

LA PAZ - BOLIVIA

1 - 02 - 1996

INFORME No. 50

**PRODUCTION ET UTILISATION DE
COMBUSTIBLES DANS UNE COMMUNAUTE
AGRO - PASTORALE DE L'ALTIPLANO
BOLIVIEN**

**Stéphane AYANGMA
Dominique HERVE**

ORSTOM

L'INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION



INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA

PRODUCTION ET USAGE DE COMBUSTIBLES
DANS UNE COMMUNAUTÉ DE L'ALTIPLANO CENTRAL BOLIVIEN

Stéphane AYANGMA
Dominique HERVE

Cette étude a été réalisée au sein du programme "Jachères et dynamiques socio-économiques dans les Andes : états, représentations et gestion du milieu" ; avec l'appui financier du comité "Systèmes écologiques et actions de l'homme" du programme Environnement du CNRS . Le travail de terrain s'est déroulé dans le cadre de la convention IBTA-ORSTOM "Dynamiques des systèmes de production d'altitude : l'altiplano bolivien".

Décembre 1995
ORSTOM
LA PAZ, BOLIVIE

**PRODUCTION ET USAGE DE COMBUSTIBLES
DANS UNE COMMUNAUTÉ DE L'ALTIPLANO CENTRAL BOLIVIEN**

I. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE ET DE LA ZONE	p 1
1.1 Objectifs	p 1
1.2 Le milieu géographique	p 2
1.3 Révision bibliographique	p 3
1.4 La zone d'étude	p 4
1.5 Méthodes	p 5
II PRODUCTION ET COLLECTE DE BOIS	p 6
II.1 Biomasse ligneuse extraite au labour	p 6
II.2 Mesures de densité de végétation arbustive	p 9
II.3 Essai d'estimation de la biomasse par photo-interpretation	p 17
III PRODUCTION ET RAMASSAGE DES DÉJECTIONS D'ORIGINE ANIMALE	p 22
IV CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE LA COMMUNAUTÉ	p 22
IV.1 Hypothèse de réduction de la durée de la jachère et conséquences sur la production ligneuse	p 25
V PERSPECTIVES D'ETUDES	p 27
BIBLIOGRAPHIE	p 29

PRODUCTION ET USAGE DE COMBUSTIBLES
DANS UNE COMMUNAUTÉ DE L'ALTIPLANO CENTRAL BOLIVIEN

I. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE ET DE LA ZONE

Les communautés agricoles de l'altiplano bolivien ont fait l'objet de nombreuses études dans le domaine agronomique en particulier. Les conditions climatiques rigoureuses du climat de montagne de haute altitude donnent une importance particulière aux ressources ligneuses peu abondantes et à leur utilisation pour la cuisson des aliments. L'utilisation, comme combustible, des déjections animales, de bovins ou de camélidés est une autre caractéristique qui atteste de pratiques de gestion de ces ressources énergétiques inscrites dans les systèmes de productions de ces communautés. La présente étude a été réalisée dans une communauté agro-pastorale de l'altiplano central bolivien, Pumani, pour laquelle nous disposons de nombreuses données et résultats d'études sociologiques et agronomiques antérieures.

Les travaux de terrain se sont déroulés entre les mois de mars et septembre de l'année 1995. Nous avons commencé ceux-ci par le suivi des la bours et de l'extraction des arbustes qui permettent la constitution des réserves de bois pour la majeure partie de l'année. L'arrivée de l'hiver et des premières gelées, au mois de Juin, facilitent le ramassage des bouses et la constitution des réserves près des habitations. Nous avons suivi la consommation hebdomadaire de bois à partir du mois de mai et celle de bouses à partir du mois de juillet. Les mesures de densité de végétation arbustive ont été effectuée durant la saison froide et sèche.

1.1 Objectifs

Deux principaux objectifs sont visés au travers de cette étude :

- Une meilleure connaissance des modalités d'approvisionnement et de consommation des combustibles, utilisés essentiellement pour la cuisson des aliments, au sein d'une communauté rurale de l'altiplano central Bolivien.
- Une estimation de la biomasse arbustive extraite comme combustible et de la croissance de cette composée arbustive (*Baccharis sp.*), appelée t'ola dans la région, sur le terroir de la communauté agricole choisie.

L'étude doit apporter des éléments de réponse à une problématique plus vaste centrée sur la durée de la période de jachère et sur les contraintes qui limitent ou limiteraient l'adoption de systèmes culturaux supposant une réduction de la période de non culture des terres. Parmi ces contraintes, la disponibilité en bois de feu pour la consommation domestique doit être particulièrement étudiée car ce combustible provient uniquement des terres de jachère de la communauté.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

Étude de l'offre en combustible :

- Mesures sur des parcelles labourées des stocks de bois vert constitués.
- Estimation des rendements moyens par hectare et du stock moyen par famille ; ces mesures sont conduites lors de la saison des labours, période où se constituent dans les communautés les stocks de bois de feu.
- Étude de la relation nombre de pieds-densité-couverture du sol . En particulier, des mesures seront effectuées sur des parcelles en jachère de 5 à 6 ans, afin de tester l'effet sur la végétation d'une jachère de cette durée. Un travail de photo-interprétation sera effectué à partir de vues aériennes pour estimer la biomasse présente et sa dynamique de croissance.
- Étude de l'influence de certaines pratiques culturales sur la recolonisation par la végétation spontanée : semis en ligne ou à la volée lors de la dernière année de culture avant repos et influence du labour au tracteur.

Étude des besoins en combustibles :

- Suivi de la consommation de bois et de bouses de vaches séchées par mesures hebdomadaires auprès de familles sélectionnées.
- Estimation des temps de travaux consacrés au ramassage de la t'ola, en dehors des labours, et modes d'organisation de cette activité.
- Enquête de consommation sur l'utilisation des combustibles de substitution (gaz principalement), nombre de familles concernées dans la communauté, fréquence et période d'achat.
- Détermination d'un bilan énergétique au niveau de la communauté.

1.2 Le milieu géographique

L'altiplano central est situé entre les chaînes orientale et occidentale de la Cordillère des Andes qui traversent du Nord au Sud la Bolivie; s'étendant sur une surface de 40 000 km² environ, entre le Lac Titicaca au Nord et les lacs Coipasa et Poopo au Sud, cette région se caractérise par des altitudes supérieures à 3900 m. Les sommets des chaînes qui la bordent dépassent 6000 m d'altitude. Le climat de l'altiplano présente des facteurs limitants pour les activités agricoles : les précipitations annuelles varient de 300 à 500 mm, légèrement supérieures au Nord et plus réduites au Sud de la zone. La température moyenne annuelle est de 8° C et le nombre de jours de gelées atteint 170 sur une année.

Les communautés agricoles de la région se dédient principalement aux cultures de pommes de terre, d'orge et de quinoa (*Chenopodium quinoa*) et à l'élevage d'ovins et de bovins. L'élevage de camélidés (lamas et alpacas) est peu représenté sauf dans l'altiplano Sud Bolivien. L'élevage de bovins, en particulier pour la production laitière, est en expansion croissante ce qui se traduit par une extension des parcelles privées consacrées à la culture de l'orge ou à des fourrages améliorés. Les terres collectives des communautés ont vu leur importance relative décroître au cours des dernières décennies au profit des terres privées. De même les durées de jachère sur ces terres collectives ont diminué au cours de cette période. La pression démographique, l'augmentation des cheptels ainsi que vraisemblablement un processus d'épuisement des sols

se traduisent par un accès plus limité à la terre (diminution des surfaces moyennes des exploitations), une baisse des rendements pour certaines cultures (Banque mondiale, 1993) et par une émigration importante vers les centres urbains ou vers les nouvelles frontières agricoles telle que la région du Chapare spécialisée dans la production de coca (*Erythroxylon coca*).

1.3 Révision bibliographique

Les communautés rurales de l'altiplano bolivien et sud péruvien dépendent presque exclusivement des combustibles végétaux et d'origine animale pour la cuisson des aliments. Les principales espèces ligneuses utilisées sont *Parastrephia sp.*, et *Baccharis sp.* ; ces espèces recolonisent spontanément les terres de jachère. Les combustibles de substitution (gaz, kérosène) ne sont que peu utilisés pour des raisons de coût et de difficultés de transport; 92 % de l'énergie domestique provient des combustibles traditionnels en zones rurales de l'altiplano bolivien selon Meza (1988).

La révision bibliographique montre qu'il n'existe que peu de travaux publiés relatifs à des études de terrain sur les ressources et la consommation énergétiques des communautés agricoles de la région. Les données avancées dans les travaux concernant la situation énergétique de cette région ou d'autres régions andines sont des estimations d'ordre général, reprises successivement par toutes les études. Par contre, la commercialisation des combustibles (bois et bouses) a été mieux étudiée car plusieurs secteurs de l'activité artisanale et industrielle actuelle (boulangerie, briqueterie, fours à chaux...) et passée (industrie minière, transport ferroviaire) dépendent ou ont dépendu de ces ressources. Une étude récente sur la consommation énergétique des briqueteries et petites industries telles que les fours à chaux ou à plâtre (S.E.I., 1995) montre que sur l'altiplano, l'utilisation de bois et de bouses séchées reste la pratique commune quasi exclusive. La consommation annuelle de bois sur l'altiplano atteindrait 650 000 m³ et celle de bouses 500 000 m³ selon une étude de l'O.E.A. (1985). Selon Duran (1990), la croissance de la consommation de biomasse (bois et bouses) atteindrait 15 % entre 1990 et l'an 2000.

La consommation d'énergie commerciale (gaz, kérosène et électricité) dans les zones rurales représenterait 2 % du total consommé de Bolivie. Toujours selon Duran (id.), 6,6 % des foyers ruraux boliviens utiliseraient le gaz. Selon Meza (1988), sur l'altiplano, 92 % de l'énergie domestique provient du bois et des bouses. Au niveau national enfin, 37 % de l'énergie totale consommée provient du bois et 4 % de la combustion des bouses selon une étude de l'O.E.A. (1985). Meza (id.) citant des données du diagnostic forestier de Bolivie, écrit que les nécessités annuelles de bois sur l'altiplano seraient de 0,95 m³ à 1,6 m³ par habitant et par an alors que les disponibilités n'excèdent pas 0,2 m³ par habitant. Ce sont donc la végétation arbustive et les bouses de bovins qui couvrent cette demande. Les espèces principales utilisées sont les suivantes : *Baccharis microphylla*, *Baccharis sp.*, *Lepidophylla quadrangulare*, *Parastrephia sp.*, *Satureja parvifolia*, *Satureja boliviana* et *Achyrodine alata* (Meza, id.).

La productivité moyenne de matière ligneuse des formations à *Baccharis sp.* et *Parastrephia sp.* serait de 459 kg MS/ha Meza (id.) et de 557 kg MS /ha selon Zeballos et Alzérecca (1988) qui réalisèrent une étude de rende-

ment des prairies à *Parastrephia Lepidophylla* dans une communauté de l'altiplano central.

On ne dispose que de très peu de données locales sur la production de bouses par les animaux. Un bovin de 300 kg produirait environ 3,5 kg MS par jour soit 1277 kg MS par an (Hervé *et al.* (a), 1994). Selon Morodias (1994), 45 % des quantités excrétées seraient stockées et brûlées, le reste serait déposé directement par les animaux dans les champs (35 %) ou apporté par les agriculteurs comme fertilisant (20 %). D'autres données (F.A.O., 1980) permettent d'estimer la production annuelle d'excréments d'un bovin de 300 kg à 8100 kg avec un taux d'humidité de 80 % soit une production annuelle de matière sèche de 1620 kg. Lhoste et Richard (1994) retiennent les normes suivantes pour une unité de bétail tropical (UBT) de 250 kg de poids vif : une production de déjections de 1000 kg MS/an pour une ingestion moyenne de 2300 kg MS (6,25 kg MS par jour).

Selon la F.A.O. (1980), la consommation domestique serait de 2,5 kg équivalent de bois par jour et par habitant, soit 7175 kg cal. Cette consommation représente 3,43 kg de bouses sèches par jour en estimant le pouvoir calorifique des bouses à 2092 kg cal/kg. L'étude réalisée par la S.E.I. (id..) donne un chiffre plus élevé, 12 MJ/kg MS soit 2867 kg cal/kg et le taux d'humidité des bouses utilisées atteindrait 15 %. La bouse de bovins serait préférée à celle des camélidés et des ovins qui donnent de mauvaises odeurs aux aliments selon Ranaboldo (1990). Pasetti-Bombardella (1985), après une étude dans une communauté de l'altiplano Sud péruvien, avance une consommation moyenne de 668 kg de bois par an par habitant, soit 1,83 kg par jour. Hervé *et al.* (a) (1994) qui a relevé des données de la communauté de Pumani, propose une fourchette de 460 à 690 kg de bois consommés par famille et de 1584 à 5628 kg de bouses consommées annuellement selon la taille des familles observées (de 3 à 9 personnes). Selon Thomas (1972) cité par Morlon (1992), jusqu'à 11 000 kg de bouses seraient brûlés annuellement pour des foyers de l'altiplano Sud péruvien dans la communauté de Nuñoa, située dans une zone très froide au pied des glaciers de la cordillère et où les ressources végétales ligneuses sont absentes. Selon Kervynet *al* cité par Morlon (1992), dans les communautés où il existe quelques arbres et arbustes, à une altitude moins élevée, la proportion de déjections utilisées comme combustible devient moins importante, entre 6 et 18%.

La révision bibliographique apporte peu de données provenant d'enquêtes de terrain qui permettraient de relier les consommations de combustibles à d'autres paramètres tels que la surface dont disposent les agriculteurs, le rendement des jachères en matière ligneuse ou la composition de leurs troupeaux.

1.4 La zone d'étude

La communauté agricole de Pumani

La communauté agricole de Pumani située sur l'altiplano central a été choisie pour la réalisation de cette étude portant sur la production et la consommation de combustibles utilisés pour la cuisson des aliments. Cette communauté fait l'objet d'une étude des caractéristiques du système agraire en

place et plus spécifiquement de la jachère des terres cultivées. Des données relatives aux surfaces cultivées annuellement, à la composition des troupeaux bovins et ovins ainsi qu'à la démographie de cette communauté ont été recueillies antérieurement et utilisées dans le cadre de cette étude.

La communauté de Pumani est située dans la province Aroma du département de La Paz. Elle est éloignée de cent km environ de la capitale du pays et les communications sont aisées en toutes saisons.

La communauté de Pumani comptait au dernier recensement de 1992 environ 188 familles résidentes et 668 personnes. La superficie totale de la communauté est de 6 880 ha environ. La surface consacrée aux terres collectives (**aynuqa**) sur lesquelles se pratiquent une jachère de 10 ans était en 1955 de 4 747 ha selon Hervé (1994). Ces surfaces d'**aynuqa** tendent à diminuer et sont, en 1995, inférieures à celles de 1955. Elles seraient de l'ordre de 4000 ha. Les terres réservées aux parcelles privées sont majoritairement situées dans les zones planes généralement près des petits cours d'eau permanents ou saisonniers. Les terres d'**aynuqa** sont situées principalement sur les collines. Le cycle cultural pratiqué comporte trois années de culture, la pomme de terre, la quinoa et l'orge suivies de dix ans de jachère. Le pâturage est interdit dans l'**aynuqa** jusqu'à la récolte. Celle-ci achevée, les agriculteurs peuvent y emmener leurs troupeaux bovins puis ovins paître les chaumes d'orge ou de quinoa. A l'inverse, dans les **sayaña**, seul le troupeau appartenant au propriétaire de la parcelle a le droit d'y paître après la récolte.

La gestion communautaire d'une partie du terroir de la communauté est soumise à la pression résultant de l'accroissement démographique et de la volonté de certaines familles de développer leur élevage bovin.

La topographie et les sols

La communauté de Pumani est située en bordure d'une zone de collines et d'affleurements rocheux. Les terres privées ou **sayaña** sont situées le long des rivières qui traversent la communauté (carte n°1).

Les terres gérées collectivement, ou **aynuqa**, sont localisées sur les collines et les pentes. Les pentes sont souvent prononcées, de 20 à 40 %. Des zones d'érosion importantes, provoquées par le ruissellement superficiel sont localisées dans les parties hautes des flancs de collines et le long des ravines. L'érosion éolienne laisse également des surfaces à nu sur le haut des pentes.

Les sols sont qualifiés de limono-sableux à francs (Hervé (a), 1994). Les sols des **sayaña** situés dans les zones basses ou en bas de pente présentent une texture équilibrée (limono-argileux-sableux) tandis que les sols des **aynuqa** sur les pentes présentent une texture plus grossière (limono-sableux). Le contenu d'argile est peu élevé et varie de 10 à 22 % selon les sols.

La topographie est indiquée sur la carte n°2. Ce document a été élaboré sur micro-ordinateur avec le logiciel Adobe TM v.5 sur la base d'un document topographique du service de l'Institut Géographique Militaire (IGM).

I.5 Méthodes

Mesures de biomasse ligneuse

L'étude de la production de combustibles a été réalisée en mesurant les quantités de bois vert collectées lors des labours durant les mois de mars et avril 1995. Dans le cadre du système traditionnel d'exploitation des terres col-

lectives (*aynuqa*), la zone du terroir désignée pour la réalisation des cultures a été l'*aynuqa* de Kantiriya qui s'étend sur une superficie de 300 ha environ (voir carte n°1). La végétation arbustive est extraite lors du labour, après le passage de l'araire qui déracine les plants, puis ramassée à la main, mise en fardeaux et transportée jusqu'aux habitations. Le stock de bois, pour la majeure partie de l'année, est constitué lors des labours. Les relevés ont donc porté sur les quantités de bois vert collectées et transportées. L'arrachage de la végétation amorcée par l'araire et achevé manuellement laisse les pieds avec une partie de la racine pivot, généralement d'une longueur de 15 à 20 cm. la mesure porte donc sur le poids de la partie aérienne et de la racine pivot restante qui constituent la biomasse utile que nous mesurons. Lors des collectes occasionnelles, l'arrachage s'effectue en utilisant une pioche pour déterrer le plant et couper la racine principale.

Mesures de production de bouses

La production de bouses de bovins a fait l'objet de quelques mesures nocturnes et diurnes. Les animaux sont emmenés chaque jour aux pâturages et mis au piquet chaque nuit près de la maison. Le stock de bouses est constitué principalement lors de la saison sèche et froide par le ramassage des bouses dans les pâturages privés et autour de l'habitation. La pesée des déjections a été effectuée chez un agriculteur possédant 4 vaches. Les animaux ont été gardés au piquet dans la journée également afin de permettre une individualisation des déjections.

Les réserves de bouses séchées auprès des maisons ont fait l'objet de mesures ponctuelles de volume entre les mois de juillet et septembre.

Mesures de consommation

Les mesures de consommation de bois et de bouses ont été faites sur une base hebdomadaire auprès de cinq exploitations. On isole du stock principal une part de celui-ci, tant pour le bois que pour les bouses. Ces réserves, sont pesées et l'on revient une semaine après peser le stock restant. On ne prend pas en compte les quelques pieds de *Baccharis sp.* nommé t'ola dans la région, et les bouses qui peuvent être gardés, près du foyer car on assume que ces quantités restent constantes, les femmes ayant ainsi toujours à portée de main du combustible. Nous avons également effectué des mesures ponctuelles de consommation journalière.

II PRODUCTION ET COLLECTE DE BOIS

II.1 Biomasse ligneuse extraite au labour

Les mesures ont été faites après le labour sur les parcelles de l'*aynuqa* de Kantiriya. Les agriculteurs rassemblent les pieds en tas dans le champs pour en faire des fardeaux qui seront chargés sur les ânes pour le retour à la maisonnée en fin de journée. Nous avons pesé ces fardeaux avant leur chargement. Selon la qualité du labour (araire ou charrue à disque tractée, profondeur du labour), il peut rester en terre une part de la végétation qui sera ramassée à la suite du passage de l'araire lors de la plantation des semences de pommes de terres. Les plus petits pieds de t'ola (hauteur inférieure à 10 cm) ne sont pas ramassés car ils sont enfouis ou n'intéressent pas les agriculteurs.

Nous avons tenté de mesurer l'influence du labour au tracteur sur le volume de bois ramassé. Des mesures effectuées sur deux parcelles labourées au tracteur semblent indiquer qu'une part importante de la végétation est enfouie et sera ramassée (tout au moins enlevée du champ) ultérieurement. Ces deux parcelles (K9 et K11) sont contiguës aux parcelles K2, K3 et K4 et situées en bas de pente. Sur ces dernières parcelles, le poids de la biomasse collectée est 2 à 2,5 fois supérieure par unité de surface (tableau n°1). Les agriculteurs interrogés confirment que les labours au tracteur enfouissent beaucoup de t'ola. L'observation des travaux aux champs nous a montré que le travail de collecte des arbustes est effectué avec soin par l'agriculteur et sa famille. Il ne reste après ramassage que de petits pieds enfouis et rarement quelques pieds plus grands qui n'ont pu être arrachés. Dans le cas des labours effectués au tracteur, un grand nombre de pieds sont enfouis et même après le passage de l'araire lors du semis, une part d'entre eux ne sera pas ramassée. On notera que les parcelles labourées au tracteur sont généralement de taille supérieure à la moyenne et que leurs propriétaires peuvent satisfaire leur besoin en t'ola sans avoir à ramasser jusqu'aux plus petits plants.

Tableau n° 1: Biomasse mesurée de 10 parcelles après labour

Parcelle	Surface (m ²)	Labour	Bois vert (kg)	kg/ha
K1	400	yunta	30,2	755
K2	2308	yunta	308,4	1336
K3	360	yunta	69,6	1993
K7	3968	yunta	448	1129
K8	2000	yunta	70	350
K9	1800	tracteur	80	444
K11	4800	tracteur	184	383
K14	1100	yunta	160	1454
K18	3500	yunta	280	800
K20	1900	yunta	220	1157

Le second passage croisé d'araire peut permettre de collecter quelques pieds supplémentaires mais on constate à l'observation des parcelles, dès la fin du premier labour, qu'il ne subsiste que peu de pieds. Selon les agriculteurs, la t'ola est "mauvaise" pour la pomme de terre car elle "amène" des vers. Des larves de *Premnotrypes latitorax* se concentrent en effet dans le micro milieu racinaire plus humide de la t'ola. L'arrachage de la t'ola semble représenter une corvée supplémentaire dont ils s'affranchiraient volontiers à écouter le commentaire des agriculteurs. Ainsi même lorsque ceux-ci n'ont besoin que d'une partie de la récolte de bois, cas peu fréquents mais observés, ils nettoieront complètement leurs parcelles. L'excédent de bois non transporté sera laissé à disposition d'autres familles ou brûlé (2 cas ont été observés). A la fin des labours, les terres sont entièrement nettoyées et seuls subsistent quelques plants qui délimitent les parcelles ou le long des chemins et des ravines. Pour les agriculteurs, une parcelle bien préparée doit être très propre et le soin mis au nettoyage de la parcelle influera sur les rendements espérés.

Le rendement moyen par hectare, selon les données recueillies est de 980 kg de bois vert. La biomasse ligneuse totale de *Baccharis incarum* sur ces parcelles de l'**aynuqa** de Kantiriya est légèrement supérieure à ce résultat car les petits plants généralement d'une hauteur inférieure à 10 cm n'ont pas été collectés et d'autres sont restés enfouis. Nous avons observé au moment du semis le ramassage des quelques pieds oubliés. Pour une parcelle qui avait fourni 300 kg de bois vert lors du labour, 21 kg supplémentaires ont été ramassés lors de la plantation.

Détermination du taux d'humidité

10 pieds sont prélevés puis séchés à 105 C°. Le taux d'humidité moyen est de 52 % avec un CV de 5%. Ces pieds ont été prélevés en début de saison sèche au mois de mai dans l'**aynuqa** de Irupata (4 ans de jachère). Le taux d'humidité du bois utilisé dans les foyers est variable selon la saison et sa durée de séchage à l'air libre de celui-ci. Nous avons mesuré sur 9 pieds provenant d'un seul foyer un taux d'humidité moyen de 8 % (CV de 7%). Ce taux mesuré en saison froide et sèche est plus élevé en saison humide.

Le rendement en poids sec est donc de 509 kg/ha sur les parcelles étudiées si l'on retient ce taux d'humidité moyen de 52 %.

Nous avons également pesé sur ces pieds secs la masse foliaire. Celle ci représente 27 % du poids de la partie extraite pour les 10 pieds ayant fait l'objet d'une mesure du taux d'humidité. Après plusieurs mois de stockage à l'air libre, les feuilles sèches se détachent des brindilles et tombent au sol. Les agriculteurs qui peuvent constituer des réserves importantes ont du bois stocké depuis plus d'une année ; ces réserves sont aisément distinctives car les pieds ont pris une couleur noirâtre et les feuilles ont disparu. Seule, une petite minorité d'entre eux disposent des surfaces suffisantes permettant de constituer des stocks couvrant plus d'une année de consommation. En conséquence les mesures effectuées sur les stocks constitués après le labour représenteront correctement, au niveau de la communauté, les quantités consommées.

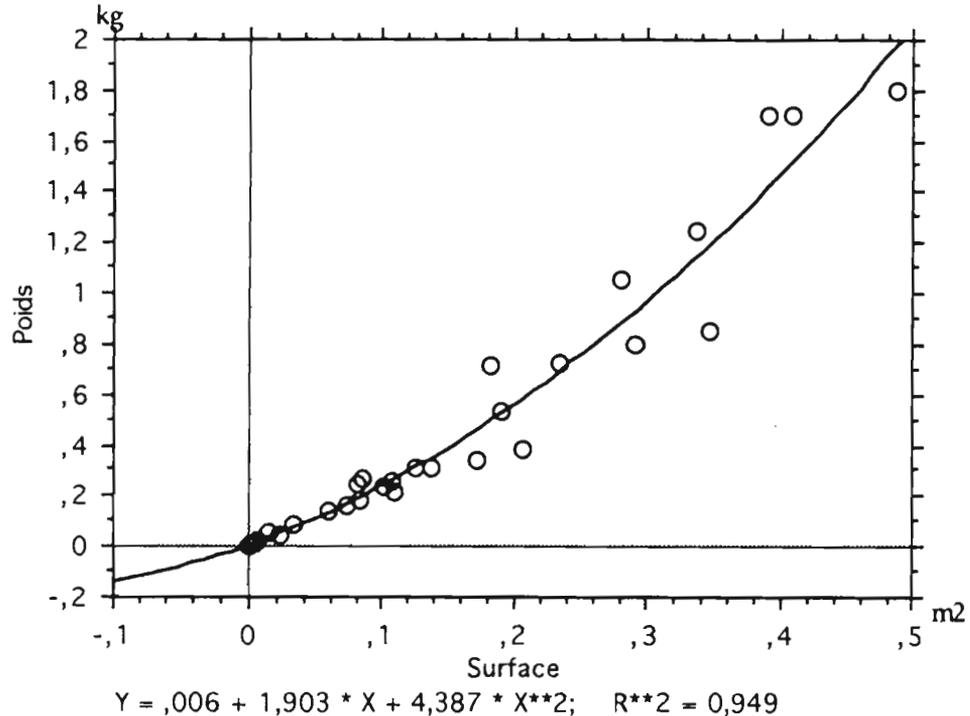
Relation surface de la couronne-poids

L'étude de la relation entre la surface de la couronne foliaire et le poids de la plante vise à déterminer des biomasses à partir de mesures aisément réalisables. Cette méthode a été appliquée pour *Parastrephia lepidophylla* pour laquelle la surface de la coupe a été assimilée à une ellipsoïde. Les équations de prédiction de rendement (poids du pied) ont été déterminées pour 3 catégories de plants (petits, moyens et grands) par Zeballos et Alzerecca (id..). Dans le cadre de cette étude, nous avons déterminé une équation générale à partir de mesures réalisées sur 24 pieds extraits au labour dans 4 parcelles de l'**aynuqa** de Kantiriya. Les pieds extraits au labour ne contiennent qu'une partie du système racinaire, la racine pivot étant généralement sectionnée à une profondeur de 15 à 20 cm. La détermination de la surface projetée au sol de la couronne s'est effectuée en mesurant le plus grand et le plus petit diamètre. Les plants ont été pesés au champs. Nous avons dans une première phase retenu une relation linéaire entre la surface et le poids. Cette relation n'était pas adaptée aux petites valeurs et une équation de régression polynomiale a été déterminée avec le logiciel Statview v.4.

Le graphique n°1 montre la relation existante entre ces deux paramètres. Le coefficient de régression (R=0,95) indique non seulement une relation

élevée entre ces paramètres, mais également que le sectionnement de la racine pivot due au labour se fait au dessous d'une certaine épaisseur (1 à 2 cm de diamètre) de façon à peu près constante. Par contre, après un labour au tracteur, on observe des plants sectionnés au hasard au niveau de la racine comme au niveau de la partie aérienne.

Graphique n° 1 :Relation surface de couronne - poids



Il convient de préciser que nous avons choisi des plants présentant un aspect végétatif satisfaisant pour l'étude de cette relation. Hors, un processus de dégénérescence des pieds s'observe après une dizaine d'années. Ils prennent alors un aspect rabougris et les branches meurent progressivement. La régression montrée entre la surface projetée au sol de la couronne foliaire et le poids du plant ne serait vraisemblablement plus valide pour des plants âgés entrés en dégénérescence.

II.2 Mesures de densité de végétation arbustive

Nous avons procédé à des mesures de densité sur cinq **aynuqa** dont Kantiriya afin d'estimer la biomasse ligneuse en utilisant la relation établie entre la taille du plant (surface projetée au sol de la couronne foliaire) et le poids. Nous avons choisi de classer les plants en trois tailles afin de réaliser un comptage rapide sur les parcelles de Kantiriya. Nous avons modifié par la suite, pour les autres **aynuqa**, les limites de classes car la première classification n'était pas adaptée pour les jachères jeunes où se distingue parfaitement la régénération de *Baccharis sp.* formée par des plantules non lignifiées.

Mesures dans l'*aynuqa* de Kantiriya

Sur 8 parcelles avant labour, nous avons réalisé des comptages de plants. 2 ou 3 classes de plants ont été visuellement distinguées suivant la hauteur du pied et la surface de la partie aérienne. Ces mesures ont été faites soit sur des champs contiguës à des parcelles labourées, soit sur des portions de parcelles non labourées.

Les limites de classes sont basées sur l'utilisation des plants par les agriculteurs. Les plants de la classe inférieure, qui constituent la régénération, ne sont pas transportés ; ils sont généralement enfouis et les agriculteurs les ramasseront et occasionnellement les brûleront dans les parcelles. La classe supérieure comprend les plants qui sont systématiquement ramassés, sauf si l'araire n'a pu permettre ou faciliter l'extraction. Les plants de la classe intermédiaire, s'ils sont collectés par les agriculteurs, présentent moins d'intérêt.

Ces derniers avouent préférer les gros pieds car la partie ligneuse est plus importante. La quasi totalité des agriculteurs collectent néanmoins tous les pieds de cette classe pour le combustible.

La classification ainsi définie doit permettre de rendre compte de la dynamique d'évolution de la biomasse ligneuse dans les jachères pour une première approche. Une étude écologique plus fine pourrait mettre en oeuvre d'autres méthodes telle que le comptage des cernes de croissance sur les pieds de *Baccharis incarum* déjà employée par Vidaurre Espinoza (1994). Cette méthode permettrait d'établir une meilleure relation de la biomasse avec l'âge des plants. Le tableau n°2 présente les données obtenues dans l'*aynuqa* de Kantiriya. Le graphique n°2 montre la représentation des classes rapportée à la moyenne par hectare.

Tableau n° 2 : Nombre de pieds par classe

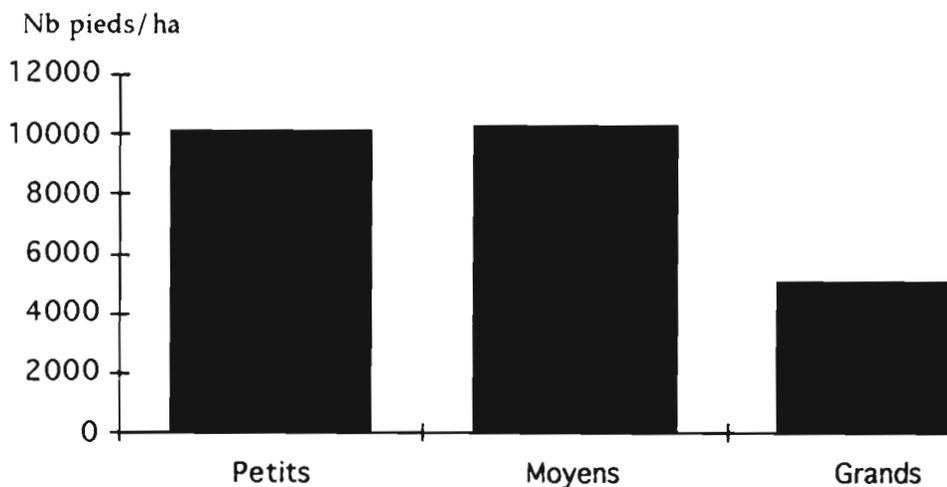
Parcelle	Surf. (m ²)	0-13 cm	13-22 cm	> 22 cm	Total P.	dens.. /ha
K1 T	200	-	221	93	314	15 700
K3 T	200	47	113	108	258	12 900
K3 Tb	135	21	35	60	116	8 592
K4	270	366	230	133	729	27 000
K6	50	209	158	13	380	76 000
K7 T	37,5	17	40	17	74	19 733
K10	25	38	21	17	76	30 400
K14T	40	7	15	29	51	12 750

On constate une régénération importante dans la majorité de ces parcelles. La parcelle K6 constitue un cas particulier car les sillons, tracés à l'araire, sont restés très apparents après 10 ans de jachère. La régénération s'est donc installée densément dans les creux de ceux-ci. Le nombre de grands pieds est réduit. On peut supposer une concurrence forte entre les pieds de *Baccharis sp.* mais aussi avec les espèces herbacées présentes qui limitent la croissance des individus.

La parcelle K14 T située au haut de pente présente une régénération peu importante. Une explication peut être avancée ; située en haut de pente et près d'un chemin de passage des troupeaux, elle est dégradée par ceux-ci. Les plants de *Baccharis sp.* et surtout les plus jeunes sont consommés par les animaux (Genin et Fernandez, 1994). La proportion de *Baccharis sp.* ingérée par les ovins s'accroît en saison sèche, jusqu'à 12,7 % de la diète alors qu'elle est nulle en saison humide durant laquelle les jeunes pousses de plantes annuelles ou pérennes sont préférées (*Erodium cicutarium*, *Oxalis bisfracta*, *Trifolium amabile*, *Tarasa tenella*, *Bouteloua simplex*, *Nasella pubiflora* ...)

On constate également que les parcelles situées en bord de route, où transitent les troupeaux, ont une très faible régénération et peu de grands pieds (voir photographie n° 2 en annexe), ce qui peut être vraisemblablement attribuée à la déprédation par les animaux. C'est également en bordure de chemin que les habitants auront tendance à extraire des pieds pour leur besoins. Mais le comptage des pieds manquants, arrachés à la pioche par les agriculteurs et laissant une trace très visible, ne semble pas expliquer ces différences avec les parcelles plus haut sur la colline..

Graphique n°2 : Classes de *Baccharis incarum* à 10 ans



Le graphique n°2 montre un déséquilibre pénalisant la classe des pieds les plus grands. Le choix de classification pourrait expliquer cette représentation mais on doit considérer que lors de la colonisation de la jachère par *Baccharis sp.*, l'implantation se fait massivement dès que les conditions climatiques favorables apparaissent, ce qui peut tarder plusieurs années. En conséquence, la classe supérieure devrait être la mieux représentée sur une jachère de 10 ans si n'intervenait pas le processus de vieillissement des plants. La mort progressive des pieds et la réduction de la couronne foliaire des pieds âgés expliquent cette distribution des classes. L'observation de la végétation dans ces parcelles montre également que les plants des classes inférieures souffrent d'un mauvais développement végétatif (couleur noirâtre de l'écorce, couleur verdâtre à brune des feuilles). Cet état végétatif doit être opposé à celui remarqué dans les jachères jeunes (2 à 5 ans) où les plants profitent de l'effet des

vaux cultureux. Le manque d'étude et d'informations sur l'écologie et la physiologie de l'espèce nous limitent à avancer l'hypothèse de conditions favorables d'enracinement sur les sols récemment travaillés qui offrent une meilleure aération et pénétration des eaux de pluie.

Biomasse ligneuse dans les autres aynuqa

L'estimation de la biomasse moyenne sur les jachères âgées ne peut se baser uniquement sur les valeurs de Kantiriya car les variations de densité de végétation sont vraisemblablement liées aux différents types de sols. Afin de déterminer la densité arbustive dans les autres **aynuqa**, nous avons effectué des comptages par classe de diamètre sur les **aynuqa** de Qasilla, Warisunt'isina, Irupata, Parquma. Ces **aynuqa** ont respectivement 1, 3, 4, et 6 ans de jachère. Des mesures additionnelles ont été effectuées également dans l'**aynuqa** de Kantiriya avec cette nouvelle classification.

Nous avons retenu des limites de classes de diamètres différentes de celles utilisées pour l'**aynuqa** de Kantiriya car ces dernières ne permettaient pas de rendre compte de l'apparition de la régénération ni de distinguer les plants de 4 ou 5 ans dépassant 22 cm de diamètre des plants plus âgés en dégénérescence. Ce changement nous est apparu nécessaire après observation de la végétation dans ces **aynuqa**. Des mesures additionnelles ont également été effectuées dans Kantiriya avec cette nouvelle classification.

Quatre classes ont été distinguées : moins de 8 cm de diamètre, de 8 à 15 cm de diamètre, de 15 à 30 cm et supérieure à 30 cm.

Nous avons effectué au minimum 10 mesures par **aynuqa** sur des échantillons de 10 x 2 m en moyenne. Cette densité est insuffisante pour prétendre à des résultats très représentatifs mais permet dans une première phase d'étude de vérifier si des différences significatives existent entre les données. De plus, un protocole d'échantillonnage plus dense devrait prendre en compte les unités pédologiques distinctes, pour chaque **aynuqa**. Nous avons simplement effectué nos sondages dans les zones visuellement les plus représentatives de chaque **aynuqa**. Pour Qasilla, nous avons divisé nos observations entre la zone de plaine et la zone de pente.

L'estimation de la couverture végétale a été effectuée en conservant l'hypothèse d'assimilation de la surface projetée au sol de la couronne foliaire à une ellipse et en calculant celle-ci avec les valeurs de milieu de chaque classe. Cette méthode choisie, en raison du temps limité consacré à l'étude, pourrait être affinée en retenant un plus grand nombre de classes afin de limiter les possibilités de résultats biaisés.

Le tableau n°3 donne les estimations de densité par classe. Pour Kantiriya, nous avons dû procéder à d'autres comptages sur des parcelles non labourées situées sous le sommet de la colline et présentant une densité plus forte que les parcelles de bas de pente en bord de route. Pour Qasilla, **aynuqa** située en majeure partie sur une zone de forte pente où le labour au tracteur est impossible, on remarque que le nombre de pieds laissés (non arrachés) est important, près de 1000 par hectare en moyenne mais les parcelles en zone plane, nettement moins pierreuses, sont beaucoup mieux nettoyées. La régénération dans Qasilla apparaît également plus forte sur les zones de pentes très pierreuses, les conditions d'aération du sol et de rétention d'humidité serait plus favorables sur ces parcelles. Nous avons observé que la régénération s'installe préférentiellement dans les sillons ou dans les petites dépressions à l'intérieur

des parcelles qui offrent des meilleures conditions d'humidité. Le tapis herbacé est d'ailleurs plus dense dans ces zones.

Les densités les plus élevées sont rencontrées dans l'**aynuqa** de Irupata, considérée par les agriculteurs comme une terre où la t'ola est très abondante. Les sols d'Irupata et de Parquma sont généralement pierreux. Les sols de Kantiriya, Warisunt'isina ou Siwartira ont une texture plus limoneuse qui favorise la formation d'une croûte superficielle qui peut expliquer les densités moins élevées rencontrées. On observe également qu'un grand nombre d'arbustes dans kantiriya sont dans une phase de dégénérescence qui se caractérise par la couleur noirâtre de l'écorce et des branches sèches ou cassées. Les pieds de taille moyenne sont plus nombreux que ceux de grande taille dans Kantiriya. Ce résultat est lié au moins partiellement à la mort des pieds les plus âgés. Les observations et hypothèses que nous avons précédemment formulées quand à la distribution des classes pour cette **aynuqa** sont confirmées lors de cette seconde série d'observations. Nous avons également procédé à des observations dans les zones d'Ananta (6 ans de jachère) et de Titiri (9 ans de jachère). La couverture arbustive apparaît visuellement très faible sur des sols excessivement pierreux et les quelques mesures montrent des densités de moitié inférieures à celle de Kantiriya. Sur ces sols, le pourcentage de recouvrement par les pierres est estimé visuellement supérieur à 20 % et pouvant dépasser 40 % par endroits. La densité relative par rapport à la surface du sol non couverte par les pierres est plus importante et se rapprocherait alors des données recueillies dans d'autres secteurs.

Tableau n° 3 : Répartition par classe de diamètre de *Bacharris incarum* (moyenne par hectare)

Aynuqa	Classe	Age (95-96)	Régénération 0-8 cm	Petits 8-15 cm	Moyens 15-30 cm	Grands > 30 cm	Total
Qasilla (%)	1		4 586	304	543	695	6 128
			75,0	5,0	8,9	11,1	100
Warisunt'isina (%)	3		7 958	3 083	1 083	791	12 915
			61,6	23,9	8,4	6,1	100
Irupata (%)	4		3 181	8 000	9 590	6 863	27 634
			11,5	28,9	34,7	24,9	100
Parquma (%)	6		1 300	4 000	6 850	5 750	17 900
			7,3	22,3	38,3	32,1	100
Kantiriya (%)	10		3 000	6 136	8 818	3 636	21 590
			13,9	28,4	40,9	16,8	100

Nous n'avons pas procédé à une analyse statistique à cause de la faiblesse du taux d'échantillonnage. La lecture des résultats du tableau n°3 montre néanmoins la prépondérance de la classe de la régénération dans les jeunes jachères (Qasilla et Warisunt'isina) et sa diminution relative dans les jachères plus âgées. La valeur élevée observée à Kantiriya montre le renouvellement des classes dans une jachère établie mais cette valeur nous semble également liée à l'inadéquation partielle de la méthode employée qui permet la confusion entre les jeunes plants et les plants plus âgés qui végètent difficilement.

Après calcul des surfaces correspondantes aux densités moyennes par classe, nous avons utilisé l'équation de régression précédemment déterminée afin d'estimer la biomasse. Les résultats sont données par les tableaux 4 et 5.

Tableau n° 4: Couverture végétale en m²/ha

Classe	Age (95-96)	Régénération 0-8 cm	Petits 8-15 cm	Moyens 15-30 cm	Grands > 30 cm	Total
Aynuqa						
Qasilla	1	1,1	2,5	17,3	76,4	97,3 0,9 %
Warisunt'isina	3	1,9	25,1	34,4	87,0	148,4 1,5 %
Irupata	4	0,7	65,0	304,9	754,3	1125,0 11,3 %
Parquma	6	0,3	32,5	217,8	631,9	882,5 8,9 %
Kantiriya	10	0,7	49,9	280,4	399,6	730,6 7,3 %

Le tableau n° 4 permet de constater l'évolution des taux de couverture végétale ligneuse en fonction de l'âge. Ce taux proche de 1 % après un an de jachère atteint 11,3 % sur la jachère de 4 ans. Il est légèrement inférieur sur les jachères de Parquma et de Kantiriya. Des études précédentes (Genin et Fernandez, id..) ont estimé le taux de couverture végétale à 20 à 25 %, en période sèche, la part des ligneux (*Baccharis incarum*, *Tetraglochin cristatum*) représenta selon ces auteurs 88 % du taux de couverture végétale à 10 ans.

Tableau n° 5 : Biomasse arbustive en kg/ha de poids vert

Classe	Age (95-96)	Régénération 0-8 cm	Petits 8-15 cm	Moyens 15-30 cm	Grands > 30 cm	Total
Aynuqa						
Qasilla	1	29,6	6,6	38,6	134,1	208,8
Warisunt'isina	3	51,3	67,1	76,8	212,3	407,5
Irupata	4	20,5	174,0	680,3	1840,3	2715,2
Parquma	6	8,4	87,0	485,9	1541,7	2123,0
Kantiriya	10	19,3	133,5	625,5	975,0	1753,3

Le tableau n° 5 présente les données estimées de biomasse pour les *aynuqa* étudiées. Les résultats montrent que l'*aynuqa* d'Irupata est une zone particulièrement favorable à la croissance de *Baccharis incarum* ainsi que Parquma qui présentent après 4 et 6 ans de jachère respectivement une

biomasse supérieure à Kantiriya. Les biomasses calculées pour Qasilla et Warisunt'isina sont liées principalement aux biomasses laissées dans les champs lors du labour si l'on considère la part de la classe la plus élevée dans ces résultats.

Les conditions édaphiques influent donc fortement sur la densité et la croissance de la biomasse. Nous ne pouvons, avec des données collectées sur une saison estimer l'influence des conditions climatiques qui conditionnent fortement la dynamique de la colonisation végétale. Les facteurs limitants la biomasse, sur une période de 10 ans, sont, à notre avis, d'origine édaphique. Cette hypothèse reste néanmoins discutée car, selon les observations de Hervé en 1991, des conditions climatiques très favorables, en début de jachère se traduisent par une abondante régénération qui conditionnera la densité finale à la fin de la période de jachère. Cette régénération ne s'implantera durablement que sur les sols récemment travaillés. On constate également que les pieds laissés durant le cycle cultural offrent un état végétatif vigoureux. Les arbustes profitent de l'amélioration des conditions d'aération du sol. Il se produit, semble-t-il selon nos observations, une installation préférentielle de la régénération à proximité des pieds adultes. Cette observation doit être confirmée.

Pratiques culturales et facteurs influençant la régénération

L'observation des jachères sur un flanc de colline montre une mosaïque de parcelles de couleur verte plus ou moins sombre selon la densité de la couverture végétale qui couvre le sol. Cette variabilité de la dynamique de recolonisation par la végétation peut être liée à l'influence des pratiques culturales employées. On peut reconnaître ici un "effet parcelle" qui est la conjonction des facteurs topographiques, édaphiques et des pratiques culturales, en particulier d'après la trace plus ou moins profonde des sillons laissés après la dernière culture.

L'utilisation du tracteur depuis une quarantaine d'années, en particulier, est-elle un facteur explicatif de ces variations observées ? Avec l'aide d'un conducteur de la coopérative, nous avons identifié 5 parcelles labourées au tracteur dans l'**aynuqa** de Qasilla car la majeure partie des surfaces cultivées est située sur le flanc de colline, là où le tracteur n'a pas accès. Ce nombre est insuffisant pour permettre une analyse statistique. Dans les **aynuqa** de Warisunt'isina et d'Irupata, les parcelles indiquées apparaissent plus dénudées que les autres. On constate une présence faible ou une absence de grands pieds. Le labour au tracteur réalisé avec une charrue à disque permet un défrichage complet des parcelles. Les racines des pieds sont coupées et le ramassage est facilité pour l'agriculteur. Les petits pieds sont enfouis plus profondément qu'avec un labour à l'araire. A l'inverse, le labour attelé ne permet pas l'arrachage de tous les pieds surtout lorsque le sol est très sec, caillouteux et le labour moins profond.

Selon les agriculteurs, le labour au tracteur influence négativement la régénération. Ce n'est pas l'avis de Barrera Aparicioqq (id..) qui avance le contraire après une étude sur *Parastrephia lepidophylla* dans une communauté de la région. Cependant, nous ne pouvons mettre en évidence avec les données existantes l'influence du labour au tracteur sur les facteurs qui conditionnent la régénération arbustive. Le labour réalisé au tracteur est néanmoins plus profond que celui fait à l'araire. La meilleure pénétration de l'air et de l'eau dans le sol durant les premières années favorise l'enracinement des

cultures et de la végétation adventice. Nos observations fragmentaires et les indications des agriculteurs montrent cependant qu'il n'y pas une régénération plus élevée dans ces conditions ; elle serait même moins élevée. Il conviendrait donc, entre autres, d'étudier l'influence de la densité de la végétation laissée en place sur la densité de la régénération. Dans le cas de la communauté de Pumani, le pourcentage de terres cultivées au tracteur dans les **aynuqa** est faible, il peut atteindre au maximum 30% sur les **aynuqa** les plus favorables aux travaux mécanisés (Hervé (c), 1994). Les flancs de collines, là où l'observateur apprécie aisément ces variations de densité de végétation, sont labourés exclusivement avec la yunta. Nous avons constaté que les plantules sont localisées préférentiellement dans les zones les plus humides des parcelles, petites dépressions ou dans le creux des billons. Les surfaces où se forment rapidement une croûte superficielle ne sont guère propices à l'installation de la végétation. Certains sols, très pierreux et peu argileux comme à Irupata ou Parquma semblent favoriser la régénération.

Les rotations culturales sont généralement les mêmes pour les agriculteurs dans un **aynuqa** donné ; si l'on écarte donc ce facteur, il faut considérer l'influence du travail du sol pratiqué en année 2 et 3. En effet, les sillons réalisés pour la culture de la pomme de terre sont détruits lors de la récolte. Un passage à l'araire sera réalisé pour le semis en ligne de l'orge et de la quinoa. La persistance des sillons après la dernière récolte et durant les premières années de jachère offre de meilleures conditions d'implantation. Le type de semis réalisé pourrait également influencer : semis à la volée ou en ligne dans la trace de l'araire. les sillons pourraient-ils être mieux conservés dans le cas d'un semis en ligne? D'autres facteurs pourraient également intervenir : selon les agriculteurs, l'espacement entre les sillons aurait une influence sur la conservation de ceux-ci, un espacement plus grand entre les sillons faciliterait leur désagrégation ultérieure par les eaux de ruissellement superficiel. Le facteur "sillon" nous paraît avoir, au moins partiellement, une influence sur la dynamique de régénération de la biomasse végétale. On le constate en observant des densités de pieds supérieures dans les sillons quand ils sont apparents. Les sillons limitent la vitesse d'écoulement du ruissellement et piègent les semences; dans les dépressions, l'eau tend à s'accumuler et à s'infiltrer dans le sol, créant ainsi des conditions d'humidité plus favorables au développement des graines puis des jeunes plants.

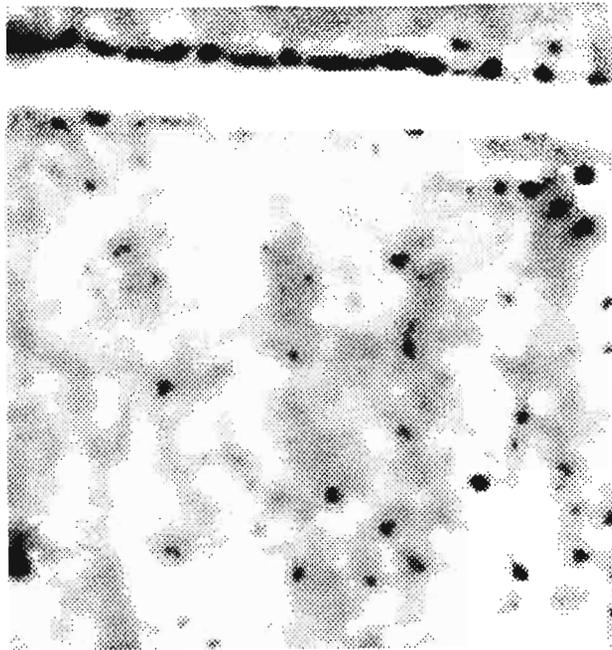
Des études spécifiques sont indispensables pour une meilleure compréhension de la dynamique de recolonisation des jachères par la végétation arbustive. Étant donné la multiplicité des facteurs pouvant influencer cette dynamique, ces études doivent s'attacher au suivi de parcelles sur une période longue d'au moins trois ans comprenant la dernière année de culture et les deux premières années de jachère.

II.3 ESSAI D'ESTIMATION DE LA BIOMASSE PAR PHOTO-INTERPRÉTATION

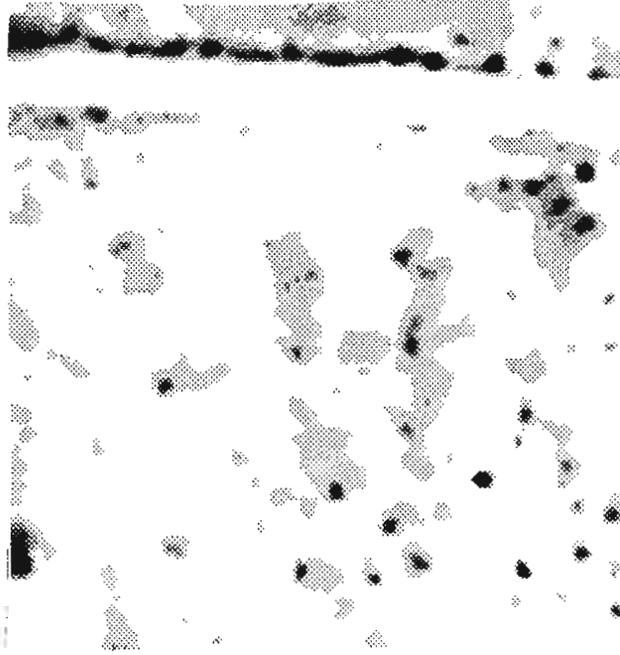
Une mission de photographie aérienne a été réalisée par l'ORSTOM au mois d'avril 1994, soit un an avant l'étude de terrain. La jachère de l'*aynuqa* de Kantiriya était alors de 9 ans (photo n° 3 en annexe). Une tentative de photo-interprétation pouvait donc être menée afin de pouvoir utiliser ultérieurement cette méthode pour des études similaires. L'échelle des documents utilisés est le 1:15 000. A cette échelle, seules les couronnes de *Baccharis sp.* les plus grandes (45 cm à 50 cm) peuvent être distinguées sur les documents photographiques.

Méthodes

Nous avons digitalisé ces documents avec une résolution de 16 600 dpp (points par pouce) afin de les analyser sur micro-ordinateur. Les documents ont été ensuite traités avec le logiciel Adobe Photoshop™ afin de renforcer le contraste et de visualiser plus aisément les couronnes de *Baccharis sp.* qui se distinguent du sol nu et du tapis herbacé par leur forme circulaire et leur couleur sombre (noir ou gris foncé). Le traitement appliqué a été le même pour toutes les photographies. Nous avons par la suite regroupé les couleurs de gris (plus le noir et le blanc) en 8 niveaux seulement. Le niveau le plus clair est le blanc et le niveau le plus foncé est le noir. Les photographies 1 et 2 montrent la même vue traitée (8 niveaux de gris) et non traitée. Cette séparation permet par la suite une analyse de densité des couleurs grises grâce au Logiciel Image™ (v. 1.41). Ce logiciel calcule les surfaces et les pourcentages respectifs de chaque couleur ou gris sur le document analysé (photographies 5, 6 et 7)



Photographie n° 1: vue partielle de l'*aynuqa* de Kantiriya en 1994
le chemin apparaît en haut du document. Les points noirs
représentent des pieds de *Baccharis sp.*; Échelle 1 / 750.



Photographie n° 2 : vue partielle de l'aynuqa de Kantiriya en 1994
Le document a été traité en 8 niveaux de gris ;Échelle 1 /750

Résultats

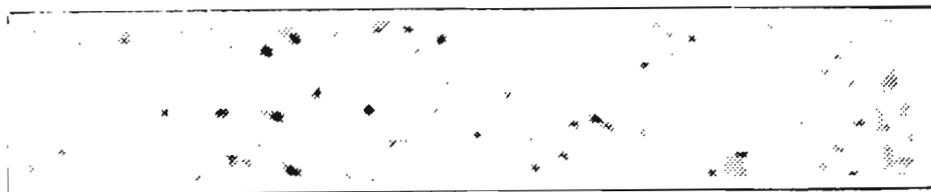
L'analyse des documents avec le logiciel Image a porté sur 3 vues de Kantiriya correspondant à des zones situées en bas, au milieu et en haut de colline. La photographie 3 (voir annexe) permet de situer ces zones. Ces documents ont été au préalable traités sur Photoshop™ afin de faire apparaître 8 niveaux de gris (y compris le blanc et le noir) seulement.



Photographie n°5 : bas de pente dans l'aynuqa de Kantiriya (échelle 1/750)



Photographie n°6 : milieu de pente dans l'aynuqa de Kantiriya (échelle 1/750)



Photographie n°7: haut de pente dans l'aynuqa de Kantiriya (échelle 1/750)

le tableau n°6 donne les résultats de l'analyse informatique pour les 3 photographies ci-dessus . En accord avec les données recueillies lors de la collecte du bois extrait au labour, on remarque que les densités les plus fortes de zones noir ou gris foncée se situent en milieu de pente puis en bas de pente et enfin sur le haut de colline érodé. L'interprétation des résultats apparaît néanmoins malaisée en l'absence d'une étude spécifique de calibration sur le terrain.

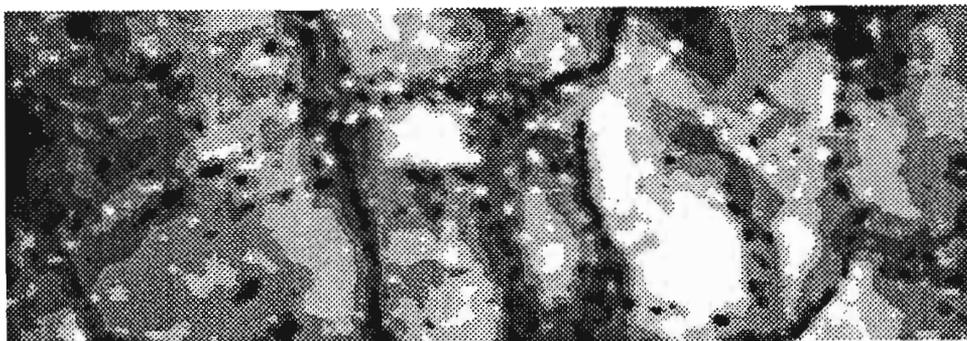
Tableau n° 6 : Surface couverte en % par les couleurs grises, noire et blanche sur 3 images traitées de l'aynuqa de Kantiriya.

	% surface couverte par les 4 niveaux les plus foncés	% surface couverte par le gris intermédiaire	% surface couverte par les 3 niveaux les plus clairs	Total (%)
Bas de pente	0,70	6,24	43,96	100
Milieu pente	6,62	36,88	37,37	100
Haut colline	0,32	0,43	74,09	100

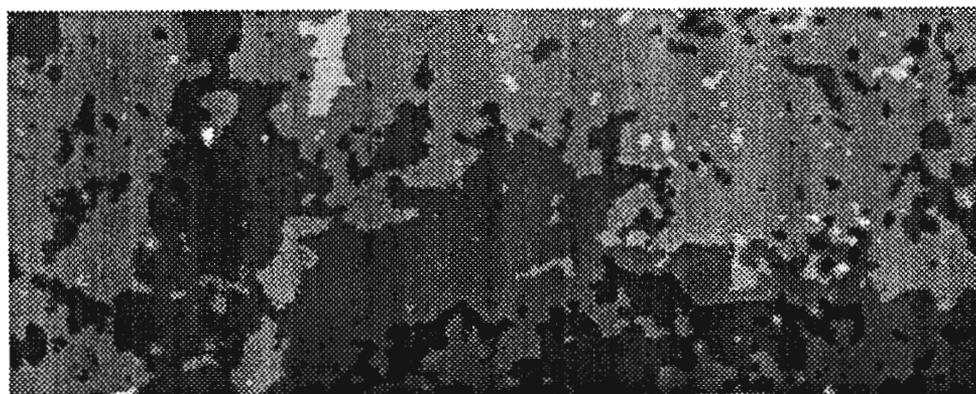
La mise en évidence d'une relation entre ces résultats de traitement informatique et la biomasse réelle exigerait une étude plus longue avec une série de mesures sur le terrain de l'ensemble de la biomasse disponible. La méthode n'est donc pas validée mais elle nous apparaît potentiellement prometteuse pour des études portant sur des végétations de jachère composées de petits arbustes. Des limites sont également apparues lors de l'exploitation des documents. En effet lorsque la végétation est composée presque exclusivement de *Baccharis sp.*, elle est discernable sur le fond des sols de couleurs claire de la région. Ce ne serait pas le cas en saison des pluies où la végétation annuelle est beaucoup plus développée et les sols humides et plus sombres. Il serait également impossible de distinguer une végétation composée de petits pieds de t'ola et de plantes herbacées dans une jachère jeune.

Nous présentons également deux photographies (7 et 8) de parcelles de l'aynuqa de Qasilla (1 an de jachère) et de l'aynuqa d'Ananta (6 ans de jachère). On distingue parfaitement les limites de parcelles de Qasilla matérialisées par des pieds de *Baccharis sp.* Peu de pieds sont distingués dans les parcelles. L'examen de la photographie de Llallawa permet de constater que la végétation arbustive est peu dense dans cet aynuqa. Les sols de l'aynuqa d'Ananta

ont une texture limoneuse qui favorise l'apparition d'une croûte superficielle et limite donc l'installation de la régénération.



Photographie n° 8: vue partielle de l'aynuqa de Qasilla en 1994
Le document a été traité en 8 niveaux de gris ;Échelle 1 / 1800



Photographie n° 9: vue partielle de l'aynuqa de Llalawa en 1994
Le document a été traité en 8 niveaux de gris ;Échelle 1 / 1800

Une mission photogramétrique a été réalisée en 1955 et nous avons tenté de comparer les documents de ce vol avec ceux de 1994. Les photographies de 1955 (photo n° 4 en annexe) sont à une échelle de 1/50 000 environ et le grain du film employé ne permet pas un comptage individuel des arbustes présents sur les parcelles. Malgré ces limites, la comparaison des documents met en valeur les processus érosifs qui affectent cette région. On distingue parfaitement dans l'aynuqa de Kantiriya l'augmentation du ravinement provoqué par l'écoulement des eaux. De nouvelles ravines, imperceptibles sur les photographies de 1955, sont visibles sur celles de 1994. La longueur des ravines s'est accrue durant cette période. Les zones blanches ou gris clair correspondent aux sols érodés et aux zones rocheuses et aux zones avec une faible végétation arbustive. On constate l'extension de ces zones entre les deux dates. En particulier, on note l'augmentation de ces surfaces sur le haut des petites collines délimitant les bassins versants. Les observations réalisées sur le haut de cette colline dans des parcelles labourées montrent une végétation éparse avec peu de pieds dépassant 30 cm de diamètre de couronne, une dégénérescence marquée

des pieds adultes et une absence de régénération. S'il est hasardeux de dresser des conclusions car nous ne possédons pas de données de terrain de l'époque, on reliera néanmoins cette observation aux propos des agriculteurs qui affirment unanimement que la végétation arbustive était plus importante il y'a 20 ou 30 ans. La nature des hypothèses que l'on peut avancer, le surpâturage, des variations climatiques périodiques ou la poursuite de processus érosifs propres aux conditions altiplaniques, reste à établir pour expliquer une régression de la végétation arbustive. Cette communauté ainsi que d'autres voisines vendaient encore vers 1970 du bois de feu, cette activité a cessé dans la région et le bois vendu pour les activités artisanales (boulangeries, four à chaux) provient aujourd'hui de zones plus éloignées.

L'exploitation des documents photographiques disponibles est limitée, sans étude de terrain préalable, car si le comptage des pieds les plus grands est réalisable, il est malaisé d'estimer la densité arbustive totale. La relation éventuelle existant entre la densité de la classe diamétrique supérieure et les classes inférieures dépend de multiples facteurs tels que la densité d'arbustes en début de jachères (pieds non extraits), des facteurs pédologiques et climatiques et de l'âge de la jachère. De plus le tapis herbacé peut varier d'une année sur l'autre en fonction de la période des pluies.

L'utilisation de documents satellitaires semble écartée pour des études de biomasses et de densité sur de petites surfaces de la taille des parcelles cultivées. Des travaux sont en cours (Bosseno, 1995, comm. personnelle) afin d'exploiter des images LANDSAT pour la détermination de la biomasse dans des zones de pâturages extensif de l'altiplano oriental. D'autres études (ORSTOM-CEE, 1994) soulignent la difficulté d'utiliser des documents à grande échelle (SPOT ou LANDSAT) pour la détermination de la biomasse végétale dans des zones de jachère de communautés d'Afrique de l'ouest.

Temps consacré à la collecte du bois

Nous n'avons pas étudié spécifiquement les temps de travaux nécessaire à la collecte du bois et des bouses mais nous pouvons estimer le temps nécessaire à la réalisation de certaines tâches d'après les observations réalisées à Kantiriya. En parcelle labourée, un couple d'agriculteur passe une heure environ pour rassembler le bois en fagot sur une surface de 2000 m². il faut environ 10 minutes pour charger un âne qui portera de 40 à 50 kg de bois. Avec deux ânes présents, le bois rassemblé sera transporté en 2 ou 3 voyages. Le transport est réalisé à la fin de la journée de labour. Quand les réserves de bois s'épuisent près des maisons, les familles s'organisent pour la collecte. On peut ramasser des pieds isolés et morts, ce que font les femmes où les enfants durant le gardiennage des troupeaux mais il faut également y consacrer un temps plus important en allant avec une pioche extraire des pieds. Une ou deux personnes peuvent se consacrer à cette tâche. Le bois sera porté sur le dos pour des courtes distances mais les ânes sont utilisés dès que les lieux de collecte sont éloignés. Durant la saison des labours ou de la récolte, les familles n'ont pas de temps à consacrer à ces tâches, seuls quelques pieds isolés sont ramassés. On consacrera plusieurs heures au ramassage avant la saison des pluies quand les réserves s'épuisent. Pour l'organisation d'une fête, les familles peuvent aller chercher du bois pour ne pas puiser dans leur réserve courante.

III PRODUCTION ET RAMASSAGE DES DÉJECTIONS D'ORIGINE ANIMALE

Dans la communauté de Pomaní, seules les déjections des bovins sont utilisées comme combustible. Les communautés qui se consacrent à l'élevage de lamas utiliseront leurs déjections. Nous avons retenu les estimations de Genin(déjà cité) qui évalue la quantité totale de bovins à 800 animaux environ. La production de déjections pour un bovin de 200 kg est estimée à 1080 kg MS/an soit une production moyenne pour la communauté de 864 tonnes MS par an. Cette estimation mériterait d'être confortée par des données recueillies à diverses périodes de l'année, le coefficient de digestibilité des aliments ingérés variant considérablement selon que l'animal se trouve en pâture sur une jachère durant la saison des pluies ou qu'il reçoive une ration de paille d'orge en saison sèche. Les données recueillies par un agriculteur (4 jours) montrent que 60 % des déjections se produisent la nuit. Le poids frais journalier des déjections varie de 14 kg à 19 kg par animal.

Le ramassage des bouses a lieu principalement durant la saison fraîche et froide, de juin à septembre. Les gelées nocturnes déshydratent les bouses, facilitant par la suite le ramassage. Les bouses autour de la maison sont collectées autour des habitations et les femmes ramènent dans leur "képi" (morceau d'étoffe de 1,20 m de côté environ) une charge de 9 à 12 kg de bouses séchées des parcelles de *sayaña* où vont paître les bovins.

Le ramassage des bouses sèches occupe peu de temps car la majeure partie de celles-ci sont collectées dans les *sayaña* proches des habitations. Les réserves sont constituées sur l'espace de parcage nocturne des animaux. Quelques minutes suffisent pour collecter les bouses et les empiler les matins d'hiver quand les gelées ont été assez fortes pour rigidifier les déjections.

IV CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE LA COMMUNAUTÉ

Le calcul de la consommation énergétique de la communauté a porté sur l'énergie utilisée pour la cuisson des aliments. Les sources énergétiques identifiées sont la végétation ligneuse extraite lors des labours et de collectes périodiques, les bouses de vaches et le gaz.

Nous avons réalisé des mesures de consommation hebdomadaire de bois et de bouse auprès de cinq familles. Nous avons préalablement isolé et pesé des petits stocks de bois et de bouses à côté des maisons. Nous avons repesé ces stocks une semaine plus tard. La consommation hebdomadaire de bois varie de 14,8 kg à 27 kg selon les familles; la consommation hebdomadaire de bouses varie de 38 kg à 53,7 kg. La composition des familles varie de deux adultes et 2 enfants à 2 adultes plus cinq enfants. Nous avons retenu une moyenne de 2,3 kg de bois (CV 18%) et 5,6 kg de bouses (CV 25 %) par jour calculée sur 35 relevés hebdomadaires durant la période d'étude.

Le suivi durant les mois de avril à août de la consommation de combustibles de 2 familles montre une diminution de la consommation en saison sèche. Les journées ensoleillées et l'absence de pluie abaissent le taux d'humidité des bouses et également celui du bois utilisé. En saison des pluies, la consommation de bois augmente. Souvent l'humidité des bouses est trop élevée ce qui les oblige à utiliser quelques centilitres de kérosène (acheté pour l'éclairage) pour attiser le feu.

Le bois utilisé facilite le démarrage du feu mais c'est la combustion plus lente des bouses qui permet la cuisson des aliments. Les plants de *Baccharis incarum* ou *Parastrephia lepidophylla* contiennent des essences volatiles, ce qui en font des combustibles idéaux pour le démarrage du feu car ils produisent une chaleur intense. Mais à l'inverse, leur combustion rapide, due aux essences contenues ainsi qu'à la faible section des branches et racines utilisées, en font des combustibles mal adaptés à la cuisson lente des aliments si ces bois étaient brûlés sans adjonction de bouses. Le pouvoir calorifique de *Baccharis* n'a pas été déterminé mais celui de *Parastrephia lepidophylla* est 5063 cal/g (S.E.I.; id.).

Le suivi de la consommation de bois de feu et de bouses séchées a permis l'estimation des quantités consommées quotidiennement pour une famille moyenne composée de 2 adultes et 4 enfants et ne disposant pas d'un foyer amélioré :

- 2,3 kg de t'ola (à 10 % d'humidité)
- 5,6 kg de bouses (à 15 % d'humidité)

Ces résultats proviennent de l'enquête effectuée en saison sèche. Afin d'obtenir une estimation de la consommation annuelle de la communauté, il conviendrait de majorer ces données journalières pour les quatre mois de la saison humide (décembre à mars) durant laquelle les consommations sont plus élevées. Les quelques données recueillies durant le mois d'avril, en fin de saison humide indiquent une augmentation de consommation de l'ordre de 30 % par foyer.

Les familles disposant de foyer amélioré avec cheminée sont très peu nombreuses, une maison sur dix environ, malgré les économies de combustibles prouvées qui en résultent et la satisfaction des utilisateurs dans la communauté. Le PAC-CEE dans la région de Potosí a évalué, sur la base d'une enquête, les économies ainsi réalisées à 20 % de la consommation.

La consommation de gaz

L'utilisation du gaz semble réduite à la période humide durant laquelle une partie des familles y ont recours. Une enquête partielle sur 35 foyers montre qu'une famille sur deux dispose d'un réchaud à gaz mais seulement une sur quatre a acheté l'an dernier au moins une bouteille, contenant 10 kg de GLP. Le recours au gaz peut également se produire de manière exceptionnelle à l'occasion d'un événement familial. Deux familles, utilisant couramment le gaz ont été rencontrées : l'une dispose d'un fermenteur installé par une ONG et l'autre préfère la facilité d'utilisation du gaz pour la préparation de fromages. Nous estimerons sur la base de cette enquête qu'une famille sur quatre de la communauté de Pumani achète deux bouteilles de gaz par an.

La consommation de pétrole ou de kérosène

l'éclairage des habitations se fait grâce aux lampes à pétrole. La consommation moyenne d'une famille est 1,5 l/mois. En outre, durant la saison des pluies, de petites quantités (5 cl environ) sont utilisées pour démarrer les feux. La consommation annuelle d'une famille serait de 20 litres environ soit 400 l pour la communauté.

La consommation énergétique au niveau de la communauté

Le calcul de la consommation énergétique a été réalisé en considérant les valeurs suivantes :

- un kg de bois de *Baccharis sp.* équivaut à 4 000 kcal
- un kg de bouses de vache équivaut à 2 870 kcal (S.E.I., id.)
- un kg de gaz GLP équivaut à 11 834 kcal (Inst. nat. de l'énergie; La Paz, 1981).

Les pouvoirs calorifiques retenus pour le bois et la bouse sont estimés sur la base des taux d'humidité retenus, 10% et 15% respectivement. AUCLAIR (1991) retient une valeur de 3 828 kcal par kg de bois en moyenne pour le bois provenant de différentes espèces utilisées dans le Haut-Atlas marocain.

Nous avons également considéré que les 50 familles sur 200 qui utilisent du gaz n'augmentent pas leur consommation de bois et de bouses durant les quatre mois de la saison humide.

Les calculs ont été faits sur la base de 200 familles résidentes dans la communauté. Les données du dernier recensement de 1992 sont de 188 familles et 668 personnes résidentes. Nous avons légèrement surestimé ces valeurs pour tenir compte des personnes non résidentes originaires de la communauté qui reviennent épisodiquement à l'occasion d'événements sociaux ou de vacances.

Tableau 7: consommation énergétique de la communauté destinée à la cuisson des aliments

	T'ola (10% humidité)	Bouses (15 % humidité)	Gaz	Total
Tonnes	209,3	546	100 (bout.)	
Tonnes MS	188	464		
Kcal	$8\,372 \times 10^5$	$15\,675 \times 10^5$	$118,36 \times 10^5$	$24\,165,36 \times 10^5$
Tep	83,431	156,206	1,179	240,817

1 Tep (tonne équivalent pétrole = $10\,998 \times 10^3$ Kcal)

\$

Si l'on considère l'année d'étude, la consommation de bois de feu représenterait, sur la base estimée de 509 kg MS/ha dans l'**aynuqa** de Kantiriya, la production ligneuse de 370 ha de productivité égale à celle de Kantiriya. La surface de Kantiriya est estimée à près de 300 ha pour l'année 1955. Cette sole a semble-t'il peu été affectée dans ces limites au cours des quarante années passées. On précisera que la totalité de l'**aynuqa** n'est pas labourée pour diverses raisons (absence ou volonté du propriétaire, terrain trop érodé ou rocailleux). Une appréciation visuelle montre que 80 % environ des surfaces sont labourées.

Sur la base de 240 ha labourés, les stocks de bois extraits avoisinent 125 tonnes de MS environ, et représentent en moyenne 7 à 8 mois de consommation. Ainsi pour l'année en cours, les familles devront collecter sur le terroir de la communauté environ 80 tonnes de MS. Ce volume de bois, extrait lors de collectes ponctuelles équivaut à 160 hectares de productivité moyenne.

Ce résultat déductif montre l'importance des collectes de bois réalisées sur l'ensemble du terroir. Ces collectes varieront en volume chaque année en fonction de la production extraite de t'ola dans l'**aynuqa** labouré.

La consommation énergétique annuelle par habitant adulte équivaut à la combustion de 1 184 kg (1,45 m³) de bois de feu . Des données comparatives disponibles nous indiquent une consommation de 1,51 m³ par habitant pour un village himalayen à 2000 m d'altitude (INRA, 1986). Auclair (1991) donne des valeurs comprises entre 865 à 1095 kg par habitant pour des villages de montagne au Maroc ; son étude montre également l'accroissement de la consommation d'énergie en fonction de l'altitude. Dans une zone très froide de l'altiplano péruvien où le bois n'est plus disponible, Thomas (id..) indique une consommation de 11 tonnes de bouses par foyer équivalant à 7,8 tonnes de bois.

La consommation de gaz représente moins de 0,5 % de la consommation totale. L'utilisation du gaz naturel en remplacement des combustibles ligneux supposerait l'achat par la communauté de 69 Tep par an représentant une valeur de 90 000 Bs, soit 450 Bs (près de 100 dollars US) par famille sur la base de 2,5 bouteilles de 10 kg par mois. Le revenu monétaire moyen des familles rurales de la communauté est vraisemblablement inférieur à 500 dollars US par an. Ce revenu représenterait, par exemple, la vente d'une vache (race criollo) et de 40 agneaux.

On notera également le rendement de conversion, ou pourcentage de chaleur utile (PCU), très peu élevé des foyers ouverts. Auclair (id..) l'estime à 12 % pour les foyers des villages de montagne au Maroc. Les réchauds à gaz offre un rendement de 50 à 60 %.

L'abandon de l'utilisation des bouses de vaches pour la cuisson des aliments permettrait de doubler les restitutions de matières organiques aux parcelles de **sayaña**. Mais les gains monétaires attendus d'une augmentation de la fertilisation des sols restent à démontrer. Les productions de fourrages en plaine sont limitées par les gelées et les produits finaux (fromages, laine, animaux sur pieds) n'ont pas nécessairement un accès au marché. Les gains monétaires devront de plus être supérieurs aux dépenses entraînées par l'achat de gaz pour entraîner l'adhésion des familles à un tel projet. Il faut considérer également que le poids des traditions culinaires ne peut que ralentir ces changements.

Une mesure à l'efficacité prouvée et d'une faible dépense monétaire (5 \$ US) est la construction de foyer amélioré à cheminée qui réduisent la consommation de 20 % au minimum et abaissent le taux d'affections de voix respiratoires provoquées par l'inhalation quotidienne de fumée dans la pièce servant de cuisine.

Conséquences de l'hypothèse de réduction du temps de jachère

L'étude de l'hypothèse d'une réduction de la durée de jachère de 10 ans à 5 ans réduirait la disponibilité globale en bois de feu. Mais en fonction des **aynuqa** mis en culture qui diffèrent tant par leur surface que par la biomasse utile par unité de surface, les déficits (entre la consommation et le stock récolté sur les parcelles labourées) seront variables.

On considérera les hypothèses et données suivantes :

- 1) la consommation est de 210 tonnes de bois de feu (10 % d'humidité) et représente 370 hectares de terres avec une biomasse moyenne de 509 kg MS/ha.

-2) La surface des **aynuqa** s'est réduite entre 1955 et 1995. On estimera ces surfaces à 4200 hectares environ actuellement. On considérera qu'un tiers de ces terres ont une productivité de biomasse arbustive de 510 kg MS/ha de bois soit 1400 hectares. Un tiers également a une productivité de 30 % supérieure soit 663 kg MS/ha et un tiers a une productivité de 30 % inférieure soit 357 kg MS/ha.

Actuellement, avec une jachère de 10 ans, les agriculteurs doivent collecter en dehors des terres labourées près de 40 % de leur consommation de bois si l'**aynuqa** de l'année a une productivité moyenne. Cette proportion montera à 60 % environ quand les labours s'effectueront sur des terres de faible productivité. Elle sera de 20 % environ sur des terres de productivité haute.

Il apparaît donc que les temps de travaux consacrés à la collecte de bois peuvent varier considérablement d'une année sur l'autre. Ainsi, selon les agriculteurs interrogés, l'an prochain ils devront compléter leur stock de bois en allant sur l'**aynuqa** d'Irupata pour certains car l'**aynuqa** de Titiri (ainsi qu'une partie de Ch'illumá) mis en culture "ne donne que peu de t'ola" (carte n°1)

Une réduction du temps de jachère à cinq ans ne pourrait se réaliser que par réduction progressive des périodes de jachère des **aynuqa**. Ce processus est déjà engagé à Pumani. La productivité moyenne de biomasse arbustive pour l'ensemble des terres d'**aynuqa** serait de 255 kg MS/ha en assumant une croissance linéaire. Cette hypothèse peut être qualifiée de haute car la croissance est faible durant les 2 ou 3 premières années de jachère. On formule également l'hypothèse qu'à cinq ans, 60 % de cette biomasse serait utilisable, le reste étant constitué par des pieds trop petits pour être ramassés.

Considérant l'aboutissement de l'évolution de cette dynamique de réduction du temps de jachère, les surfaces annuellement mises en culture seront alors de 840 hectares environ. La biomasse récoltée et stockée s'élèverait à 128 tonnes de MS ($0,225 \text{ t} \times 0,60 \times 840$) contre 125 tonnes de MS cette année.

Le déficit devrait être comblé par des collectes sur d'autres **aynuqa**. De petites quantités sont également prélevées sur des terres de **sayaña** en repos. On peut alors raisonnablement assumer qu'un prélèvement des pieds les plus grands sur les **aynuqa** âgés de 3 à 5 ans se traduira non seulement par une baisse de la biomasse récoltée les années suivantes mais également par une rupture de la dynamique de régénération. En effet, une partie des pieds "mères" qui produisent des semences les premières années seront arrachés. Il convient de noter que le prélèvement de pieds dans des jachères conduites sur 10 ans, tel qu'il est actuellement pratiqué, réduit peu la production finale à la fin de la période de repos, car les agriculteurs extraient préférentiellement les pieds morts ou en cours de vieillissement.

Le déficit de production serait reporté mécaniquement sur les jachères les plus jeunes, ce qui à très court terme se traduirait par une diminution du potentiel de recolonisation de cette espèce ligneuse sur les jachères. Quoique les approximations formulées soient larges, on peut supposer que l'équilibre entre la production et la consommation sera rompu. Sans une augmentation subséquente de la consommation de combustibles de substitution, cette nou-

velle situation de déséquilibre se traduira par une diminution rapide de la couverture végétale dans la communauté. Les fonctions que remplit cette couverture arbustive telles que la protection anti-érosive et vraisemblablement le recyclage des éléments des couches profondes du sol seront de ce fait moins assurées.

La description d'un tel scénario ne prend pas en compte les conditions nécessaires à la réalisation de ces changements. La communauté ne dispose aujourd'hui ni des moyens humains, matériels ou financiers pour modifier rapidement sa situation économique et sociale. L'évolution observée est beaucoup plus lente et reste conditionnée par les possibilités d'introduction ou d'extension de ressources fourragères appropriées.

V PERSPECTIVES

Les données recueillies auprès des familles montrent une variabilité dans la consommation des combustibles : une variabilité attendue liée à la taille des familles qui conditionne les besoins d'énergie mais également une variabilité qui paraît liée à l'accès aux ressources ligneuses et au nombre d'animaux que possèdent ces familles. Ainsi, les familles les moins aisées, qui possèdent généralement peu de bétail, se trouvent obligées de réserver une part plus importante des déjections animales pour leur consommation domestique en collectant dans leurs propres parcelles les bouses séchées. Ces familles peuvent avoir l'autorisation de collecter dans les parcelles voisines selon les relations familiales ou autres qu'elles entretiennent avec leurs propriétaires. Les familles disposant d'un surplus de bouses séchées ont par contre la possibilité d'amender plus fortement leurs champs d'orge; l'apport de bouses dans les champs de pommes de terre restant peu pratiqué. Certains agriculteurs possédant des surfaces importantes achètent à d'autres des bouses pour leurs cultures. L'enquête a également permis de détecter des modes d'utilisation des combustibles variables en ce qui concerne la répartition bois- bouses : certaines familles consomment une forte proportion de bois quand leurs réserves de bouses sont basses tandis que d'autres, disposant de réserves de bouses abondantes apparaissent "surconsommer" ce combustible en délaissant le bois. Il existe donc également des relations de substitubilité entre ces deux sources d'énergies.

Au sein du système de production familiale, il existe des relations interdépendantes entre les fonctions de productions agricoles et celles d'approvisionnement énergétique. Cet aspect de la problématique énergétique au sein des communautés rurales n'a, semble-t-il, été que peu étudié.

La colonisation spontanée des parcelles en jachère par des espèces ligneuses implique l'arrachage des pieds lors du prochain labour. Dès lors, quelle pourrait être l'utilisation de cette végétation dans l'hypothèse d'une augmentation des revenus des familles et de leurs possibilités de substitution des combustibles ligneux par le gaz? La solution la plus profitable pour les agriculteurs et la moins exigeante en travail consisterait à brûler celle-ci et à répandre les cendres sur l'ensemble de la parcelle. Mais une telle hypothèse d'évolution ne favoriserait pas plus que la situation actuelle, en l'absence d'enfouissement, l'augmentation du niveau de matière organique des sols.

L'utilisation des bouses de vaches, conjuguée à l'absence d'apport d'autres fertilisants, peut être une contrainte décisive pour augmenter les rendements des cultures sur ces sols présentant des niveaux de matière organique peu élevés. Les effets de cette pratique sur la sensibilité des sols aux facteurs érosifs (pluies, vent) mériteraient également être étudiés.

L'étude de la production et de la consommation de combustibles ligneux et d'origine animale au sein d'une communauté agricole montre les fortes interactions existantes entre la filière combustibles et le système de production agro-pastoral présent dans la communauté. L'espèce ligneuse utilisée, *Baccharis sp.* apparaît fortement anthropisée lorsque l'on considère les facteurs qui conditionnent la colonisation végétale des jachères. L'étude comparée de communautés présentant des caractéristiques distinctes (travail du sol mécanisé, durée de la jachère réduite à 4-6 ans, densité du cheptel ovin) et aussi de familles - unités de production - permettrait de mieux connaître l'influence de ces facteurs sur la dynamique de la biomasse ligneuse des jachères.

BIBLIOGRAPHIE

- AUCLAIR L.
1991 **Bois de feu et sociétés rurales, Haut Atlas et région présaharienne (MAROC). Comportements énergétiques et mode de gestion des ressources naturelles.** Thèse doctorat. Montpellier, France
- BANQUE MONDIALE
1993 **La gestión de los recursos naturales en Bolivia: 30 años de experiencia.** Informe Preliminar, La Paz, Bolivie.
- BARRERA APARICIO C.
1994 **Uso de la tierra y características de poblaciones de thola *Parastrephia Lepidophylla* (Wedd, C.) en el canton de San Jose LLanga.** Tesis Ing. Agr., UMRPSF, Sucre, Bolivie.
- DURAN D.
1990 **Estrategía de energía doméstica y rural de Bolivia.** Informe final, MEH, Banco mundial. La Paz, Bolivia.
- FAO
1994 **Sistemas dendroenergeticos optimizados para el desarrollo rural y la proteccion ambiental.** Mémoire du seminaire régional Santiago, Chili.
- FAO
1980 **Energie et agriculture.** Rome, Italie.
- GENIN D., FERNANDEZ J.
1994 **Uso pastoril de las tierras en descanso en una comunidad agropastoril del altiplano boliviano.** IBTA-ORSTOM, La Paz, Bolivie in **Dinámicas del descanso de la tierra en Los Andes.** IBTA-ORSTOM, La Paz, Bolivie.
- HERVE D. (a),
1994 **Repuesta de los componentes de la fertilidad del suelo a la duración del descanso in Dinámicas del descanso de la tierra en Los Andes.** IBTA-ORSTOM, La Paz, Bolivie.
- HERVE D. (b),
1994 **Desarrollo sostenible en los Andes altos : los sistemas de cultivo con descanso largo pastoreado in Dinámicas del descanso de la tierra en Los Andes.** IBTA-ORSTOM, La Paz, Bolivie.
- HERVE D. (c)
1994 **Rotation collective et mise en place individuelle de l'assolement dans les Andes.** FSR, (ed. CIRAD-SAR), Montpellier, France.

- HERVE D., GENIN D., RIVIERE G., MIGUEIS J., PACHECO L. (a)
 1994 **Jachères et dynamiques socio-économiques dans les Andes: états, représentations et gestion du milieu.** Rapport scientifique CNRS 1994. ORSTOM, La Paz, Bolivie.
- HERVE D., GENIN D., RIVIERE G.(b)
 1994 **Balance del convenio IBTA-ORSTOM (1992-1994) "Dinámicas de los sistemas de Producción en el Altiplano Boliviano"** IBTA-ORSTOM, La Paz, Bolivie.
- INRA
 1986 **Les collines du Népal central.** Tome II : milieux et activités dans un village népalais. Ouvrage collectif, INRA, PARIS.
- Instituto de Energía de la Academia Nacional De ciencias de Bolivia.
 1981 Revista n°1, 1er sem. La Paz, Bolivia.
- KERVYNB., TAPIA M., ALFARO A., VALLADOLID J., BLANCO O., LESCANO L.
 1983 **Diagnóstico de 8 comunidades alto-andinas del Perú (Cusco, Puno-Ayacucho).** PISCA/IICA/CRDI/U. de Cusco, Puno y Ayacucho.
- LeBARON A., BOND L., AITKEN P., MICHAELSEN L.
 1979 **An explanation of the Bolivian Highlands Grazing <> Erosion syndrome.** Journal of Range Management 32 (3), Mai 1979.
- LHOSTE P., RICHARD D.
 1994 **Contribution de l'élevage à la gestion de la fertilité à l'échelle du terroir.** Réseau Erosion, Bull. n° 14. ORSTOM, Montpellier, France.
- MEZA DIAZ A.,
 1988 **Informe final del consultor en dendroenergía y desarrollo comunitario.** COTESU, Cochabamba, Bolivie.
- MORALES C., (Edit.)
 1994 **Huaraco, comunidad de la puna.** Instituto de Ecología, UMSS, La Paz, Bolivie.
- MORLON P.
 1992 **Comprendre l'agriculture paysanne dans les Andes Centrales.** INRA, PARIS.
- MORODIAS M.
 1994 **Sistemas de crianza bovina y costos de producción de leche en la comunidad de Taypi Llanga (provincia Aroma, La Paz).** Tesis Ing. Agr., UATF, Potosí, Bolivia.

- O.E.A.-PREB
1986 **Programa de regionalización energética para Bolivia.** La Paz, Bolivie.
- ORSTOM-CEE
1994 **Racourcissement du temps de jachère. Biodiversité et développement durable en Afrique Centrale et en Afrique de l'Ouest.** Ouvrage coll. Rapport scientifique à la CEE.Bruxelles.
- PASETTI-BOMBARDELLA L.
1985 **Guía para la introducción de un programa de cocinas mejoradas en la sierra peruana.** FAO (Holanda); Inform. PERU.
- QUEIROZ J., BARRERA C., VALDIVIA J.
1994 **La estructura y composición botánica de la vegetación de los campos agrícolas de la comunidad de San José Llanga, altiplano central, en función de los suelos y período de descanso; in Dinámicas del descanso de la tierra.** IBTA/SR-CRSP, Bolivia
- RANABOLDO C.
1990 **Bolivia household and rural energy project. Promotion of improved fuelwood and LPG stoves.** La Paz, Bolivia.
- REYNEL C. R.
1988 **Plantas para leña en el sur occidente de Puno.** Proyecto arbol andino. Puno, Pérou.
- S.E.I.
1995 **Hornos de ladrillas, caleras y yeseras en Bolivia.** Reporte de la Actividad: Uso de la leña y otros combustibles en la pequeña industria.S.E.I., La Paz, Bolivie
- THOMAS R.B.
1972 **Human adaptation to a high Andean energy flow system.** Ph. D., Dept Anthropology, Pennsylvania State Univ.
- VIDAURRE ESPINOZA O.
1994 **Usos, manejo y posibilidades forestales de árboles y arbustos nativos de la región alto andina del departamento de La Paz.** Thèse Ing. agro. UMSA, La Paz, Bolivie
- ZEBALLOS E., ALZERECCA H.
1988 **Determinación de rendimiento en herbaje del arbusto nativo *Parastrephia lepidophylla* con base en área de copa,** in Primera reunión nacional en praderas nativas de Bolivia, 25-29/8/1987. Alzérreca (Ed.), PAC-CEE-CORDEOR, Oruro, Bolivia.

ANNEXES

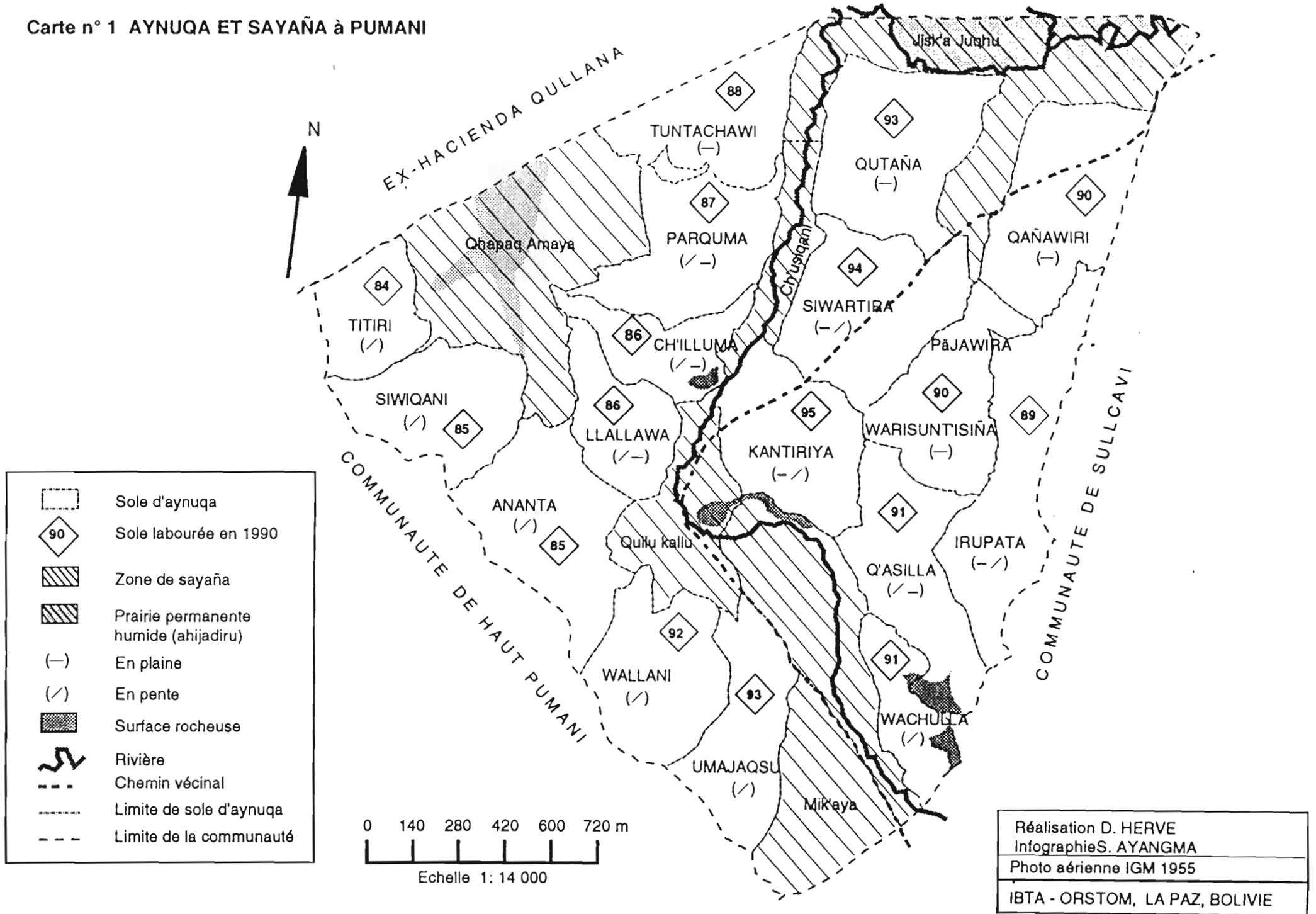
Carte des limites d'aynuqas en 1955 de la communauté de Pomani.

Photographie (mission 1994) de l'aynuqa (vue partielle) de Kantiriya.

Photographie (mission 1955) de l'aynuqa (vue partielle) de Kantiriya.

Carte topographique de la communauté de Pomani.

Carte n° 1 AYNUQA ET SAYAÑA à PUMANI



Photographie n° 3 : Vue partielle de Kantiriya en 1994 au 1/3000.
document original au 1/15 000.



Photographie n° 4: Vue partielle de Kantiriya en 1955 au 1/3000.
document original au 1/50 000.

