absolue est grande, plus l'activité est rejetée, car son intégration ne participerait pas du tout à l'accroissement de la fonction « objectif ».

Pour les activités utiles entrant dans la combinaison, une dérivée importante signifie que le modèle est limité fortement à ce niveau. Pour peu que les conditions changent, l'activité pourrait s'accroître encore d'avantage.

2. UN EXEMPLE THÉORIQUE PLUS DIFFICILE : STRUCTURE COMPLEXE D'UN MODÈLE ÉCONOMIQUE

Un modèle d'économie agraire s'écrit sous GAMS selon une structure comparable à celle présentée dans la figure 4 (texte en espagnol).

Les ordres spécifiques à l'écriture d'un modèle sous GAMS sont écrit en gras.

La structure comprend toujours :

- 1) la déclaration du nom des activités (ensemble dénommé « I » ;

- 2) la déclaration des noms des *inputs* (ensemble dénommé « J ») ;
- 3) la construction des sous-matrices de données techniques (dénommées TABLE suivie des noms des sous-matrices) ;
- 4) la déclaration de la matrice finale et sa construction par assemblage des matrices précédentes ;
- 5) la déclaration des scalaires et de leurs valeurs ;
- 6) la construction des coefficients techniques (second membre des équations) ;
- 7) la déclaration des valeurs du vecteur objectif (prix et coûts) ;
- 8) la déclaration du paramètre de définition du sens des équations ;
- 9) les ordres de résolution du modèle en suivant la fonction objectif.

La syntaxe comprend obligatoirement les termes spécifiques suivants :

SET	déclaration d'un ensemble
TABLE	déclaration d'une matrice
PARAMETER	déclaration d'un paramètre
SCALARS	déclaration d'un scalaire (constante)
DISPLAY	ordre d'édition dans le fichier des résultats
VARIABLES	déclaration des variables (inconnues)
COST	déclaration de la fonction « objectif »
SOLVE	ordre de résolution

Un glossaire de tous les termes de programmation sous GAMS se trouve dans les annexes 3 à 7 du rapport.

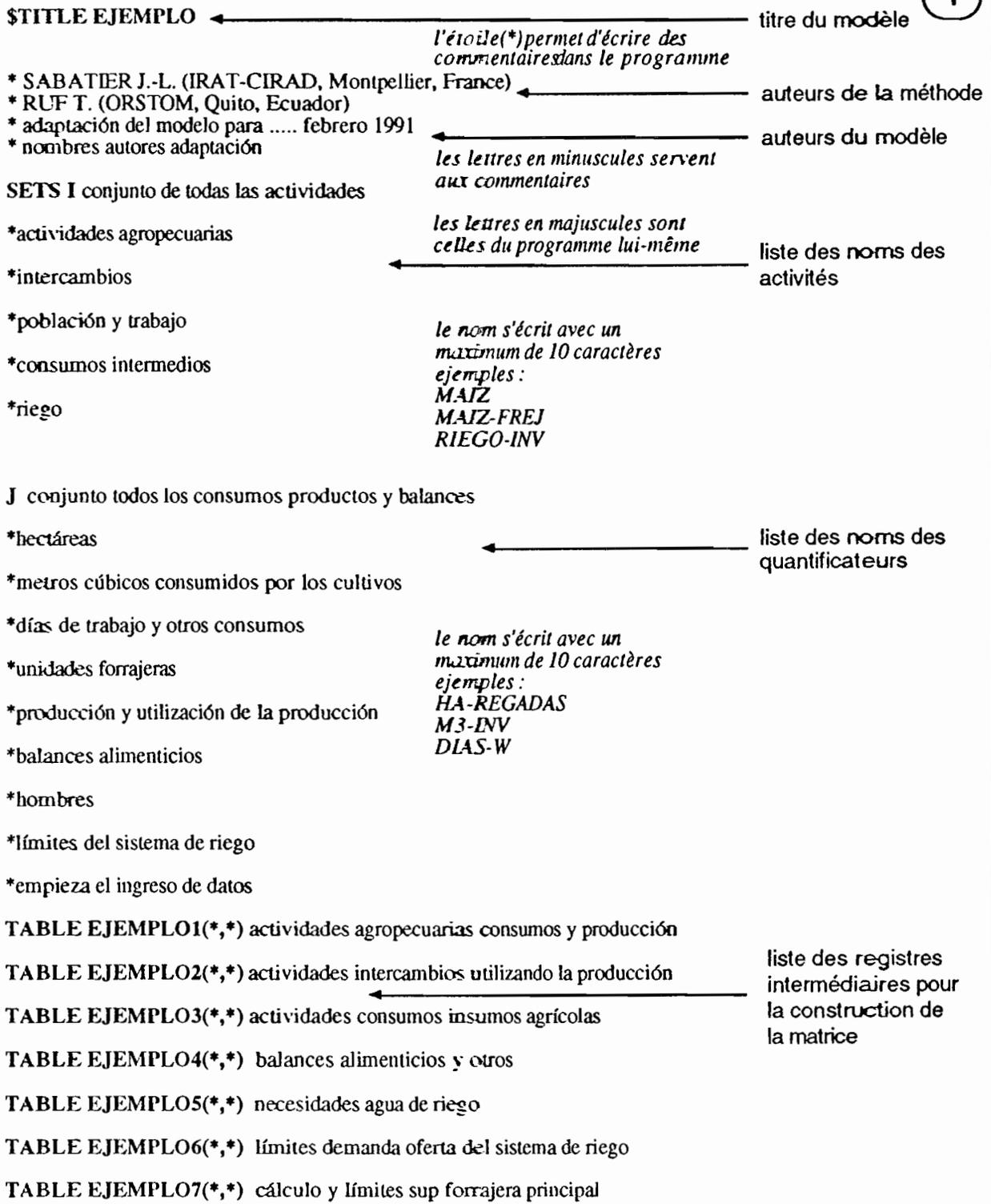


FIG. 4. Cadre de la structure générale d'un programme sous GAMS

« PARAMETER » introduit une déclaration d'un ensemble en I ou en J ou dans les deux

PARAMETER RESUL (J,I); ← définition et nom de la matrice finale

RESUL(J,I) =EJEMPLO1(J,I)+EJEMPLO2(J,I)
 +EJEMPLO3(J,I)+EJEMPLO4(J,I) ← élaboration de la matrice en totalisant les registres initiaux
 +EJEMPLO5(J,I)+EJEMPLO6(J,I)
 +EJEMPLO7(J,I);

SCALARS ; ← liste des noms des scalaires et valeurs

DISPLAY RESUL; ← *« DISPLAY » signifie que l'objet défini (dans ce cas la matrice RESUL) doit apparaître dans les résultats*

PARAMETER CT(J); ← définition du terme de droite de chaque équation

PARAMETER OBJET(I) ← saisie des coûts et des prix de chaque activité (vecteur économique)
 coeficientes tecnicos func objetivo en sucres

DISPLAY CT;
DISPLAY OBJET;

PARAMETER RHO(J); ← création d'un paramètre pour différencier les sens de variation des équations

VARIABLES
X(I) niveles actividades Z función objetivo ;

POSITIVE VARIABLE **X**;

EQUATIONS
COST función objetivo ejemplo ← déclaration de la fonction objectif et des ensembles d'équations < = >
SUPPLY1(J)
SUPPLY2(J)
SUPPLY3(J) ;

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

MODEL EJEMPLO /ALL/; ← ordre de solution du modèle selon la Programmation Linéaire
SOLVE EJEMPLO USING LP MAXIMIZING **Z**;
DISPLAY X.L,X.M;

FIG. 4 (suite) - Écriture d'un modèle sous GAMS

3. ÉTUDE D'UN MODÈLE RÉEL : LE FONCTIONNEMENT DE L'ÉTAGE FROID D'URCUQUÍ

La construction d'un modèle complexe passe par une éventuelle décomposition des étapes de travail. Ainsi, le modèle d'une ZARI comme celui d'Urcuquí (voir annexe 8) n'a pas été d'emblée élaboré avec 120 activités. La ZARI, comme un grand bassin versant régional, est un ensemble spatial complexe avec des territoires gérés sous irrigation et d'autres ne disposant pas d'apports artificiels. Les zones irriguées sont elles-mêmes composées de divers périmètres plus ou moins dépendants des mêmes ressources hydriques. Dans un modèle macro-économique, on ne peut pas considérer les caractéristiques propres de chaque périmètre, sauf si l'on dispose d'ordinateur extrêmement puissant. En fait, on ne connaît pas tous les flux existants à cette échelle si précise.

Par contre, on doit distinguer les sous-espaces où une activité peut exister ou non. Il faut prendre en compte le découpage en étages agro-écologiques d'une ZARI. Le modèle d'Urcuquí a été élaboré en travaillant d'abord sur des sous-modèles :

- modèle FRIO (étage froid compris entre 2 800 et 3 300 m, cultivé en irrigué et en sec) ;
- modèle TEMPLADO (étage tempéré, entre 2 300 et 2 700 m, cultivé en irrigué et en sec) ;
- modèle CALIENTE (étage chaud, entre 1 500 et 2 200 m, cultivé en irrigué seulement).

Le modèle FRIO comprend une quarantaine d'activités, cultures et élevages, achats, autoconsommations et ventes, irrigations (voir annexe 9). Dans ce cas d'école, on a fixé comme constantes du modèle la superficie irrigable à 300 ha, le débit total des canaux à 50 litres par seconde et la superficie en sec à 1 000 ha, pour une population de 200 habitants (quarante familles). Ces données ont été révisées ultérieurement pour le modèle définitif d'Urcuquí. L'optimisation du modèle FRIO donne le résultat résumé dans la figure 5.

La fonction objectif donne un revenu net de 88 287 USD, soit un disponible de 2 200 USD environ par famille et par an.

La combinaison des cultures et d'élevage qui optimise le revenu de la population comprend :

- une activité dominante : l'élevage bovin, avec 175 bovins qui se nourrissent sur 300 ha de prairies naturelles de la zone sèche et 108 ha de prairies irriguées ;
- une activité céréalière sur l'espace sec, 421 ha de blé (*trigo*) ;
- une activité mineure de pomme de terre irriguée pour l'alimentation familiale : 4,5 ha.

Cette solution fait clairement apparaître que le débit de 50 litres par seconde est un facteur limitant, puisque seulement 112,5 ha des 300 ha irrigables sont effectivement mis en culture. C'est d'ailleurs le mois d'août qui est le plus limitant. La superficie en sec n'est pas non plus entièrement utilisée : 721 ha sur 1 000. Intervient ici un problème de valorisation du travail.

Globalement, la population se nourrit selon la diète imposée et obtient des revenus monétaires par les activités de vente de céréales, de lait et de viandes. Une partie de la population complète le revenu par la vente de travail en dehors de la zone (assez importante dans ce cas, puisqu'elle est calculée à environ 2 612 journées de travail, soit l'équivalent du travail annuel de 9 personnes — dans 40 familles). Il semble qu'il soit plus intéressant d'aller travailler à l'extérieur que de cultiver les 279 ha de la zone sèche qui restent en jachère.

Ces résultats nous ont montré une évolution possible de l'agriculture dans les zones froides des Andes en cas d'exode rural. En réalité, Urcuquí a beaucoup plus d'habitants dépendant de cet étage, avec une saturation de l'espace sec (voir le rapport sur les résultats de modélisation B 10 pour la ZARI d'Urcuquí).

VAR Z	88287.301				
Z	FONCTION OBJECTIF				
**** REPORT SUMMARY :	0	NONOPT			
0 INFEASIBLE					
0 UNBOUNDED					
397 VARIABLE X.L	NIVEAUX ACTIVITES				
F-PNAT	300.000,	F-PASTOS	108.000,	F-TRIGO	421.251
F-PAPAS	4.500,	F-GANADO	175.368,	F-POPU	200.000
F-CONS-CER	24000.000,	F-VENT-CER	376188.689,	F-CONS-PAP	36000.000
F-COMP-FRE	4000.000,	F-C-SE-PAP	8100.000,	F-CONS-LEC	30000.000
F-VENT-LEC	57683.951,	F-CONS-CAR	2000.000,	F-VENT-CAR	24305.185
F-VW-FRIO	7387.467,	F-VW-AFZAR	2612.533,	F-ABON-N	5585.013
F-ABON-P	13177.538,	F-ABON-K	4550.013,	F-FITOS	450.000
F-YUNTAS	9207.646,	F-TRACTOR	851.503,	F-IRRI-ENE	27450.000
F-IRRI-FEB	17325.000,	F-IRRI-MAR	9090.000,	F-IRRI-ABR	4770.000
F-IRRI-MAY	10215.000,	F-IRRI-JUN	27000.000,	F-IRRI-JUL	43200.000
F-IRRI-AGO	64600.000,	F-IRRI-SEP	43200.000,	F-IRRI-OCT	3240.000
F-IRRI-NOV	3240.000,	F-IRRI-DIC	19440.000,	F-SCULREG	112.500
397 VARIABLE X.M	NIVEAUX ACTIVITES				
F-CEBADA	-17.325,	F-PUERCO	-188.426,	F-COMP-CER	-0.100
F-COMP-RIZ	-0.100,	F-VENT-PAP	-0.004,	F-A-SE-PAP	-0.004
F-V-SE-PAP	-0.004,	F-VW-TEMP	-2.000,	F-VW-CALI	-2.000

FIG. 5 - Résumé de l'optimisation du modèle FRIO initial (essai de juin 1990)

4. LA REPRÉSENTATION DES RÉSULTATS. GESTION DES DONNÉES ET GRAPHISME SOUS WINGZ

Les simulations vont donner lieu à un grand nombre de résumés de données du type présenté en figure 5. Cette avalanche de chiffres n'est pas directement lisible par les personnes qui n'ont pas conçu et exploité le modèle.

Pour représenter les résultats des simulations où l'on fait varier une condition, comme par exemple la dotation en eau, on doit établir des courbes d'évolution de la fonction « objectif » et des activités les plus significatives, à savoir les cultures et l'élevage.

On a recours à un logiciel déjà présenté dans l'opération E du projet ORSTOM-INERHI : le tableur WINGZ qui fonctionne sur ordinateur MACINTOSH. On peut incorporer les données et dresser des graphiques dans des fenêtres ouvertes sur la même feuille de calcul.

L'exemple de la figure 6 (a. tableau de données ; b. graphique) donne un extrait des résultats du modèle Urcuquí pour l'étage tempéré.

dotation eau	+ 20 %	+ 10 %	BASE	- 10 %	- 20 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %	- 60 %
population	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
nombre UPA	225	225	225	225	225	225	225	225	225
pop. familles pays.	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125	1 125
pop. Journaliers	375	375	375	375	375	375	375	375	375
<i>Activités agricoles (ha)</i>									
maïs	200	175	62	0	0	0	0	140	200
maïs extensif	90	99	145	177	194	210	291	411	448
prairie irriguée	337	327	283	238	194	149	125	125	125
luzerne	156	151	126	99	70	40	26	25	22
haricot-maïs	61	64	76	109	166	224	171	45	45
haricot-pomme de terre	7	7	9	10	12	14	15	15	15
maraîchage	44	46	56	60	58	57	66	73	39
vergers	6	6	6	6	6	6	6	6	6
SAU en sec	200	175	62	0	0	0	0	140	200
SAU Irriguée	700	700	700	700	700	700	700	700	700
<i>Evaluation risques (équivalent à hectares perdues)</i>									
ha avec pertes	300	289	236	215	232	249	224	237	241
ha sans pertes	144	142	135	128	121	114	110	110	110
<i>Élevage bovin</i>									
élevage bovin	659	646	528	421	315	208	150	150	150
<i>Élevage porcin</i>									
élevage porcin	61	76	148	219	290	361	400	400	400
<i>Activités d'irrigation (milliers de mètres cubes)</i>									
MM3 en hiver	875	873	862	840	805	770	747	708	598
MM3 en été	2 830	2 775	2 523	2 271	2 018	1 766	1 514	1 261	1 009
<i>Activités économiques</i>									
<i>Achats</i>									
tonnes N	15	16	18	20	21	22	22	19	11
tonnes P ₂ O ₅	11	11	12	13	13	13	14	14	8
tonnes K	9	9	10	12	14	15	14	11	6
US\$ phytosanitaires	14 639	15 318	18 460	2 380	24 039	26 699	26 368	21 944	12 830
heures tracteur	1 650	1 660	1 707	1 896	2 251	2 606	2 555	2 410	2 157
<i>Echanges W</i>									
<i>Paysans</i>									
Jours W Interne	45 000	45 000	45 000	46 836	50 841	54 844	56 527	60 432	57 242
Jours W extérieur	45 000	45 000	45 000	43 161	39 158	35 155	33 472	29 567	32 757
<i>Journaliers</i>									
Jours W Interne	37 500	37 500	37 500	37 500	37 500	37 500	37 500	37 500	27 752
Jours W extérieur	75 000	75 000	70 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000	55 504
<i>Activités d'autoconsommation</i>									
tonnes céréales	195	195	195	202	218	234	241	257	342
tonnes pommes de terre	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tonnes haricot	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tonnes légumes	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tonnes fruits	30	30	30	30	30	30	30	30	30
tonnes viande	60	60	60	60	60	60	60	60	60
tonnes lait	150	150	150	150	150	150	150	150	150
<i>Activités de vente de produits agricoles</i>									
tonnes céréales	0	0	0	0	0	0	88	280	306
tonnes maïs frais	122	122	131	185	294	403	277	0	0
tonnes haricot	23	25	36	63	110	158	116	15	6
tonnes légumes	416	436	531	576	561	545	634	709	363
tonnes lait	509	485	378	271	165	58	0	0	0
<i>Synthèse économique (US dollars)</i>									
revenus	190 882	190 162	188 226	191 845	202 007	212 166	201 696	182 003	133 257
coût	165 471	165 254	163 971	168 609	180 179	191 730	185 018	172 975	144 095
revenu net	25 411	24 908	24 255	23 236	21 828	20 436	16 678	9 028	- 10 838
revenu net UP	113	111	108	103	97	91	74	40	- 48
autoconsommation UP	317	317	317	320	327	334	336	343	379
total UP	430	428	428	424	424	424	411	383	331

FIG. 6 a - Simulation GAMS, ZARI Urcuquí. Résultats de l'étage tempéré

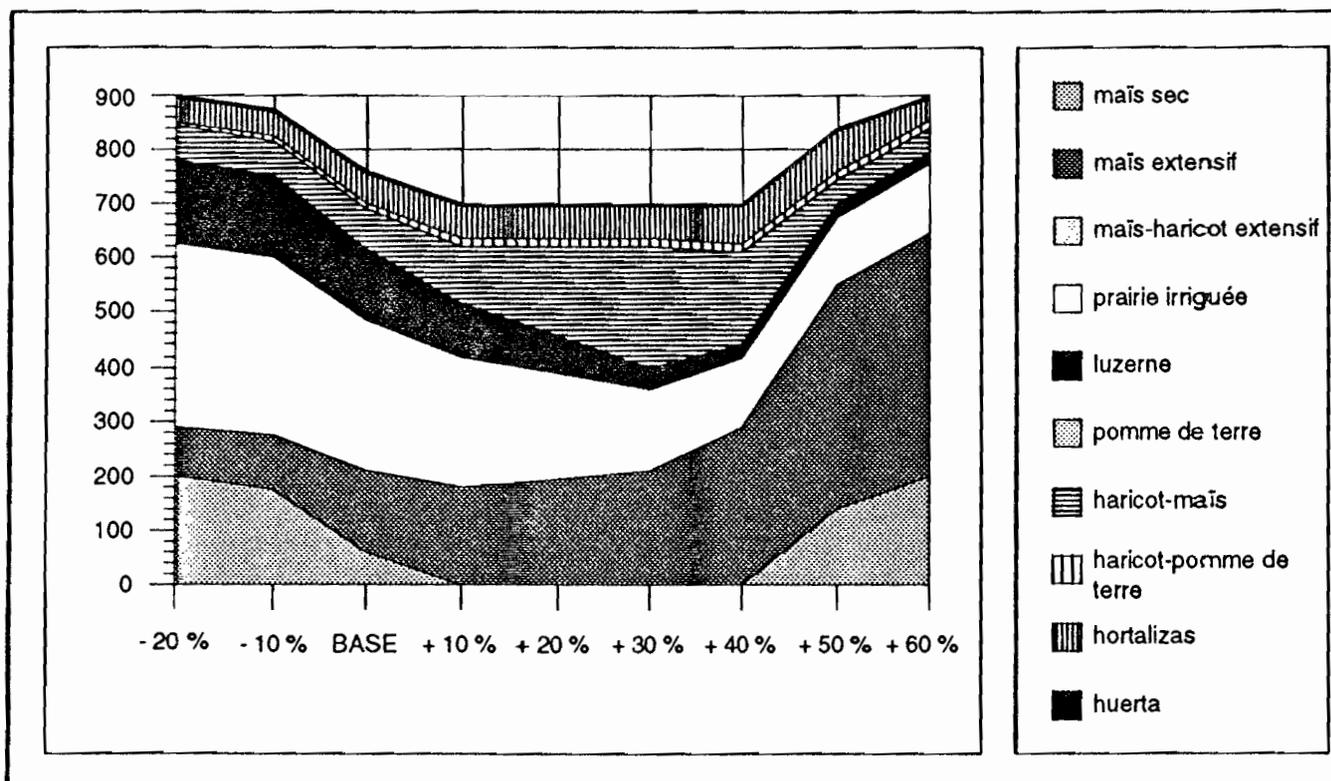


FIG. 6 b - Synthèse de la simulation sur l'eau dans l'étage tempéré d'Urcuquí

Le graphique de la figure 6 b est la représentation de l'évolution de l'assolement en fonction d'une crise générale sur l'eau ou d'une amélioration des dotations. Il s'agit d'un « graphique en couches superposées » qui permet de représenter le phénomène en continu.

Sans entrer dans les détails d'interprétation (voir rapport B 10), on se rend compte de trois évolutions possibles.

En cas de crise profonde (- 40 à - 60% du débit), le meilleur choix serait pour la population de cet étage de cultiver presque exclusivement la base alimentaire, à savoir le maïs, soit dans les espaces secs, soit dans le périmètre irrigué, mais avec une conduite très extensive de la culture (autrement dit, on cultive en sec dans le périmètre sous infrastructure irriguée).

En cas de crise légère (- 10 à - 3 0% du débit), la meilleure solution consisterait à ne pas cultiver l'espace sec et réserver le maximum d'irrigation à la luzerne, plutôt qu'aux prairies naturelles. On essaie d'économiser l'eau et on choisit des plantes résistantes à la sécheresse.

En cas d'amélioration (+ 10 à + 20% du débit), la meilleure combinaison peut sembler à première vue surprenante, puisqu'on voit revenir la culture du maïs dans l'espace sec. En fait, l'eau supplémentaire est réservée aux prairies naturelles. L'agriculture devient plus extensive en travail sur le périmètre irrigué et, par conséquent, on emploie le travail marginal ou d'opportunité à cultiver la zone non aménagée. Ceci s'accompagne d'un gaspillage d'eau à l'échelle du périmètre (les prairies consomment beaucoup d'eau à l'application). On voit que la dotation n'est pas toujours la voie principale d'amélioration de l'agriculture irriguée. On doit aussi s'intéresser au fonctionnement de l'irrigation à l'intérieur des périmètres.

Conclusion

1. UN EFFORT DE FORMATION

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

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

En Équateur, un groupe commence à programmer des modèles centrés autour des problèmes d'irrigation. L'INERHI dispose à la fin 1991 de modèles complexes sur Urcuquí (voir rapport B 9), d'où va dériver un modèle plus important sur l'ensemble du bassin du Mira. Sous l'impulsion du projet ORSTOM-INERHI, ont été modélisés différents systèmes agraires :

nom du modèle	région	organisme	auteur	problématique
LUDO	Azuay	CICDA	Geneviève JOLY (ingénieur agronome)	incorporation d'un nouveau réseau d'irrigation à Ludo et étude de l'impact
TONTAQUI	Mira	INERHI	Yadira CARRIÓN A. (économiste)	Analyse des faibles productivités dans une zone densément peuplée, Atuntaqui
MACHALA	El Oro	Université	Katty M. JURADO F. (économiste)	Analyse de l'impact d'un nouveau au en zone bananière, près de Machala
SALINAS	Mira	INERHI	Edwin PIEDRA M. (économiste)	Évaluation d'un projet public d'irrigation à Salinas

D'autres personnes ont été initiées à la modélisation et pourront développer des programmes en liaison avec le groupe formé.

organisme	personne
CICDA (Cuenca)	Félix A. MOROCHO M. (ingénieur agronome)
INERHI (Quito)	Myriam H. AYALA G. (économiste)
INERHI (Machala)	Gonzalo E. COBO R. (ingénieur civil)
INERHI (Quito)	Marta C. DURANGO L. (économiste)
INERHI (Quito)	Edison E. JUNA O. (économiste)
INERHI (Quito)	Maribel MONTENEGRO G. (économiste)
INERHI (Quito)	Edgar E. PAZMIÑO P. (ingénieur)
INERHI (Quito)	Marcelo PROAÑO S. (ingénieur agronome)

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

2. LES LIMITES DE LA MODÉLISATION

L'édifice mathématique de la programmation linéaire sous-tend que les fonctions de production sont linéaires. Il fixe le niveau de production en fonction du facteur le plus limitant : terre, eau, capital, travail. Ces deux points offrent de nombreux inconvénients : d'une part, les réponses à l'eau et à l'engrais ne sont pas linéaires. D'autre part, on ne sait pas vraiment quand le travail devient-il le facteur limitant en économie paysanne. La modélisation est inévitablement sommaire, mais elle permet, sur le plan méthodologique d'allocation des ressources, d'approcher assez clairement les contraintes exercées sur la production par les limites des ressources disponibles.

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

On peut également se demander où réside l'intérêt de ne pas représenter les différents acteurs du système agraire dans le modèle (le modèle d'Urcuquí prend en compte des travailleurs journaliers et des cellules de production non structurellement significatives). Il serait illusoire, à notre avis, de vouloir schématiser toutes les relations sociales de production à travers un programme linéaire.

En d'autres termes, la démarche nous permet d'apprendre l'effet du changement technique sur le surplus en univers certain (prix, marché) mais non la répartition sociale de ce surplus, approchée par d'autres méthodes.

Ce modèle apparaît comme un outil évolutif dans sa conception (on peut améliorer sa construction au fur et à mesure des connaissances sur la région) et dans son utilisation (on peut actualiser les simulations en fonction des circonstances nouvelles), mais comme nous avons déjà insisté là-dessus, en cas de changement de système agraire, rupture de relations de production, changement démographique brutal, etc., il faut construire un nouveau modèle.

Bibliographie

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

JOLY, G. (1990), *Ludo, modélisation de l'impact d'un projet de canal d'irrigation*, Mémoire ing. agronomie tropicale, CNEARC, Montpellier, France.

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

MAZOYER, M. (1985), *Rapport de synthèse du comité « Systèmes agraires »*, Ministère de la Recherche et la Technologie, Paris, France, 16 p.

RUF, T., LE GOULVEN, P., RIBADENEIRA, H. (1990), *Principaux problèmes du diagnostic sur les réseaux traditionnels andins en Équateur*, communication Séminaire « Gestion de l'eau et adéquation des technologies en région andine », CONCYTEC, Cajamarca, Pérou, 21-26 janvier 1990, 13 p. (esp., fr.).

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

SABATIER, J.-L., RUF, T., LE GOULVEN, P., (1991), *Dynamiques des Systèmes agraires irrigués anciens. Représentations synchroniques et diachroniques. L'exemple d'Urcuquí en Équateur*, à paraître in *Les Cahiers de la Recherche Développement*, CIRAD, Montpellier, France.

ANNEXES

<p align="center">Installation de GAMS sur le disque dur d'un ordinateur compatible IBM-PC-XT-AT</p>

PROCÉDURE

1. Créer deux répertoires sur le disque dur C: (exclusivement)

MD GAMS205
MD GAMSLIB

2. Aller dans le répertoire GAMS205 (CD\GAMS205) et copier le contenu des disquettes système (1,2,3)
3. Aller dans le répertoire GAMSLIB (CD\GAMSLIB) et copier le contenu de la disquette de programmes écrits par le projet ORSTOM-INERHI .
4. Modifier le fichier de démarrage de l'ordinateur Autoexec.bat pour y spécifier le chemin C: \GAMS205

SET PATH TO C:\ GAMS205

Sauver le fichier Autoexec.bat et relancer l'ordinateur.

Attention, cette opération est délicate. Demander à une personne compétente si vous avez peu de connaissances sur le système MS-DOS.

5. Si l'ordinateur ne possède pas d'éditeur de texte, installer par exemple SIDE KICK selon la procédure suivante :

MD SK
CD SK

Copier tout le contenu de la disquette SIDE KICK.

Pour ouvrir SIDE KICK, procéder ainsi :

CD\SK

SK

Appuyer en même temps sur les touches CTRL y SHIFT (ou majuscules).
Entrer dans le menu NOTEPAD
Appuyer sur F3 pour ouvrir un nouveau fichier texte.

exemple : taper /GAMSLIB/MACHALA I. GMS

Il apparaît un écran vide avec un curseur. On peut écrire le programme MACHALA1. Si ce programme était déjà présent sur le répertoire GAMSLIB, il est chargé et on peut le modifier.

Lorsque l'on travaille sur un programme, il est prudent de faire des modifications sur une copie afin de ne pas effectuer un trop grand nombre de modifications sans avoir de sauvegarde du programme de départ. Par exemple on copiera MACHALA1.GMS en MACHALA2.GMS que l'on fera évoluer sous SIDE KICK.

Avec CTRL SHIFT, on retourne au système MS-DOS.

EXÉCUTION DU PROGRAMME ET CONSULTATION DES RÉSULTATS

1. Entrer dans le répertoire C: GAMSLIB

2. Lancer le programme avec l'ordre GAMS

exemple : GAMS MACHALA1

Le programme est compilé et exécuté. Les résultats sortent sur un fichier avec l'extension .LST au lieu de .GMS.

3. On fait apparaître le fichier des résultats avec l'ordre VISU du DOS étendu.

exemple : VISU MACHALA1.LST

4. Pour imprimer le fichier, on utilise l'ordre PRINT du DOS.

exemple : PRINT MACHALA1.LST

Attention, l'impression consomme beaucoup de papier !

Lors des simulations, on peut se contenter d'impression d'écran des résumés d'optimisation.

AVERTISSEMENT

Ces informations d'installation supposent que les personnes intéressées possèdent les droits d'utilisation des dits logiciels.

**PROGRAMA « EJEMPLO », BASE DE LA PROGRAMACION EN GAMS
PROGRAMME « EXEMPLE », BASE DE LA PROGRAMMATION SOUS
GAMS**

ORSTOM-CIRAD-INERHI
Proyecto ORSTOM-INERHI Plan Nacional de Riego

Formación a la modelización de la economía agraria en zonas para el análisis y recomendaciones para el riego
(ZARI)

*Formation à la modélisation de l'économie agricole dans les Zones d'analyses et de recommandations pour
l'irrigation (ZARI)*

Seminario - 18-23 de febrero de 1991
Séminaire - 18-23 février 1991

1. Escritura del programa (*écriture du programme*)

```
GAMS 2.05 PC AT/XT 91/02/16 12:05:23 PAGE 1 MODELE EJEMPLO

SETS I conjunto de actividades
      /A,B,C/

      J conjunto de insumos
      /HA
      M3
      DIAS/

TABLE DATA(J,I)
           A      B      C
      HA      1      1      1
      M3     200    500    350
      DIAS     50    100    100 ;

SCALARS SAU,AGUA,TRABAJO ;

      SAU= 50;
      AGUA= 12000;
      TRABAJO= 4000;

DISPLAY DATA;
```

```

PARAMETER CT(J);

CT(J)      = 0
CT('HA')= SAU ;
CT('M3')= AGUA ;
CT('DIAS')= TRABAJO ;

PARAMETER OBJET(I)  coeficientes  tecnicos  fonc  objetivo

/A -50
B -120
C -85 /;

DISPLAY CT;
DISPLAY OBJET;

PARAMETER RHO(J);

RHO(J)=0;

VARIABLES
X(I) niveles actividades
Z fonccion objetivo ;

POSITIVE VARIABLE X;

EQUATIONS

COST fonccion objetivo ejemplo

SUPPLY1(J) cantidad input disponible j
SUPPLY2(J) cantidad input disponible j
SUPPLY3(J) cantidad input disponible j ;

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

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

DISPLAY X.L,X.M;

```

2. Verificación de la coherencia del programa
(*vérification de la cohérence du programme*)

GAMS 2.05 PC AT/XT 91/02/16 12:05:23 PAGE 6 MODELE EJEMPLO
EQUATION LISTING SOLVE EJEMPLO USING LP FROM LINE 66

2.1. Vérificación de las declaraciones
(*vérification des déclarations*)

```
SETS
I          CONJUNTO DE ACTIVIDADES
J          CONJUNTO DE INSUMOS

PARAMETERS
AGUA CT DATA OBJET COEFFICIENTES TECNICOS FONC OBJECTIVO RHO SAU
TRABAJO

VARIABLES
X          NIVELES ACTIVIDADES
Z          FUNCION OBJECTIVO

EQUATIONS
COST      FONCCION OBJECTIVO EJEMPLO
SUPPLY1   QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J
SUPPLY2   QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J
SUPPLY3   QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J

MODELS
EJEMPLO

COMPILATION TIME = 0.140 MINUTES
```

2.1. Verificación de los datos
(*vérification des données*)

---- 28 PARAMETER DATA			
A	B	C	
HA	1.000	1.000	1.000
M3	200.000	500.000	350.000
DIAS	50.000	100.000	100.000
---- 39 PARAMETER CT			
HA	50.000,	M3	12000.000,
		DIAS	4000.000
---- 40 PARAMETER OBJET			
			COEFFICIENTES TECNICOS
			FONC OBJECTIVO
A	-50.000,	B	-120.000,
		C	-85.000

2.3. Verificación de las ecuaciones
(*verification des équations*)

---- COST	=E=	FONCCION OBJECTIVO EJEMPLO
COST.. - 50*X(A) - 120*X(B) - 85*X(C) + Z =E= 0 ;		
---- SUPPLY1	=L=	QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J
SUPPLY1(HA).. X(A) + X(B) + X(C) =L= 50 ;		
SUPPLY1(M3).. 200*X(A) + 500*X(B) + 350*X(C) =L= 12000 ;		
SUPPLY1(DIAS).. 50*X(A) + 100*X(B) + 100*X(C) =L= 4000 ;		
---- SUPPLY2	=G=	QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J
NONE		
---- SUPPLY3	=E=	QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J
NONE		

3. Edición de los resultados
(*édition des résultats*)

3.1. Niveles en donde actúan las actividades
(*niveaux où agissent les activités*)

----	X		NIVELES	ACTIVIDADES
	X(A)			
	(.LO,	.L,	.UP = 0, 0, +INF)	-50 COST
	1			SUPPLY1(HA)
	200			SUPPLY1(M3)
	50			SUPPLY1(DIAS)
	X(B)			
	(.LO,	.L,	.UP = 0, 0, +INF)	-120 COST
	1			SUPPLY1(HA)
	500			SUPPLY1(M3)
	100			SUPPLY1(DIAS)
	X(C)			
	(.LO,	.L,	.UP = 0, 0, +INF)	-85 COST
	1			SUPPLY1(HA)
	350			SUPPLY1(M3)
	100			SUPPLY1(DIAS)
	----	Z		FONCCION OBJETIVO
	Z			
	(.LO,	.L,	.UP = -INF, 0, +INF)	1 COST

3.2. Resumen de la ejecución del programa
(résumé de l'exécution du programme)

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	4	SINGLE EQUATIONS	4
BLOCKS OF VARIABLES	2	SINGLE VARIABLES	4
NON ZERO ELEMENTS	13		

GENERATION TIME	=	0.094 MINUTES
EXECUTION TIME	=	0.245 MINUTES

S O L V E S U M M A R Y

MODEL	EJEMPLO	OBJECTIVE	Z
TYPE	LP	DIRECTION	MAXIMIZE
SOLVER	BDMLP	FROM LINE	66

**** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION
 **** MODEL STATUS 1 OPTIMAL
 **** OBJECTIVE VALUE 2966.6667

RESOURCE USAGE, LIMIT	0.033	1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	2	1000

BDM - LP VERSION 1.01

A. Brooke, A. Drud, and A. Meeraus, Analytic Support Unit,
 Development Research Department, World Bank, Washington, D.C.
 20433, U.S.A.

WORK SPACE NEEDED (ESTIMATE) -- 3823 WORDS. WORK SPACE
 AVAILABLE -- 35524 WORDS.

EXIT -- OPTIMAL SOLUTION FOUND.

3.3. Valores de las actividades
(valeurs des activités)

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
---- EQU COST					1.000
COST	FONCCION OBJECTIVO EJEMPLO				
---- EQU SUPPLY1	QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
HA	-INF	50.000	50.000	3.333	
M3	-INF	12000.000	12000.000	0.233	
DIAS	-INF	2833.333	4000.000	.	
---- EQU SUPPLY2	QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J				
NONE					
---- EQU SUPPLY3	QUANTIDAD INPUT DISPONIBLE J				
NONE					
---- VAR X	NIVELES ACTIVIDADES				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
A .	43	333	+INF	.	
B .	6.	67	+INF	.	
C .	.		INF	EPS	

3.4. Resumen de la optimización del modelo
(résumé de l'optimisation du modèle)

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR Z			-INF 2966.667	+INF .
Z	FONCCION OBJECTIVO			
**** REPORT SUMMARY :		0	NONOPT	
		0	INFEASIBLE	
		0	UNBOUNDED	
Actividades útiles (variables utiles)				
----	67 VARIABLE	X.L	NIVELES	ACTIVIDADES
			A 43.333,	B 6.667
Variables no útiles (variables rejetées)				
----	67 VARIABLE	X.M	NIVELES	ACTIVIDADES
			C	EPS
**** FILE SUMMARY				
INPUT	C:\GAMSLIB\EJEMPLO.GMS		OUTPUT	C:\GAMSLIB\EJEMPLO.LST
EXECUTION TIME	=	0.138 MINUTES		

Glossaire des activités
(noms généralement utilisés dans les modèles du
projet ORSTOM-INERHI)

ABON-K	fertilisation potassium
ABON-N	fertilisation azote
ABON-P	fertilisation phosphore
ALFALFA	luzerne semée
ARR-JEXT	riz que l'étage chaud doit fournir pour les journaliers extérieurs à la zone
BOVINO	tête de bétail bovin adulte
BUEYES	traction animale supplémentaire par bœufs
CANA	canne à sucre extensive
CDJ-EXT	achat (par les unités de production de l'étage chaud) de journées de travail de journaliers provenant de l'extérieur de la zone du modèle
CEBADA	orge
COMP-ARR	achat de riz
CONS-CAR	autoconsommation de viande
CONS-CER	autoconsommation de céréales
CONS-CHO	autoconsommation de maïs frais
CONS-FRE	autoconsommation de haricot sec
CONS-FRU	autoconsommation de fruits
CONS-LEC	autoconsommation de lait
CONS-LEG	autoconsommation de légumes
DF-AFZ	travail familial paysan hors la zone du modèle
DF-INT	travail familial paysan interne à la zone du modèle
FITOS	traitements phytosanitaires
FRE-MAIZ	succession dans l'année de haricot et de maïs
FRE-PAPA	succession dans l'année de haricot et de pomme de terre
FREJ-MAR	haricot irrigué semé en mars
HORTALIZ	maraîchage
HUERTA	vergers
IRRI-INV	irrigation d'hiver
IRRI-VER	irrigation d'été
MAFR-OCT	maïs associé au haricot grimpant irrigué et semé en octobre
MAIZ-JUI	maïs irrigué semé en juillet
MAIZ-OCT	maïs irrigué semé en octobre
MAIZ-SEC	maïs en sec
PAPA-FEB	pomme de terre irriguée semée en février
PARAMO	prairie de haute altitude (3 400 - 4 000 m)
PERDIAN	évaluation du risque économique et technique par perte d'hectares en culture
PERDIDO	évaluation risque économique et technique par perte d'hectares en culture
PN-REG	prairie naturelle irriguée
PNAT	prairie naturelle sans irrigation
POB-FAM	population totale des familles paysannes
POB-JOR	population des journaliers agricoles actifs

POBLA	population totale de la zone modélisée
PP-REG	pomme de terre irriguée
PUERCO	tête de bétail porcin adulte
SCULREG	superficie cultivée avec irrigation
SCULSEC	superficie cultivée en sec
TRACTOR	traction mécanisée
TRIGO	blé
UP-FAM	nombre d'unités de production familiales
VDJ-CALI	vente de journées de travail des journaliers de l'étage (froid ou tempéré) aux unités de production de l'étage chaud
VDJ-INT	vente de journées de travail des journaliers de l'étage aux unités de production du même étage
VDJ-TEMP	vente de journées de travail des journaliers de l'étage (froid) aux unités de production de l'étage tempéré
VENT-CAN	vente de canne à sucre (tiges)
VENT-CAR	vente de viande
VENT-CER	vente de céréales
VENT-CER	vente de lait
VENT-CHO	vente de maïs frais
VENT-FRE	vente de haricot sec
VENT-FRU	vente de fruits
VENT-LEG	vente de légumes

Glossaire des inputs
(noms généralement utilisés dans les modèles
du projet ORSTOM-INERHI)

BAL-CAR	bilan alimentaire de la population pour la viande
BAL-CER	bilan alimentaire de la population pour les céréales
BAL-CHO	bilan alimentaire de la population pour le maïs frais
BAL-FRE	bilan alimentaire de la population pour le haricot sec
BAL-FRU	bilan alimentaire de la population pour les fruits
BAL-LEC	bilan alimentaire de la population pour le lait
BAL-LEG	bilan alimentaire de la population pour les légumes
BAL-PAPA	bilan alimentaire de la population pour les pommes de terre
DIAS-FAM	calcul des journées de travail familial paysan
DIAS-PAG	calcul des journées de travail des journaliers
EQ-WFAM	limite du travail familial consommé à la capacité de travail de la population paysanne
EQ-WJOR	limite du travail familial consommé à la capacité de travail de la population de journaliers
F-EQ-JOR	calcul de la population de journaliers dans la population totale
F-HOM-FAM	calcul de la population paysanne dans la population totale
F-HOMBRES	calcul de la population totale
F-NUM-UP	calcul du nombre d'unités de production familiales
HA-REGAD	calcul des hectares cultivés et irrigués
HA-SECOS	calcul des hectares cultivés en sec
HACULREG	limite des hectares cultivés en irrigué à la SAU sous infrastructure irrigué
HACULSEC	limite des hectares cultivés en sec à la SAU en sec
HAPARAMO	hectares de <i>paramo</i>
HAPARC	limite minimale de parcours pour l'élevage (ha)
HAPERDID	calcul des équivalents hectares cultivés perdus (notion de risques agricoles)
HORA-MEC	calcul des heures de tracteur
HORA-YUN	calcul des besoins en journées de traction animale
KG-K	calcul des besoins en unités de potassium
KG-N	calcul des besoins en unités d'azote
KG-P	calcul des besoins en unités de phosphore
KGARR-CO	achats de riz (kg)
KGARR-JE	achat éventuel de riz pour les journaliers
KGCE-JE	achat éventuel de céréales pour les journaliers
LIM-CDJ	limite d'achat de travail journalier extérieur à la zone
LIM-VDJE	limite socio-économique à la migration des journaliers hors de la zone
LIM-WF	limite de travail non agricole dans la population paysanne
M3-INV	calcul des besoins en eau en hiver pour la combinaison des cultures
M3-VER	calcul des besoins en eau en été pour la combinaison des cultures
PRO-CANA	calcul de la production de canne à sucre (tiges) (kg)
PRO-CARN	calcul de la production de viande (kg)
PRO-CER	calcul de la production de céréales (kg)
PRO-CHOC	calcul de la production de maïs frais (kg)

PRO-FRE	calcul de la production de haricot sec (kg)
PRO-FRU	calcul de la production de fruits (kg)
PRO-LECH	calcul de la production de lait (kg)
PRO-LEG	calcul de la production de légumes (kg)
PRO-PAPA	calcul de la production de pommes de terre (kg)
RIEGO-IN	limite de consommation en eau en hiver à la capacité des systèmes d'irrigation de la zone
RIEGO-VE	limite de consommation en eau en été à la capacité des systèmes d'irrigation de la zone
UAPERDID	calcul des équivalents unités animales perdues (notion de risques dans l'élevage)
UNID-FOR	calcul des besoins fourragers
USD-FITO	calcul des dépenses en produits phytosanitaires, en dollars

Glossaire des instructions du programme GAMS
(noms généralement utilisés dans les modèles du
projet ORSTOM-INERHI)

*	permet d'écrire un commentaire dans le programme
=E=	égal
=G=	plus grand ou égal (<i>greater</i>)
=L=	plus petit ou égal (<i>lighter</i>)
ALL	tout
COST	fonction « objectif » du modèle
CT	coefficient technique second membre des équations du modèle
DISPLAY	ordre apparition dans le listing des résultats
I	ensemble de toutes les activités du modèle
J	ensemble de tous les <i>inputs</i> du modèle
LP	appel du programme de programmation linéaire
MODEL	nom du modèle
OBJET	vecteur économique du modèle où l'on déclare les coûts unitaires et prix unitaires de chaque activité — par convention, les coûts sont positifs et les prix négatifs
PARAMETER	déclaration d'un vecteur ou d'une matrice avec son nom et ses dimensions — exemple : <i>parameter</i> RESUL(J,I)
RHO	paramètre intermédiaire permettant d'indiquer au modèle le sens des équations — par convention, RHO = 0 donne une inégalité \leq , RHO = 1 donne \geq et RHO = 2 une égalité stricte
SCALARS	déclaration de constantes avec leur nom et leur valeur ou leur formule de calcul
SOLVE	résoudre
SUPPLY1	ensemble des équations commandées par le signe \leq
SUPPLY2	ensemble des équations commandées par le signe \geq
SUPPLY3	ensemble des équations commandées par le signe =
TABLE	définit une matrice avec son nom et selon des dimensions précises ou infinies — exemple : <i>table</i> TEMP3(*,*)
VARIABLES	définit les inconnues du modèle X(I) et Z quantités d'activités et revenu net de la population

Glossaire des scalaires
(noms généralement utilisés dans les modèles
du projet ORSTOM-INERHI)

CBINF	superficie agricole utile sous infrastructure d'irrigation de l'étage chaud
CCPERD	coefficient de perte pour les réseaux d'irrigation de l'étage chaud (cumul des pertes de transport, distribution et application)
CDJ	taux d'immigration maximal de journaliers extérieurs par rapport à la population paysanne active de l'étage chaud (entre 0 et 1)
CPOBLA	population totale de l'étage chaud
CQTCONC	débit total concédé dans l'étage chaud
CUP	nombre total d'unités de production familiales paysannes de l'étage chaud
FBINF	superficie agricole utile sous infrastructure irriguée de l'étage froid
FCPERD	coefficient de perte pour les réseaux d'irrigation de l'étage froid (cumul des pertes de transport, distribution et application)
FPARAMO	superficie en prairies de haute altitude
FPOBLA	population totale étage froid
FQTCONC	débit total concédé dans l'étage froid
FSUPSEC	superficie agricole utile en sec de l'étage froid
FUP	nombre total d'unités de production familiales paysannes de l'étage froid
TBINF	superficie agricole utile sous infrastructure d'irrigation de l'étage tempéré
TCPERD	coefficient de perte pour les réseaux d'irrigation de l'étage tempéré (cumul des pertes de transport, distribution et application)
TPOBLA	population totale étage tempéré
TQTCONC	débit total concédé dans l'étage tempéré
TSUPSEC	superficie agricole utile en sec de l'étage tempéré
TUP	nombre total d'unités de production familiales paysannes de l'étage tempéré

Glossaire des termes du vocabulaire employé dans GAMS
(noms généralement utilisés dans les modèles
du projet ORSTOM-INERHI)

ABON	engrais chimique
ABR	avril
AFZ	externe à la zone du modèle
AGO	août
ARR	riz
C-	étage chaud (1 500 - 2 200 m)
CALI	étage chaud subtropical
CAR	viande
CDJ	achat de journées de travail des journaliers d'un étage
CE	céréales (blé, orge, maïs)
CE-JFRIO	céréales dont doit disposer l'étage tempéré pour employer les journaliers de l'étage froid rémunérés en nature
CER	céréales (blé, orge, maïs, riz)
CHO	maïs frais dit <i>choclo</i>
COMP	achat
CONS	autoconsommation
CUL	culture
DF	jours de travail des familles paysannes
DIAS	journées de travail
DIC	décembre
ENE	janvier
F-	étage froid (>2 700 m)
FAM	familles paysannes
FEB	février
FRE	haricot sec
FREJ	haricot sec arbustif
FRIO	étage froid
FRU	fruits
HA	hectare
HOM	hommes (habitants)
IN	voir INV
INT	interne à la zone du modèle
INV	hiver correspondant plutôt à la grande saison des pluies (octobre-mars)
IRRI	irrigation
JEXT	journaliers extérieurs à la zone
JFRIO	journaliers de l'étage froid
JOR	journaliers
JUN	juin
LEC	lait
LEG	légumes
M3	mètre cube

MAFR	maïs associé au haricot grimpant
MAIZ	maïs doux de consommation humaine
MAR	mars
MAY	mai
NOV	novembre
OCT	octobre
PAP	pomme de terre
PP	pommes de terre
REG	irrigué
RIEG	irrigation
SAU	superficie agricole utile
SEC	culture en sec
SEP	septembre
T-	étage tempéré (2 300- 2 700 m)
TEMP	étage tempéré
UA	unité animale équivalent à une vache de 400 kg produisant 1 500 litres de lait par an et consommant 2 000 unités fourragères
UF	unité fourragère équivalent a 1 kg de graines d'orge
UP	unité de production
USD	dollar US
VDJ	vente de journées de travail des journaliers d'un étage
VE	voir (<i>ver</i>)
VENT	vente
VER	été correspondant plutôt à la grande saison sèche (avril-septembre)

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

- \$TITLE modelo urcuqui
 \$OFFUPPER
 OPTION LIMROW =120,ITERLIM =1000,RESLIM =15;
 * SABATIER J.L.,RUF T.& LE GOULVEN P., juin 1991
- SETS I
 * *ensemble de toutes les activites*
 * conjunto de todas las actividades
- * *ensemble activites agri et elevage etage froid*
 * conjunto actividades agropecuarias piso frio
 /F-PARAMO, F-PNAT, F-PN-REG, F-TRIGO, F-CEBADA, F-PP-REG,
 F-BOVINO, F-PUERCO,
 F-PERDIDO, F-PERDIAN,
 F-SCULSEC, F-SCULREG,
- * *ensemble population familles paysans journaliers etage froid*
 * conjunto poblacion familias campesinas jornaleros piso frio
 F-UP-FAM, F-POBLA, F-POB-FAM, F-POB-JOR,
- * *ensemble activites echanges alimentaires etage froid*
 * conjunto actividades intercambios alimenticios piso frio
 F-CONS-CER, F-VENT-CER,
 F-COMP-ARR,
 F-CONS-PAP, F-VENT-PAP,
 F-CONS-LEC, F-VENT-LEC,
 F-CONS-CAR, F-VENT-CAR,
- * *ensemble activites consommations intermediaires etage froid*
 * conjunto actividades consumos intermediarios piso frio
 F-DF-INT, F-DF-AFZ,
 F-ABON-N, F-ABON-P, F-ABON-K, F-FITOS,
 F-BUEYES, F-TRACTOR,
- * *ensemble activites agri et elevage etage tempere*
 * conjunto actividades agropecuarias piso templado
 T-PN-REG, T-ALFALFA, T-MAIZ-SEC, T-MAIZ-OCT,
 T-MAIZ-JUI, T-FREJ-MAR, T-MAFR-OCT, T-PAPA-FEB,
 T-FRE-MAIZ, T-FRE-PAPA,
 T-HORTALIZ, T-HUERTA,
 T-BOVINO, T-PUERCO,
 T-PERDIDO, T-PERDIAN,
 T-SCULSEC, T-SCULREG,
- * *ensemble population familles paysans journaliers etage tempere*
 * conjunto poblacion familias campesinas jornaleros piso templado
 T-UP-FAM, T-POBLA, T-POB-FAM, T-POB-JOR,

* *ensemble activites echanges alimentaires etage tempere*

* conjunto actividades intercambios alimenticios piso templado

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

* *ensemble activites consommations intermediaries etage tempere*

* conjunto actividades consumos intermediarios piso templado

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

* *ensemble activites agri elevage etage chaud*

* conjunto actividades agropecuarias piso caliente

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

* *ensemble population familles paysans journaliers etage chaud*

* conjunto poblacion familias campesinas jornaleros piso caliente

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

* *ensemble activites echanges alimentaires etage chaud*

* conjunto actividades intercambios alimenticios piso caliente

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

* *ensemble des activites consommations intermediaries etage chaud*

* conjunto de actividades consumos intermediarios piso caliente

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

* *ensemble activites irrigation tous etages*

* conjunto actividades riego todos pisos

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

* *ensemble echanges generaux journaliers entre etages*

* conjunto intercambios jornaleros entre pisos

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

J

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

* conjunto de todos los insumos de la matriz final

* *etage froid* piso frio

* *equations utilisation superficie agricole utile*

* ecuaciones uso superficie agricola util

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

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

* ecuaciones estimacion riesgos por perdidas hectareas y unidades animales

F-HAPERDID, F-UAPERDID,

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

* ecuaciones demanda en aguas en invierno y en verano

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

* *equations calcul populations*

* ecuaciones calculo poblaciones

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

* *equations calcul journees travail paysans et journaliers*

* ecuaciones calculo dias de trabajo campesinos y jornaleros

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

* *equations besoins en intrants agricoles*

* ecuaciones necesidades en insumos agricolas

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

* *equations calcul des productions agricoles et fourrageres*

* ecuaciones calculo de producciones agricolas y forrajeras

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

* *etage tempere* piso templado

* *equations utilisation superficie agricole utile*

* ecuaciones uso superficie agricola util

T-HA-SECOS, T-HACULSEC, T-HA-REGAD, T-HACULREG,

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

* ecuaciones estimacion riesgos con perdidas hectareas y unidades animales

T-HAPERDID, T-UAPERDID,

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

* ecuaciones demanda en agua en invierno y en verano

T-M3-INV, T-M3-VER,

* *equations calcul populations*

* ecuaciones calculo poblaciones

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

* *equations calcul journees travail paysans et journaliers*

* ecuaciones calculo dias trabajo campesinos y jornaleros

T-DIAS-FAM, T-DIAS-PAG,

* *equations calculs intrants agricoles divers*

* ecuaciones calculo varios insumos agricolas

T-HORA-MEC, T-HORA-YUN,

T-KG-N, T-KG-P, T-KG-K, T-USD-FITO,

* *equations production fourragere et contrainte minimum prairie*

* ecuaciones produccion forrajera y limite minimo pasto

T-UNID-FOR, T-HAPARC,

* *equations productions agricoles*

* ecuaciones produccion agricola

T-PRO-CER, T-PRO-PAPA,

T-PRO-CHOC,

T-PRO-FRE, T-PRO-LEG, T-PRO-FRU,

T-PRO-LECH, T-PRO-CARN,

* *etage chaud* piso caliente

* *equations utilisation superficie agricole utile*

* ecuaciones uso superficie agricola util

C-HA-REGAD, C-HACULREG,

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

* ecuaciones estimacion riesgos por perdidas hectareas y unidades animales

C-HAPERDID, C-UAPERDID,

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

* ecuaciones demanda en aguas por invierno y verano

C-M3-INV, C-M3-VER,

* *equations calcul populations*

* ecuaciones calculo poblaciones

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

* *equations calculs journees travail paysans et journaliers*

* ecuaciones calculo dias de trabajo campesinos y jornaleros

C-DIAS-FAM, C-DIAS-PAG,

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

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

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

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

- * *etage froid* piso frio

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

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

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

- * *etage tempere* piso templado

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

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

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

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

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

* *etage chaud piso caliente*

* *bilans de travail*

* *balances de trabajo*

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

* *bilans alimentaires*

* *balances alimenticios*

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

C-BAL-FRE,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- * liste des tableaux
- * lista de los marcos

TABLE FRI01 (*, *)

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

	F-SCULSEC	F-SCULREG							
F-HA-SECOS	-1								
F-HA-REGAD		-1							
F-HACULSEC	1								
F-HACULREG		1							
F-DIAS-FAM		5							
F-DIAS-PAG		5							
			F-PNAT	F-PN-REG	F-TRIGO	F-CEBADA	F-PP-REG	F-BOVINO	F-PARAMO
F-HAPARAMO									1
F-HA-SECOS	1				1	1			
F-HA-REGAD				1			1		
F-HAPERDID	-0.2		-0.1		-0.2	-0.2	-0.8		
F-UAPERDID								-0.3	
F-M3-INV		1260					350		
F-M3-VER		1240					410		
F-DIAS-FAM	1	1			35	30	100	3	0.1
F-DIAS-PAG	3	10			15	10	40	7	1
F-HORA-MEC					2	2	2		
F-HORA-YUN					1	1	4	-70	
F-KG-N					10	5	65		
F-KG-P					30	15	120		
F-KG-K					10	5	75		
F-USD-FITO							100		
F-UNID-FOR	-500	-1900			-380	-350		1900	-200
F-PRO-CER					-950	-850			
F-PRO-PAPA							-5000		
F-PRO-LECH								-500	
F-PRO-CARN								-150	
			F-PERDIDO	F-PERDIAN					
F-HAPERDID			1						
F-UAPERDID				1					

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

TABLE TEMPI (*, *)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TABLE FRIO2 (*, *)

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

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

TABLE TEMP2 (*, *)

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

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

TABLE CALI2 (*, *)

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

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

TABLE FRI03 (*, *)

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

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

TABLE TEMP3 (*, *)

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

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

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

TABLE CALI3 (*, *)

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

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

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

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

TABLE FRIO4 (*, *)

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

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

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

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

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

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

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

;

TABLE TEMP4 (*, *)

* *equilibres etage tempere*
 * *equilibrios piso templado*

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

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

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

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

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

;

TABLE CALI4 (*, *)

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

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

TABLE FIRRI (*, *)

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

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

TABLE TIRRI (*, *)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PARAMETER RESUL (J, I) ;

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

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

```
SCALARS  FPOBLA, FUP, FBINF, FQTCONC, FSUPSEC, FPARAMO, FCPERD  
         TPOBLA, TUP, TBINF, TQTCONC, TSUPSEC, TUPERD  
         CPOBLA, CUP, CDJ, CBINF, CQTCONC, CCPERD
```

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

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

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

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

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

```
DISPLAY  RESUL;
```

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

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

PARAMETER CT(J);

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

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

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

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

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

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

DISPLAY CT;
DISPLAY OBJET;

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

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

PARAMETER RHO (J) ;

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

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

VARIABLES

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

POSITIVE VARIABLE X;

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

EQUATIONS

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

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

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

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

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

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

DISPLAY X.L,X.M;

Programa FRIO (Piso frío de Urcuquí)
 Programme FRIO (étage froid d'Urcuquí)

\$TITLE modele urcuqui frio

\$OFFUPPER

OPTION LIMROW = 40;

* SABATIER J.L., RUF T. & LE GOULVEN P., FEVRIER--X. 1990

SETS I actividades activites

/F-PNAT, F-PASTOS, F-TRIGO, F-CEBADA,
 F-PAPAS, F-GANADO, F-POPU, F-PUERCO,

F-CONS-CER, F-COMP-CER, F-VENT-CER, F-COMP-RIZ, F-CONS-PAP,
 F-VENT-PAP, F-COMP-FRE, F-A-SE-PAP, F-C-SE-PAP, F-V-SE-PAP,
 F-CONS-LEC, F-VENT-LEC, F-CONS-CAR, F-VENT-CAR,

F-VW-FRIO, F-VW-TEMP, F-VW-CALI, F-VW-AFZAR,
 F-ABON-N, F-ABON-P, F-ABON-K, F-FITOS,
 F-YUNTAS, F-TRACTOR,

F-IRRI-ENE, F-IRRI-FEB, F-IRRI-MAR, F-IRRI-ABR, F-IRRI-MAY,
 F-IRRI-JUN, F-IRRI-JUL, F-IRRI-AGO, F-IRRI-SEP, F-IRRI-OCT,
 F-IRRI-NOV, F-IRRI-DIC,
 F-SCULREG/

J inputs

/F-PARAMO,
 F-HA-SECOS, F-HA-CULTI, F-HA-REGAD,
 F-M3-ENE, F-M3-FEB, F-M3-MAR, F-M3-ABR, F-M3-MAY, F-M3-JUN,
 F-M3-JUL, F-M3-AGO, F-M3-SEP, F-M3-OCT, F-M3-NOV, F-M3-DIC,
 F-HOMBRES, F-DIAS-FAM, F-DIAS-PAG, F-HORA-MEC, F-HORA-YUN,
 F-KG-N, F-KG-P, F-KG-K, F-SEM-PAPA, F-UNID-FOR, F-RDT-CER,
 F-RDT-PAPA, F-RDT-LECH, F-RDT-CARN,
 F-BAL-W, F-KGRIZ-CO,
 F-BAL-CER,
 F-BAL-PAPA,
 F-BAL-FRE,
 F-BAL-LEC,
 F-BAL-CAR, F-USD-FITO,
 F-RIEG-ENE, F-RIEG-FEB, F-RIEG-MAR, F-RIEG-ABR,
 F-RIEG-MAY, F-RIEG-JUN, F-RIEG-JUL, F-RIEG-AGO,
 F-RIEG-SEP, F-RIEG-OCT, F-RIEG-NOV, F-RIEG-DIC/;

TABLE FRI02(*,*) intercambios échanges

	F-CONS-CER	F-VENT-CER	F-CONS-PAP	
F-RDT-CER	1	1		
F-RDT-PAPA			1	
+	F-VENT-PAP	F-A-SE-PAP	F-C-SE-PAP	F-V-SE-PAP
F-SEM-PAPA		-1	-1	
F-RDT-PAPA	1	1		1
+	F-CONS-LEC	F-VENT-LEC	F-CONS-CAR	F-VENT-CAR
F-RDT-LECH	1	1		
F-RDT-CARN			1	1 ;

TABLE FRI03(*,*) consumos consommations

	F-VW-FRIO	F-ABON-N	F-ABON-P	F-ABON-K
F-DIAS-PAG	-1			
F-KG-N		-1		
F-KG-P			-1	
F-KG-K				-1
+	F-YUNTAS	F-TRACTOR		
F-DIAS-FAM	0.003			
F-DIAS-PAG	0.015			
F-HORA-MEC		-1		
F-HORA-YUN	-1			
F-UNID-FOR	10			

TABLE FRI04(*,*) balances equilibres

	F-PAPAS	F-FITOS			
F-USD-FITO	100	-1			
+	F-CONS-CER	F-COMP-CER	F-VENT-CER	F-COMP-RIZ	F-CONS-PAP
F-KGRIZ-CO				-1	
F-BAL-CER	-1	-1		-1	
F-BAL-PAPA					-1
+	F-VENT-PAP	F-C-SE-PAP	F-V-SE-PAP	F-COMP-FRE	
F-BAL-FRE				-1	
+	F-CONS-LEC	F-CONS-CAR			
F-BAL-LEC	-1				
F-BAL-CAR		-1			

+	F-POPU	F-VW-FRIO	F-VW-TEMP	F-VW-CALI	F-VW-AFZAR
F-BAL-W	-50	1	1	1	1
F-KGRIZ-CO	40				
F-BAL-CER	120				
F-BAL-PAPA	180				
F-BAL-FRE	20				
F-BAL-LEC	150				
F-BAL-CAR	10				

table FIRRI(*,*)

F-SCULREG

F-HA-CULTI -1

+	F-IRRI-ENE	F-IRRI-FEB	F-IRRI-MAR	F-IRRI-ABR	F-IRRI-MAY
F-M3-ENE	-1				
F-M3-FEB		-1			
F-M3-MAR			-1		
F-M3-ABR				-1	
F-M3-MAY					-1

+	F-IRRI-JUN	F-IRRI-JUL	F-IRRI-AGO	F-IRRI-SEP	F-IRRI-OCT
F-M3-JUN	-1				
F-M3-JUL		-1			
F-M3-AGO			-1		
F-M3-SEP				-1	
F-M3-OCT					-1

+	F-IRRI-NOV	F-IRRI-DIC
F-M3-NOV	-1	
F-M3-DIC		-1

TABLE EIRRI(*,*)

	F-IRRI-ENE	F-IRRI-FEB	F-IRRI-MAR	F-IRRI-ABR	F-IRRI-MAY
F-RIEG-ENE	1				
F-RIEG-FEB		1			
F-RIEG-MAR			1		
F-RIEG-ABR				1	
F-RIEG-MAY					1

+	F-IRRI-JUN	F-IRRI-JUL	F-IRRI-AGO	F-IRRI-SEP	F-IRRI-OCT
F-RIEG-JUN	1				
F-RIEG-JUL		1			
F-RIEG-AGO			1		
F-RIEG-SEP				1	
F-RIEG-OCT					1

+

F-IRRI-NOV F-IRRI-DIC

F-RIEG-NOV
F-RIEG-DIC

1

1

;

PARAMETERS RESULT(J,I) ;

RESULT(J,I) = FRIO1(J,I)+FRIO2(J,I)+FRIO3(J,I)+FRIO4(J,I)
+ EIRRI(J,I)+FIRRI(J,I);

SCALARS QTCONC,SUPFRIO,SUPSECF,CP ;

QTCONC=50;
SUPFRIO=300;
SUPSECF=1000;
CP=0.5

DISPLAY RESULT;

PARAMETER CTFRIO(J);

CTFRIO(J)=0;
CTFRIO('F-PARAMO')= SUPFRIO ;
CTFRIO('F-HA-SECOS')= SUPSECF ;
CTFRIO('F-HA-REGAD')= 200 ;
CTFRIO('F-HOMBRES') = 200 ;
CTFRIO('F-RIEG-ENE') = (QTCONC*CP*86.4)*30;
CTFRIO('F-RIEG-FEB') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-MAR') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-ABR') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-MAY') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-JUN') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-JUL') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-AGO') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-SEP') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-OCT') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-NOV') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');
CTFRIO('F-RIEG-DIC') = CTFRIO('F-RIEG-ENE');

PARAMETER	OBJET(I)	coefficients	techniques	fonct	objectif
/F-PNAT		3			
F-PASTOS		20			
F-TRIGO		30			
F-CEBADA		30			
F-PAPAS		50			
F-GANADO		2			
F-PUERCO		36			
F-POPU		0			
F-CONS-CER		0			
F-COMP-CER		0.35			
F-VENT-CER		-0.25			
F-COMP-RIZ		0.35			
F-CONS-PAP		0			
F-VENT-PAP		-0.15			
F-COMP-FRE		0.40			
F-A-SE-PAP		0			
F-C-SE-PAP		0.15			
F-V-SE-PAP		-0.15			
F-CONS-LEC		0			
F-VENT-LEC		-0.20			
F-CONS-CAR		0			
F-VENT-CAR		-1.5			

F-VW-FRIO	1
F-VW-TEMP	-1
F-VW-CALI	-1
F-VW-AFZAR	-3
F-ABON-N	0.40
F-ABON-P	0.40
F-ABON-K	0.40
F-FITOS	1
F-YUNTAS	1.75
F-TRACTOR	10
F-IRRI-ENE	0.0015
F-IRRI-FEB	0.0015
F-IRRI-MAR	0.0030
F-IRRI-ABR	0.0030
F-IRRI-MAY	0.0030
F-IRRI-JUN	0.0030
F-IRRI-JUL	0.0030
F-IRRI-AGO	0.0030
F-IRRI-SEP	0.0030
F-IRRI-OCT	0.0015
F-IRRI-NOV	0.0015
F-IRRI-DIC	0.0015
F-SCULREG	0

;/

DISPLAY CTFRIO;
 DISPLAY OBJET;

PARAMETER RHO(J);

*escritura segun rango declaracion escritura selon rang declaration

RHO(J)=0;

RHO(J)\$((ORD(J) EQ 31))=1;

RHO(J)\$(((ORD(J) LE 17) AND (ORD(J) GE 3))

OR ((ORD(J) LE 25) AND (ORD(J) GE 21))

OR ((ORD(J) LE 38) AND (ORD(J) GE 32)))=2;

VARIABLES

X(I) niveaux activites
Z fonction objectif ;

POSITIVE VARIABLE X;

EQUATIONS

COST fonction objectif frio
SUPPLY1(J) quantite input disponible j
SUPPLY2(J) quantite input disponible j
SUPPLY3(J) quantite input disponible j ;

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

MODEL ETAGEFRIO /ALL/;
SOLVE ETAGEFRIO USING LP MAXIMIZING Z;
DISPLAY X.L,X.M;

Información sobre la hoja de cálculo WINGZ (Macintosh)

WINGZ es un programa para MACINTOSH, comparable a EXCEL en el mismo sistema y a LOTUS en el sistema IBM, MS-DOS. Permite integrar a la hoja de cálculo gráficos que ilustran directamente los datos estudiados. Una vez diseñados el marco de edición así como los cuadros de cifras y los gráficos correspondientes, la misma hoja se adapta a todos los casos en función de los nuevos datos ingresados.

La manipulación de los comandos de WINGZ se ve facilitada por el principio de menús que aparecen en ventanas sucesivas activadas por el « ratón » del computador, siendo las principales las siguientes:

- menú de gestión de los archivos (nuevo, abrir, salvar, imprimir)
- menú de edición (cortar, pegar, copiar, borrar, etc.)
- menú de opciones (cálculos, funciones, búsqueda, selección)
- menú de formato (precisiones de las cifras, caracteres, etc.)
- menú de gestión de la hoja de cálculo (ejemplo: clasificaciones, extracciones, inversiones, etc.)
- menú de grafismo (automatización de ciertas operaciones)
- menú de gestión de las ventanas (escalas, títulos, etc.)

La caja de herramientas permite seleccionar ya sea los casilleros en donde son ingresados los datos u objetos gráficos a manipularse. Se encuentran también en ella íconos para definir los marcos de los gráficos y para agregar ciertas figuras (rectas, curvas, polígonos).

WINGZ permite ilustrar rápidamente la diversidad de los datos respetando una calidad de impresión acorde a las normas fijadas por el proyecto INERHI-ORSTOM (impresora de proyección de tinta Deskjet de Hewlet-Packard para MACINTOSH).