UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

LES TECHNOLOGIES APPROPRIÉES, UN FACTEUR D'INNOVATION: LE CAS BOLIVIEN

par

José Luis PEREIRA OSSIO
DÉPARTEMENT DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE

MÉMOIRE PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU GRADE DE MAÎTRE EN INGÉNIÉRIE (M.Ing.)
GÉNIE INDUSTRIEL
mai 1989

© José Luis Pereira Ossio 1989

ıl Library
ada

Bibliothèque nationale
du Canada

an Theses Service

Service des thèses canadiennes

Canada
l

author has granted an irrevocable non-
ısive licence allowing the National Library
ınada to reproduce, loan, distribute or sell
es of his/her thesis by any means and in
orm or format, making this thesis available
terested persons.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

author retains ownership of the copyright
is/her thesis. Neither the thesis nor
stantial extracts from it may be printed or
rwise reproduced without his/her per-
ion.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-315-58194-8

nadä

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Ce mémoire intitulé:

LES TECHNOLOGIES APPROPRIÉES, UN FACTEUR D'INNOVATION:

LE CAS BOLIVIEN

présenté par: José Luis PEREIRA OSSIO

en vue de l'obtention du grade de: Maître en Ingéniérie

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. Rémi Tougas, D.Sc.A.
Président du Jury

M. Roger Blais, Ph.D.

M. François Brière, M.Sc.A., M.E.

M. F. Amesse, Ph.D.

SOMMAIRE

La formation du concept de technologie appropriée dans les pays en voie de développement a été considérée une vraie innovation par les uns et un courant anti-progrès par les autres. Une analyse des facteurs qui entraînent la vulgarisation de la technologie nous amène à définir le concept d'innovation populaire comme un facteur de développement pour les communautés économiquement défavorisées. Le processus d'innovation technologique est défini dans un cadre où une économie de marché interagit avec une économie communautaire.

Une étude d'un projet de développement agricole en Bolivie sert de modèle appliqué de la technologie appropriée. Les communautés de tradition minière confrontées à la fermeture des sources de travail doivent se procurer les moyens pour survivre, d'où l'organisation de femmes de ces centres en coopératives pour la construction de serres solaires. Le présent projet propose un modèle de gestion, de production et d'introduction de technologies appropriées à l'innovation populaire comme un moyen d'assurer les niveaux nutritionnels minimaux pour la population concernée. Un programme d'ordinateur a été développé par l'auteur pour aider à la planification de la production à partir de contraintes nutritionnelles, physiques et culturelles. Une analyse de rentabilité économique et

sociale du projet est réalisée pour déterminer l'impact de cette innovation technologique.

L'expérience de l'introduction de serres solaires dans l'Altiplano bolivien sert pour l'analyse du modèle d'innovation populaire proposé. Le manque d'appropriation de la technologie par la communauté semble être le facteur qui empêche une meilleure diffusion de cette innovation populaire. Le processus des innovations technologiques dans les PVD mérite une étude sérieuse dans le cadre multidisciplinaire pour une meilleur orientation des projets de développement comprenant des composantes technologiques.

ABSTRACT

The appearance of the concept of appropriate technology in eloping countries has been seen by some as an innovation and by ers as an anti-progress trend. The analysis of the factors ding to the vulgarization of technology brings the author to ine the concept of popular innovation as being a factor towards elopment of economically unstable or poor communities. The cess of technological innovation is defined within the framework interaction between community and market economies.

A study of the appearance of agricultural development projects Bolivia serves as a model of appropriate technology within ular innovation: that of community solar greenhouses in mining ters after the layoff of more than 75% of the state miners. The nor proposes a user-oriented management and production plan- ication model and the introduction of appropriate technology for better use of this popular innovation, with higher nutritional el as a goal. An economic and social feasibility study helps ermine the impact of this technological innovation.

The introduction of greenhouses in the Bolivian Altiplano thus ves as an example to expose the model for popular innovation posed in this text. The appropriation of the technology used in projects is the determining factor of their success.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie M. Roger A. Blais, ing., de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Montréal, pour sa patience, ainsi que pour sa compréhension du besoin d'étudier un phénomène qui, outre des capacités techniques d'ingéniérie, requiert une approche sociale trop souvent négligée.

Des remerciements sincères vont aussi à Anne Catherine.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE iv

ABSTRACT vi

REMERCIEMENTS vii

LISTE DES TABLEAUX xi

LISTE DES FIGURES xii

CHAPITRE 1 INTRODUCTION 1

CHAPITRE 2 LA TECHNOLOGIE APPROPRIÉE: UNE INNOVATION . . 5

2.1. Introduction à la Technologie Appropriée 5

2.2. Critère de la Technologie Appropriée 9

2.3. Portée de la Technologie Appropriée 12

2.4. La Technologie Appropriée: un système d'innovation 16

CHAPITRE 3 L'INNOVATION DANS LES PAYS EN VOIE DE DÉVELOPPEMENT 20

3.1. Composantes de l'innovation 21

3.1.1. Recherche-développement 23

3.1.2. Système de production 24

3.1.3. Marché et commercialisation 26

3.1.4. Le Système Financier 28

3.1.5. Entrepreneurs-innovateurs 29

3.1.6. Systèmes éducatifs et d'information 29

3.2. La Technologie Appropriée dans le système d'innovation 31

3.3. L'innovation populaire 35

3.4. Le développement technologique en Bolivie 39

CHAPITRE 4 MINI-PROJET: SERRES SOLAIRES EN BOLIVIE . . . 43

4.1. Introduction 43

4.1.1. Problématique 44

4.1.2. Description géographique 46

4.2. Planification des serres 47

4.2.1. Objectifs 47

4.2.2. Buts 49

4.3. Modèle de planification de la production 50

4.3.1. Détermination du volume de production (Sous-système 1) 51

4.3.1.1. Les données de base 53

4.3.1.2. Modèle mathématique 55

4.3.1.3. Choix d'une solution optimale 56

4.3.2. Evaluation des coûts de production (Sous-système 2) 67

4.3.2.1. Surface à cultiver 69

4.3.2.2. Type de serre 71

4.3.2.3. Coûts de production 73

4.3.3. Analyse de rentabilité (Sous-système 3) 76

4.3.3.1. Rentabilité économique 78

4.3.3.2. Effet social 83

4.3.4. Analyse de l'innovation populaire 86

CHAPITRE 5 CONCLUSION 91

BIBLIOGRAPHIE 94

ANNEXE A PROGRAMME PLAN-SERRE 102

ANNEXE B CARACTÉRISTIQUES DES SERRES SOLAIRES . . . 120

APPENDICE 1 RESUMÉ INFORMATIF SUR LA BOLIVIE 126

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Conditions de contrats technologiques . . . 26

Tableau II: Etapes du développement de l'IT et IP . . . 39

Tableau III: Altiplano - description géographique . . . 46

Tableau IV: Composition des aliments (/100 g) 54

Tableau V: Diversité de produits, Situation A 62

Tableau VI: Choix de solutions par tableau 63

Tableau VII: Diversité de produits, Situation B 66

Tableau VIII: Détermination des superficies couvertes . . 70

Tableau IX: Nombre de serres 73

Tableau X: Coût annuel de production
- serre type tunnel 40 m² 74

Tableau XI: Coût annuel de production
- serre type cuvette 17 m² 75

Tableau XII: Coût annuel de production
- culture extérieure 100 m² 76

Tableau XIII: Evaluation economique du plan de
culture 79

Tableau XIV: Profits et pertes par culture 80

Tableau XV: Rentabilité économique du projet
intégré 82

Tableau XVI: Main d'oeuvre générée 84

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de la portée de la TA 14

Figure 2: Composantes de l'innovation 22

Figure 3: Technologie appropriée et innovation 32

Figure 4: Le processus d'innovation populaire 36

Figure 5: Agents d'appropriation technologique 38

Figure 6: Modèle de planification de la production 50

Figure 7: Sous-système 1 52

Figure 8: Coût des solutions, Situation A 59

Figure 9: Superficie de culture, Situation A 60

Figure 10: Contenu nutritionnel, Situation A 61

Figure 11: Coût des solutions, Situation B 64

Figure 12: Superficie de culture, Situation B 65

Figure 13: Contenu nutritionnel, Situation B 65

Figure 14: Sous-système 2 68

Figure 15: (a) serre type tunnel semi-sous-terrain
(b) serre type cuvette semi-sous-terrain . . . 72

Figure 16: Sous-système 3 77

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Les analyses de la problématique du développement socio-économique dans les pays en voie de développement (PVD) embrassent inévitablement les concepts de développement technologique, de politique technologique, de transferts de technologie, d'autosuffisance technologique, et tout récemment d'innovation technologique. L'importance de la technologie dans le cadre de la planification du développement régional et national s'est accrue d'une façon systématique quoique ne suivant pas toujours le rythme imposé par les changements de la technologie.

Les trois dernières décennies ont vu plusieurs programmes de planification où étaient inclus des éléments de développement scientifique et technologique, tel la création des Académies et des Conseils Nationaux pour la Science et la Technologie (en Argentine, au Brésil, et en Bolivie, entre autres). Une des recherches qui a le plus contribué à la définition des instruments de la politique en science et technologie est celle menée par le CRDI(1). Par contre, on peut se demander si ces mesures sont assez réalistes et si elles conviennent aux besoins d'un développement integral. Plusieurs questions viennent automatiquement à l'esprit: quel est le dégré de

participation de la population dans les processus de choix de technologies? ...la prise de décision pour une technologie donnée réside-t-elle dans le pays, ou se trouve-t-elle encore dans les grands centres du capital? ...les mecanismes d'innovation technologique sont-ils les mêmes pour un PVD que pour un pays bien industrialisé? ...quelles sont les politiques plus adéquates en ce qui concerne les transferts de technologie et la création de technologies propres au pays? A ces questions d'ordre plutôt politique, les réponses peuvent varier beaucoup selon le genre de gouvernement en place dans le PVD en question. Cependant, ces pays ont en commun quelques facteurs limitatifs du développement technologique: le manque d'interrelation entre les instances de recherche technique et de production de biens, la taille et la nature des marchés qui n'encouragent guère l'innovation, et la forte domination technologique que les compagnies et gouvernements de pays industrialisés exercent sur les PVD.

La Technologie Appropriée (TA) est une approche qui essaie de fournir des réponses valables à la problématique du développement. La philosophie et la pratique de la Technologie Appropriée ont été largement discutées si on en croit la grande quantité de publications et le nombre de centres de TA qui ont été créés dans les trente dernières années. En 1977 il y avait dans le monde 680 organisations s'occupant de la TA,

avec un taux de croissance d'environ 25 nouveaux centres chaque année(2). Plus important encore que ces chiffres est l'apport qualitatif de la TA dans la résolution des problémes de développement.

La nouveauté principale qu'apporte la TA est le concept de la participation de la communauté dans l'identification et la résolution des problèmes qui l'affligent. La participation populaire devient critique lorsqu'il s'agit d'innovation technologique dans un PVD. Les études des processus d'innovation dans les PVD sont rarissimes et celles qui ont été réalisées n'ont pas reçu l'attention qu'elles méritent. Une systématisation de ces processus s'avère importante, non pas tant dans le but de trouver un modèle mais afin de systématiser et de rationaliser d'une manière ou d'une autre l'exécution des projets de développement ayant des composantes technologiques.

Le présent mémoire tente de repondre à quelques-unes des questions qu'on peut se poser dans la planification et l'exécution d'un projet de développement dans un PVD.

Ce travail est organisé en deux parties: la première, de caractère thématique, présente une analyse de ce qu'est la Technologie Appropriée vis-à-vis un processus d'innovation, et brosse un tableau du processus que nous définirons comme

Innovation Populaire. La deuxième partie, de caractère pratique, présente un mini-projet d'innovation bolivien dont l'analyse des composantes et de leur interaction enrichit le concept d'Innovation Populaire.

Cette deuxième partie consiste en une étude sur le terrain, où les communautés de tradition minière faisant face à de graves problèmes économiques de subsistance essaient d'introduire l'utilisation de serres solaires pour la production des légumes de base pour leur alimentation. Nous proposons un modèle de développement pour ce projet en particulier, qui couvrira les aspects technologiques, sociaux, et d'autogestion qui pourraient rendre ce projet socialement et économiquement rentable (voir Appendice 1, résumé de données générales sur la Bolivie).

CHAPITRE 2

LA TECHNOLOGIE APPROPRIÉE: UNE INNOVATION

2.1. Introduction à la Technologie Appropriée

Les organismes responsables de programmes de développement ont créé le concept de Technologie Appropriée (TA) principalement en réaction au concept de "Technologie Importée", et en conséquence de l'échec de plusieurs projets d'assistance technique dans les pays en voie de développement (PVD) dans les années soixante.

Le degré de développement industriel d'une société a été traditionnelement relié à l'existence d'aciéries, d'usines de transformation chimique, d'usines d'automobiles ou à la quantité d'armement moderne disponible, ce qui somme toute revenait pour un PVD à l'achat ou l'importation d'une technologie étrangère. En réalité, le développement industriel d'un PVD est un processus beaucoup plus complexe, et auquel l'importation massive de technologies étrangères nuît plus souvent qu'autrement. En effet, la technologie, loin de s'affirmer comme facteur indispensable au développement industriel, en est devenue un facteur limitatif(3). Le développement rationnel doit reposer plutôt sur les forces inventives et innovatrices

d'une société pour résoudre ses problèmes fondamentaux: alimentation, santé, abri, et énergie.

Les technologies importées, fortement capitalisées, sont par intérêt économique et politique une boîte noire inexpugnable pour les utilisateurs non-scolarisés des PVD, et ne font qu'accroître leur dépendance. Cette forte dépendance empêche la participation de la majorité de la population des PVD quant au choix de technologies, pour deux raisons: ils sont pauvres (sans capital), et ils sont non-scolarisés. Face à cette problématique, la Technologie Appropriée offre une alternative fort intéressante, mais aussi fortement discutable dans le contexte d'une planification de développement technologique.

La contribution principale de la philosophie de la TA est d'accorder aux communautés le droit de définir leurs propres problèmes et d'utiliser d'une façon appropriée leurs ressources afin de les solutionner. De cette manière, le contrôle d'un projet de développement reste en mains de la communauté. La TA devient alors une approche autant sociologique que technologique.

Cette affirmation n'est pas acceptée par tous, et il nous faut donc présenter ici quelques unes des différentes opinions. Maximo Carrere (4),lui-même originaire d'un PVD et ayant

travaillé durant plus de 15 ans à la cause du développement en Amérique Latine, a mené une longue recherche sur les stratégies technologiques à travers le monde et il affirme dans sa première conclusion que "les stratégies technologiques ne sont pas prédéterminées par le système politique". Le système politique étant une extension de la société, ces positions affirment l'indépendance de la technologie vis-à-vis la société.

Par contre, l'économiste brésilien Celso Furtado (3) note à ce sujet que "la technologie est liée aux processus productifs de deux façons: elle permet de parvenir à une certaine efficacité productive, et elle est un outil de la reproduction et/ou la transformation d'une certaine structure sociale". La pensée de A.K.N. Reddy (6) est encore plus claire: "la technologie contient le code génétique de la société où elle est produite".

Nous prendrons la TA dans le sens suivant: elle affirme que les technologies ne sont pas neutres car elles font partie de la structure d'une société spécifique. La dépendance technologique est donc un facteur affirmant la non-neutralité. Considérons la technologie comme ayant deux modes composantes: l'information et le savoir-faire. De ces deux aspects, seule l'information est transférable, mais sa possession n'implique pas le savoir-faire. Les PVD, selon les modèles de développe-

ment utilisés, peuvent acheter l'information mais le savoir-faire reste toujours dans les centres du capital, maintenant les PVD dans un état de dépendance envers les pays industrialisés. La TA se propose d'éliminer cette dépendance ou au moins de permettre un développement plus équilibré dans les sociétés des PVD. Dans de tels cas, l'évolution de la technologie n'est pas seulement technique ou économique mais aussi culturelle et sociale.

La TA reconnaît le fait que des groupes culturellement, économiquement, et géographiquement différents requièrent une technologie appropriée à leurs circonstances, ce qui revient à dire que l'autodétermination technologique par l'appropriation de la technologie s'avère essentielle à l'identité culturelle et à l'indépendance politique d'un peuple.

Le mouvement de la TA n'est pas exclusif aux PVD, et est aussi populaire dans les pays industrialisés, surtout auprès des groupes environnementalistes. L'approche de la TA essaie de faire un pont entre les points de vue d'un planificateur régional ou national et le point de vue d'un entrepreneur de concilier les conflits entre la macro et la micro-économie (7). D'un côté, les planificateurs prennent les décisions en fonction des facteurs tels que le coût social occasionné par le chômage, les épargnes possibles dans l'importation etc. De

l'autre, les entrepreneurs sont beaucoup plus motivés par le profit originant de leurs investissements. Si ces deux points de vue ne sont pas mis ensemble, les résultats sont coûteux pour de nombreux PVD: un taux de chômage élevé et des salariés sous-payés.

2.2. Critère de la Technologie Appropriée

La définition d'une technologie appropriée est très large: théoriquement il y aurait autant de TA que de sociétés culturelles distinctes. Nous devons restreindre les critères de la TA à ceux qui sont plus communs et acceptés d'une façon universelle.

D'abord, nous allons justifier le terme Technologie Appropriée. Ce concept peut se trouver dans la littérature sous d'autres noms tels que:

- Technologie alternative
- Technologie douce
- Technologie rationnelle
- Technologie intermédiaire
- Technologie communautaire
- Technologie progressive

Chacun de ces termes représente une façon particulière de penser, dépendant de la charge idéologique présente ou du sens pratique de son application.

Ce n'est pas l'objectif de cette partie de réaliser une discussion sémantique des termes, cependant il faut noter quelques observations à propos des termes les plus utilisés. Les termes **technologie douce** et **technologie intermédiaire**[1] qui sont très utilisés impliquent une situation d'infériorité vis-à-vis une autre technologie (moderne), ce qui n'est pas toujours véridique même du point de vue technique. Les mêmes lois de l'aérodynamique sont nécessaires, par exemple, pour un projet éolien innovateur que pour la conception des ailes d'un avion, de même qu'il faut autant de technologie chimique pour dimensionner un digesteur de biogaz que pour un réacteur chimique(8). Le terme **technologie communautaire** est utilisé pour désigner une technologie qui répond aux besoins et aux capacités des petites communautés rurales ou urbaines et qui est fondée sur la participation de la communauté dans les prises de décision, par exemple les petites industries coopératives. Ce concept est déjà plus proche du sens que nous voulons donner lorsque nous parlons de TA. Finalement, le terme **technologie appropriée** nous semble le

---

1 Ce concept a été développé par E.F. Schumacher dans son livre "Small is Beautiful" et est utilisé par des groupes importants: le "Intermediate Technology Development Group" (ITDG) de Londres et les "Volunteers in Technical Assistance" (VITA) de New York.

plus correct car il exprime deux idées: la pertinence d'une technologie envers un problème et l'appropriation des moyens de production et de diffusion de la technologie par les utilisateurs.

Les critères généraux pour définir une TA sont assez uniformes entre les différents groupes et auteurs. Le "Appropriate Technology Sourcebook" (9) fixe les critères suivants:

1. Coût du capital bas.
2. Utilisation de matériaux locaux si possible.
3. Création d'emplois pour la main d'oeuvre locale.
4. Projets de petite échelle et donc abordables par les membres d'une communauté.
5. Les projets peuvent être compris, contrôlés et entretenus par les utilisateurs sans un niveau d'éducation poussé.
6. Les dispositifs peuvent être produits dans un atelier petit.
7. Suppose que les gens peuvent travailler de façon collective, de manière telle que les décisions soient prises par des groupes plutôt que par des individus.
8. Implique des ressources renouvelables décentralisées, telles l'énergie éolienne, l'énergie solaire, la puissance hydraulique, l'énergie de biomasse (biogaz), la puissance animale, etc.
9. Rend la technologie compréhensible pour les gens qui l'utilisent, leur permettant d'apporter des nouvelles

idées à être utilisées dans des innovations postérieures.

10. Etant flexibles, elles peuvent être adaptées à des situations changeantes.

11. Elles n'impliquent pas de brevets d'invention, de frais de consultation, de droits d'auteur, de droit d'importation, et de coûts de livraison de la technologie.

2.3. Portée de la Technologie Appropriée

Une des observations des plus critiques envers la TA est celle qui accuse la TA actuelle d'être une approche desarticulée qui, contrairement à la technologie moderne, manque d'une structure socio-économique adéquate. A. Herrera (10) voit la TA commme "une diversité de solutions techniques sans cohérence". Afin de contrer ces critiques, il est nécessaire de définir la TA dans le cadre d'un concept de développement integral soit dans l'atelier, dans la communauté, au plan régional, ou au plan national, selon le cas. Nous distinguons trois niveaux (11) de technologie qui définissent la TA d'une façon cohérente dans la micro et la macro-économie ou activité : un niveau de machines ou d'outils, un niveau d'entreprise et un niveau de société ou d'économie nationale.

La TA, comme toute technologie, a deux aspects principaux: un aspect matériel (hardware) et un aspect logiciel (software). Il est important de voir ces aspects dans le contexte des trois

niveaux de la TA afin de comprendre, surtout quand il s'agit de PVD, pourquoi la technologie a des problèmes à progresser: en effet, elle est liée d'avantage à l'aspect matériel[2], d'où le besoin de définir la TA dans la micro et la macro-économie pour avoir une structure adéquate de réference. La figure 1 montre la définition de la portée de la TA que nous utiliserons dans cette étude.

---

[2] Pour plusieurs auteurs, le manque de compréhension de la composante logiciel est une des causes majeures de l'échec du transfert et de la création de la technologie. Voir références 7, 11 ,12 et 13.

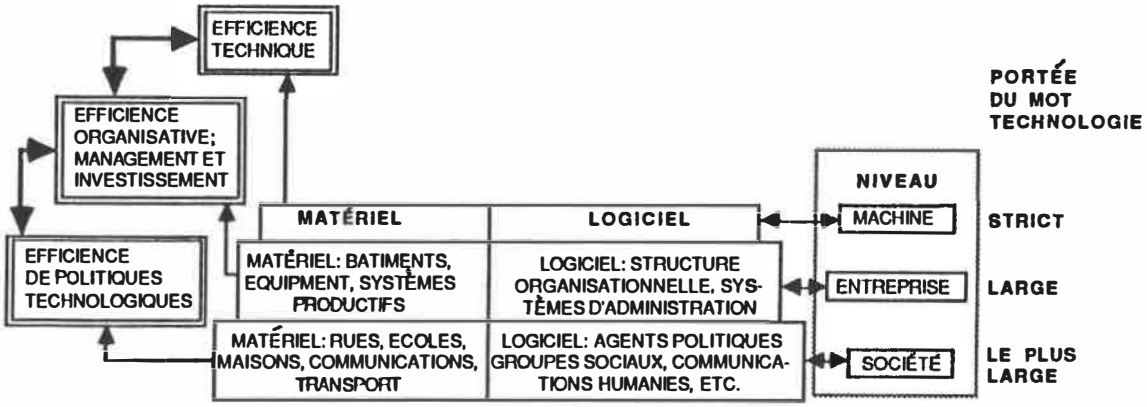


Figure 1: Organigramme de la portée de la TA

(Source: adapté de P. Fleissner par l'auteur)

Les deux aspects, matériel et logiciel, sont importants au développement technologique dans les trois niveaux et doivent être appliqués d'une façon harmonieuse. L'aspect matériel, de même que sa production, est plus facilement transférable que le logiciel, étant donné qu'il peut être transmis d'une région à une autre ou même d'un pays à un autre, ou même acheté dans le commerce de technologie. Par contre, les aspects du logiciel (les formes organisationnelles, les valeurs sociales, le savoir-faire, etc.) en général sont beaucoup plus difficiles à appliquer sans une étude approfondie des conditions particulières d'une région.

Voyons rapidement le cas du développement d'une petite agro-industrie en Bolivie, qui nous permettra d'illustrer les problèmes qu'entraîne la dissociation entre le matériel et le logiciel dans

les trois niveaux de la portée de la technologie. Il s'agit de l'installation d'une usine pour l'élaboration de la confiture par les experts de la coopération internationale suivant les modèles européens.

Au premier niveau, celui des machines ou de l'équipement, la politique principale a été de conseiller l'importation de la machinerie, sans étudier d'abord les ressources possibles de la technologie appropriée et endogène. Cette machinerie ne pouvait être achetée que par la coopérative appuyée par l'organisme de coopération internationale, laissant la majorité paysanne, avec ses ressources très limitées, à l'écart de cette technologie et en conséquence avec peu de probabilités d'adoption de cette technologie. Les machines étant d'un design compliqué par rapport au niveau de compréhension de la communauté, elles ne pouvaient pas être entretenues ni réparées sans la participation de techniciens spécialisés.

Au deuxième niveau, celui de l'entreprise communautaire, l'organisation de la coopérative de production a été négligée. L'administration de la coopérative est demeurée un privilége de l'agence de coopération internationale, maintenant les paysans à l'écart des niveaux de décision. Ceci a entraîné certains problèmes de gestion de la production, rendant d'autant plus difficile l'appropiation des stratégies d'administration par les paysans.

Au troisième niveau, celui de la société, le manque d'aspects matériels est notable: facilités routières pauvres et saisonnières, manque d'eau potable, manque de matériel national pour la fabrication, etc. Du côté logiciel, le gouvernement a adopté une politique de "laisser faire" en ce qui concerne les choix technologiques, sans considérer le concept d'enchaînement des processus productifs au niveau régional ou national. A ce niveau, la méthodologie même de la coopération internationale doit être mise en question. L'éducateur brésilien Paolo Freire (14) parle d'une "invasion culturelle" lorsqu'il se réfère à l'extension ou transfert de connaissances. En effet, dans le cas de notre petite agro-industrie, l'importation de cette technologie a été une décision dans laquelle les utilisateurs intéréssés, les paysans, n'ont pas eu de participation, et les actions du projet ont été fixées d'une manière "non-appropriée" à la société.

En somme, le problème auquel font face les PVD ne se trouve pas principalement dans les aspects matériels mais plutôt dans les aspects logiciels, et la TA peut donc être une contribution importante.

2.4. La Technologie Appropriée: un système d'innovation

Nous avons parlé de la philosophie, des critères et des aspects qui forment la TA. Une situation idéale voudrait que les usagers soient bien organisés, qu'ils soient capables d'identifier

la nature de leurs besoins, qu'ils connaissent les mécanismes de choix d'une technologie, qu'ils soient capables de l'apprendre, de l'appliquer et de la diffuser. Cependant, dans un contexte pratique la réalité est très différente, et les études de cas réalisés (par exemple réf. 15, 16, 17) montrent que la technologie peut être très "appropriée" mais qu'elle peut devenir un échec si elle n'est pas intégrée à un processus plus global de développement intégral. Elle doit nécessairement interagir avec d'autres facteurs, tels que le marché, le financement, la diffusion, le système d'information, la communication, la culture, les modes de gestion, etc.

Ces facteurs sont ceux qui, ensemble, forment un processus que l'on appelle innovation. Le mouvement de la TA ne doit pas se limiter aux aspects techniques mais doit aussi essayer de bâtir un <u>système d'innovation</u> avec trois fonctions principales:

- **Identifier les besoins réels des communautés locales;**
- **Développer ou introduire les technologies et les concepts organisationnels;**
- **Initier un processus de développement basé sur les forces innovatrices des communautés, régions ou pays.**

Une fois les trois fonctions accomplies, nous pouvons parler d'un système d'innovation.

La définition d'un système d'innovation à partir des concepts de Technologie Appropriée implique l'existence de mécanismes de

fonctionnement propres aux systèmes, tels que la régulation et la rétroaction pour atteindre les objetifs déterminés par les trois fonctions mentionnées ci-desssus. Par exemple, il faudrait se demander jusqu'à quel point les systèmes de recherches et d'assistance technique ont développé des mécanismes efficaces de régulation et de rétroaction pour assurer que l'information sur leur efficacité et leur fontionnement circule rapidement et fidèlement entre les utilisateurs d'une technologie. D'autre part, il faut aussi voir jusqu'à quel point le système d'innovation, dans le cadre des trois fonctions principales, tient compte de la pensée et de la technologie des gens de la communauté. Par exemple, lors de l'introduction d'une nouvelle technologie, nous oublions très souvent que la communauté a déjà en plein fonctionnement une façon particulière de combiner les facteurs de production: matières primaires, capital, main d'oeuvre et technologie. Le cas des petits agriculteurs de subsistance en est un exemple: ces gens manient de façon relativement efficace un système productif, malgré le manque de capital, la difficulté d'accès au crédit, la taille réduite des parcelles de terre, la main d'oeuvre peu specialisée, etc. Dans ce sens, Bordenave (18) affirme: "un premier point d'attention pour bâtir n'importe quel modèle de système d'innovation ou de transfert de technologie doit se concentrer d'abord sur la connaissance et la compréhension du système productif du petit agriculteur". De cette façon, nous pouvons mieux déterminer quelles sont les variables qui sont plus critiques à l'adoption d'une nouvelle technologie. Nous devons tenir compte des deux

principales motivations possibles pour le succès d'une technologie: une raison purement économique, et une raison socio-culturelle.

La contribution de la Technologie Appropriée, dans ce sens, doit se baser sur la construction d'un système d'innovation partant d'une analyse des facteurs qui interagissent dans le système et d'une compréhension de la réalité socio-économique et culturelle de la communauté. D. Goulet le résume ainsi: "La technologie est manifestement davantage qu'une simple ressource créatrice de richesses: c'est aussi un puissant instrument de contrôle social et un moyen décisif de pression politique" (19). Nous verrons plus en détail cette affirmation prise dans le contexte d'un processus d'innovation plus loin.

CHAPITRE 3

L'INNOVATION DANS LES PAYS EN VOIE DE DÉVELOPPEMENT

Le changement technologique a été identifié comme un des facteurs déterminants des processus de développement. Ce changement est lié intimement à l'activité économique d'un système social. C'est à partir de cette relation que le concept d'innovation s'est développé. Schumpeter (20) introduit le terme "économie de l'innovation" pour recenser une partie de la théorie économique qui s'occupe des conséquences du progrès technologique sur l'activité économique. Ce même auteur présente le concept de l'innovation comme étant l'introduction effective d'une invention dans l'activité économique.

L'innovation technologique telle que définie dans la littérature spécialisée[3] peut s'étendre à la TA, car l'originalité et la réussite d'un nouveau produit, procédé, ou système, sont relatives à chaque société. Ce qui n'est pas nouveau pour une société peut l'être pour une autre. Les transferts de technologie nous donnent l'application pratique de cette dernière affirmation.

---

[3] "L'innovation est l'introduction originale et commercialement réussie d'un nouveau produit, procédé ou système" (23)

Les motivations principales de l'innovation dans les pays industriels sont l'introduction de produits de consommation et l'épargne des facteurs de production, entre autres la main d'oeuvre bien sûr, dans le but d'améliorer la productivité et la profitabilité. Par contre, la philosophie de la TA repose sur l'introduction de technologies non seulement efficaces mais ayant en même temps une forte concentration de main d'oeuvre. Une analyse du processus d'innovation tel que nous le connaissons actuellement est nécessaire afin de définir un système d'innovation à partir des technologies appropriées.

3.1. Composantes de l'innovation

Un système d'innovation est le résultat d'une interaction dynamique entre plusieurs sous-systèmes. La force du système d'innovation dépend de l'harmonie de fonctionnement entre ces sous-systèmes. La figure 2 illustre le système d'innovation.

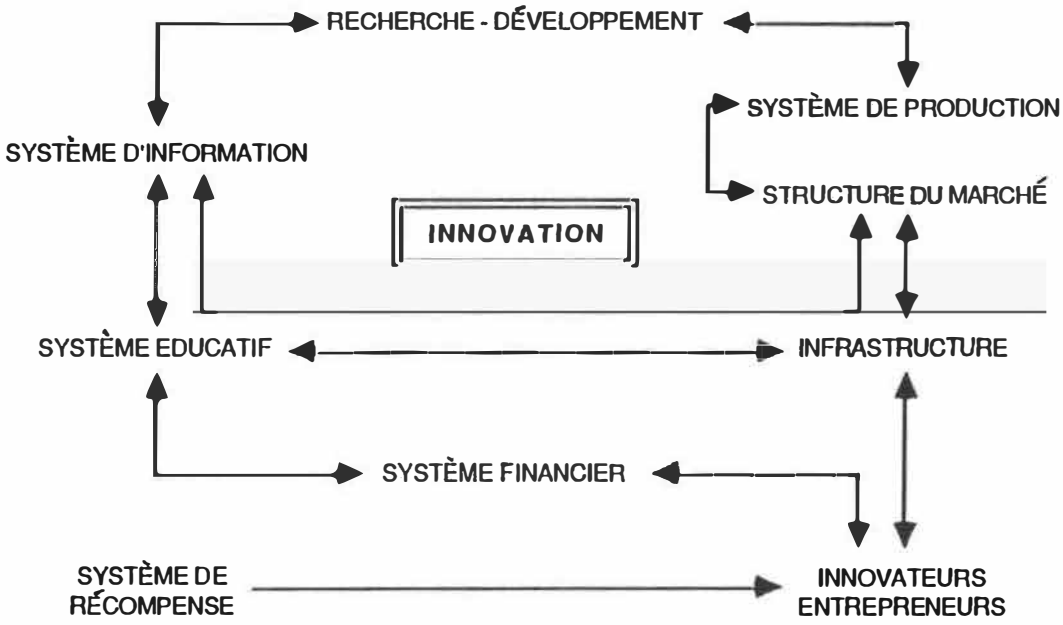


Figure 2: Composantes de l'innovation

(Source: préparation de l'auteur)

Les difficultés qu'on peut trouver dans les PVD quant au développement du système sont considérables si on les compare au fonctionnement du système d'innovation dans les pays industriels. Dans les PVD, d'une façon globale, les sous-systèmes illustrés dans la figure 2 sont présents mais avec certaines lacunes qui méritent une analyse.

3.1.1. Recherche-développement

La structure de la recherche-développement (R-D) dans la plupart des PVD est très peu développée ou inexistante. Les investissements étrangers sont prédominants, avec comme conséquence la réalisation à l'étranger des activités scientifiques et technologiques, surtout de la R-D, ne laissant aux PVD que des activités routinières. Prenons les brevets d'invention comme un indicateur valable des activités de R-D: entre 1981 et 1984, dans le cas de l'Amérique Latine, comprenant un total de 24 pays, les demandes de brevets constituaient, en moyenne, 2.4% du total mondial, comparé avec 13.1% aux Etats Unis (21). Le nombre de demandes de brevets d'invention dans les pays d'Amérique Latine est équivalent à 20% des brevets américains. La majorité des demandes de brevets en Amérique Latine (98.5%) proviennent de cinq pays: l'Argentine, le Brésil, le Chili, le Méxique et le Vénézuela. Il est facile d'en déduire le niveau des autres pays d'Amérique Latine, dont la Bolivie. De plus, seuls entre 5 et 10% des brevets obtenus sont utilisés ou exploités dans ces pays. Ces brevets, en général propiété des étrangers, n'ont souvent pour but que de protéger les exportations des pays industriels. Ceci a comme effet de décourager l'innovation et le développement technologique local, rendant nécessaire l'importation de la technologie.

La nature de la demande est aussi importante: les activités de R-D dans le secteur manufacturier ne sont pas prédominantes dans les PVD. Une étude menée par M. Roberts (22) montre que sur 40

cas d'innovation technologique étudiés en Amérique Latine, seulement 5 cas appartiennent au secteur industriel manufacturier. Les autres cas étudiés relèvent des secteurs agricole, d'alimentation et de logis.

3.1.2. Système de production

Nous voyons dans le développement des systèmes de production des PVD que les instances qui normalement s'occuperaient de prendre les risques qu'impliquent l'introduction de nouveaux produits, procédés ou systèmes, (c'est-à-dire les firmes industrielles ou institutions d'une certaine taille) sont en réalité peu orientées vers ces activités. Le système productif est composé surtout de succursales de grandes compagnies qui ne voient pas d'interêt à développer des innovations dans ces pays, ou d'entreprises locales qui n'ont pas les moyens de réaliser leurs propres activités de R-D. La croissance des compagnies ne dépend pas de leur capacité d'innovation mais plutôt des investissements extérieurs leur permettant l'importation de la technologie.

Les politiques technologiques implicites, tels que la régulation de salaires et de prix, de crédits, des quote-parts et des impôts d'importations, des subventions aux exportations, de taux d'exchange et d'intérets, favorisent les opérations à grande échelle et sont discriminatoires envers les systèmes de production à petite échelle, qui pourtant sont un facteur d'innovation plus

efficace. A cause de cette politique, le coût de capital est relativement bas, ce qui entraîne une mauvaise utilisation du capital et un faible niveau d'efficacité du système.

Comme conséquence des politiques technologiques, les systèmes productifs des PVD sont très souvent intensifs en capital et surdimensionnés par rapport à la capacité du marché local. Une des caractéristiques des systèmes productifs intensifs en capital, chez les PVD, est l'importation de la technologie. Cette condition élimine la possibilité d'atteindre des niveaux d'opération rentables, car l'importation de technologie impose des limites au marché. Par exemple, nous pouvons observer dans le tableau I les résultats d'une étude sur les contrats de transferts technologiques menée par le Pacte Andin (3).

Tableau I Conditions de contrats technologiques

Pays	Nombre de contrats	Prohibition totale d'exportation (nombre)	Exportation permise pour certaines régions (nombre)	Export.permise pour le restant du monde (nombre)
Bolivie	35	27	2	6
Colombie	117	90	2	25
Equateur	12	9	-	3
Pérou	83	74	8	1
Total	247	200	12	35
Pourcentage		80.97%	4.86%	14.17%

(Source: Junta del Acuerdo de Cartagena)

Nous pouvons analyser à partir de cette étude comment la dépendance technologique affecte les systèmes de production dans ce groupe de pays. Pour renverser cette situation, ces pays doivent nécessairement produire une technologie qui leur est propre, définir des produits appropiés au marché interne, et finalement favoriser l'éclosion des systèmes productifs à petite échelle plus adaptés aux changements technologiques et plus competitifs dans les marchés locaux et régionaux. Si ces PVD adoptaient des politiques technologiques plus orientées vers la mise en place de conditions nécessaires pour la création, l'adaptation, et la copie des technologies de pointes et de grande échelle, il leur serait possible de participer plus pleinement dans les marchés internationaux, où les standarts et normes de qualités sont plus stricts.

3.1.3. Marché et commercialisation

Les inégalités de revenu dans les populations de pays en voie de développement ont comme conséquence un marché fort fragmenté.

Nous avons tout d'abord une minorité de la population qui a un revenu de loin supérieur à la moyenne. Le potentiel de consommation de cette minorité se trouve dans les biens et services qui ont besoin d'un usage intensif de capital pour leur production. Ensuite vient la majorité, dont le revenu est réduit. Cette population exprime une demande de produits et services pour couvrir principalement ses besoins primaires. Une étude de l'OIT (8) montre que ces produits et services sont produits par des procédés intensifs en main d'oeuvre et de petite échelle.

Il existe une relation entre le type et la qualité des produits et le niveau de revenu. C'est ainsi qu'il devient nécessaire de définir quels sont les produits appropriés pour une société donnée. Les PVD qui ont des difficultés à percer sur le marché international, c'est-à-dire la grande majorité des PVD, à l'exception des pays asiatiques, doivent orienter leur production vers les produits dont la majorité de la population a besoin et qu'elle peut se permettre de consommer.

La commercialisation des produits dans les PVD souffre du manque d'une infrastructure adéquate. En effet, tant pour l'approvisionnement que pour la distribution, les conditions de transport, d'équipement, de bâtiments, d'entrepôts, sont déficientes ou non-existantes. Les coûts de matières primaires, d'énergie, et d'entreposage, sont élevés dû principalement aux frais de transport et d'importation. L'effet de ces faiblesses dans le sytème de

commercialisation fait que le coût des biens et des services est relativement cher, et que le niveau de consommation du marché local est bas.

3.1.4. Le Système Financier

Le système financier des PVD se prête mal à la satisfaction des besoins des petites entreprise ou des coopératives et à leur fournir les crédits dont elles ont besoin. Les taux d'intérêt pour ces groupes sont en général plus élevés que pour les grandes entreprises, ce qui explique pourquoi ces coopératives ou entreprises doivent pouvoir offrir un taux de retour sur investissement à très court terme, ce qui nuit à leur développement. Les banques hésitent à faire des opérations sans la garantie des grandes compagnies et sont peu intéressées par l'administration d'un grand nombre de petits crédits.

Les grandes entreprises sont bien représentées au sein des gouvernements, ce qui signifie que la politique de financement leur est presque toujours favorable. Les capitaux disponibles sont utilisés dans la réalisation de projets qui n'ont pas un potentiel productif de bénéfices communautaires et qui ne sont pas socialement rentables, tel la construction de bâtiments luxueux.

3.1.5. Entrepreneurs-innovateurs

Les entrepreneurs des PVD sont en général très conservateurs (24). Ils sont méfiants de la capacité technologique locale, ayant une préférence pour la technologie ou les produits étrangers. La problématique de l'entrepreneurship dans un PVD est fondée sur une dynamique différente de celle qui prévaut dans les pays industriels. Plusieurs études tendent à démontrer la supériorité de l'entrepreneur individuel sur les organisations collectives ou coopératives (voir réf. 7). Ces études ont en commun la vision d'un "rendement économique" comme base de comparaison, bien que ce critère ne soit qu'une partie d'un processus global de développement. Leur évaluation n'est donc pas complète. L'entrepreneurship dans le contexte d'un PVD peut poursuivre aussi l'introduction de nouvelles technologies, produits ou procédés dans le but de fortifier socialement les secteurs défavorisés, ou même dans un esprit de bienfaisance, tel le cas des missions religieuses (6,25). Nous pouvons alors définir deux types d'entrepreneurship: un entrepreneurship produit d'une économie de marché et un entrepreneurship produit d'une économie communautaire.

3.1.6. Systèmes éducatifs et d'information

De la même façon que la technologie, les systèmes éducatifs des PVD reposent sur des schémas importés de l'étranger. La création de la technologie a besoin, pour se supporter, d'un

système éducatif solide pour fournir au pays la main d'oeuvre qualifiée et les technologues capables de la produire. La plupart des programmes d'enseignement technique dans les PVD sont orientés vers la solution de problèmes typiques des pays industriels. Le système éducatif ne répond pas aux besoins de formation d'ingénieurs et de techniciens qui pourraient résoudre les multiples problèmes inhérents au développement. La prédominance d'une technologie importée et d'un système de transfert technologique de type extensionniste (26) a comme conséquence que les systèmes de formation ne sont pas appliqués à la problématique locale et qu'ils sont peu motivants. Par exemple, l'auteur a constaté que dans une petite université, dans une ville minière bolivienne, on enseigne avec profondeur la conception des systèmes de montage en chaîne, mais on oublie completement comment concevoir un système de production agricole ou minière à petite échelle. Si nous considérons le développement des activités industrielles, tel que défini par Yao Tzu Li et Blais (27), comme étant un processus de trois fonctions comprenant la production de biens et services, la recherche et développement, et les activités d'innovation, nous pouvons affirmer que dans les PVD le système éducatif-technique ne couvre aucune des trois fonctions d'une façon appropriée.

Les systèmes d'information sont en général très centralisés et seulement une minorité a accès à ces sources. L'information la plus disponible provient des pays industriels et implique des technologies modernes importées d'usage intensif de capital.

3.2. La Technologie Appropriée dans le système d'innovation

Existe-t-il vraiment une incompatibilité entre le concept d'innovation technologique (IT) et la philosophie de la TA ? L'innovation telle que définie dans les pages précédentes s'en tient à la réussite commerciale de l'introduction d'un nouveau produit, procédé ou système sans tenir compte initialement des effets sociaux à moyen ou long terme, par exemple de l'emploi. La Technologie Appropriée a comme objectif principal de considérer les effets socio-économiques (macro-économie) dans le cadre d'un projet déterminé (micro-économie). La révision des composantes principales de l'innovation technologique dans le sens le plus connu nous permet de voir que le concept de l'IT n'est pas extensif dans les mêmes termes pour les PVD que pour les pays industriels. Dans le paragraphe précédent, nous avons discuté des composantes prises séparément; en plus de la problématique de chaque composante, il faut les compléter par une synergie de fonctionnement. Ce processus demande une synchronisation qui ne se trouve pas dans la plupart des PVD: la panne d'une composante ou d'un sous-système entraîne la défaillance de tout le système. Partons d'un modèle simple pour expliquer la nécessité de définir autrement l'innovation technologique pour les pays en voie de développement avec l'introduction de la TA. La figure 3 montre ce système.

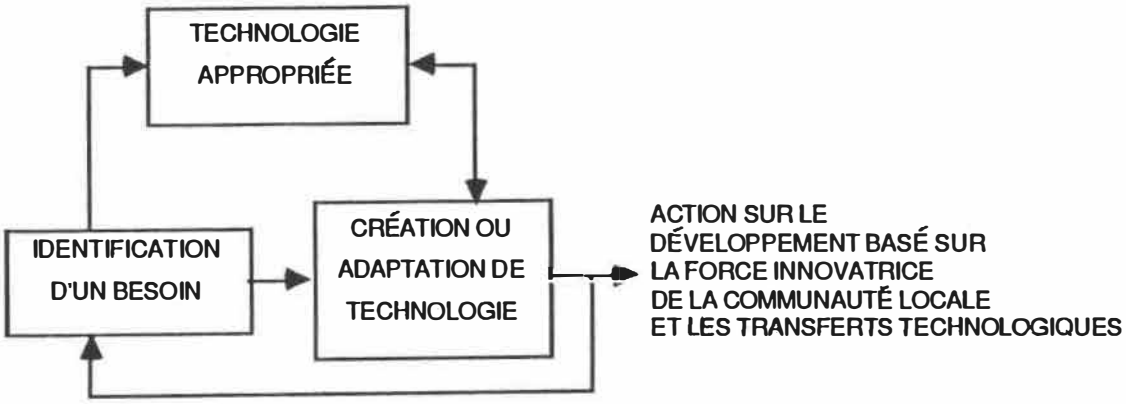


Figure 3: Technologie appropriée et innovation

(Source: préparation de l'auteur)

Nous pouvons identifier trois facteurs qui vont supporter le besoin de systématiser la problématique de l'innovation d'une façon différente lorsqu'on parle d'innovation dans le cadre de technologies appropriées, communautaires ou populaires.

Le premier facteur est la distinction nécessaire qu'il faut faire entre le besoin et la demande. Les besoins d'une communauté sont exprimés principalement en termes des nécessités de base, par exemple l'alimentation, l'énergie, le logement, l'éducation, l'eau, etc., dans les régions les plus défavorisées du Tiers Monde. Mais il faut souligner que ces besoins ne sont pas nécessairement "la demande". La demande est mieux définie par le potentiel réel de vente d'un produit, procédé ou système. La demande est très influencée par la tendance de consommation d'une société. N.

Jequier affirme (7) que l'innovation ne se présente pas comme résultat de la satisfaction des besoins mais plutôt par la satisfaction de la demande. Cependant, nous pouvons affirmer que l'innovation technologique dans les PVD peut être produite par les deux causes: en réponse aux besoins de base, et pour satisfaire une demande de biens de consommation. Le cas des pompes de mecate[4] (28) au Nicaragua est un exemple concret que l'innovation existe même si le besoin ne se manifeste pas par une possibilité de ventes. Un grand nombre de paysans nicaraguayens ont bénéficié de ces pompes de design simple mais ingénieux, et ce qui est plus important, l'effet multiplicateur a été important à cause de la popularisation de la pompe. Des améliorations notables ont été introduites par les paysans eux-mêmes. Dans ce contexte, la TA répond plus aux besoins communautaires qu'aux demandes de marché mesurées par le profit possible. Une fois la demande créée et la technologie du système de la pompe maîtrisée, la production de pompes pour la vente est tout à fait possible. Dans ce cas l'innovation avec une TA répond à une demande du marché.

Un deuxième facteur qui fait que l'innovation avec des TA est différente est le degré de diffusion qu'on cherche. Le but des organismes et des gens utilisant des TA est de **"populariser"** le savoir-faire de manière à rendre la technologie compréhensible pour les utilisateurs. Dans un système d'innovation technologique des pays industriels, la concurrence oblige à protéger les inventions

---

[4] "Mecate" est le mot utilisé au Nicaragua pour "corde".

par des brevets d'invention, ou le cas échéant de la vendre comme un transfert technologique. Cette différence conditionne le troisième facteur. L'objectif final de l'innovation à partir des TA est le développement communautaire basé sur ses propres forces innovatrices ou sur les tranferts technologiques et non pas le profit à une vitesse ou un degré déterminé tel que l'implique l'innovation dans le sens le plus connu. Ces différences nous conduiront à la recherche d'un processus d'innovation différent dans les pays où une économie de marché doit se rallier à une économie communautaire.

3.3. L'innovation populaire

Nous définissons l'innovation populaire comme étant le processus d'introduction de nouveaux produits, procédés ou systèmes qui sont le résultat de la pleine participation des communautés concernées dans la solution de leurs problèmes.

L'innovation populaire (IP) est un système qui englobe la philosophie de la TA. Elle devient la principale source technique des communautés défavorisées. L'IP accomplit ses buts lorsque la majorité de la communauté participe aux décisions, et quand la communauté (soit locale, régionale ou nationale) devient la source de ressources humaines pour lui livrer les innovateurs dont elle a besoin. Le processus de l'IP suit, comme l'innovation industrielle, un processus non-linéaire avec des retours de contrôle. Nous distinguons une branche de caractère technique, et une branche que l'on appelle de promotion, car pour nous la commercialisation est un effet secondaire à la promotion du bien-être humain. Une branche communautaire contient les processus de discussion, critiques, décisions et approbation finale des solutions. La figure 4 montre le modèle entier[5].

---

[5] Nous pouvons nous référer au modèle de R.A. Blais (23) pour constater les différences et les similarités avec le processus d'IT dans les pays développés.

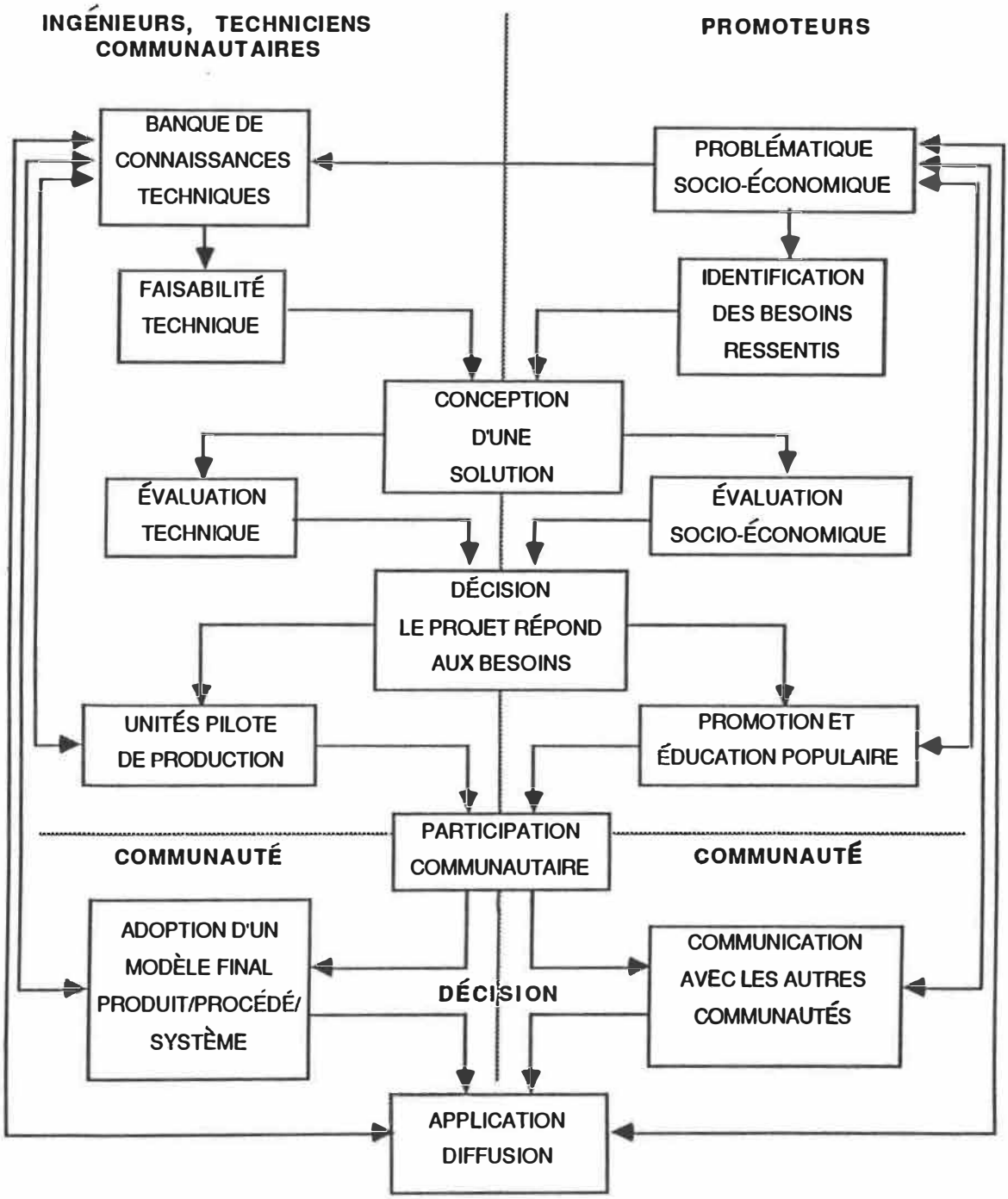


Figure 4: Le processus d'innovation populaire

(Source: préparation de l'auteur)

Un modèle de formation de futurs innovateurs des plus intéressants est celui proposé par l'Université Rurale de Cauca en Colombie (29). Le programme s'addresse spécifiquement aux membres des communautés défavorisées. Pendant ses années d'études et de formation, l'étudiant doit franchir trois étapes pratiques:

1. Promotion
2. Développement technique
3. Réalisation communautaire (ingéniérie)

L'intéressant de cette expérience est qu'elle couvre les trois branches de la IP: la formation de promoteurs, de techniciens, et d'ingénieurs. Ils ont le dénominateur commun de vivre et interagir avec leur communauté. L'expérience montre que ces diplômés ont créé des associations, des magasins coopératifs, des unités de production et des usines à l'intérieur de leur communauté. Quelques expériences similaires ont été montées en Bolivie avec l'Institut Polytechnique Tomás Katari, qui en plus d'offrir une formation dans le domaine technique communautaire a fait une percée dans le domaine de la santé (30), et collaboré avec le Centre de Recherches, Formation, et Extension en Mécanisation Agricole (31) selon le schéma d'appropriation suivant: définition du problème, identification d'une solution prototype, et développement de la technologie.

Le processus d'innovation populaire a besoin d'agents technologiques qui puissent interagir avec la communauté dans le

processus de création, d'adaptation et d'appropriation d'une technologie. Ces agents peuvent être les universités, les institutions de recherche, ou les bureaux de consultation populaire. La figure 5 montre l'action de ces agents.

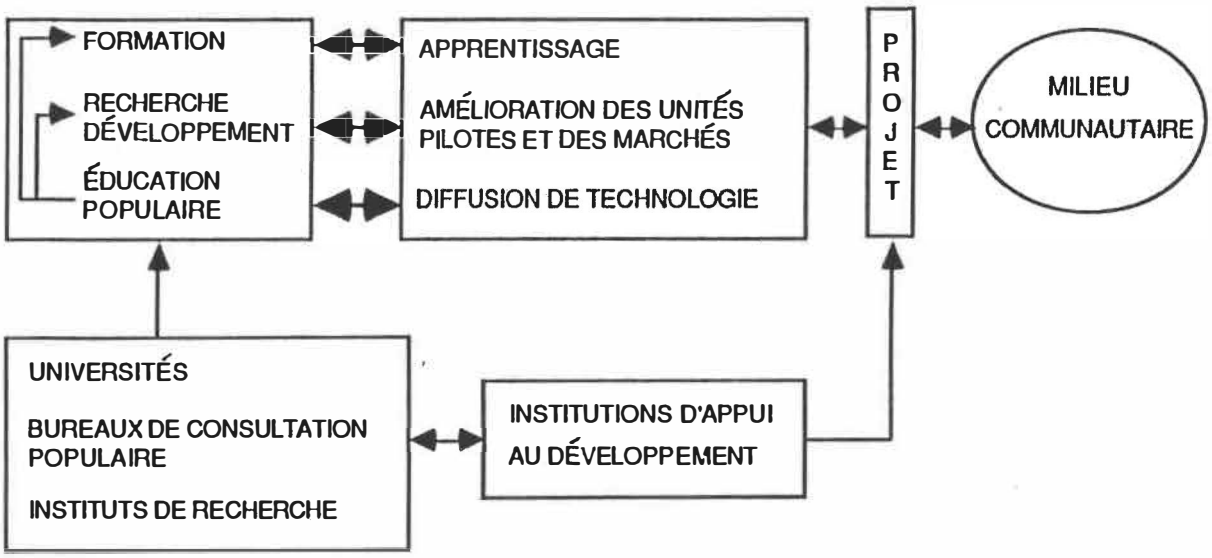


Figure 5: Agents d'appropriation technologique

(Source: préparation de l'auteur)

Au niveau des étapes des processus d'innovation, en faisant référence à R.A.Blais (23), nous distinguons les différences exposées dans le tableau II.

Tableau II: Etapes du développement de l'IT et IP

INNOVATION INDUSTRIELLE		INNOVATION POPULAIRE	
1.	Emergence de l'idée	1.	Emergence de l'idée
2.	Evaluation de l'idée	2.	Evaluation de l'idée
3.	Etude de faisabilité technique et commerciale	3.	Etude de faisabilité technique et compatibilité aux valeurs de la communauté
4.	R-D Technique et Evaluation préliminaire des marchés	4.	R-D, enquête des promoteurs
5.	Construction Prototype	5.	Construction pilote
6.	Prise de Brevet	6.	Nul
7.	Identification et qualification de marchés	7.	Identification et qualification des bénéficiaires
8.	Développement d'un plan d'affaires	8.	Développement des projections socio-économiques du projet
9.	Recherche et obtention de financement	9.	Recherche et obtention de financement
10.	Test de marché et essais sur le terrain	10.	Petites unités de production essais sur le terrain
11.	Production commerciale	11.	Production communautaire ou coopérative.

3.4. Le développement technologique en Bolivie

Nous devons ajouter à cette discussion de l'innovation et de la TA un aperçu synthétique de ce que signifie la problématique du développement en Bolivie. Ce bref exposé permettra de mieux comprendre le contexte dans lequel nous proposons le mini-projet dans le prochain chapitre.

Tous les problèmes de l'innovation technologique présents généralement dans les PVD se retrouvent en Bolivie (32,33), le pays le plus pauvre de l'Amérique Latine après Haïti. Au niveau de la politique industrielle, la technologie comme élement central est complètement absente, et est considérée par plusieurs comme étant

la cause du manque de compétitivité du secteur. Suivant le courant latino-américain, un organisme s'occupant des stratégies technologiques a été créé en 1960 et un autre en 1978[6] (34) avec des résultats que nous pouvons qualifier de médiocres étant donné que la situation ne s'est pas améliorée durant toutes ces années. Nous appuyant sur le peu d'études disponibles sur le sujet, il est possible de résumer la problématique du développement technologique en Bolivie par les points suivants:

- Le profil technologique indique une concentration dans le secteur des ressources naturelles;
- La technologie utilisée est principalement importée;
- L'innovation technologique n'est pas développée, pour toutes les raisons discutées dans les pages précédentes.
- Le système scientifique-technologique et le système productif sont mal connectés.
- Les programmes scientifiques-technologiques sont déterminés par des facteurs externes et internes qui n'ont aucun rapport avec la dynamique économique et moins encore avec les besoins sociaux.

Comme indication nous pouvons citer le cas des programmes de développement en Bolivie. Une enquête réalisée par un organisme de promotion de technologie appropriée (35) indique que 80% des

---

[6] L'Académie Nationale de Sciences en 1960
La Direction Nationale de Technologie en 1978.

programmes de développement n'utilisent pas des alternatives technologiques basées dans la recherche spécifique et locale. Seulement 12.5% de ces programmes affirment utiliser une technologie moderne, mais on ne peut pas dire qu'il s'agit d'innovations, car dans la plupart des cas il s'agit de l'application d'expériences technologiques de l'étranger comme condition de financement par les organismes financiers. Finalement, seulement 7.5% des projets font usage de technologie locale.

Du côté de la TA, on peut souligner l'action de trois courants. D'abord, il existe un mouvement de TA connecté au réseau mondial de ces technologies; ces organismes sont financés normalement par des organismes internationaux[7]. Un deuxième groupe est celui des organismes financés par l'Etat, entre autres les universités, et qui sont les plus affectés par les stratégies gouvernementales. Malgré cet état de faits, des résultats intéressants ont été obtenus dans le secteur agro-industriel, au moins dans la phase de recherche. Les secteurs de grande concentration économique tels que l'exploitation minière et la métallurgie ont été bombardés de technologies importées. Un troisième courant est mené par des technologues endogènes. Ces groupes essaient de récupérer leur ancien mode andin de production et de technologie, comme une

---

[7] La Bolivie est membre des principaux réseaux de coopération de l'Amérique Latine entre lesquels nous pouvons nommer: "Innovations et Réseaux pour le Développement", et les "Réseaux de Coopération Technique", ce dernier avec 15 différents réseaux thématiques (36).

solution à leur développement communautaire. Les références 37 et 38 expriment les principales évolutions de cette pensée[8]. Leur contribution la plus originale est la proposition du concept de "récupération de la technologie" en contreproposition aux transferts technologiques et à la TA. Celle-ci se base dans le fait que la technologie des anciens peuples andins répond d'une façon plus adéquate à la culture, à l'économie et à l'écologie indigène. Ce courant questionne par principe les formes occidentales de technologie.

---

[8] L'exemple des fours pour la céramique d'une communauté quechua en Bolivie de la référence 13 montre davantage la force de ce mouvement. 80% de la population en Bolivie est considérée indigène.

CHAPITRE 4

MINI-PROJET: SERRES SOLAIRES EN BOLIVIE

4.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous analysons les aspects à tenir en compte lors de l'introduction d'une technologie nouvelle à un milieu particulier, où il s'agit d'une expérience innovatrice. Il est évident que les serres solaires remontent bien loin dans le passé de certaines civilisations ou régions, mais elles apparaissent comme une expérience toute nouvelle dans la région des hautes vallées de la Bolivie, l'Altiplano, et ce depuis à peine 1984. La région de l'Altiplano, avec son climat froid et sec, ne se prête guère à la production de légumes tel la salade, le choux, la tomate et le concombre entre autres, qui requièrent d'un climat modéré ou chaud. Par cette étude, nous cherchons à analyser les composantes d'une technologie qui renaît comme **innovation populaire**, ainsi qu'à contribuer d'une façon pratique au développement de la recherche dans ce champ en Bolivie. Le développement d'un modèle de planification de la production en serre devient un point central. Il est en effet nécessaire d'innover dans la gestion de serres parallèlement à l'innovation technologique pour la compléter par cet élément logiciel. Le mini-projet qui sera présenté répond à une problématique de la région minière de la Bolivie, mais peut servir de modèle pour d'autres projets du genre dans toute l'étendue de l'Altiplano.

La Bolivie est, depuis 1984, scène d'une véritable explosion quant à l'apparition de serres solaires. La systématisation de ces expériences n'a pourtant toujours pas été réalisée. Seuls quelques centres de recherche gouvernementaux et organismes non gouvernementaux (ONG) ayant une capacité de diffusion réduite ont étudié le développement de cette nouvelle technologie, limitant la recherche au materiel de construction, au design, et à la production(39). Les domaines de l'administration, de l'entretien, de l'organisation sociale, et du marketing n'ont toujours pas été l'objet d'une étude qui permettrait un meilleur rendement de cette nouvelle technologie.

4.1.1. Problématique

En 1985, le gouvernement bolivien adopte et met en vigueur une politique de privatisation des entreprises de l'Etat, de libre importation et de libre entreprise. Cette politique lui permet de contrôler l'hyper-inflation (voir Annexe A), mais à un coût social très élevé. Une crise sociale sans précédents dans l'histoire de la Bolivie est déclenchée.

Le secteur minier est le plus affecté. Plus de 27,000 ouvriers sont congédiés sans espoir de nouveaux emplois, sans bénéfices, et évidemment, sans assurance-chômage et assurance-maladie qui protègent les Canadiens. Ce congédiement massif aura un effet immédiat sur la nutrition des mineurs et de leurs familles.

Jusqu'en juillet 1985, 76% de leur salaire venait sous forme d'aliments subventionnés et distribués dans les "pulperías" ou dispensaires alimentaires de l'Etat(40). En tout, le salaire revenait à 60 $ U.S. (effectif et aliments). En 1988, le salaire équivaut à 30 $ U.S. et les pulperías ont été éliminées. Le résultat: une alimentation réduite à 48% des calories et 60% des protéines requises. Deux facteurs s'ajoutent à ce problème nutritionnel: la dépendance alimentaire qui a été produite par la politique de subventions de l'Etat, et la faible diversité dans la consommation.

Une réaction immédiate à la nouvelle politique économique a été une forte émigration vers les centres urbains. Parmi ceux qui sont restés dans les centres miniers, la préocupation a par contre été la recherche de projets productifs leur permettant d'améliorer leur niveau de vie sans quitter leur lieu d'origine. Les femmes des mineurs, entre autres, ont eu l'initiative de s'organiser autour de la production de légumes en serres solaires. Cette initiative eut en premier lieu quelques difficultés, car les institutions disposées à financer des projets productifs dans une région minière sont peu nombreuses.

Nous avons déjà reconnu plus haut que la technologie des serres n'est pas une invention récente. Par contre, étant donné les caractéristiques culturelles, historiques et productives de la région(41), l'introduction des serres solaires de production

agricole peut être considérée une "innovation populaire", bien sûr basée sur une forte composante de transfert technologique.

4.1.2. Description géographique

Le projet que nous allons étudier se situe dans l'Altiplano. Nous considérons les régions nettement minières où les conditions ne se prêtent aucunement à la production de légumes, d'où le besoin de créer un micro-climat artificiel. Le tableau III résume les principales caractéristiques climatiques de la région(42).

Tableau III: Altiplano - description géographique

Latitude:	15° - 25°S
Altitude moyenne:	3,900 m s.n.m.
Température moyenne:	9°C
Température minimale:	-4°C
Température maximale:	16°C
Précipitation annuelle moyenne:	505 mm
Intensité moyenne de radiation solaire:	600 W/m2
Heures de soleil disponibles/année:	3,000 heures
Humidité relative minimale:	20.95%
Humidité relative maximale:	57.35%

Durant les mois d'hiver (juin, juillet et août), la température a tendance à varier d'un froid intense la nuit à une forte chaleur de jour. Il gèle souvent durant cette saison. Le design des serres doit donc être prévu en fonction de cette période critique.

4.2. Planification des serres

L'introduction de serres solaires de production agricole doit être planifiée afin de mieux atteindre les objectifs et buts définis. La majorité des institutions ou groupes travaillant dans des projets de serre solaire en Bolivie ont tendance à oublier cette étape d'apparence routinière. Une fois les objectifs définis, doit suivre l'étape de planification d'une stratégie de production qui permette non seulement d'obtenir les résultats désirés (les buts) mais aussi de développer un procédé d'appropriation de la technologie. Nous synthétisons les besoins de planification de la manière suivante:

* Définition des objectifs et buts.
* Systématisation de l'expérience.
* Appropriation de la technologie par la communauté.

4.2.1. Objectifs

Les objectifs du présent projet sont les suivants:

* Améliorer l'état nutritionnel des familles de la communauté minière.
* Apporter au budget d'achat d'aliments des familles minières, soit par la consommation de la production, soit par la vente du surplus.

* Pourvoir les familles minières d'un moyen de production qui leur permette de rester dans leur région d'origine.
* Fournir les légumes nécessaires pour l'alimentation de chaque famille.
* Introduire une technologie nouvelle.
* Etablir une méthodologie de planification pour atteindre les buts et objectifs.
* Réussir l'autogestion du projet de serres.
* Systématiser l'expérience afin de permettre sa diffusion à d'autres centres miniers.

4.2.2. Buts

Dans une première étape, le projet se propose les buts suivants:

* Obtenir la participation de 40 familles de la communauté. Les familles sont en moyenne de 7 membres(40), d'où l'on peut estimer le nombre de bénéficiaires à 280.
* Il est estimé que les légumes ne représentent que 3.1% de la valeur nutritive du régime des famille minières(43). Nous proposons d'atteindre un niveau minimum de 5 à 10% par élément nutritif, afin d'améliorer l'état nutritionnel[9].
* Réaliser les activités éducatives nécessaires pour l'acceptation de produits qui ne sont pas de consommation traditionnelle à la communauté.
* Obtenir que la communauté donne l'importance nécessaire à l'entretien des serres.
* Etablir un programme de production tenant compte des cycles productifs et de la rotation des cultures.
* Commercialiser une partie des produits de manière à couvrir tout au moins les coûts de production et d'entretien.

---

[9] Le choix de 5 à 10 % comme but a été suggéré par divers organismes lors du "Seminaire-atelier sur les serres solaires" organisé par CEPROMU (centre de promotion de la femme), La Paz, mars 1988.

4.3. Modèle de planification de la production

Le modèle que nous proposons est conçu en fonction de deux principaux objectifs:

* Satisfaire les besoins nutritionnels minimums de la communauté.
* Trouver la façon la moins chère de répondre à ces besoins.

Pour faciliter le procédé de planification, le modèle est développé en trois étapes ou sous-systèmes. La figure 6 montre la séquence des étapes.

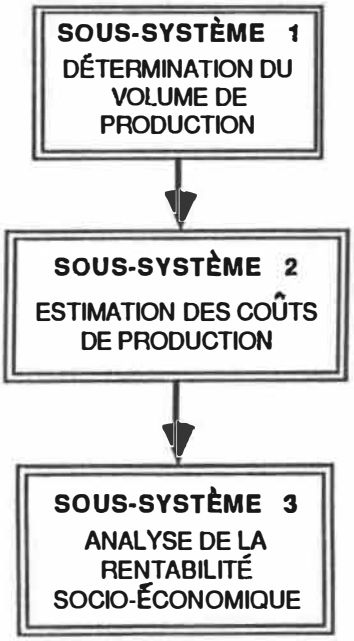


Figure 6: Modèle de planification de la production

Dans le sous-système 1, nous utilisons les prix du marché local, afin de trouver une solution économiquement viable. Le sous-système 2 nous permet par la suite de systématiser les coûts de production. A partir de la deuxième année du projet, les données obtenues par le sous-système 2 pourront être utilisées dans le sous-système 1. Le sous-système 3 analyse la rentabilité économique et sociale du projet. Cette étape est de grande importance dans le contexte actuel. En effet, cette étape ayant été négligée, il est jusqu'à présent impossible de déterminer si les serres dans l'Altiplano bolivien sont rentables.

4.3.1. Détermination du volume de production (Sous-système 1)

L'objectif de ce sous-système est de spécifier en quantité et en qualité la production annuelle désirée. Cette production devra être capable de fournir aux bénéficiaires les quantités nutritionnelles minimales fixées dans les buts de la communauté pour une période déterminée. Ce modèle étant la base pour le développement des sous-systèmes ultérieurs, l'objectif est d'optimiser la solution tout en tenant compte des facteurs limitatifs du projet. La figure 7 montre le détail du modèle.

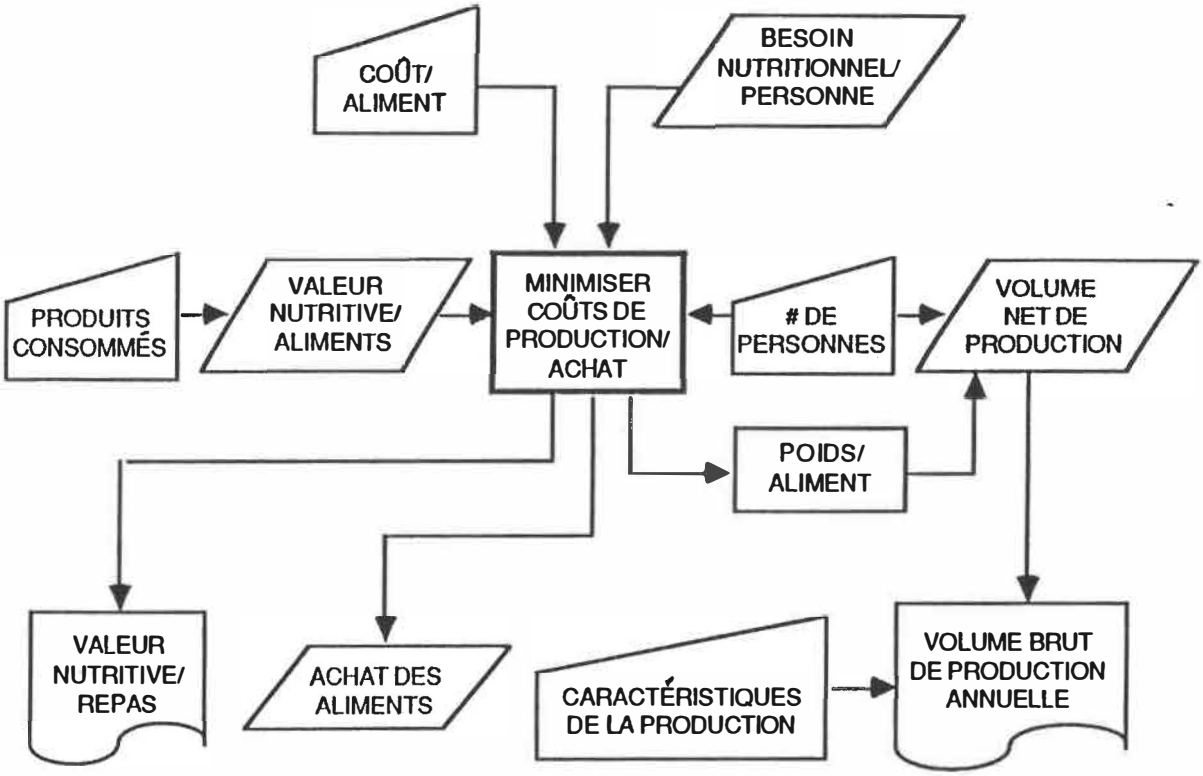


Figure 7: Sous-système 1

(Source: préparation de l'auteur)

La solution représente le volume optimal de production annuelle à prévoir pour satisfaire les besoins nutritionnels proposés pour chaque gestion. Cette solution comprend les produits à cultiver dans la serre et le terrain entourant les serres. Une autre alternative prend également en compte l'utilisation de terrain additionnel permettant d'inclure au projet des cultures extensives.

4.3.1.1. Les données de base

Pour le développement de ce projet, nous avons pris les variables suivantes:

Eléments nutritifs: Nous considérons les 9 éléments nutritifs de base identifiés par les recommandations diététiques de la Division Nationale de Nutrition de la Bolivie(44). Ceux-ci sont:

	Quantité/jour.personne	
Calories	2,600	cal
Protéines	55	g
Calcium	650	mg
Fer	14	mg
Vitamine A	650	mcg
Thiamine	1	mg
Riboflavine	1.5	mg
Niacine	17.7	mg
Acide Ascorbique	25	mg

Aliments: Nous avons sélectionné parmi les aliments les plus consommés une base de données de 30 produits, dont quatre sont considérés dans l'alternative de cultures extensives dans des terrains additionnels proches aux serres. Nous cherchons parmi ceux-ci la solution optimale.

Le tableau IV montre la base de données utilisée dans le projet.

Tableau IV: Composition des aliments (/100 g)

ALIMENT	CALORIES cal	PROTEINES g	CALCIUM mg	FER mg	VITAMINE A mcg	THIAMINE mg	RIBO-FLAVINE mg	NIACINE mg	ACIDE ASCORBIQUE mg	PRIX /KG $Bs*
)IGNON	51.0	0.67	33	0.5	5.0	0.04	0.05	0.50	7.0	0.74
'OMATE	20.0	1.01	15	1.0	86.0	0.06	0.07	0.56	20.0	1.80
:AROTTE	38.0	0.63	32	0.9	767.0	0.04	0.06	0.98	4.0	0.55
)UINOA(1) (CE)	366.0	12.10	107	5.2	0.0	1.46	0.30	1.17	1.1	2.00
'ATATE(CE)	93.0	2.71	4	1.0	0.0	0.08	0.06	1.09	12.0	1.20
'ERSIL	62.0	3.95	247	7.6	800.0	0.13	0.25	0.78	385.0	0.60
:ADIS	20.0	0.75	33	1.6	0.0	0.03	0.04	0.38	19.0	1.25
)ETERAVE	58.0	1.75	30	1.6	0.0	0.03	0.04	0.46	5.0	0.74
:HOU	26.0	1.18	30	1.1	46.0	0.05	0.13	0.50	43.0	0.50
:ELERI	38.0	0.62	109	1.5	27.0	0.03	0.07	0.65	8.0	1.50
)AIS(CE)	360.0	9.50	13	6.5	0.0	0.18	0.12	2.56	0.0	2.10
:ONCOMBRE	13.0	0.70	16	0.7	0.0	0.03	0.05	0.30	17.0	0.88
,UBERGINE	33.0	1.18	11	0.5	0.0	0.06	0.06	5.95	5.0	0.91
,AITUE	27.0	1.16	47	1.2	203.0	0.06	0.05	0.48	17.0	0.35
)ELON	28.0	0.48	23	1.4	98.0	0.03	0.03	0.90	74.0	3.10
'ETIT POIS	71.0	6.44	47	2.3	129.0	0.22	0.19	1.01	33.0	2.00
)ARICOT(CE)	93.0	11.38	29	3.2	61.0	0.23	0.36	0.94	28.0	1.00
'OIVRON	31.0	1.25	21	1.1	54.0	0.07	0.20	1.12	55.0	3.20
:PINARD	34.0	3.16	84	7.5	383.0	0.08	0.27	1.14	28.0	1.75
'RAISE	45.0	0.75	30	1.9	0.0	0.02	0.05	0.61	80.0	5.00
)ETTE	25.0	1.93	72	5.3	473.0	0.04	0.24	0.68	28.0	0.40
,CHOJCHA(2)	18.0	0.82	20	1.0	33.0	0.05	0.10	1.18	6.0	4.00
:HILI	32.8	9.52	140	16.4	49.3	0.24	0.84	1.90	55.0	4.00
,IL	144.0	6.84	21	1.5	0.0	0.22	0.18	0.39	11.0	2.00
:HOUFLEUR	29.0	2.25	27	1.6	12.0	0.08	0.16	0.70	64.0	2.00
,ACAYOTE(3)	27.0	0.70	29	0.9	3.0	0.07	0.06	0.62	7.0	3.20
,OCOTO(4)	30.0	1.22	18	0.7	41.0	0.05	0.23	0.78	10.0	2.00
)AVET	30.0	0.89	21	1.5	0.0	0.03	0.06	0.83	27.0	1.00
'OIREAU	77.0	1.56	65	2.2	13.0	0.06	0.24	3.10	23.0	2.00
:ITROUILLE	30.0	1.12	32	1.0	300.0	0.05	0.06	0.72	10.0	0.50

CE: Alternative avec des cultures extérieures
1 : CHENOPODIM QUINOA
2 : CYCLANTERA PEDATA
3 : CUCURBITA FICIFOLIA
4 : CAPSICUM ANNUM

* 2.35 Bs = 1.00 $US, taux utilisé pour tout le projet.

(Source: Ministerio de prevision social y salud publica, division nacional de nutricion)

Les autres variables que nous tenons en compte sont le nombre de bénéficiaires et le pourcentage de besoins nutritionnels fixé comme but.

4.3.1.2. Modèle mathématique

Nous définissons le modèle mathématique avec les variables suivants:

Z: coût de production ou d'achat des aliments

n: nombre d'aliments choisis

X_i: poids de l'aliment "i" choisi

CA_i: coût unitaire par poids de l'aliment

LA_j: contrainte nutritionnelle minimale

C_i: contenu net de l'élément nutritif "j" de l'aliment "i"

Nous voulons minimiser les coûts de production ou d'achat tout en respectant les besoins nutritionnels minimaux:

$$\text{Min} \quad Z = \sum_{i=1}^{n} CA_i * X_i$$

Contrainte:

$$\sum_{i=1}^{n} C_1 X_i \geq LA_1$$

$$\vdots$$

$$\sum_{i=1}^{n} C_j X_i \geq LA_j$$

$j=1,m$
$i=1,n$

plus les contraintes culturelles et physiques

Nous avons considéré m=9 (les éléments nutritifs de base)
et n=30 (les cultures possibles)

Nous considérons un maximum de 8 contraintes culturelles qui définissent les produits les plus consommés dans le régime de la communauté. Nous considérons également un maximum de 6 contraintes physiques par lesquelles, pour des raisons tel que l'espace qu'occupent certaines cultures ou les limitations du marché, certains produits ne peuvent être produits qu'en quantité limitée[10]. Prenant donc en compte le total de ces contraintes, nous avons une matrice d'une dimension de 23 x 30 à résoudre. Pour ce faire, l'auteur a développé un programme d'ordinateur, que nous nommons PLAN-SERRE, pour optimiser la solution par la méthode simplexe(45) de programmation linéaire. Le programme en question se trouve dans l'Annexe A.1. L'utilisateur n'a qu'à introduire les prix du marché ou les coûts de production par produit, le but nutritionnel fixé, et les contraintes de type culturel et physique, car les valeurs et les contraintes nutritionnelles sont déjà incluses dans le programme PLAN-SERRE.

4.3.1.3. Choix d'une solution optimale

Le modèle décrit dans le paragraphe antérieur nous donne une série de solutions optimales pour chaque situation. L'utilisateur doit essayer plusieurs combinaisons, en faisant varier les quantités maximales et minimales à produire, par l'introduction des contraintes culturelles et physiques.

---

10 La capacité limitée du micro ordinateur utilisé par l'auteur a déterminé ces quantités de contraintes (8 culturelles et 6 physiques).

Les paramètres pour aider à définir la stratégie de production sont les suivants:

i) le coût total de la solution
ii) la superficie à cultiver (en serres et autour)
iii) la valeur nutritive
iv) la diversité de produits à cultiver

Nous utilisons le programme d'optimisation PLAN-SERRE le nombre de fois nécessaire pour générer des solutions alternatives. Ce programme nous fournit de plus le coût d'opportunité par produit, ce qui donne un élément supplémentaire pour la planification de la production. Par la suite, nous illustrons le modèle à l'aide de dix solutions possibles. Dans l'annexe A.2 se trouve une de ces solutions telle que calculée par PLAN-SERRE. Le modèle a été conçu à l'origine pour la planification de la production agricole des serres en région suburbaine, où se trouvent les mines. Néanmoins, il peut servir aussi à la planification agricole dans les régions rurales de l'Altiplano. Dans ce premier sous-système, nous analysons les deux situations suivantes:

SITUATION A: La base de données est réduite à 26 produits, car dans cette situation nous ne planifions pas de cultures extensives. L'objectif nutritionnel fixé selon les buts est d'un minimum de 5% par élément nutritif.

SITUATION B: La base de données est de 30 produits, car la communauté désire inclure au projet l'exploitation de cultures extensives. L'objectif nutritionnel fixé selon les buts est d'un minimum de 10%.

Nous analyserons séparément les deux situations:

SITUATION A

Outre l'objectif nutritionnel, nous avons deux contraintes à spécifier:

i) le financement ne peut pas dépasser 24,500 Bolivianos (Bs) (10,425 $US);

ii) le terrain disponible est de 3,000 m^2.

Critère 1: Coût total de la solution

La figure 8 montre les coûts de dix des solutions essayées.

COÛT DES SOLUTIONS

1 $US. = 2.35 $Bs.

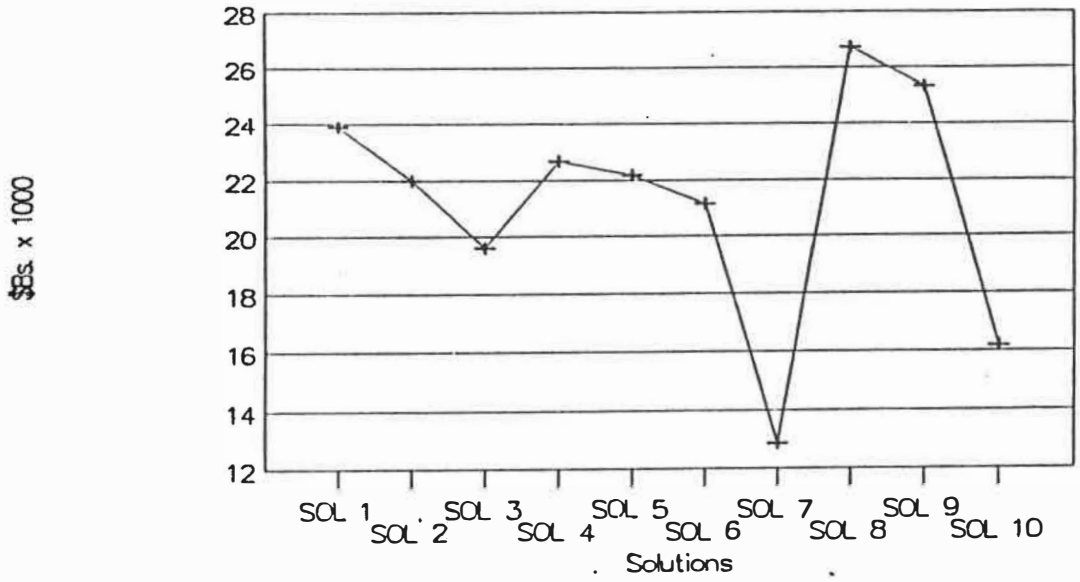


Figure 8: Coût des solutions, Situation A

* Mis à part les solutions 8 et 9, toutes les alternatives présentées dans la figure 8 entrent dans les limites du budget de la communauté.

Critère 2: Superficie à cultiver

Il est préférable de choisir une solution utilisant la plus petite superficie de culture possible, afin de permettre l'exploitation du surplus de terrain pour la vente, ainsi que pour minimiser l'effort de main d'oeuvre requis pour les activités agri-

coles. La figure 9 nous présente les dix différentes solutions que donne PLAN-SERRE:

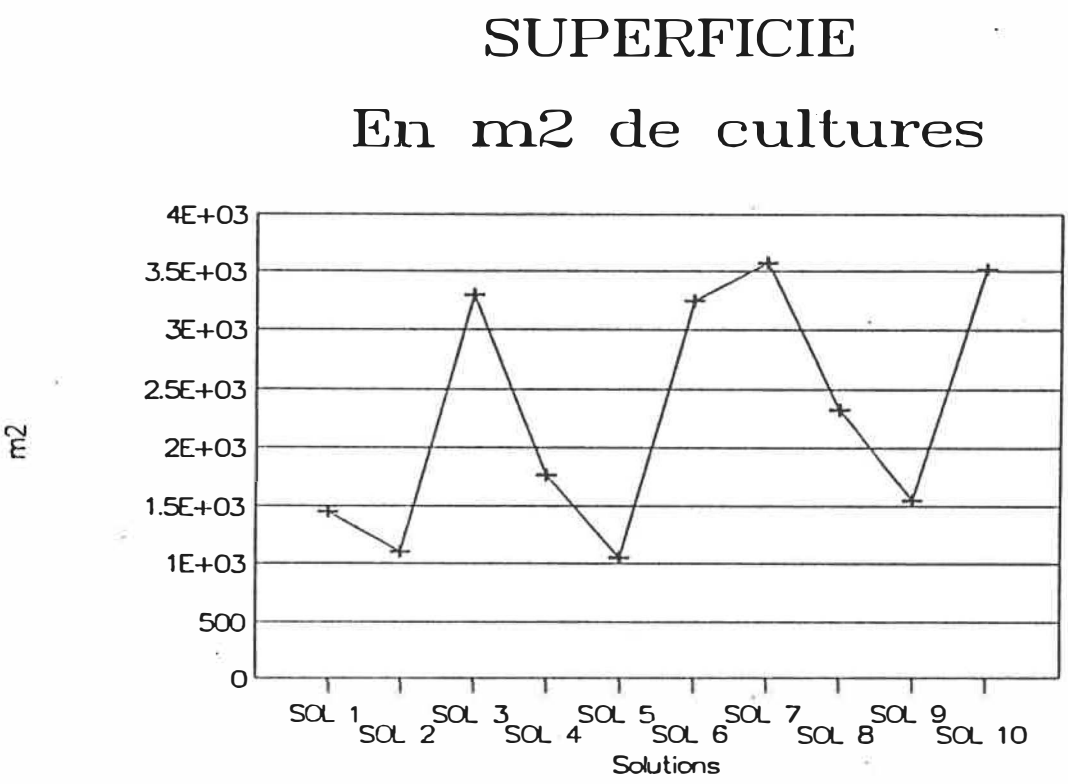


Figure 9: Superficie de culture, Situation A

Parmi les solutions retenues lors de la séléction par le premier critère, les solutions 1,2,4 et 5 ont une superficie de culture inférieure à 3,000 m^2. Il faut noter que la relation coût total et coût/m^2 n'est pas toujours linéaire: tous les légumes n'ont pas le même nombre de récoltes par année lorsqu'ils sont cultivés en serre.

Critère 3: Objectif nutritionnel fixé

Outre la satisfaction de l'objectif général fixé en pourcentage, il est possible de choisir la solution la plus adéquate selon qu'elle remplit un manque spécifique identifié dans la région, tel des vitamines ou des minéraux. Par exemple, dans le cas de l'Altiplano, on prioriserait selon l'Unité Sanitaire de la ville de Potosí un régime riche en complexe vitaminique B (Thiamine, Riboflavine). La figure 10 montre le contenu nutritionnel des quatre solutions qui restent après l'élimination par les critères 1 et 2.

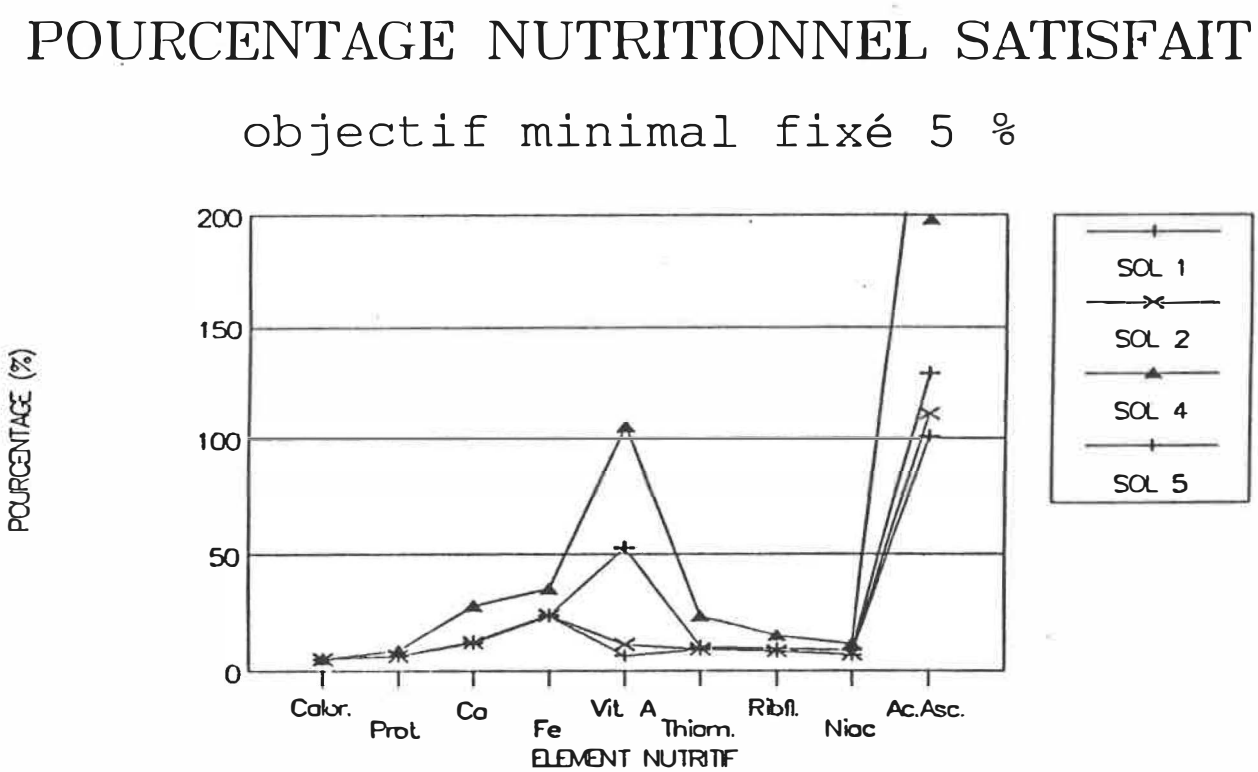


Figure 10: Contenu nutritionnel, Situation A

Les solutions 1 et 4 ont un contenu plus concentré du complexe vitaminique B, ainsi qu'une quantité majeure de vitamine A.

Critère 4: Diversité d'aliment

En dernier lieu, la diversité et les préférences culturelles décident de la meilleure solution. La communauté doit analyser quels sont les produits plus courants dans leur régime. Le tableau V confronte les deux solutions qui restent:

Tableau V: Diversité de produits, Situation A

SOLUTION 1		SOLUTION 2	
PRODUIT	POIDS (kg)	PRODUIT	POIDS (kg)
OIGNON	6,000	OIGNON	6,000
TOMATE	2,700	TOMATE	2,700
CAROTTE	4,000	PERSIL	240
PERSIL	200	BETTERAVE	1,400
BETTERAVE	12,914	EPINARD	300
CONCOMBRE	600	LAITUE	31,616
CHOU-FLEUR	600	CHOU-FLEUR	300
NAVET	1,000		

Prenant en compte le critère culturel d'alimentation, la solution 1 prouve être plus acceptable pour la communauté par ce qu'elle propose des produits qui lui sont plus courants: carottes, concombres, et navets.

Nous pouvons en arriver au même résultat en utilisant le tableau VI, où se résument les alternatives générées par PLANSERRE.

Tableau VI: Choix de solutions par tableau

CODE	PRODUIT	SOL 1	SOL 2	SOL 3	SOL 4	SOL 5	SOL 6	SOL 7	SOL 8	SOL 9	SOL 10
1	OIGNON	6000	6000	6000	6000	6000	6000	0	6000	6000	0
2	TOMATE	2700	2700	2700	2700	2700	4000	0	4000	4000	0
3	CAROTTE	4000	400	400	0	0	0	0	0	4000	0
4	PERSIL	200	200	14920	240	200	13911	21429	400	200	20414
5	RADIS	0	250	250	0	0	0	0	1000	0	0
6	BETERAVE	12914	15869	0	1400	16305	0	0	800	12074	0
7	CHOU	0	600	600	0	0	0	0	0	0	0
8	CELERI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	CONCOMBRE	600	0	600	0	0	0	0	1200	0	600
10	AUBERGINE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	LAITUE	0	0	0	31615	0	0	0	2400	2400	0
12	MELON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	PETIT POIS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	POIVRON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	EPINARD	0	0	0	300	0	0	0	300	0	0
16	FRAISE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	BETTE	0	0	0	0	0	900	0	0	0	0
18	ACHOJCHA(*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	CHILI	0	0	0	0	0	0	0	0	400	400
20	AIL	0	0	0	0	0	400	0	5283	0	0
21	CHOUFLEUR	600	0	0	300	0	0	0	0	0	0
22	LACAYOTE(*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	LOCOTO(*)	0	0	0	0	350	0	0	0	0	400
24	NAVET	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
25	POIREAU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	CITROUILLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COUTS DE PRODUCTION En Bs.		$23,904 *	$21,996 *	$19,612 *	$22,670 *	$22,186 *	$21,147 *	$12,857 *	$26,710	$25,335	$16,176 *
SUPERFICIE-CULTURE MINIMALE (m2)		1451 *	1101 *	3295	1767 *	1052 *	3241	3572	2326	1551	3518
Besoins nutritionnels remplis en %											
CALORIES		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
PROTEINES		6.28	6.49	11.96	8.62	6.49	12.01	15.06	9.34	6.95	15.34
CALCIUM		12.80	12.09	59.80	27.98	11.79	56.71	79.68	10.27	14.55	77.32
FER		24.02	23.78	84.52	35.25	23.45	82.54	113.82	18.74	28.57	114.56
VITAMINE A		52.65	11.39	188.66	105.23	6.57	179.56	258.06	19.51	61.85	246.38
THIAMINE		10.48	9.37	23.61	23.68	9.15	23.60	27.26	19.10	12.41	27.57
RIBOFLAVINE		9.66	8.39	28.45	15.10	8.30	28.35	34.95	12.81	11.80	36.67
NIACINE		8.82	7.05	9.46	11.65	6.88	9.32	9.24	5.65	9.28	9.95
ACIDE ASCORBIQUE		128.83 *	111.35	2302.37	297.63 *	100.99	2155.51	3229.03	167.01	132.36	3100.82
NOMBRE DE VARIETES		8	7	7	7	5	5	1	9	7	5
CHOIX		***									

SITUATION B

Pour l'analyse de cette situation, nous utiliserons le même procédé d'élimination par critères. Dans cette situation, la seule contrainte outre l'objectif nutritionnel est celle du coût de la solution: 24,500 Bs.

Les résultats de l'optimisation avec PLAN-SERRE se trouvent dans les figures 11, 12, et 13.

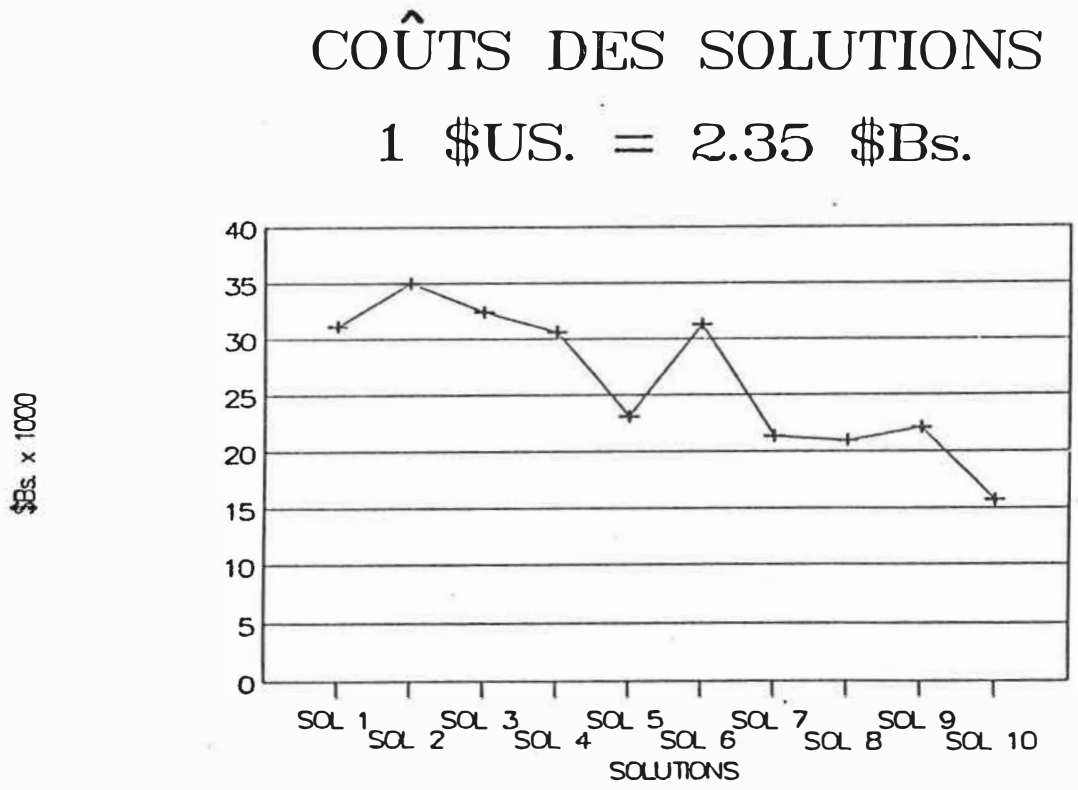


Figure 11: Coût des solutions, Situation B

SUPERFICIE
en m2 de cultures

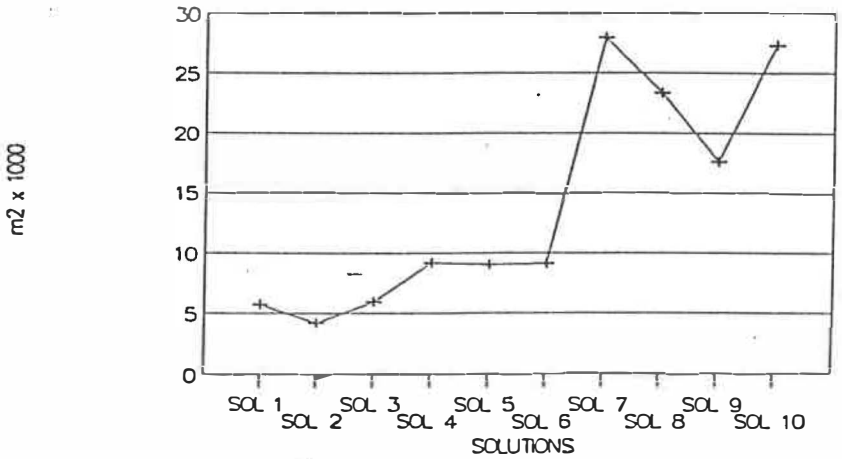


Figure 12: Superficie de culture, Situation B

POURCENTAGES NUTRITIONNELS SATISFAITS
objectif minimal fixé 10%

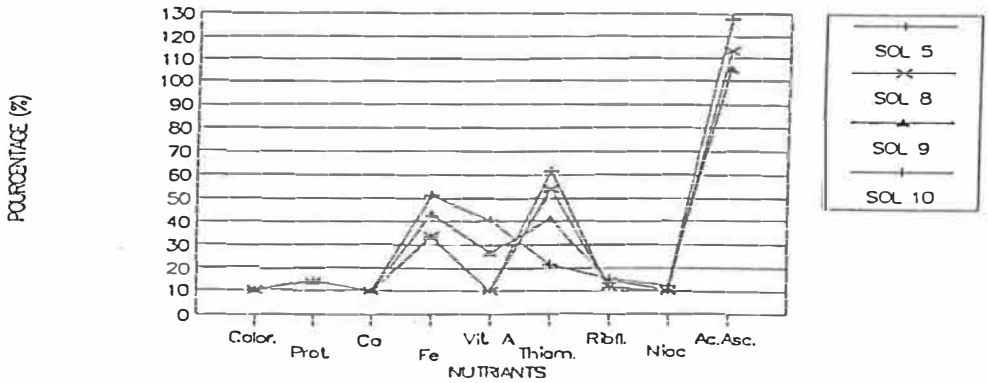


Figure 13: Contenu nutritionnel, Situation B

Critère 1: Nous choisissons les solutions dont le coût est inférieur à la contrainte: solutions 5, 7, 8, 9, et 10.

Critère 2: Les solutions 5, 8, 9 et 10 ont une superficie beaucoup plus modeste que les autres.

Critère 3: Nous remarquons que les quatre solutions ont presque le même contenu de riboflavine. Il nous faut donc choisir selon le contenu de thiamine, qui varie plus. Nous choisissons les solutions 8 et 10, celles-ci donnant plus de 50% de thiamine.

Le tableau VII confronte les deux solutions qui restent:

Tableau VII: Diversité de produits, Situation B

SOLUTION 8		SOLUTION 10	
PRODUIT	POIDS (kg)	PRODUIT	POIDS (kg)
OIGNON	2,000	QUINOA	3,813
TOMATE	2,400	PERSIL	830
QUINOA	3,114	MAÏS	3,291
PERSIL	560	AUBERGINE	765
MAIS	3,443		
AUBERGINE	371		

Nous choisissons la solution 8 comme stratégie de production car elle compte la production d'oignons et de tomates, légumes courants dans le régime de la communauté.

4.3.2. Evaluation des coûts de production (Sous-système 2)

L'objectif de ce sous-système est de déterminer les coûts de la production agricole pour la stratégie de production déterminée par le sous-système 1. La figure 14 montre les détails du modèle utilisé à cette fin.

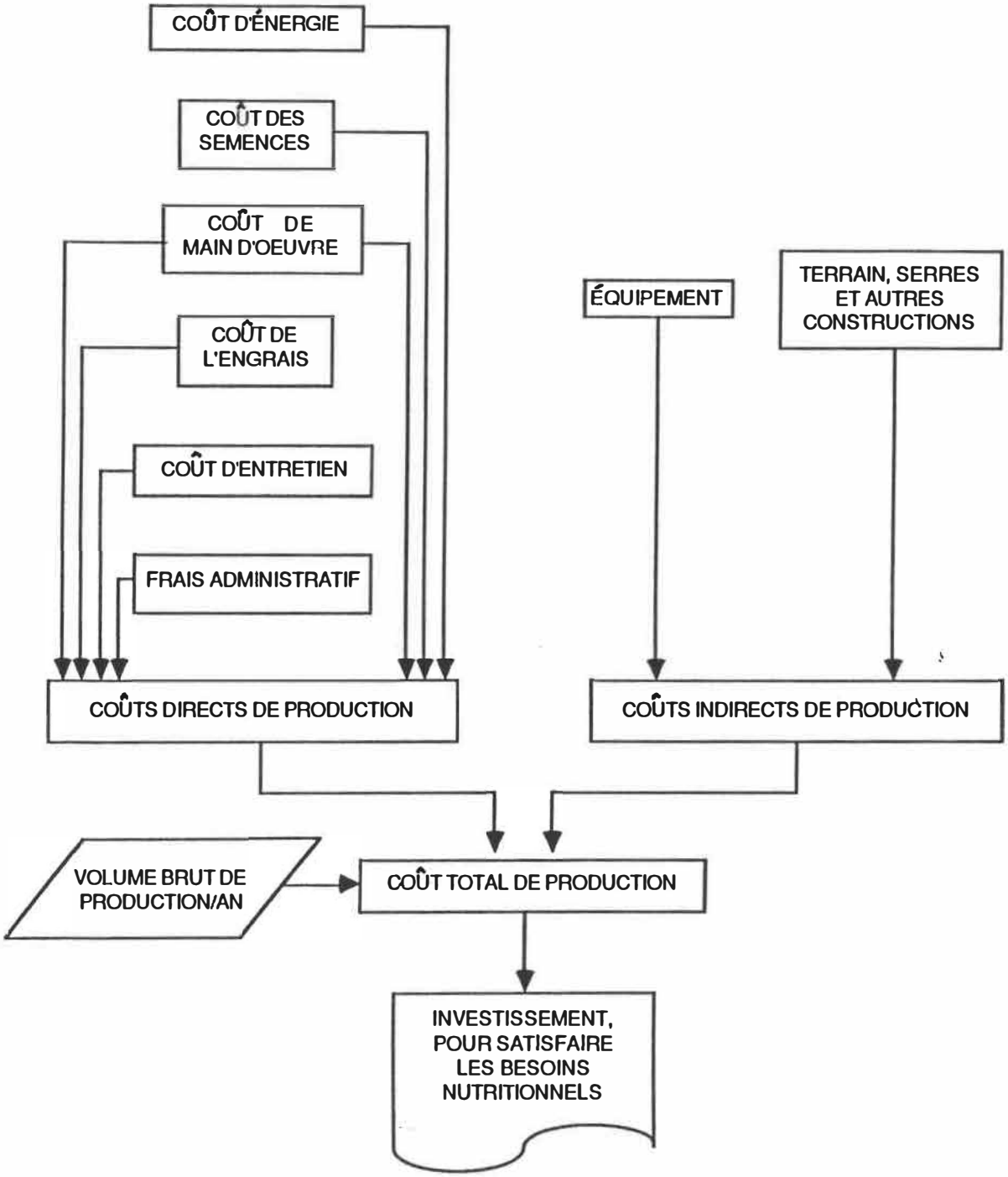


Figure 14: Sous-système 2

Par l'application de ce modèle, l'utilisateur définit l'investissement ou le financement nécessaire pour satisfaire les besoins nutritionnels proposés. Nous appliquerons ce modèle à la situation A du sous-système 1, étant donné que c'est le cas qui nous intéresse pour les centres miniers.

4.3.2.1. Surface à cultiver

La surface à cultiver peut être couverte (en serre) ou non couverte (faisant usage du terrain autour des serres). Pour déterminer la superficie couverte, il nous faut analyser les caractéristiques de production de chaque culture. Le tableau VIII montre les détails nécessaires. Les cultures en serre fournissent deux récoltes ou plus par année, tandis que les cultures à l'extérieur ne produiront qu'une fois par an. La production totale se calcule de la façon suivante:

$$P_r = r(TS+C)$$

où

r: rendement de production
T: # de récoltes possibles par année
S: superficie de culture en serre
C: superficie de culture à l'extérieur
P_r: Production estimée

Tableau VIII: Détermination des superficies couvertes(*)

(kg) QUANTITE	(kg/m^2) RENDEMENT	SURFACE DE CULTURE (m)	CARACTE-RISTIQUES	# de RECOLTES /ANNE	SURFACE (m^2) SERRE	SURFACE (m^2) EXTERIEUR
6,000	5.0	1,200	S,E	2	400	400
2,700	10.0	270	S	2	135	0
4,000	3.5	1,143	S,E	3	300	203
200	2.0	100	S	3	33	0
E 12,914	20.0	646	S,E	3	200	46
E 600	25.0	24	S	5	5	0
R 600	4.0	150	S,E	3	40	30
1,000	8.0	125	S,E	4	20	45
				TOTAL	1,133	764
				POURCENTAGE	59.73%	40.27%

(*) Pour 40 familles (280 personnes) couvrant 5% de leurs besoins nutritionnels.

S = culture en serre
E = culture à l'extérieur possible dans les mois d'été et de printemps.

La répartition de la superficie sous serre et de l'espace extérieur à cultiver est déterminée par la combinaison qui le mieux permettra une production uniforme des aliments de la solution choisie d'une saison à l'autre. Pour déterminer la répartition selon le type de serre, on se réfère aux caractéristiques de production de chaque produit.

Pour illustrer, voyons le cas du choufleur:

$C = P_r/r - TS = 600/4 - 3S$

#	C m^2	S m^2	Production extérieure kg	Production sous serre kg
1	150	0	600	0
2	120	10	480	120
3	90	20	360	240
4	60	30	240	360
5	30	40	120	480
6	0	50	0	600

Le choufleur peut offrir trois récoltes par année sous serre et une à l'éxtérieur, ce qui nous donne les options suivantes en kilogrammes:

#		Récolte 1	Récolte 2	Récolte 3
	Extérieur	Serre	Serre	Serre
1	600	0	0	0
2	480	40	40	40
3	360	80	80	80
4	240	120	120	120
5	120	160	160	160
6	0	0	300	300

Ces calculs servent de guide, à partir desquels les gens ont la liberté de choisir la répartition qui leur convient. Ils pourraient choisir la répartition 5, par laquelle la production est plus uniforme au long de l'année. Il est préférable dans la plupart des cas de chercher la solution qui permet une plus grande utilisation de terrains à l'éxtérieur, pour minimiser l'investissement nécessaire.

4.3.2.2. Type de serre

Le critère principal de la détermination du type de serre est la facilité avec laquelle d'autres communautés ou familles peuvent la reproduire. De même, la facilité de reproduction est étroitement liée au coût de construction, à la simplicité du fonctionnement et à l'existence de matériels dans la région. Il faut

chercher un design que toute la communauté puisse facilement comprendre, et autant que possible la serre ou le groupe de serres, dit "batterie" (46), doivent s'adapter au mode de vie des membres de la communauté. Parmi les serres qui se trouvent dans l'Altiplano, le type tunnel ("carpa") et le type cuvette ("cubeta") sont les plus acceptés, car ils sont plus faciles à construire et plus économiques. La figure 15 montre le profil de ces serres semi-sousterraines.

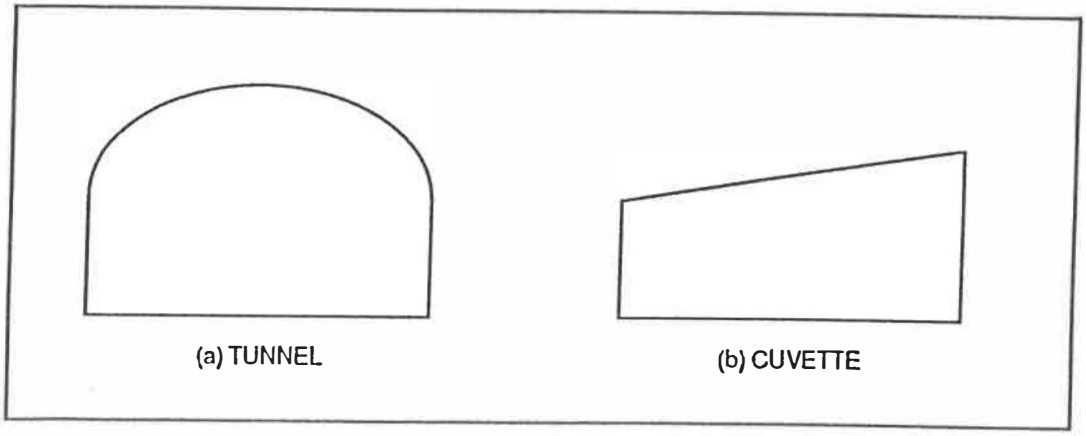


Figure 15: (a) serre type tunnel semi-sous-terrain
(b) serre type cuvette semi-sous-terrain

La serre-tunnel est utilisée pour des cultures de fruit (tomate, concombre, poivron); la serre-cuvette est utilisée pour des cultures de feuille et bulbe (laitue, oignon, carotte, etc.) (47,48). Au cours de l'étude de cette "innovation populaire", nous

nous référerons à ces deux types de serres. Leurs caractéristiques techniques et leurs coûts se trouvent dans l'Annexe B. Compte tenu des caractéristiques de chaque culture et le type de serre, il faut calculer un total de 1,133 m^2 couverts, tel que le démontre le tableau IX.

Tableau IX: Nombre de serres

TYPE	SURFACE (m^2)	SURFACE UTILE PAR SERRE (m^2)	NOMBRE DE SERRES
TUNNEL	660	40.00	17
CUVETTE	473	17.08	28

Superficie disponible:	3,000 m^2
Superficie cultivable en serre:	1,133 m^2
Superficie totale de constructions:	2,052 m^2
Superficie cultivable à l'extérieur:	764 m^2
Ailes extérieures:	184 m^2

Les 17 serres tunnel, ou les 28 serres cuvette, avec de plus 764 m^2 de terrain à découvert, couvrent les objectifs nutritionnels fixés, 1,897 m^2 de culture.

4.3.2.3. Coûts de production

L'évaluation des coûts de production est essentielle pour permettre de calculer par la suite la rentabilité du projet. Les tableaux X, XI, et XII montrent les coûts de production par m^2 pour chaque serre ainsi que pour les cultures à l'extérieur.

Tableau X: Coût annuel de production

- serre type tunnel 40 m²

ITEM	UNITE	NOMBRE	COUT $US		TOTAL $US
Main d'oeuvre					
Plantation et transplantation	journée	4	2.00		8.00
Préparation de terre	journée	3	2.00		6.00
Entretien	journée	7	2.00		14.00
Arrosage	journée	180	0.40		72.00
Récolte	journée	4	2.00		8.00
	Sous-total			$US	108.00
Autres item					
Fumier	kg	157.6	0.13		20.49
Paniers	u.	69.6	0.21		14.62
Fertilisants	kg	0.04	4.00		0.16
	Sous-total			$US	35.26
Dépréciations et remplacements					
Serre (*)	m	40	10.61		10.61
Polyéthylène(**)	m	78	0.85		22.10
	Sous-total			$US	32.71
	TOTAL SERRE TUNNEL			$US	175.97

(*) La vie utile d'une serre est estimée à 10 ans, avec une valeur de récupération de 30%.

(**) la vie utile du polyéthylène est estimée à 3.3 ans, le coût de remplacement est distribué sur la vie utile de la serre.

Tableau XI: Coût annuel de production

- serre type cuvette 17 m²

ITEM	UNITE	NOMBRE	COUT $US		TOTAL $US
Main d'oeuvre					
Plantation et transplantation	journée	2	2.00		4.00
Préparation de terre	journée	1	2.00		2.00
Entretien	journée	3	2.00		6.00
Arrosage	journée	180	0.15		27.00
Récolte	journée	2	2.00		4.00
	Sous-total			$US	43.00
Autres item					
Fumier	kg	66.4	0.13		8.63
Paniers	u.	29.6	0.21		6.22
Fertilisants	kg	0.02	4.00		0.08
	Sous-total			$US	14.93
Dépréciations et remplacements					
Serre (*)	m	17	4.59		4.59
Polyéthylène(**)	m	26	0.85		7.37
	Sous-total			$US	11.96
	TOTAL SERRE CUVETTE			$US	69.88

(*) La vie utile d'une serre est estimée à 10 ans, avec une valeur yde récupération de 30%.

(**) la vie utile du polyéthylène est estimée à 3.3 ans, le coût de remplacement est distribué sur la vie utile de la serre.

Tableau XII: Coût annuel de production

- culture extérieure 100 m²

M	UNITE	NOMBRE	COUT $US		TOTAL $US
n d'oeuvre					
ntation et nsplantation	journée	10	2.00		20.00
paration terre	journée	6	2.00		12.00
retien	journée	17	2.00		34.00
osage	journée	30	0.50		15.00
olte	journée	10	2.00		20.00
	Sous-total			$US	101.00
res item					
ier	kg	344.4	0.13		44.77
iers	u.	140	0.21		29.40
tilisants	kg	0.11	4.00		0.44
	Sous-total			$US	74.61
	TOTAL CULTURE EXTERIEURE			$US	175.61

4.3.3. Analyse de rentabilité (Sous-système 3)

L'objectif de ce sous-système est d'analyser la rentabilité économique et sociale du projet. L'analyse de rentabilité économique nous indiquera la faisabilité en termes économiques du projet. L'analyse de rentabilité sociale nous permettra d'évaluer l'impact d'une innovation populaire. La figure 17 montre le modèle de ce sous-système.

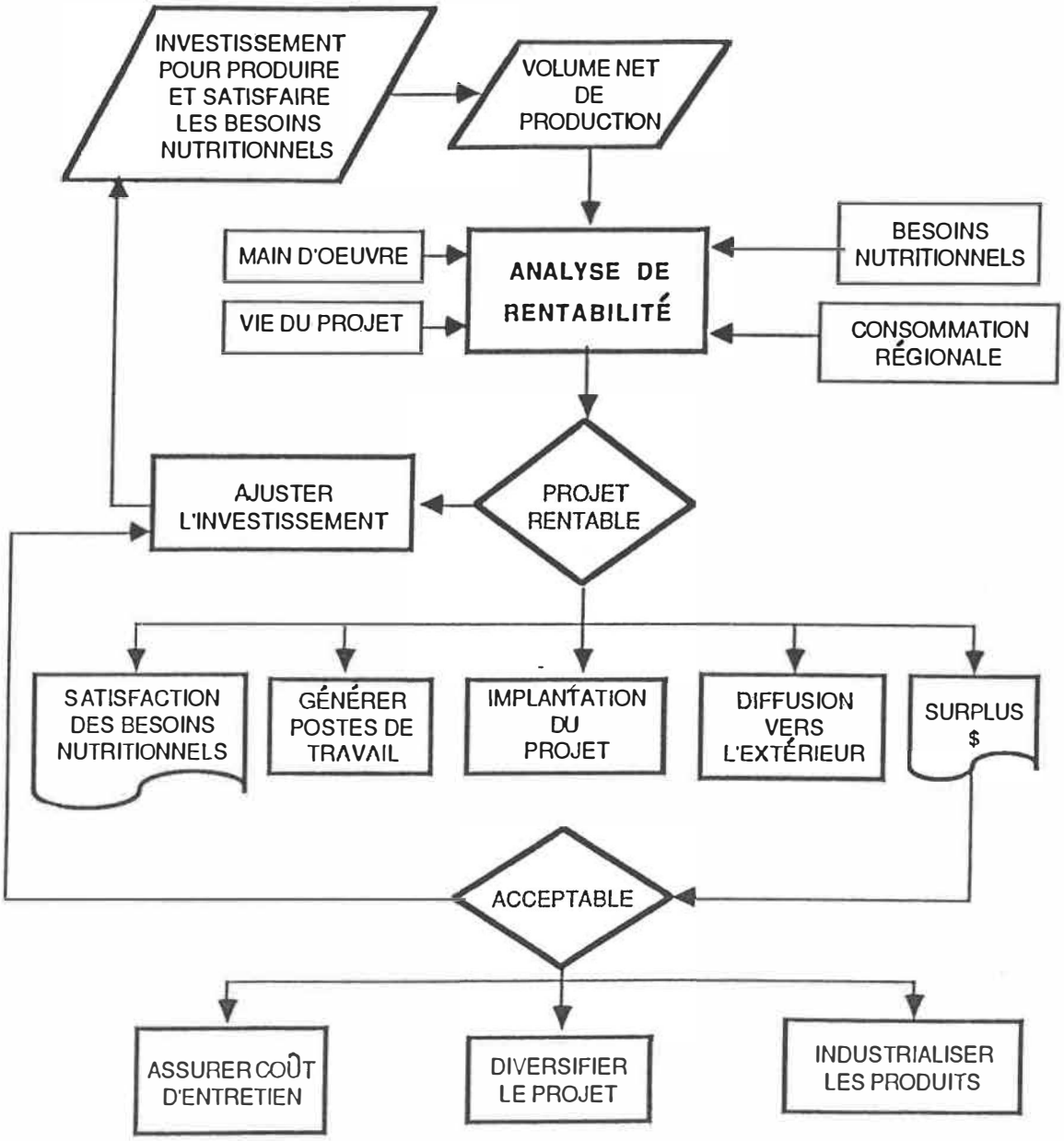


Figure 16: Sous-système 3

4.3.3.1. Rentabilité économique

Pour la réalisation de cette analyse, nous utilisons les données proportionnées par les sous-systèmes 1 et 2, dans les tableaux X, XI, et XII. Etant donné que le projet est axé sur la consommation des produits par la communauté, nous ne pouvons pas calculer la rentabilité en argent comptant, mais plutôt en termes d'économie du budget familial et d'amélioration au niveau de l'alimentation de la communauté. Nous avons dans le tableau XIII a, b, et c le détail des coûts de production selon le type de serre et de cultures.

a) BATTERIE DE 17 SERRES TUNNEL DE 40 M2 DE SURFACE DE CULTURE

CULTURE	Sup. m2	Recoltes par annee	Semance g/m2	Semance total g	Coût semance $Us/g	Coût semance total $Us	Production/an kg/m2	Production/an total Kg	Valeur production $Us/Kg	Valeur production cultivee total $Us	% sup. cultivee	Coût pondere en $Us	Coût de commercialisation	PROFIT
TOMATE	270	2	0.20	54.00	0.010	0.54	10.00	2700	0.77	2068.09	0.14	431.55	206.81	1429.72
CAROTTE	900	3	0.13	117.00	0.005	0.59	3.50	3150	0.23	737.23	0.48	1437.30	73.72	-773.79
BETTERAVE	600	3	3.50	2100.00	0.005	10.50	20.00	12000	0.31	3778.72	0.32	968.31	377.87	2432.54
CONCOMBRE	24	5	0.23	5.52	0.003	0.02	25.00	600	0.37	224.68	0.01	38.33	22.47	163.88
NAVET	80	4	0.07	5.60	0.004	0.02	8.00	640	0.43	272.34	0.04	127.73	27.23	117.38
TOTAL	1874					11.66				7081.06	1.00	3003.22	708.11	3369.74

b) BATTERIE DE 28 SERRES CUVETTE DE 17 M2 DE SURFACE DE CULTURE

CULTURE	Sup. m2	Recoltes par annee	Semance g/m2	Semance total g	Coût semance $Us/g	Coût semance total $Us	Production/an kg/m2	Production/an total Kg	Valeur production $Us/Kg	Valeur production cultivee total $Us	% sup. cultivee	Coût pondere en $Us	Coût de commercialisation	PROFIT
OIGNON	800	2	0.10	80.00	0.006	0.48	5.00	4000	0.31	1259.57	0.78	1535.20	125.96	-401.59
PERSIL	100	3	0.52	52.00	0.003	0.16	2.00	200	0.26	51.06	0.10	192.00	5.11	-146.04
CHOU-FLEUR	120	3	0.05	6.00	0.004	0.02	4.00	480	0.85	408.51	0.12	230.23	40.85	137.43
TOTAL	1020					0.66				1719.15	1.00	1957.43	171.91	-410.20

c) CULTURES A L'EXTERIEUR, 764 M2 SUPERFICIE DE CULTURE

CULTURE	Sup. m2	Recoltes par annee	Semance g/m2	Semance total g	Coût semance $Us/g	Coût semance total $Us	Production/an kg/m2	Production/an total Kg	Valeur production $Us/Kg	Valeur production cultivee total $Us	% sup. cultivee	Coût pondere en $Us	Coût de commercialisation	PROFIT
OIGNON	400	1	0.10	40.00	0.006	0.24	5.00	2000	0.31	629.79	0.52	702.69	62.98	-135.88
CAROTTE	243	1	0.13	31.59	0.005	0.16	3.50	851	0.23	199.05	0.32	426.90	19.91	-247.75
BETTERAVE	46	1	3.50	161.00	0.005	0.81	20.00	920	0.31	289.70	0.06	81.59	28.97	179.15
CHOU-FLEUR	30	1	0.05	1.50	0.004	0.01	4.00	120	0.85	102.13	0.04	52.69	10.21	39.23
NAVET	45	1	0.07	3.15	0.004	0.01	8.00	360	0.43	153.19	0.06	79.04	15.32	58.83
TOTAL	764					1.22				1373.86	1.00	1342.90	137.39	-106.42

Nous remarquons que les cultures de serre tunnel produisent un profit de 3,369 $ U.S., tandis que les cultures de serre cuvette et à l'extérieur produisent des pertes. En rangent par variétés, nous obtenons le résultat du tableau XIV.

Tableau XIV: Profits et pertes par culture

VARIÉTÉ	PERTE ou PROFIT	SERRE BÉNÉFICE $/m²	EXTÉRIEUR BÉNÉFICE $/m²
Tomate $US	1,429.72	5.29	
Carotte	- 1,021.54	- 0.86	- 1.02
Betterave	2,611.69	4.05	3.89
Concombre	163.88	6.95	
Navet	176.21	1.47	1.31
Persil	- 146.04	- 1.46	
Chou-fleur	176.66	1.15	1.31
Oignon	- 537.47	- 0.50	- 0.33
TOTAL $US	2,853.12		

Si l'on cherchait à optimiser le plan de production, il faudrait éliminer la culture des carottes, du persil et de l'oignon du programme car ils produisent des pertes. Cependant, ces légumes devraient être gardés car ce sont des produits importants au régime de la communauté. Il faut éviter de s'en tenir au critère économique de la rentabilité par m² de terrain, qui ne tient pas compte des bénéfices sociaux associés au projet. Ces bénéfices sont définis par l'amélioration du régime alimentaire, l'assurance d'une subsistance agricole, l'introduction d'innovations technologiques, et le développement de forces productives.

Nous pouvons quand même analyser la rentabilité économique globale du projet. Cette analyse devient importante pour deux raisons. En premier lieu, si les produits ne sont pas vendus à l'extérieur de la communauté, la solution technique proposée doit avoir comme effet une certaine épargne dans le budget familial. En deuxième lieu, le projet peut devenir une source de revenus pour la communauté, si l'objectif venait à être changé vers la vente de produits agricoles. Le tableau XV montre l'analyse de la rentabilité pour le projet au complet. Avec les prix actuels, le taux interne de retour est de 24.58% sur dix ans[11]. Le projet est donc rentable dans les conditions actuelles.

---

[11] Le taux d'intérêt banquaire actuel (1988-89) en Bolivie est de 15% (BNB: Banque Nationale de la Bolivie).

Tableau XV: Rentabilité économique du projet intégré

/PÉRIODE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
JR DE LA JCTION											
e tunnel		7081	7081	7081	7081	7081	7081	7081	7081	7081	7081
e cuvette		1719	1719	1719	1719	1719	1719	1719	1719	1719	1719
:ieur		1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374
ıs-total		10174	10174	10174	10174	10174	10174	10174	10174	10174	10174
DE JCTION											
e tunnel		3003	3003	3003	3003	3003	3003	3003	3003	3003	3003
e cuvette		1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957
:ieur		1343	1343	1343	1343	1343	1343	1343	1343	1343	1343
ıs-total		6304	6304	6304	6304	6304	6304	6304	6304	6304	6304
DE ERCIALISATION											
e tunnel		708	708	708	708	708	708	708	708	708	708
e cuvette		172	172	172	172	172	172	172	172	172	172
:ieur		137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
ıs-total		1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
STISSEMENTS											
el	2577	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
:te	1836	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ain	5106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
:voirs	800										
-total	10319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FICE ($10,319)		$2,853	$2,853	$2,853	$2,853	$2,853	$2,853	$2,853	$2,853	$2,853	$2,853
R	24.58%										

4.3.3.2. Effet social

Nous devons analyser si les résultats du projet, au niveau social, justifient les investissements. Nous mesurons l'effet du projet sur la vie de la communauté en utilisant les indicateurs suivants: l'état nutritionnel, l'épargne de ressources économiques familiales, la génération d'emploi, et l'introduction d'une nouvelle technologie.

L'état nutritionnel

Le projet réussit à fournir les besoins nutritionnels suivants pour une population de 280 personnes (dans cet indicateur, nous incluons la diversité de l'alimentation):

ÉLÉMENT NUTRITITIF	POURCENTAGE SATISFAIT
Calories	5.00 %
Protéines	6.28
Calcium	12.80
Fer	24.02
Vitamine A	52.65
Thiamine (B_1)	10.48
Riboflavine (B_2)	9.66
Niacine (B_3)	8.82
Acide Ascorbique	128.83

L'objectif de 5% est dépassé par tous les éléments. Il est important de noter que les produits agricoles du projet sont surtout une excellente source de vitamines et minéraux. Les calories et protéines sont fournies par des produits de consommation populaire tel que le riz, le sucre, le pain, etc.

L'épargne de ressources économiques familiales

Tout en améliorant le régime de la façon indiquée par PLANSERRE, nous pouvons calculer le bénéfice du projet, qui se présente sous forme d'épargne et non pas sous forme de revenu en effectif. L'épargne est de 5.94 $ US/mois par famille de sept personnes. Cette quantité, d'apparence modeste, représente 21.82% du salaire minimum national qui se trouve actuellement à 27.24 $ US/mois (49). Outre cet avantage économique, et plus important encore, est l'amélioration qui se produit dans le régime des familles participant au projet.

La génération d'emploi

Nous comptabilisons seulement la main d'oeuvre générée par le projet dans l'étape productive, car nous considérons que la construction des serres est un apport de la communauté. Le tableau XVI montre la quantité de main d'oeuvre générée.

Tableau XVI: Main d'oeuvre générée

Culture	# d'unités	Journées/an par unité	Total journées
Serre-tunnel (40 m^2)	17	54	918
Serre-cuvette (17 m^2)	28	21.5	602
Extérieur (100 m^2)	7.64	50.5	386
			1,906

Note: 180 jours d'arrosage sont équivalents à 36 jours des autres activités du projet.

Le projet génère 1,906 journées de travail par an. Ceci signifie sept (6.62) postes permanents à 288 jours de travail par an. L'investissement par poste de travail est de 1,474 $ U.S. Les projets de développement communautaire en Bolivie utilisent un paramètre de 1,500 $ U.S./an par poste généré.

L'introduction d'une nouvelle technologie

L'implantation du projet de serres dans le secteur minier agrandit les frontières technologiques de la communauté. Les membres de la communauté s'approprient d'une nouvelle façon de se procurer les aliments nécessaires. Les connaissances acquises contribuent à la diversification de l'activité des communautés traditionnellement minières.

4.3.4. Analyse de l'innovation populaire

Nous analysons ici l'introduction des serres de production agricole dans le contexte du modèle du processus de l'innovation populaire (figure 4). L'auteur a visité plus de 20 projets de serres solaires en Bolivie, dans le but d'analyser le modèle d'innovation proposé dans le chapitre précédent.

La **problématique socio-économique,** tel que le manque de ressources économiques ou la malnutrition, est dans chaque cas le facteur qui a inspiré l'introduction des serres solaires. **L'identification des besoins** spécifiques est une conséquence de la problématique socio-économique. Le prochain pas est l'identification des causes de la malnutrition et la détermination des éléments nutritifs manquant dans le régime. Un autre facteur de motivation est la génération de ressources économiques à partir de serres de production.

Du côté technique, les **banques de connaissances techniques** sont souvent plus orientées vers les expériences de serres dans des régions autres que l'Altiplano. Ce manque d'information spécifique à la région est probablement une des causes principales des problèmes techniques des serres, notamment dans la conception, le choix de matériaux, et dans l'entretien. Au niveau de la **conception d'une solution,** il n'existe pas de critère commun entre techniciens et promoteurs sociaux. L'objectif général est d'amé-

liorer le régime de la communauté, mais il existe très rarement une planification ou stratégie pour atteindre ce but. Par exemple, les utilisateurs sans expérience agricole ont tendance à produire des légumes de fruit, la tomate en particulier, davantage que les légumes de feuille pourtant plus faciles à produire et donc plus convénables en période d'apprentissage. Cette attitude semble être appuyée par les techniciens qui sont plus intéréssés par des résultats spectaculaires que par la satisfaction des objectifs de la communauté.

L'évaluation socio-économique est difficile à réaliser dans la plupart des projets, et dans le cas des serres solaires dans l'Altiplano, il en résulte que personne ne peut répondre sur la rentabilité économique ou sociale. Néanmoins, plusieurs institutions ont commencé à systématiser leurs expériences dans le but de pouvoir évaluer les projets de serres. **L'évaluation technique** est souvent réalisée dans le sens pur de rendement de design technique, sans tenir compte de la communauté. Ceci a comme résultat la conception de serres de très bon rendement mais ayant un coût prohibitif d'environ dix fois celui de notre mini-projet pour la communauté.

Les serres type tunnel sont un exemple du cas contraire: elles ont été développées en tenant compte des facteurs sociaux, tel la facilité de construction et d'entretien, et les coûts modestes. Il n'y a pas de doute du bien-fondé du choix du projet pour répondre aux besoins communautaires, mais les difficultés

qu'entraîne le manque de stratégie sont évidentes. **Les unités pilotes** ont été développées dans la plupart des cas à l'extérieur de la communauté, afin de promouvoir ou vendre l'idée à la communauté. Une évaluation globale permet d'affirmer qu'il est très important d'analyser les caractéristiques propres à chaque communauté, en fonction desquelles adapter le projet. Par exemple, les familles minières répondent mieux à un projet de type coopératif que les familles paysannes qui se trouvent en général plus dispersées et plus axées vers le travail communautaire saisonnier que quotidien.

La plupart des projets de serres solaires s'adressent à des activités de mise en oeuvre ou de **promotion et éducation populaire**, dont l'objectif le plus commun est la réfléxion de la communauté sur l'importance d'une bonne nutrition ainsi que sur les problèmes de la dépendance sur les dons d'aliments. Cependant, ces programmes sont très peu orientés vers la promotion et l'éducation de l'administration d'un projet productif de serres. Pour cette raison, la communauté ne prend pas en charge le développement autonome des projets. Du côté technique, l'éducation étant plutôt orientée vers les activités agricoles, le principe de fonctionnement, les propriétés et alternatives de matériaux ne sont pas décodées par la communauté. La vente ou promotion de l'idée devient donc d'autant plus difficile.

Quant à la **participation communautaire,** il est très rare que la communauté, soit minière ou paysanne, ait joué un rôle décisif dans l'adoption du modèle de serre et des objectifs de production. Ce manque de participation a surtout sa source dans le manque d'actions de transfert de technologie permettant l'appropriation de la technologie par la communauté. En général, ce sont les institutions génératrices ou fournissant le financement du projet qui gardent les niveaux de décision. Il est intéressant de noter que les projets où l'appropiation de la technologie par la communauté a eu lieu ont eu un effet multiplicateur par lequel sont apparu de nombreuses serres familiales. Les serres familiales sont à peu près de la même taille que les serres communautaires, donnant une superficie plus grande par famille.

D'après ces observations, nous pouvons affirmer que le modèle d'innovation populaire, dans le cas de l'introduction de serres solaires dans l'Altiplano, ne se présente que partiellement. Nous pouvons également indiquer que la faible dynamique dans le processus d'innovation est produite par le manque d'inter-relation des branches techniques et sociales, autant dans l'appropriation de la technologie que dans les prises de décisions affectant la communauté bénéficiaire du projet.

C'est dans ce sens que nous considérons le modèle de planification par les trois sous-systèmes comme un élément très utile et nécessaire pour encourager l'interaction de techniciens, de pro-

moteurs, et de la communauté dans le but d'introduire avec plus de succès la technologie des serres solaires.

CHAPITRE 5

CONCLUSION

Ce travail contribue d'une manière générale à la meilleure compréhension des procédés de l'innovation technologique dans des PVD. Nous utilisons l'approche de la technologie appropriée pour analyser les composantes d'un système d'innovation technologique, dans le but de systématiser les projets de développement comprenant des composantes techniques dans les PVD. Une seconde contribution est l'application ponctuelle de l'innovation à partir de technologies socialement appropriées dans des communautés minières de la Bolivie.

Nous définissons le concept de l'Innovation Populaire comme un procédé intégral qui va de l'émergence d'une idée jusqu'à la mise en marche d'un produit, un procédé, ou un système dans le cadre communautaire. Le modèle de l'IP sert de référence pour l'analyse de l'introduction de technologies nouvelles dans des projets de développement communautaire dans les PVD. Nous identifions trois agents principaux: les techniciens communautaires, les promoteurs, et la communauté. Le modèle d'innovation populaire a pour branche technique la technologie appropriée et pour branche de management la promotion sociale. Dans ce procédé, nous ne prenons pas en compte l'acquisition de brevets de protection industrielle; les bénéficiaires remplacent le marché; un plan de projections

socio-économiques du projet remplace le plan d'affaires; et le but est la production communautaire.

L'auteur a réalisé une étape d'observation de projets de serres solaires afin de contribuer à la meilleure utilisation de cette nouvelle technologie dans les centres miniers boliviens. Cette étape a mené à la proposition d'un système de planification de la production partant d'objectifs nutritionnels. Le développement du procédé de planification doit se baser sur des principes simples afin de permettre à la communauté de s'approprier facilement cette connaissance. L'expérience des serres boliviennes est utilisée comme un exemple d'application du modèle de l'IP. Le modèle n'explique pas en tout détail le procédé d'introduction des serres, car sa première fonction ici est de servir d'instrument pour l'analyse par les innovateurs des éléments qui affectent la réussite et donc la possibilité d'une meilleur diffusion de la nouvelle technologie. Ce modèle a permis à l'auteur de découvrir les lacunes des projets de serres communautaires et de proposer certaines solutions qui leur permettraient un meilleur fonctionnement, dans ce cas-ci, par un système de planification de la production.

Afin que le modèle et le procédé de l'IP proposés soient valides et améliorés, ils doivent être repris et étudiés dans d'autres expériences d'introduction de technologies appropriées. Un projet d'innovation populaire réussi génère un effet multiplica-

teur de nouvelles innovations en technologie appropriée. L'introduction des serres en Bolivie a entraîné l'apparition de systèmes d'irrigation avec des pots d'argile, d'insecticides "maison" avec des perspectives semi-industrielles, et le développement de nouveaux produits ayant un meilleur marché, tel les fleurs, ainsi que le concept de la rotation pour un meilleur rendement. Quand le procédé d'appropriation technologique est complet, la communauté possède donc le potentiel d'innovation de produits, procédés, et systèmes.

BIBLIOGRAPHIE

1. SAGASTI, Francisco. Ciencia y tecnología para el desarrollo: informe comparativo central del Proyecto sobre Instrumentos de Política Científica y Tecnológica (STPI), Bogota, Colombie, 1978, 224 p.

2. JEQUIER, Nicolas, et Gérard BLANC. La technologie appropriée dans le monde: une analyse quantitative, Centre de Développement et de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Paris, 1983, p. 9-32.

3. JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. Technology Policy and Economic Development: A summary report, IDRC, Ottawa, 1976, p. 57-73.

4. HALTY-CARRERE, Maximo. Estrategias de desarrollo tecnológico para paises en desarrollo, El Colegio de Mexico, Mexico, 1986, 191 p.

5. AGHIRIR, Emmanuel. Technologie appropriée ou technologie sous développée?, Collection Perspective Internationale, Publication de l'IRM, Paris, 1981, 189 p.

6. DE PURY, Pascal. People's Technologies and People's Participation, World Council of Churches, Genève, Suisse, 1983, p. 47-56 et p. 81-94.

7. JEQUIER, Nicolas, éd. Appropriate Technology: problems and promises, Development Center of the Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, 1976, 344 p.

8. ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Tecnologías apropiadas para alcanzar los objetivos sociales de los paises en desarrollo, OIT, ACT/1/1985/I, Genève, Suisse, 1985, 31 p.

9. DARROW, Ken et Rick PAM. Appropriate Technology Sourcebook, Volume 1, Volunteers in Asia Publication, Stanford, California, 1976, 318 p.

10. HERRERA, Amilcar. "A new role for technology", dans Mazingira, No. 8, Pergamon Press Ltd, Oxford, 1979, p. 35-40.

11. FLEISSNER, P., éd. Systems Approach to Appropriate Technology Transfer, International Federation of Automatic Control, Vienna, Austria, 1983, p. 1-25.

12. DAS, Ram. Appropriate Technology, Precepts and Practices, Vantage Press, New York, New York, 1981, 311 p.

13. CONGDON, R.J., éd. Introduction to Appropriate Technology, Rodale Press, Emmaus, PA, 1977, 204 p.

14. FREIRE, Paolo. Extension o Comunicacion? La concientizacion en el medio rural, Siglo XXI, 14ème éd., 1985, 109 p.

15. INSTITUT DE RECHERCHES BRACE et FONDATION CANADIENNE CONTRE LA FAIM. Un Manuel de Technologie Appropriée, Montréal, 2ème éd., 1979, 200 p.

16. MITCHELL, Robert. Expérience pratique de la technologie appropriée, Fondation canadienne contre la faim, Ottawa, 1980, 150 p.

17. UNESCO. Technologie pour le développement rural, s.l., 1980, 189 p.

18. MARZOCCA, Angel, éd. En busca de tecnología para el pequeño agricultor, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica, 1985, p. 233-279.

19. GOULET, Denis. "La science et la technique au service d'une société solidaire", dans Impact: Science et société, No. 2, 1983, p. 193-202.

20. CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLOGICO INDUSTRIAL, Ministerio de Industria y Energia. Que es la innovacion tecnologica?, Cuaderno CDTI, Madrid, 1982, 41 p.

21. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Progreso económico y social en America Latina, Informe 1988: Tema especial: Ciencia y Tecnología, BID, New York, 1988, p. 97-105.

22. BUNGE, Mario. Ciencia y Desarrollo, Edición Siglo XX, Buenos Aires, 1981, 164 p.

23. BLAIS, Roger A. Eléments d'innovation industrielle, Ecole Polytechnique de Montréal, Montréal, Canada, 1985, 400 p.

24. CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLOGICO INDUSTRIAL, Ministerio de Industria y Energia. Innovación industrial y Empleo, Cuaderno CDTI, Madrid, 1982, 112 p.

25. SALINAS, Berta. Tecnología Apropiada, Concepto, Aplicación y Estrategias, UNESCO, Santiago de Chile, 1978, 71 p.

26. DURAN, Jesús. "Tecnología Apropiada: una evaluación", dans Revista del Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, No. 6, La Paz, Bolivia, 1985, p. 379-389.

27. YAO Tzu Li et Roger A. BLAIS. "The innovation galore, from classroom to the shop floor", dans Technovation, No. 1, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1982, p 255-273.

28. CITA INRA. La bomba de mecate, Managua, Nicaragua, 1986, 16 p.

29. ARBAB, Farzam. L'Université Rurale: Education et développement, Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Canada, 1985, 85 p.

30. INSTITUTO POLITECNICO TOMAS KATARI. Informe, evaluación y programación del IPTK, IPTK, Ocurí, Potosí, 1985, 78 p.

31. SERVICIOS MULTIPLES DE TECNOLOGIA APROPIADA. Tecnologías Socialmente Apropiadas, SEMTA, La Paz, Bolivie, 1983, p. 136-141.

32. MEJIA, Gaston. "Ciencia: tecnología y desarrollo", dans Temas en la Crisis, No. 25, La Paz, Bolivie, 1985, p. 53-59.

33. VELASCO RECKLING, Enrique. "Propuesta de politica de desarrollo industrial a partir de la pequeña empresa", dans Analisis, No. 140, La Paz, Bolivie, 1988, p. 1-18.

34. BABATUNDE, Thomas D. et Miguel S. Wionczek. Integration of Science and Technology with Development/ Caribbean and Latin American Problems in the Context of the United Nations Conference on Science and Technology for Development, Pergamon Press, 1979, p. 167-177.

35. MORENO, Teresa et Guadalupe RUBIO. La Tecnología Implementada en Programas de Desarrollo en Bolivia y su Impacto en la Economía de los Beneficiarios, SEMTA, La Paz, Bolivie, 1981, 141 p.

36. CANCHON, Fernando. Sistemas de redes de cooperación técnica, dans Agrobioenergía, No. 10, PAAC, Cochabamba, Bolivie, 1988, p. 3-7.

37. ROJAS L., et al. Ayni Ruwai: En America Nativa, educación y desarrollo, Ediciones America Profunda, Cochabamba, Bolivie, 1978, 93 p.

38. ROMERO BEDREGAL, H. Movimientos sociales y planeamiento andino en Bolivia, Ediciones Populares Camarlingui, La Paz, Bolivie, 1980, 145 p.

39. INSTITUTO DE ENERGIA DE LA ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS DE BOLIVIA. "Seminario sobre agricultura en invernaderos", dans Revista del Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ciencia de Bolivia, No. 7, 1985, 160 p.

40. CENTRO DE ESTUDIOS DE LA REALIDAD ECONOMICA Y SOCIAL. "La alimentación de los mineros", dans Cuadernos Populares, serie Abastecimiento y Participación, No. 6, La Paz, 1987, 31 p.

41. ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS. Proyecto de Tecnología Apropiada para la mujer campesina, OEA-CIM, Equateur, Bolivie, 1983, p. 14-21.

42. COMITE DE DESARROLLO Y OBRAS PUBLICAS DE POTOSI. Plan regulador de la ciudad de Potosí: expediente urbano, Sociedad Civil, Potosí, 1974, p. 15-20.

43. CENTRO DE ESTUDIOS DE LA REALIDAD ECONOMICA Y SOCIAL. "La canasta alimentaria popular", dans Cuadernos Populares, serie Abastecimiento y Participación, No. 5, La Paz, 1987, 31 p.

44. MINISTERIO DE PREVISION SOCIAL Y SALUD PUBLICA, DIVISION NACIONAL DE NUTRICION. Tablas de Composicion de Alimentos Bolivianos, Ministerio de Previsión Social y Salud Pública, La Paz, 1984, 105 p.

45. PHILLIPS, Don T., et al. Operations Research: Principles and Practice, John Wiley & Sons, New York, 1976, p. 13-57.

46. CENTRO DE INVESTIGACION Y PROMOCION CAMPESINA. Invernaderos Comunitarios 1, CIPCA, La Paz, 1987, 32 p.

47. ARES, éd. Serres solaires de production, Edisud/PYC Edition, Paris, 1981, p. 9-138.

48. SERVICIOS MULTIPLES DE TECNOLOGIAS APROPIADAS. Horticultura, SEMTA, La Paz, 1987, 71 p.

49. MULLER & ASSOCIATES, Estadisticas Economicas 1988, Ed. Quipus, La Paz, 1988, p. 41-43.

ANNEXE A

PROGRAMME PLAN-SERRE

Programme

```
EM PROGRAMME PLAN-SERRE
V=70:NT=30
IM O(NV),C(NV,NT),R(NT),Z(NV),X(NV),B(NT),V(NT),F(NT)
IM CSAV(NV,NT),OSAV(NV),RSAV(NV),R8(NV,7),NOM$(30)
LS:FOR I=1 TO 9:PRINT:NEXT I
RINT TAB(10) "OPTIMISATION DE LA PRODUCTION AGRICOLE EN SERRES
IRES"
RINT TAB(10);"PROGRAMME POUR LES COMMUNAUTES DE L'ALTIPLANO"
RINT
RINT TAB(10);"JOSE LUIS PEREIRA OSSIO - ECOLE POLYTECHNIQUE,
REAL"
FOR RT=1 TO 2000:NEXT RT
DN=9
DP=30
RR=0
QT=0
MSG=0
DD=0
OB=0
BB=0
C9=0
IF RR<>1 THEN 460
GOSUB 3820 :PRINT:PRINT:PRINT:PRINT TAB(10);"CHOISIR UNE DES OPTIONS
ANTES:"
PRINT
PRINT TAB(20)"1. RECOMMENCER LE PROGRAMME (nouvelles donnees)"
PRINT TAB(20)"2. EDITER LES DONNEES ACTUELLES"
PRINT TAB(20)"3. IMPRIMER LES RESULTATS"
PRINT TAB(20)"4. SORTIR DU PROGRAMME"
PRINT:PRINT TAB(10);"  INDIQUER VOTRE CHOIX #(1,2,3, OR 4)";
INPUT C9
IF C9=1 OR C9=2 OR C9=3 OR C9=4 THEN 320
PRINT:PRINT TAB(10);"VOUS DEVEZ ECRIRE 1,2,3, OU 4!  S.V.P.
OMMENCER"
GOTO 270
IF C9=1 THEN CLS:QT=0:GOTO 450
IF C9=3 THEN 4790
IF C9=4 THEN CLS:RUN "B:MENU.BAS"
GOSUB 4680
FOR J=1 TO A4
FOR I=1 TO K
C(I,J)=CSAV(I,J)
O(I)=OSAV(I)
```

```
NEXT I
R(J)=RSAV(J)
NEXT J
IF C9=2 THEN QT=0:GOSUB 4290
GOTO 1440
CLS:RUN "B:SERRES.BAS"
GOSUB 3820 :PRINT:PRINT:PRINT:PRINT TAB(5);"CE PROGRAMME AIDE A
IFIER LA PRODUCTION AGRICOLE EN SERRES SOLAIRES"
FOR RT=1 TO 2500:NEXT RT
M=-1
GOTO 520
GOSUB 3850
GOTO 460
GOSUB 3820
PRINT:PRINT
PRINT "COMBIEN DE PERSONNES SONT LES BENEFICIAIRES DU PROJET?";:
T PE
PRINT ""
PRINT "INDIQUER VOTRE PERIODE DE GESTION (en jours, ex: 365)";:INPUT

PRINT ""
PRINT TAB(10); "QUEL EST LE POURCENTAGE DE LA CONSOMMATION QUE VOUS"

PRINT TAB(10);"PLANIFIEZ COUVRIR AVEC VOTRE PRODUCTION?";:INPUT RL
PRINT TAB(10);"INDIQUER LE NO. DES PRODUITS PARMIS LESQUELS VOUS
EZ"
PRINT TAB(10);"PLANIFIER VOTRE PRODUCTION (pour la base de donnees"
PRINT TAB(10);"actuelle, marquez 30)":INPUT A
IF A>NV THEN 5640
GOSUB 3820
PRINT:PRINT TAB(10);"POUR RAISONS DE LIMITATION DANS LA
OMMATION"
PRINT TAB(10);"OU DES LIMITATIONS DU MARCHE, CERTAINS PRODUITS NE
ENT" 670 PRINT TAB(10);"PAS ETRE CULTIVES EN GRANDES QUANTITES, VOUS
EZ ICI"
PRINT TAB(10);"INDIQUER CES PRODUITS"
PRINT TAB(10);"COMBIEN DE PRODUITS DESIREZ VOUS LIMITER? (max. de

INPUT A1
A2=0
PRINT:PRINT TAB(10);"ETANT DONNE VOS HABITUDES DE CONSOMMATION VOUS
REZ"
PRINT TAB(10);"PRODUIRE UN MINIMUM D'UN PRODUIT DETERMINE. INDIQUER"

PRINT TAB(10);"COMBIEN DE PRODUITS DOIVENT ETRE NECESSAIREMENT
IVES"
PRINT TAB(10);"(max. de 8)";
INPUT PN
A3=9+PN
IF INT(A+A1+A2+A3) = (A+A1+A2+A3) AND (A1+A2+A3) <> 0 THEN GOTO 810
PRINT:PRINT TAB(10);"ERREUR DANS LA CONTRAINTE- RE-ESSAYER."
GOTO 640
IF (A1+A2+A3)>NT OR (A1+A2+2*A3+A)>NV THEN 5640
```

```
GOSUB 3820 :GOSUB 4680
K=A+A1+A2+A3+A3
A4=A1+A2+A3
FOR I=1 TO K
FOR J=1 TO A4
C(I,J)=0
NEXT J,I
GOSUB 3820
FOR J=1 TO DP
READ NOM$(J)
NEXT J
IF A1=0 THEN 1180
PRINT TAB(10);"VOUS DEVEZ INDIQUER LES PRODUITS DONT VOUS NE VOULEZ
'
PRINT TAB(10);"PRODUIRE PLUS QU'UN MAXIMUM DONNE":FOR RH=1 TO
):NEXT RH 960 GOSUB 4720
FOR I=1 TO A1
INPUT "INDIQUER LE CODE DU PRODUIT A LIMITER";AA
LOCATE CSRLIN-1,45
) INPUT "PRODUCTION MAX.EN KG/PERIODE";R(I)
) IF R(I)<0 THEN 5600
) C(AA,I)=1!
) NEXT I
) GOSUB 3820
) IF PN=0 THEN 1250
) SS=A1+PN
) PRINT TAB(10);"VOUS DEVEZ INDIQUER LES PRODUITS QUE VOUS DESIREZ"
) PRINT TAB(10)"ABSOLUMENT PRODUIRE":FOR RH=1 TO 3000:NEXT RH
) GOSUB 4720
) FOR I=A1+1 TO SS
) INPUT "INDIQUER LE CODE DU PRODUIT A LIMITER";BB
) LOCATE CSRLIN-1,45
) INPUT "PRODUCTION MIN.EN KG/periode";R(I)
) IF R(I)<0 THEN 5600
) C(BB,I)=1!
) NEXT I
) GOSUB 3820
) IF A2=0 THEN 1250
) PRINT TAB(10);"VOUS DEVEZ MARQUER 1 POUR LES PRODUITS A LIMITER"
) PRINT TAB(10);"ET 0 POUR LES AUTRES, LA LIMITE EST ETABLIE PAR
S"
) PRINT TAB(10);"EN TENANT COMPTE DE LA QUANTITE MAXIMALE A PRODUIRE"

) FOR I=1 TO A1
) PRINT TAB(10);"POUR LE PRODUIT NO. "I
) FOR J=1 TO A
) IF A3=0 THEN 1430
) FOR I=A1+PN+1 TO A4
) FOR J=1 TO A
) READ C(J,I)
) NEXT J
) NEXT I
) FOR I=A1+PN+1 TO A4
```

```
) READ F(I)
) R(I)=RL*PE*TT*F(I)/100
) PRINT:NEXT I
) PRINT:PRINT TAB(10);"INDIQUEZ LE PRIX PAR KG. DE PRODUIT '"
) FOR I=1 TO A
) PRINT TAB(10);"PRIX PAR KG."NOM$(I);"=";
) INPUT O(I)
) OSAV(I)=O(I)
) NEXT I
) GOSUB 3820
) PRINT:PRINT
) GOSUB 4290
) GOSUB 4680
) FOR I=1 TO A
) O(I)=M*O(I)
) NEXT I
) IF A1=0 THEN 1540
) FOR I=A+1 TO A+A1
) C(I,I-A)=1
) O(I)=0
) B(I-A)=I
) NEXT I
) IF A2=0 THEN 1600
) FOR J=A+A1+1 TO A+A1+A2
) C(J,J-A)=1
) B(J-A)=J
) O(J)=-1000000!
) NEXT J
) IF A3=0 THEN 1690
) FOR I=A+A1+A2+1 TO A+A4
) J=I+A3
) C(I,I-A)=-1
) C(J,I-A)=1
) O(I)=0
) O(J)=-1000000!
) B(I-A)=J
) NEXT I
) FOR J=1 TO A4
) FOR I=1 TO K
) CSAV(I,J)=C(I,J)
) NEXT I
) RSAV(J)=R(J)
) NEXT J
) FOR I=1 TO A4
) V(I)=R(I)
) NEXT I
) FOR I=1 TO K
) Z(I)=0
) NEXT I
) FOR I=1 TO A4
) Y1=B(I)
) FOR J=1 TO K
) Z(J)=O(Y1)*C(J,I)+Z(J)
```

```
) NEXT J,I
) FOR I=1 TO K
) X(I) =O(I)-Z(I)
) NEXT I
) Y1=1
) FOR I=2 TO K
) IF X(I)<X(Y1) THEN 1930
) Y1=I
) NEXT I
) IF X(Y1)<=0 THEN 2260
) Y2=0
) Y3=1E+09
) FOR I=1 TO A4
) IF C(Y1,I)<=0 THEN 2030
) Y4=R(I)/C(Y1,I)
) IF Y4>Y3 THEN 2030
) Y3=Y4
) Y2=I
) NEXT I
) IF Y2<>0 THEN 2110
) GOSUB 3820
) FOR RT=1 TO 9:PRINT:NEXT RT:PRINT TAB(23);"LA SOLUTION EST SANS
ITE"
) QT=1
) GOSUB 3850
) RR=1
) GOTO 150
) B(Y2)=Y1
0 Y3=C(Y1,Y2)
0 FOR I=1 TO K
0 C(I,Y2)=C(I,Y2)/Y3
0 NEXT I
0 R(Y2)=R(Y2)/Y3
0 FOR I=1 TO A4
0 IF Y2=I THEN 2240
0 Y4=C(Y1,I)
0 FOR J=1 TO K
0 C(J,I)=C(J,I)-Y4*C(J,Y2)
0 NEXT J
0 R(I)=R(I)-Y4*R(Y2)
0 NEXT I
0 GOTO 1780
0 FOR I=1 TO K:Z(I)=0:NEXT I
0 FOR I=1 TO A4:YI=B(I):Z(YI)=R(I):NEXT I
0 IF A2=0 THEN 2400
0 FOR I=A+A1+1 TO A+A1+A2
0 IF Z(I)=0 THEN 2330
0 Y1=I-A
0 QT=2
0 NEXT I
0 IF QT<>2 THEN 2400
0 GOSUB 3820
0 FOR RT=1 TO 9:PRINT:NEXT RT:PRINT TAB(23);"IL N'Y PAS DE SOLUTION"
```

```
) GOSUB 3850
) RR=1
) GOTO 150
) IF A3=0 THEN 2470
) FOR I=K-A3+1 TO K
) IF Z(I)=0 THEN 2450
) Y1=I-A-A3
) QT=2
) NEXT I
) IF QT=2 THEN 2350
) FOR I=1 TO K
) Z(I)=0
) NEXT I
) FOR I=1 TO A4
) Y1=B(I)
) Z(Y1)=R(I)
) NEXT I
) GOSUB 3820
) DD=0
) FOR I=1 TO A+A4
) IF DD>0 THEN 2660
) PRINT TAB(15);"PRODUCTION DE LEGUMES EN SERRES SOLAIRES"
) PRINT TAB(10);"NOMBRE DE BENEFICIAIRES:" PE;TAB(42);"POURCENTAGE
 BESOINS"
) PRINT TAB(10); "PERIODE  DE LA  GESTION:" TT; TAB(42);
ΓRITIONNELS COUVERT:"RL; "%"
) PRINT"
-------------------------------------------------------------"
) PRINT  TAB(11);" VARIETE "; TAB(25) "PRODUCTION"; TAB(40) "COUT PAR
 ;TAB(58)"COUT D'"
) PRINT  TAB(10);"A PRODUIRE"; TAB(27)"EN KG.";TAB(43)"EN Bs.";
(56) "OPPORTUNITE"
) PRINT"
-------------------------------------------------------------"
) DD=2
) IF I>A THEN 2690
) PRINT TAB(11)NOM$(I);TAB(26)Z(I);TAB(41)-O(I);TAB(57)-X(I)
) GOTO 2730
) IF I> A+A1 THEN 2710
) GOTO 2730
) IF I=A+A1+1 THEN I=A+A1+A2+1
) IF A3=0 THEN 2750
) DD=DD+1
) IF DD>13 AND I<>(A+A1+A3)THEN GOSUB 3850
) NEXT I
) GOSUB 3850
) Y1=0
) FOR I=1 TO A4
) Y2=B(I)
) Y1=Y1+R(I)*O(Y2)
) NEXT I
) PRINT:PRINT
) IF M=1 THEN 2860
```

```
0 PRINT "COUT TOTAL= ";-Y1
0 GOTO 2870
0 PRINT "PROFIT TOTAL= "Y1
0 FOR I6=1 TO NV:O(I6)=M*O(I6):NEXT I6
0 Y1=M*Y1
0 GOSUB 3850
0 IF A1<>0 THEN 2920
0 IF A2=0 THEN 3160
0 FOR I=A+1 TO A+A1+A2
0 IF DD>0 THEN 2970
0 PRINT TAB(25)"RANG DE VALEURS DE CONTRAINTE"
0 PRINT TAB(20)"PLUS BASSE";TAB(35)"PRESENTE";TAB(50)"PLUS HAUTE"
0 DD=2
0 L=1
0 U=-1
0 FOR J=1 TO A4
0 IF C(I,J)=0 THEN 3100
0 Y3=-R(J)/C(I,J)
0 IF C(I,J)>0 THEN 3070
0 IF U=-1 THEN 3050
0 IF Y3>U THEN 3100
0 U=Y3
0 GOTO 3100
0 IF L=1 THEN 3090
0 IF Y3<L THEN 3100
0 L=Y3
0 NEXT J
0 MQ=1
0 GOSUB 3440
0 DD=DD+4
0 IF DD>13 THEN GOSUB 3850
0 NEXT I
0 IF A3=0 THEN 3410
0 FOR I=A+A1+A2+1 TO K-A3
0 IF DD>0 THEN 3220
0 PRINT TAB(25)"RANG DE VALEURS DE CONTRAINTE"
0 PRINT TAB(20)"PLUS BASSE";TAB(35)"PRESENTE";TAB(50)"PLUS HAUTE"
0 DD=2
0 L=1
0 U=-1
0 FOR J=1 TO A4
0 IF C(I,J)=0 THEN 3350
0 Y3=R(J)/C(I,J)
0 IF C(I,J)>0 THEN 3320
0 IF L=1 THEN 3300
0 IF Y3<L THEN 3350
0 L=Y3
0 GOTO 3350
0 IF U=-1 THEN 3340
0 IF Y3>U THEN 3350
0 U=Y3
0 NEXT J
0 MQ=-1
```

```
) GOSUB 3440
) DD=DD+4
) IF DD>13 THEN GOSUB 3850
) NEXT I
) IF DD>0 THEN GOSUB 3850
) RR=1
) GOTO 150
) REM SUBROUTINE POUR CALCULER LE RANG DE PROFITS ET IMPRIMER LES
JLTATS 3450 Y3=0
) Y2=0
) FOR J=1 TO A4
) B3=B(J)
) IF L>0 THEN 3510
) Y3=Y3+(R(J)+MQ*L*C(I,J))*O(B3)
) IF U<0 THEN 3530
) Y2=Y2+(R(J)+MQ*U*C(I,J))*O(B3)
) NEXT J
) J=I-A
) PRINT
) PRINT
) R8(J,2)=V(J):R8(J,3)=L:R8(J,4)=U
) R8(J,5)=Y1:R8(J,6)=Y2:R8(J,7)=Y3
) IF M<0 THEN A$="COUT" ELSE A$="PROFIT"
) IF L>0 THEN 3710
) IF U<0 THEN 3660
) PRINT"CONTRAINTE "J;TAB(21)L+V(J);TAB(36)V(J);TAB(51)U+V(J)
) R8(J,1)=1
) PRINT"CORRESP. ";A$;TAB(21)Y3;TAB(36)Y1;TAB(51)Y2
) RETURN
) PRINT"CONTRAINTE "J;TAB(21)L+V(J);TAB(36)V(J);TAB(51)"INFINI"
) R8(J,1)=2
) PRINT"CORRESP. ";A$;TAB(21)Y3;TAB(36)Y1;TAB(51);
) IF Y3=Y1 THEN PRINT Y1 ELSE PRINT"INFINI"
) RETURN
) IF U<0 THEN 3780
) PRINT"CONTRAINTE "J;TAB(21)"-INFINI";TAB(36)V(J);TAB(51)U+V(J)
) R8(J,1)=3
) PRINT"CORRESP. ";A$;TAB(21);
) IF Y2=Y1 THEN PRINT Y1; ELSE PRINT"-INFINI";
) PRINT TAB(36);Y1;TAB(51)Y2
) RETURN
) PRINT"CONSTRAINTE "J;TAB(21)"-INFINI";TAB(36)V(J);TAB(51)"INFINI"
) R8(J,1)=4
) PRINT"CORRESP. ";A$;TAB(21)Y1;TAB(36)Y1;TAB(51)Y1
) RETURN
) REM SUBROUTINE POUR EFFACER L'ECRAN
) CLS
) RETURN
) REM SUBROUTINE POUR INTERROMPRE COMPTEUR DE LIGNES
) IF DD<10 THEN PRINT:PRINT
) PRINT:PRINT TAB(10);"FRAPPER <RETOUR CHARIOT> POUR CONTINUER";
) INPUT ZZ
) DD=0
```

```
) GOSUB 3820
) RETURN
) REM MSG SUBROUTINE
) GOSUB 3820
) PRINT:PRINT:PRINT TAB(10);"DANS LES LISTES QUI SUIVENT, ( V 1 )
[QUE LE VARIABLE DE DECISION"
) PRINT TAB(10);"PRODUIT #1, ( V 2 ) PRODUIT #2, ETC."
) GOSUB 3850
) MSG=1
) RETURN
) REM SUBROUTINE POUR ENUMERER LA FONCTION OBJECTIVE
) DD=0
) PRINT"FONCTION OBJECTIVE:"
) PRINT
) PRINT"Z=";
) FOR I=1 TO A
) PRINT O(I)"( V";I;")";
) DD=DD+1
) D7=DD/4
) D8=INT(DD/4)
) IF D7=D8 THEN PRINT
) IF I<>A AND O(I+1) >=0 THEN PRINT "+";
) IF I=A THEN PRINT
) NEXT I
) RETURN
) REM SUBROUTINE POUR ENUMERER CONTRAINTES
) BB=0
) FOR I=1 TO A
) PRINT C(I,JJ)"( V";I;")";
) BB=BB+1
) B7=BB/4
) B8=INT(BB/4)
) IF I<>A AND B7=B8 THEN PRINT
) IF I<>A AND C(I+1,JJ) >=0 THEN PRINT "+";
) NEXT I
) IF JJ<=A1 THEN PRINT"<=";
) IF JJ>A1 AND JJ<=(A1+A2) THEN PRINT"=";
) IF JJ>(A1+A2) AND JJ<=A4 THEN PRINT">=";
) PRINT R(JJ)
) RETURN
) REM SUBROUTINE POUR CHANGER LES DONNEES
) IF MSG=1 THEN 4320
) GOSUB 3920
) GOSUB 3990
) PRINT:PRINT"ECRIRE NO. DE LA VARIABLE A CORRIGER ('0' POUR
TINUER)";
) INPUT I
) IF I>=0 AND I<=A THEN 4380
) PRINT"VARIABLE "I;" EST HORS DES LIMITES. VEUILLEZ RE-ESSAYER";
) GOTO 4340
) IF I=0 THEN 4440
) PRINT"INDIQUER LE PRIX CORRIGE";
) INPUT O(I)
```

```
) OSAV(I)=O(I)
) GOSUB 3820
) GOTO 4320
) FOR JJ=1 TO A4
) GOSUB 3820
) PRINT "CONTRAINTE "JJ;":"
) GOSUB 4140
) PRINT:PRINT"INDIQUER LE NO. DE LA VARIABLE A CORRIGER"
) PRINT"('0' POUR CONTINUER, '-1' POUR CORRIGER LA CONTRAINTE)";
) INPUT I
) IF I<=A THEN 4540
) PRINT"VARIABLE "I;" EST HORS LIMITES. VEUILLEZ RE-ESSAYER";
) GOTO 4500
) IF I=0 THEN 4660
) IF I>0 THEN 4620
) PRINT"CONTRAINTE= ";
) INPUT RSAV(JJ)
) IF RSAV(JJ)>=0 THEN 4600
) PRINT : PRINT "CE  PROGRAMME N'ACCEPTE PAS DE CONTRAINTES
ATIVES,  RE-ESSAYER.":GOTO 4560
) R(JJ)=RSAV(JJ)
) GOTO 4450
) PRINT"ECRIRE UNE NOUVELLE VALEUR DE COEFFICIENT";
) INPUT CSAV(I,JJ)
) C(I,JJ)=CSAV(I,JJ)
) GOTO 4450
) NEXT JJ
) RETURN
) REM SUBROUTINE TO DISPLAY "UN INSTANT S.V.P.!"
) CLS:FOR Q=1 TO 9:PRINT:NEXT Q
) PRINT TAB(28)"UN INSTANT S.V.P.!"
) RETURN
) REM SUBROUTINE POUR AFFICHER LES PRODUITS A LIMITER
) CLS:FOR I=1 TO 15
) PRINT USING "## \          \";I,NOM$(I):NEXT I
) FOR I=16 TO 30:LOCATE I-15,41
) PRINT USING "## \          \";I,NOM$(I):NEXT I
) PRINT
) RETURN
) FOR RT=1 TO 8:LPRINT"":NEXT RT
) LPRINT TAB(16)"JOSE LUIS PEREIRA OSSIO"
) LPRINT TAB(13)"OPTIMISATION DE LA PRODUCTION"
) FOR RT=1 TO 6:LPRINT"":NEXT RT
) LPRINT TAB(1)"DANS LA DESCRIPTION DE PROBLEME SUIVANTE ( V 1 )
[QUE VARIABLE DE DECISION"
) LPRINT TAB(1)"PRODUIT #1, ( V 2 ) PRODUIT #2, ETC."
) LPRINT"":LPRINT""
) IF(M>0)THEN LPRINT TAB(10)"MAXIMISER";ELSE LPRINT
(10)"MINIMISER";
) LPRINT TAB(10)" FONCTION OBJECTIVE"
) LPRINT"":LPRINT TAB(5)"Z =";:DD=0
) FOR I= 1 TO A
) LPRINT OSAV(I);"( V";I;")";
```

```
) DD=DD+1
) IF DD=4 THEN LPRINT"":LPRINT TAB(8);:DD=0
) IF I<>A AND OSAV(I+1)>=0 THEN LPRINT"+";
) NEXT I
) FOR RT=1 TO 3:LPRINT"":NEXT RT
) LPRINT TAB(5);"CONTRAINTES"
) LPRINT"":BB=0
) FOR JJ=1 TO A4
) BB=0
) LPRINT "   "JJ". ";
) FOR I= 1 TO A
) LPRINT CSAV(I,JJ)"( V";I;")";
) BB=BB+1
) IF BB>4 AND I<>A THEN LPRINT"":LPRINT TAB(6);:BB=0
) IF I<>A AND CSAV(I+1,JJ)>=0 THEN LPRINT "+";
) NEXT I
) IF JJ<=A1 THEN LPRINT"<=";
) IF JJ>A1 AND JJ<=(A1+A2) THEN LPRINT"=";
) IF JJ>(A1+A2) THEN LPRINT ">=";
) LPRINT RSAV(JJ)
) LPRINT""
) NEXT JJ
) FOR RT=1 TO 4:LPRINT"":NEXT RT
) IF QT=1 THEN LPRINT TAB(10)"LA SOLUTION EST SANS LIMITE":GOTO 5580
) IF QT=2 THEN LPRINT TAB(10)"IL N'Y A PAS DE SOLUTION":GOTO 5580
) LPRINT TAB(15);"PRODUCTION DE LEGUMES EN SERRES SOLAIRES"
) LPRINT TAB(9);"NOMBRE DE BENEFICIAIRES:" PE;TAB(43);"POURCENTAGE
 BESOINS"
) LPRINT TAB(9);"PERIODE DE LA
TION:";TT;"jours";TAB(43);"NUTRITIONNELS COUVERTS: ";RL ;"%"
) LPRINT"
-------------------------------------------------------------"
) LPRINT  TAB(11) " VARIETE"; TAB(25) "PRODUCTION"; TAB(40) "COUT PAR
";TAB(58);"COUT DE"
) LPRINT  TAB(10);"A PRODUIRE";TAB(27);"EN KG.";TAB(43);"EN
;TAB(56);"OPPORTUNITE"
) LPRINT"
-------------------------------------------------------------"
) FOR I=1 TO A+A4
) IF I>A THEN 5270
) LPRINT TAB(11);NOM$(I);TAB(26);Z(I);TAB(41);O(I);TAB(57);-X(I)
) GOTO 5310
) IF I>A+A1 THEN 5290
) GOTO 5310
) IF I=A+A1+1 THEN I=A+A1+A2+1
) IF A3=0 THEN 5310
) NEXT I
) LPRINT""
) IF M=1 THEN LPRINT TAB(10);"PROFIT TOTAL =";Y1
) IF M<0 THEN LPRINT TAB(10);"COUT TOTAL = Bs.";Y1
) FOR RT=1 TO 3:LPRINT"":NEXT RT
) LPRINT TAB(25)"RANG DE VALEURS DE CONTRAINTE"
) LPRINT TAB(20)"PLUS BASSE";TAB(35)"PRESENTE";TAB(50)"PLUS HAUTE"
```

```
0 FOR J=1 TO A4
0 LPRINT""
0 J0=R8(J,1)
0 ON R8(J,1) GOTO 5420 ,5450 ,5490 ,5540
0 LPRINT "CONTRAINTE "J; TAB(21); R8(J,3)+R8(J,2);
(36);R8(J,2);TAB(51);R8(J,4)+R8(J,2)
0 LPRINT"CORRESP.
$;TAB(21);R8(J,7);TAB(36);R8(J,5);TAB(51);R8(J,6)
0 GOTO 5560
0 LPRINT "CONTRAINTE "J; TAB(21); R8(J,3)+R8(J,2); TAB(36);R8(J,2);
(51)"INFINI"
0 LPRINT"CORRESP. ";A$;TAB(21);R8(J,7);TAB(36);R8(J,5);TAB(51);
0 IF R8(J,7)=R8(J,5)THEN LPRINT R8(J,5) ELSE LPRINT"INFINI"
0 GOTO 5560
0 LPRINT "CONTRAINTE "J;TAB(21);"-INFINI";TAB(36); R8(J,2);TAB(51);
J,4)+R8(J,2)
0 LPRINT"CORRESP. ";A$;TAB(21);
0 IF R8(J,5)=R8(J,6) THEN LPRINT R8(J,5); ELSE LPRINT "-INFINI";
0 LPRINT TAB(36);R8(J,5);TAB(51);R8(J,6)
0 GOTO 5560
0 LPRINT "CONTRAINTE
TAB(21);"-INFINI";TAB(36);R8(J,2);TAB(51);"INFINI"
0 LPRINT"CORRESP.
$;TAB(21);R8(J,5);TAB(36);R8(J,5);TAB(51);R8(J,5)
0 LPRINT""
0 NEXT J
0 FOR RT= 1 TO 10:LPRINT"":NEXT RT
0 GOTO 150
0 PRINT :PRINT:PRINT:PRINT TAB(10);"CE PROGRAMME N'ACCEPTE PAS DE
TRAINTES DE VALEURS NEGATIVES!"
0 PRINT:PRINT TAB(10);"REFORMULER LE PROBLEME EN MULTIPLIANT LA
TRAINTE PAR '-1'."
0 GOSUB 3850
0 GOTO 130
0 CLS:PRINT:PRINT
0 PRINT TAB(10);"VOTRE PROBLEME DEPASSE LES LIMITES DE CE PROGRAMME."

0 PRINT
0 PRINT TAB(10);"VOUS POUVEZ PEUT-ETRE CHANGER LES LIMITES DE LA
NE 20." 5680 PRINT TAB(10);"IL SERAIT RECOMMENDABLE,PAR CONTRE, DE
SER A UN PLUS GRAND ORDINATEUR."
0 GOSUB 3850
0 GOTO 130
0 DATA OIGNON,TOMATE,CAROTTE,QUINOA,PATATE,PERSIL,RADIS,BETERAVE,
J, CELERI, MAIS,CONCOMBRE,AUBERGINE,LAITUE,MELON,PETIT
S,HARICOT,POIVRON,EPINARD
0 DATA  FRAISE,BETTE,ACHOJCHA,CHILI,AIL,CHOU-FLEUR,LACAYOTE, LOCOTO,
ET,POIREAU,CITROUILLE
0 DATA 510,200,380,3660,930,620,200,580,260,380,3600,130,330,270,
, 710,930,310,340,450,250,180,328,1440,290,270,300,300,770,300
0 DATA   6.7,
1,6.3,121,27.1,39.5,7.5,17.5,11.8,6.2,95,7,11.8,11.6, 4.8,-
4,113.8,12.5,31.6,7.5,19.3,8.2,95.2,68.4,22.5,7,12.2,8.9,15.6,11.2
```

```
) DATA
,150,320,1070,40,2470,330,300,300,1090,130,160,110,470,230, 470,-
,210,840,300,720,200,1400,210,270,290,180,210,650,320
) DATA
),9,52,10,76,16,16,11,15,65,7,5,12,14,23,32,11,75,19,53,10, 164,-
16,9,7,15,22,10
) DATA 50,860,7670,0.0,0.0,8000,0.0,0.0,460,270,0.0,0.0,0.0,2030,980,
),610,540,3830,0.0,4730,330,493,0.0,120,30,410,0.0,130,3000
) DATA .4,.6,.4,14.6,.8,1.3,.3,.3,.5,.3,1.8,.3,.6,.6,.3,2.2,2.3,.7,
 .2,.4,.5,2.4,2.2,.8,.7,.5,.3,.6,.5
) DATA  .5, .7, .6, 3,.6,2.5,.4,.4,1.3,.7,1.2,.5,.6,.5,.3,1.9,3.6,2,
, .5,2.4,1,8.4,1.8,1.6,.6,2.3,.6,2.4,.6
) DATA
,5.6,9.8,11.7,10.9,7.8,3.8,4.6,5,6.5,25.6,3,59.5,4.8,9,10.1, 9.4,-
2,11.4,6.1,6.8,11.8,19,3.9,7,6.2,7.8,8.3,31,7.2
) DATA
200,40,11,120,3850,190,50,430,80,0.0,170,50,170,740,330,280, 550,-
,800,280,60,550,110,640,70,100,270,230,100
) DATA 2600,55,650,14,650,1,1.5,17.7,25
```

A.2 Impression de la sortie du programme

JOSE LUIS PEREIRA OSSIO
OPTIMISATION DE LA PRODUCTION

DANS LA DESCRIPTION SUIVANTE (V1) INDIQUE VARIABLE DE DECISION PRODUIT #1, (V2) PRODUIT #2, ETC.

MINIMISER
FONCTION OBJECTIVE

Z = .74 (V1) + 1.8 (V2) + .55 (V3) + .6 (V4) + 1.25 (V5) + .74 (V6) + .5 (V7) + 1.5 (V8) + .88 (V9) + .91 (V10) + .35 (V11) + 3.1 (V12) + 2 (V13) + 3.2 (V14) + 1.75 (V15) + 5 (V16) + .4 (V17) + 4 (V18) + 4 (V19) + 2 (V20) + 2 (V21) + 3.2 (V22) + 2 (V23) + 1 (V24) + 2 (V25) + .5 (V26)

CONTRAINTES

1. 0 (V1) + 0 (V2) + 0 (V3) + 1 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 0 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 0 (V21) + 0 (V22) + 0 (V23) + 0 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) <=200

2. 0 (V1) + 0 (V2) + 0 (V3) + 0 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 1 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 0 (V21) + 0 (V22) + 0 (V23) + 0 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) <=2400

3. 0 (V1) + 0 (V2) + 0 (V3) + 0 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 0 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 0 (V21) + 0 (V22) + 1 (V23) + 0 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) <=350

4. 1 (V1) + 0 (V2) + 0 (V3) + 0 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 0 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 0 (V21) + 0 (V22) + 0 (V23) + 0 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) >=600

5. 0 (V1) + 1 (V2) + 0 (V3) + 0 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 0 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 0 (V21) + 0 (V22) + 0 (V23) + 0 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) >=2700

6. 0 (V1) + 0 (V2) + 1 (V3) + 0 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 0 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 0 (V21) + 0 (V22) + 0 (V23) + 0 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) >=4000

7. 0 (V1) + 0 (V2) + 0 (V3) + 0 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 1 (V9) + 0 (V10) + 0 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 0 (V21) + 0 (V22) + 0 (V23) + 0 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) >=600

8. 0 (V1) + 0 (V2) + 0 (V3) + 0 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 0 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 1 (V21) + 0 (V22) + 0 (V23) + 0 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) >=600

9. 0 (V1) + 0 (V2) + 0 (V3) + 0 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 0 (V7) + 0 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 0 (V11) + 0 (V12) + 0 (V13) + 0 (V14) + 0 (V15) + 0 (V16) + 0 (V17) + 0 (V18) + 0 (V19) + 0 (V20) + 0 (V21) + 0 (V22) + 0 (V23) + 1 (V24) + 0 (V25) + 0 (V26) >=1000

10. 510 (V1) + 200 (V2) + 380 (V3) + 620 (V4) + 200 (V5) + 580 (V6) + 260 (V7) + 380 (V8) + 130 (V9) + 330 (V10) + 270 (V11) + 280 (V12) + 710 (V13) + 310 (V14) + 340 (V15) + 450 (V16) + 250 (V17) + 180 (V18) + 328 (V19) + 1440 (V20) + 290 (V21) + 270 (V22) + 300 (V23) + 300 (V24) + 770 (V25) + 300 (V26) >= 1.3286E+07

11. 6.7 (V1) + 10.1 (V2) + 6.3 (V3) + 39.5 (V4) + 7.5 (V5) + 17.5 (V6) + 11.8 (V7) + 6.2 (V8) + 7 (V9) + 11.8 (V10) + 11.6 (V11) + 4.8 (V12) + 64.4 (V13) + 12.5 (V14) + 31.6 (V15) + 7.5 (V16) + 19.3 (V17) + 8.2 (V18) + 95.2 (V19) + 68.4 (V20) + 22.5 (V21) + 7 (V22) + 12.2 (V23) + 8.9 (V24) + 15.6 (V25) + 11.2 (V26) >= 281050

12. 330 (V1) + 150 (V2) + 320 (V3) + 2470 (V4) + 330 (V5) + 300 (V6) + 300 (V7) + 1090 (V8) + 160 (V9) + 110 (V10) + 470 (V11) + 230 (V12) + 470 (V13) + 210 (V14) + 840 (V15) + 300 (V16) + 720 (V17) + 200 (V18) + 1400 (V19) + 210 (V20) + 270 (V21) + 290 (V22) + 180 (V23) + 210 (V24) + 650 (V25) + 320 (V26) >= 3321500

13. 5 (V1) + 10 (V2) + 9 (V3) + 76 (V4) + 16 (V5) + 16 (V6) + 11 (V7) + 15 (V8) + 7 (V9) + 5 (V10) + 12 (V11) + 14 (V12) + 23 (V13) + 11 (V14) + 75 (V15) + 19 (V16) + 53 (V17) + 10 (V18) + 164 (V19) + 15 (V20) + 16 (V21) + 9 (V22) + 7 (V23) + 15 (V24) + 22 (V25) + 10 (V26) >= 71540

14. 50 (V1) + 860 (V2) + 7670 (V3) + 8000 (V4) + 0 (V5) + 0 (V6) + 460 (V7) + 270 (V8) + 0 (V9) + 0 (V10) + 2030 (V11) + 980

(V12) + 1290 (V13) + 540 (V14) + 3830 (V15) + 0 (V16) + 4730 (V17) + 330 (V18) + 493 (V19) + 0 (V20) + 120 (V21) + 30 (V22) + 410 (V23) + 0 (V24) + 130 (V25) + 3000 (V26) >= 33215000

15. .4 (V1) + .6 (V2) + .4 (V3) + 1.3 (V4) + .3 (V5) + .3 (V6) + .5 (V7) + .3 (V8) + .3 (V9) + .6 (V10) + .6 (V11) + .3 (V12) + 2.2 (V13) + .7 (V14) + .8 (V15) + .2 (V16) + .4 (V17) + .5 (V18) + 2.4 (V19) + 2.2 (V20) + .8 (V21) + .7 (V22) + .5 (V23) + .3 (V24) + .6 (V25) + .5 (V26) >= 5110

16. .5 (V1) + .7 (V2) + .6 (V3) + 2.5 (V4) + .4 (V5) + .4 (V6) + 1.3 (V7) + .7 (V8) + .5 (V9) + .6 (V10) + .5 (V11) + .3 (V12) + 1.9 (V13) + 2 (V14) + 2.7 (V15) + .5 (V16) + 2.4 (V17) + 1 (V18) + 8.4 (V19) + 1.8 (V20) + 1.6 (V21) + .6 (V22) + 2.3 (V23) + .6 (V24) + 2.4 (V25) + .6 (V26) >= 7665

17. 5 (V1) + 5.6 (V2) + 9.8 (V3) + 7.8 (V4) + 3.8 (V5) + 4.6 (V6) + 5 (V7) + 6.5 (V8) + 3 (V9) + 59.5 (V10) + 4.8 (V11) + 9 (V12) + 10.1 (V13) + 11.2 (V14) + 11.4 (V15) + 6.1 (V16) + 6.8 (V17) + 11.8 (V18) + 19 (V19) + 3.9 (V20) + 7 (V21) + 6.2 (V22) + 7.8 (V23) + 8.3 (V24) + 31 (V25) + 7.2 (V26) >= 90447

18. 70 (V1) + 200 (V2) + 40 (V3) + 3850 (V4) + 190 (V5) + 50 (V6) + 430 (V7) + 80 (V8) + 170 (V9) + 50 (V10) + 170 (V11) + 740 (V12) + 330 (V13) + 550 (V14) + 280 (V15) + 800 (V16) + 280 (V17) + 60 (V18) + 550 (V19) + 110 (V20) + 640 (V21) + 70 (V22) + 100 (V23) + 270 (V24) + 230 (V25) + 100 (V26) >= 127750

PRODUCTION DE LEGUMES EN SERRES SOLAIRES

NOMBRE DE BENEFICIAIRES: 280 POURCENTAGE DES BESOINS
PERIODE DE LA GESTION: 365 jours NUTRITIONNELS COUVERTS: 5%

VARIETE A PRODUIRE	PRODUCTION EN KG.	COUT PAR KG. EN Bs	COUT D' OPPORTUNITE
OIGNON	5999.999	.74	0
TOMATE	2700	1.8	0
CAROTTE	4000	.55	0
PERSIL	200	.6	0
RADIS	0	1.25	.9948278
BETTERAVE	12913.79	.74	0
CHOU	0	.5	.1682762
CELERI	0	1.5	1.015172
CONCOMBRE	600	.88	0
AUBERGINE	0	.91	.4889655
LAITUE	0	.35	5.5173E-03
MELON	0	3.1	2.742758
PETIT POIS	0	2	1.094139
POIVRON	0	3.2	2.804483
EPINARD	0	1.75	1.316207
FRAISE	0	5	4.425863
BETTE	0	.4	.0810363
ACHOJCHA	0	4	3.770345
CHILI	0	4	3.581521
AIL	0	2	.1627593
CHOU-FLEUR	600	2	0
LACAYOTE	0	3.2	2.85518
LOCOTO	0	2	1.617242
NAVET	1000	1	0
POIREAU	0	2	1.017587
CITROUILLE	0	.5	.1172415

COUT TOTAL = Bs. 23904.2

RANG DE VALEURS DE CONTRAINTE

	PLUS BASSE	PRESENTE	PLUS HAUTE
CONTRAINTE 1	1.526E-05	200	12280.64
CORRESP. COUT	23942.41	23904.2	21596.38
CONTRAINTE 2	0	2400	INFINI
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 3	0	350	INFINI
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 4	1.465E-03	6000	14300.17
CORRESP. COUT	23368.34	23904.2	24645.5
CONTRAINTE 5	0	2700	40150.01

CORRESP. COUT	19733.17	23904.2	81758.02
CONTRAINTE 6	4.883E-04	4000	17960.13
CORRESP. COUT	23643.51	23904.2	24814.03
CONTRAINTE 7	0	600	58215.42
CORRESP. COUT	23475.72	23904.2	65049.57
CONTRAINTE 8	0	600	26427.56
CORRESP. COUT	22926.2	23904.2	66003.12
CONTRAINTE 9	0	1000	25966.67
CORRESP. COUT	23286.96	23904.2	39314.67
CONTRAINTE 10	1.089E+07	1.329E+07	5.838E+13
CORRESP. COUT	20854.93	23904.2	7.449E+10
CONTRAINTE 11	-INFINI	281050	353161.3
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 12	-INFINI	3321500	8501137
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 13	-INFINI	71540	343620.7
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 14	-INFINI	3321500	3.497E+07
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 15	-INFINI	5110	10714.14
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 16	-INFINI	7665	14815.53
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 17	-INFINI	90447	159583.4
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2
CONTRAINTE 18	-INFINI	127750	3291689
CORRESP. COUT	23904.2	23904.2	23904.2

ANNEXE B

CARACTÉRISTIQUES DES SERRES SOLAIRES

B.1 Serre type tunnel

Caractéristiques techniques

Dimensions externes (m)	12.5 x 4.5
Dimensions internes (m)	11.9 x 3.9
Superficie interne totale (m^2)	46.41
Superficie cultivable (m^2)	40
Hauteur maximale (m)	2
Relation volume/aire (m^3/m^2)	1.4
Murs	Briques crues
Couverture	Polyéthylène traitée aux rayons UV
Orientation	N-S

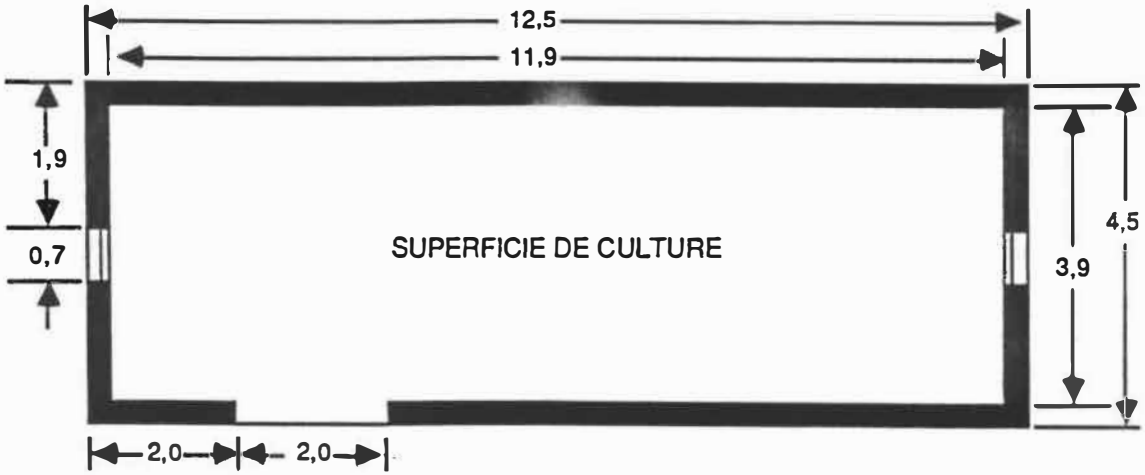
Budget des matériaux

MATÉRIEL	Quantité par serre	Prix Unitaire $ US	Coût total $ US
Fer rond	4 unités de 12 m x 19 mm	8.50	34.00
Fil de fer	5 kg	2.46	12.30
Polyéthylène 78 m		0.85	66.30
Ciment	1 sac	6.00	6.00
Porte et fenêtre (bois)	2 unités	12.20	24.40
Accessoires des portes et fenêtres	3 paires	1.20	3.60
Autres		5.00	5.00
TOTAL			151.60
COÛT PAR m^2		$US	3.25

Apport communautaire

- Pierre pour la construction
- Gravier pour la base et le drainage
- Sable, terre et engrais naturel pour la couche de semence
- Briques crues (600/serre) pour la construction des murs et des coupe-vents
- Papier isolant
- Bois mince et caoutchouc pour retenir le polyéthylène

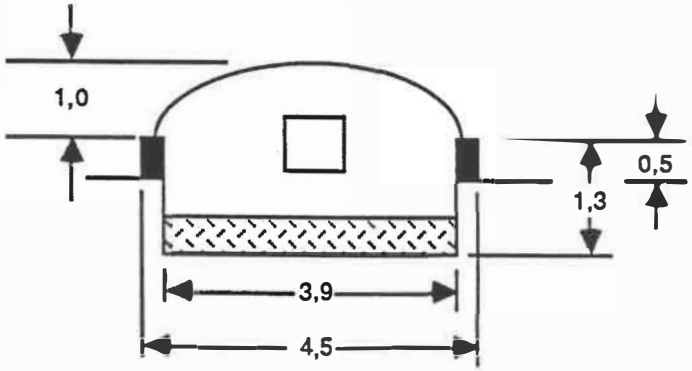
SERRE TYPE TUNNEL



PLAN

Dimensions en metres

COUPE



B.2 Serre type cuvette

Caractéristiques techniques

Dimensions externes (m)	25.0 x 1.6
Dimensions internes (m)	24.4 x 1.0
Superficie interne totale (m^2)	24.4
Superficie cultivable (m^2)	17.08
Hauteur maximale (m)	0.7 (moyenne)
Relation volume/aire (m^3/m^2)	0.7
Murs	Briques crues
Couverture	Polyéthylène traitée aux rayons UV
Orientation	E-O

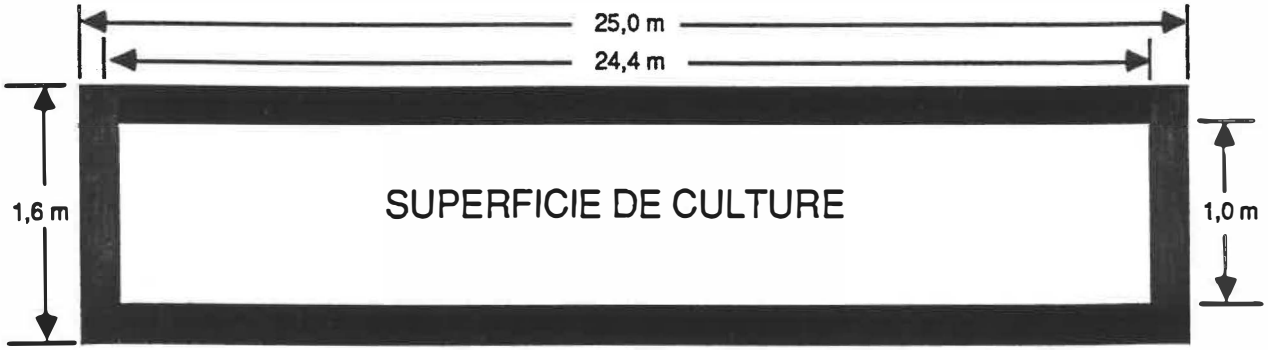
Budget des matériaux

MATÉRIEL	Quantité par serre	Prix Unitaire $ US	Coût total $ US
Planche en bois pour chassis (25mm x 25 mm)	70.8 m	0.30	21.24
Clous (25mm)	6 douzaines	0.30	1.80
Polyéthylène	26 m	0.85	22.10
Ciment	0.5 sac	6.00	3.00
Fenêtre de ventilation	6 unités	1.20	7.20
Accessoires fenêtres	6 paires	1.20	7.20
Autres		3.00	3.00
TOTAL			65.54
COÛT PAR m^2		$ US	2.69

Apport communautaire

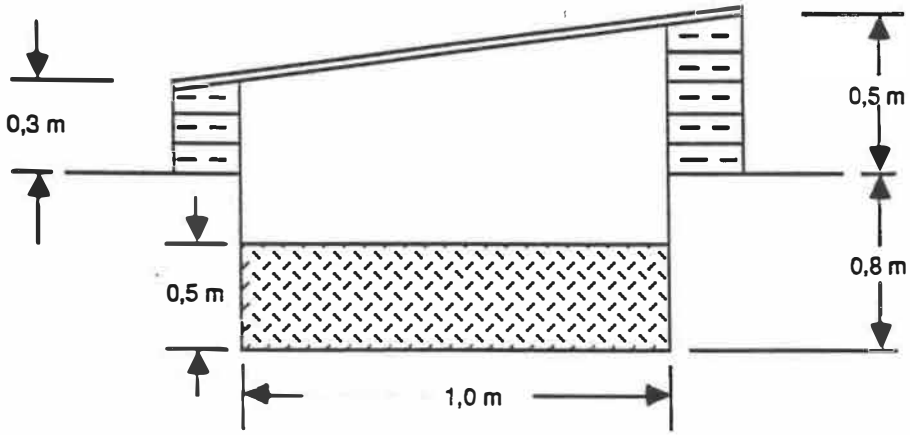
- Pierres pour la construction
- Gravier pour la base et le drainage
- Sable, terre et engrais naturel pour la couche de semence
- Briques crues (500/serre) pour la construction des murs et des coupe-vents.

SERRE TYPE CUVETTE



PLAN

COUPE



APPENDICE 1

RESUMÉ INFORMATIF SUR LA BOLIVIE

1. Généralités

La Bolivie, située au centre de l'Amérique du Sud, partage ses frontières avec le Brésil, le Paraguay, L'Argentine, et le Pérou. Avec une superficie de 1,098,581 km^2 la Bolivie se classe au sixième rang des pays de l'Amérique du Sud.

Sa géographie en est une de contrastes prononcés. A l'Ouest, la cordillère des Andes bifurque en deux cordillères: l'Occidentale et la Royale. Celles-ci enferment un haut-plateau, l'Altiplano, qui se dresse à une altitude variant entre 3,600 m et 3,800 m. L'Altiplano est particulièrement important au développement du pays, tel que nous le verrons plus tard. A l'Est de la région montagneuse se trouve une région de vallées à une altitude d'entre 1,000 m et 2,600 m. Cette région est dotée d'un climat plus doux qui favorise l'agriculture. En tout, la région andine (montagnes et vallées) forme moins de la moitié du territoire, le reste du pays se trouvant dans la zone tropicale.

La population d'environ 6,200,000 se trouve principalement dans la région andine: 70% des boliviens résident dans les villes, les villages miniers, et la campagne de l'ouest du pays. En tout, 30% de la population est urbaine. La forte concentration de la

population dans la région andine est un des facteurs principaux déterminant un développement très différent de l'est à l'ouest du pays. La population économiquement active est estimée à 31%, avec un taux de chômage qui dépasse 50%. L'espérance de vie des boliviens est de 50.8 ans en comparaison avec 75.6 ans pour les canadiens. Le PIB par habitant est de 410 $ US par année[12] (dernier recensement: 1984). Nous pouvons dégager de ces indicateurs que la Bolivie est un des pays les plus pauvres de l'Amérique Latine.

La composition sectorielle du PIB démontre l'importance des secteurs primaires et tertiaires. Le tableau 1.1 nous résume ce profil de l'économie bolivienne.

---

12 WINROCK INTERNATIONAL. Agricultural Development Indicators, Winrock International Institute for Agricultural Development, 4ème édition, 1987, p. 4-5.

Tableau 1.1: **Indicateurs principaux de la structure économique bolivienne en 1987**[13]

Composition du PIB par branche d'activité économique

PRODUCTION DE BIENS		.8%
Agriculture	23.7 %	
Mines	4.1 %	
Industrie manufacturière	11.0 %	
Construction	2.9 %	
SERVICES DE BASE		8.3%
AUTRES SERVICES		43.9%
Autres: commerce, gouvernement, banques, etc.		

2. Agriculture

Par sa géographie, il est facile de diviser le pays en trois différentes zones d'exploitation agricole: l'Altiplano, les vallées, et l'orient. Cependant, il est aussi courant d'entendre parler de deux zones: la zone ou région où la réforme agraire de 1953 a été mise en vigueur (Altiplano et vallées), et une deuxième zone qui n'a pratiquement pas été touchée par la réforme (l'orient ou zone tropicale).

La production de l'Altiplano est restreinte à la production de patates et de cultures indigènes, tels que la quinoa et la canahua, avec en outre l'élevage d'agneaux, de llamas et d'alpacas. Cette région, surpeuplée et pour la plupart aride, ne suffit pas à

---

[13] MULLER et al. opcit, p.4.

s'auto-nourrir. L'agriculture en est une de subsistance, et les surplus doivent être vendus à un coût moindre que celui de production. Une meilleure irrigation et l'utilisation d'espèces améliorées pourraient permettre la diversification de la production. Cependant, le crédit et l'assistance technique sont jusqu'à présent nettement insuffisants.

Dans les vallées, les progrès agricoles sont plus importants dû à l'utilisation de fertilisants et de pesticides pour améliorer la production de blé, de maïs, de légumes, et de fruits. Cette région bénéficie en outre d'une forte production laitière.

Vers l'Est du pays, dans la région tropicale, les fermes sont beaucoup plus grandes. Le climat favorise la culture de coton, de sucre, de riz, de soya, de fèves, de fruits citriques, et de café, ainsi que l'élevage à grande échelle de bétail. Cette région riche en terres arables est utilisée presque exclusivement pour les cultures d'exportation. Ses entreprises agricoles, fortement capitalisées, ne contribuent pas à résoudre les problèmes nutritionnels dont souffre la majorité des boliviens.

3. Mines et hydrocarbures

La production minière est fondamentale à l'économie bolivienne, principalement pour son exportation. Il est donc étonnant de constater qu'elle ne contribue que 4.1% du PIB et n'emploie que 4% de la population économiquement active. La Bolivie est productrice principalement d'étain (26,800 T), d'argent (187 T), de tungstène (3,200 T), de plomb (12,400 T), et d'antimoine (14,000 T).

L'exploitation des ressources minérales a fourni la base de l'économie bolivienne durant le présent siècle; l'étain en a été sa principale exportation. Cependant, ces types d'exportation sont extrèmement sensibles aux fluctuations du cours international des métaux. Depuis 1982, la production commence à décliner. L'épuisement des réserves, le manque de capital et de machinerie, la baisse de l'activité d'exploration, le tout aggravé par des conditions difficiles d'exploitation, ont engendré la débacle de l'économie minière et par conséquent de l'économie bolivienne. Le minérai qui en 1914 se trouvait en concentrations de 16 à 18% en moyenne se trouve réduit à une concentration moyenne de 1%, créant une situation où les coûts de production sont plus élevés que les coûts de vente. En 1986, le gouvernement décide de démanteler la principale entreprise gouvernementale d'exploitation minière (la COMIBOL), afin de parer l'hyperinflation, laissant environ 27,000 mineurs à leur sort (voir graphique en fin d'appendice). La crise de l'éco-

nomie minière en arrive à affecter 200,000 personnes, mineurs ou autres, qui dépendent directement ou indirectement de l'existence de ces centres de production.

4. Energie

La Bolivie est riche en ressources énergétiques. Elle compte d'abondants dépôts de gaz naturel et assez de pétrole pour suffire à ses besoins. Le pays a aussi un énorme potentiel hydroélectrique, principalement dans la zone de l'Amazonie près des Andes. En 1981 le pétrole fournissait 55.6% de l'énergie consommée, le gaz naturel 26.8% et l'hydroelectricité 17.6%. Cependant la consommation d'énergie en Bolivie reste assez basse, soit 428 kg de charbon-équivalent per capita par année. On estime qu'il faut entre 900 et 1,000 kg pour couvrir les besoins minimaux d'une personne.

5. Industrie

Les perspectives d'industrialisation sont limitées par la faible population et par sa pauvreté. Il existe très peu de possibilités pour les marchés d'exportation. L'industrie manufacturière bolivienne se divise en quatre branches:

a) Les industries reliées à l'exploitation des ressources minerales: la fonte de métaux, la manufacture d'équipement des

mines, le raffinage du pétrole, et une petite industrie pétrochimique.

b) Les industries de biens de consommation: la production de textiles, d'aliments, de boissons et de cigarettes, le raffinage de sucre, la moulure de riz et l'industrie laitière

c) La production de biens de consommation durables: Celle-ci est très peu développée. Des ateliers d'assemblage ont été établis par Ford et Renault à Cochabamba. Des usines de fabrication de ciment ont été installées à Sucre, Cochabamba, La Paz et Santa Cruz, mais cette industrie traverse de sérieuses difficultés à cause des coûts de production élevés et le manque de mécanismes de protection commerciale de la part du gouvernement (contrebande et libre importation).

d) La petite industrie domestique: Il existe un grand nombre d'ateliers artisanaux qui emploient très rarement plus de trois ouvriers et qui produisent surtout des textiles (faits à la main), des chaussettes, des vêtements, ou s'occupent de la préparation d'aliments et d'autres activités.

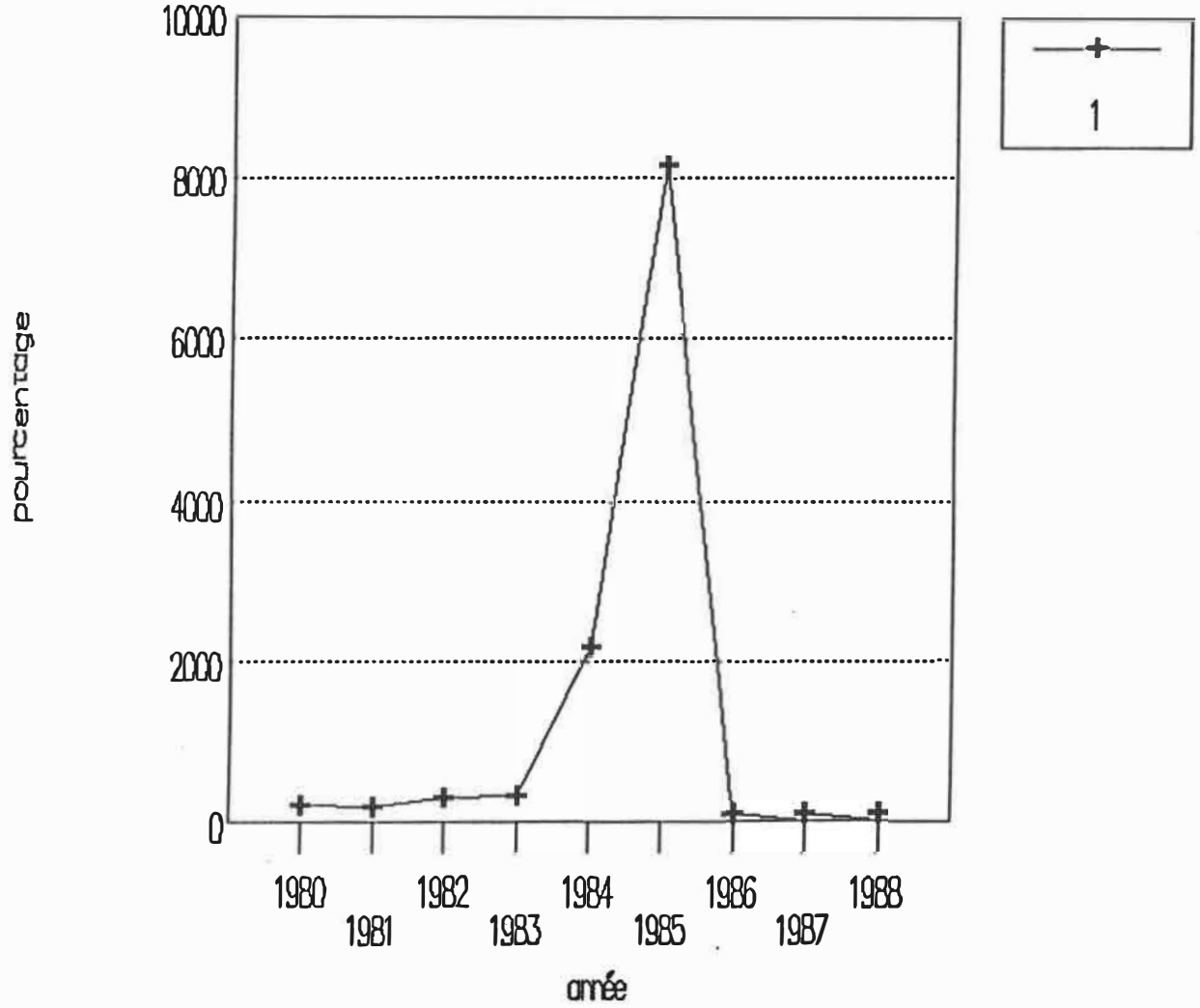
La structure industrielle bolivienne manque d'un enchaînement productif entre les branches et les entreprises, ce qui implique qu'il n'existe pas le lien économique nécessaire pour la stimulation de nouvelles opérations industrielles , ni pour rejoindre

des intérêts collectifs. Le manque de demande réciproque entre les entreprises industrielles fait que toute expansion de la production se traduit par l'augmentation des importations au lieu de créer une demande qui puisse être satisfaite par la production interne du pays.

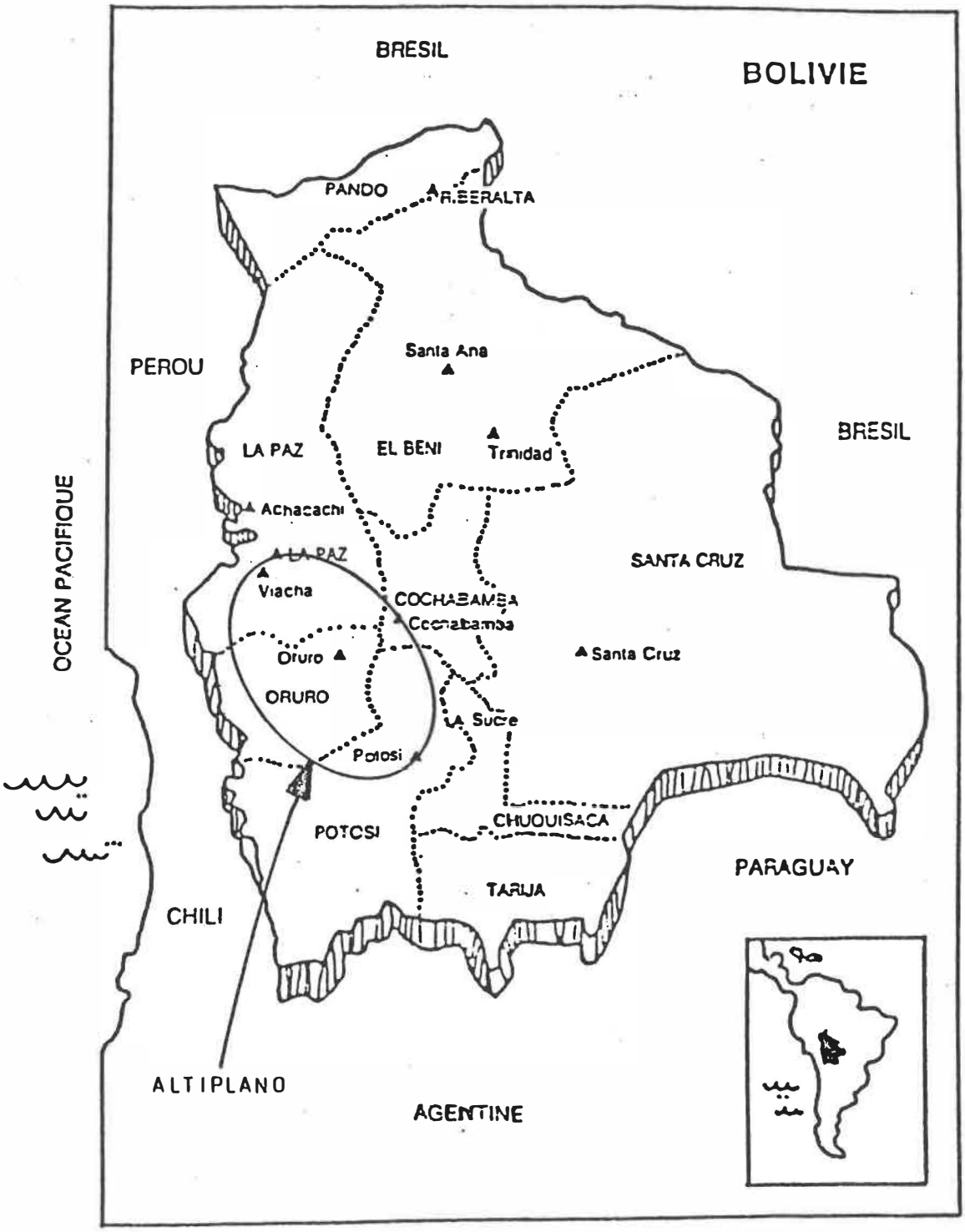
Ce bref résumé de la réalité bolivienne nous permet de comprendre combien il est important d'être très attentif dans la formulation des politiques et stratégies de tout projet à entreprendre. L'environnement avec lequel il faut interagir est particulièrement difficile.

INFLATION BOLIVIE (1980 –1988)

Source: Muller & Asociados



Bolivia


BRESIL
BOLIVIE
PANDO
RIBERALTA
PEROU
Santa Ana
LA PAZ
EL BENI
Trinidad
BRESIL
OCEAN PACIFIQUE
Achacachi
LA PAZ
Viacha
SANTA CRUZ
COCHABAMBA
Cochabamba
Oruro
Santa Cruz
ORURO
La Suce
Potosi
CHUQUISACA
POTOSI
PARAGUAY
TARIJA
CHILI
ALTIPLANO
AGENTINE

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL
3 9334 00290874 5