

**DÉCISIONS COLLECTIVES, CONTRATS ET NÉGOCIATIONS :
UNE EXPÉRIENCE DE MODÉLISATION MULTI-AGENTS D'UN CONTEXTE
AGRO-PASTORAL DANS LES ANDES BOLIVIENNES.**

Bernardo PAZ BETANCOURT¹, Nathalie FRANCHESQUIN², Dominique HERVÉ¹, Gilles
RIVIÈRE³, Jean-Pierre TREUIL⁴

Introduction

décisions collectives

La coexistence de décisions familiales et de décisions collectives caractérise la plupart des formes de gestion des ressources naturelles et du territoire dans les Andes. Il semble qu'il s'agisse d'une caractéristique générale des gestions de terroirs. Nous sommes dans la situation où les producteurs eux mêmes doivent parvenir à un consensus. Pour la partie du territoire gérée de façon communautaire et notamment pour la gestion des jachères longues, des ajustements par rapport aux normes de fonctionnement font l'objet de débats contradictoires, annuels, aboutissant à des décisions collectives qui deviennent alors des contraintes pour les décisions individuelles ultérieures.

Ces décisions collectives font l'objet de négociations complexes, dans la mesure où les intérêts en jeu sont souvent divergents. Ce sont par exemple le choix des soles d'aynuqas à labourer après une durée de jachère connue et respectée, le choix des dates de fin de récolte et d'ouverture des soles à la vaine pâture, lorsque les bovins sont autorisés à pâturer les résidus de culture et les chaumes hauts.

interdépendances et réciprocités

Les acteurs participant à ces négociations sont fortement interdépendants. Une grande variété d'échanges, d'aides et d'accords de réciprocités activent des réseaux interfamiliaux, essentiellement fondés sur la proximité et la parenté. La réciprocité recouvre un champ de relations très vaste qui inclut des échanges immatériels, allant bien au delà des seules opérations de production.

objectifs des modélisations.

Suivant les points de vue, et selon l'échelle de temps considérée - cycle annuel, cycle de rotation des jachères longues, long terme - la vie de la communauté dépend en partie de ces accords de réciprocités et de ces procédures de décisions collectives. Nous émettons l'hypothèse que ces institutions donnent à la communauté une flexibilité et une marge de manoeuvre suffisante pour répondre aux situations qu'elle doit affronter du fait de son fonctionnement propre (variations endogènes) : elles assureraient jusqu'à un certain point la viabilité du système sur les échelles de temps considérées.

C'est pour nous permettre de mieux réfléchir sur cette hypothèse que nous avons engagé un travail de modélisation multi-agents portant sur deux aspects : la passation des accords de réciprocité et les négociations des terres à remettre en culture. Nous allons décrire maintenant les hypothèses et les principes posés pour les deux modèles, avant de revenir dans la conclusion sur leur articulation.

¹ ORSTOM - IBTA - CP 9214 - 00095 La Paz - Bolivie - Fax : (591 2) 39 18 54

² Université Paris-Dauphine - D.E.A. 127 "Informatique : Systèmes Intelligents" - Place du Maréchal de Latre de Tassigny - 75775 Paris Cedex 16 - Fax : (1) 44 05 44 08

³ CERMA, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales - 54, boulevard Raspail - 75006 Paris - Fax : (1) 45 44 93 11

⁴ Laboratoire d'Informatique Appliquée - ORSTOM - 32, avenue Henri Varagnat - 93143 Bondy Cedex - Fax : (1) 48 47 30 88 - Email: treuil@orstom.fr



I. Modélisation de la passation d'accords de réciprocité.

Échanges, aides, et autres pratiques de réciprocités.

Ces termes désignent [S. Escamilo 1989, Albo, 1989] des arrangements non principalement monétaires passés entre habitants ruraux, mettant en oeuvre ressources, biens et services. Il n'est pas simple de définir avec précision quelle est la fonction de ces arrangements très divers, mais il est évident qu'ils sont pratiqués encore de nos jours avec une certaine intensité par les familles des communautés rurales des Andes et gagnent peut-être même en vigueur. [Torrico et al., 1994]. Certains auteurs indiquent que ces pratiques ont une fonction principalement économique : compenser le manque de main d'oeuvre, à différentes stades du processus d'exploitation agricole [Fernandez, 1989, Gonzales, 1984]. D'autres mettent l'accent sur l'aspect social. Par exemple, les longs voyages réalisés par les éleveurs de lamas, pour réaliser le troc, sont une initiation pour les adolescents qui les accompagnent car ils apprennent ainsi à vaincre les énormes difficultés du voyage [Torrico et al., 1994].

Diversité des pratiques et classification préliminaire.

Dans les communautés andines, ces pratiques sont très anciennes, antérieures aux cultures Aymara et Quechua. La terminologie utilisée dans ces langues reflète leur diversité. En voici des exemples aymara [Albo, 1985, Di Natale, 1953, Paerregaard, 87 et al.]

- ayni (échange qui exige une rémunération du même genre),
 - phayna (travail collectif journalier),
 - jayma (aller travailler les terrains des autorités),
 - umaraca (boire, travail agricole collectif et rotatif),
 - achucalla (cérémonie de pose de la toiture d'une maison),
 - wayka (accord de plusieurs agriculteurs pour aller travailler les terres d'un autre),
 - u~naqa (avertir, surveiller des terres ou animaux en absence du propriétaire),
 - u~nasi (travail pour aider les autorités),
 - mit'a (temps, service de la communauté au groupe, transformé par les non aymaras en service mal rémunéré),
 - yanapa (s'aider, aide entre familles très proches),
 - chari (échange de travail contre aliments pour cuisiner)
- mink'a (aide rémunérée immédiatement sous forme de différents produits),
- sataqa (échanges inégaux afin de permettre un accès à la terre aux plus pauvres),
 - waki (échange de la terre contre travail en conditions d'inégalité),
 - kala (au plus juste, troc singulier des terres gérées de manière collective-aynuqa-).

Cette grande diversité rend nécessaire une classification préliminaire. Nous distinguons ainsi

- *Les travaux communautaires* (phayna, jayma, umaraca, u~nasi, mit'a)

Dans ce type d'arrangement participent plusieurs familles et parfois toute la communauté. La finalité est la construction ou l'entretien de bâtiments ou d'infrastructures utiles à tous. La rétribution est l'usufruit collectif de ce bien commun.

- *Les prestations de services* (mink'a, wayka, engagement de journaliers)

Nous avons inclus dans ce groupe les accords de courte durée, généralement journaliers, établis entre personnes ou familles dont le but principal est de compléter les déficits de main d'oeuvre. Ces arrangements se terminent par la rémunération immédiate du ou des travailleurs ; il n'existe alors aucune relation d'obligation postérieure.

- *Les accords de réciprocité* entre deux familles (ayni, u~naqa, yanapa, chari, sataqa, waki, kala, échange de terres, prise en charge d'animaux, prêt d'outils)

Dans ce groupe nous avons inclus tous les arrangements établis généralement entre deux familles comportant un certain engagement de réciprocité. Cet engagement consiste dans un compromis moral de rendre, souvent de façon différée, sous la même forme ou sous une forme différente mais non monétaire, le bien ou service prêté soit immédiatement et sous la même forme, soit en différé sous des formes très variées. Les ressources qui interviennent dans ce type de réciprocité sont de nature très diverse, depuis la terre (principal patrimoine du paysan), jusqu'au prêt de quelques kilogrammes de laine nécessaires pour la confection de vêtements personnels.

Liens sociaux et réciprocité ; règles régissant les accords.

Des études approfondies sur cet aspect [Lausent, 1983], coïncident sur le fait que les réciprocités se structurent autour de liens révélant des rapports de pouvoir et des stratégies d'alliance entre familles; ces liens se transmettent d'une génération à l'autre. Bien qu'ils ne soient pas uniquement basés sur la parenté (liens d'affinité, liens rituels) celle-ci est cependant l'une des bases d'établissement des accords de réciprocité. Ainsi est-il possible d'établir une hiérarchie précise [Albo et al., 1989] des obligations, en fonction du degré de parenté (par exemple, les parents du mari ont davantage d'obligations envers le couple que la famille de l'épouse).

Les règles régissant les accords posent la question de leurs fondements économiques éventuels. Il a été dit que dans les communautés aymaras était à l'oeuvre un principe de redistribution des ressources, dont l'objectif n'était pas d'en optimiser l'usage, mais d'aider les plus pauvres [Albo, 1985]. Certains économistes [Gonzales, 1984] indiquent que dans ce contexte, on peut considérer que les décisions de production recherchent une maximisation du produit moyen plutôt que du produit marginal. Quoiqu'il en soit, le point de vue examinant le résultat des accords de réciprocité sous l'angle de l'allocation des ressources est bien à prendre en compte.

Caractérisation des accords de réciprocité entre deux familles

Notre modélisation se concentre sur ces accords de réciprocité. Il était donc nécessaire d'en établir une caractérisation, en retenant des critères précis tels que :

- le lien de l'accord avec le processus de production.
- les ressources en jeu.
- l'époque de passation des accords
- La durée des accords
- le critère de sélection du partenaire
- le bénéfice pour chaque partie contractante
- l'engagement de réciprocité

Les classes d'accords identifiées pour notre modèle sont les suivantes:

- *Accords de longue durée*, voire définitifs:
 - Échange de terres ("permutation").
- *Accords de moyenne durée*
 - Échange de terre contre travail (formes de métayages sur 3 ans)
 - Prise en charge d'animaux (sur une ou plusieurs périodes de gestation)
- *Accords inférieurs à un an*
 - Gardiennage d'animaux
 - Échange travail contre travail
 - Prêt de matériel en général
 - Aide aux familles dans le besoin
 - Arrangements de très courte durée
 - "Cadeaux"

Dans un premier temps, nous ne considérons dans le modèle que les formes de réciprocité d'une durée supérieure à un an, c'est à dire l'échange de terre contre terre et les échanges de terre contre travail (métayage), qui dépendent de la décision collective prise en assemblée.

Structure du modèle

Le modèle met en oeuvre plusieurs classes d'agents: familles, accords de réciprocités, que nous décrivons brièvement ici, ceux représentant l'organisation sociale du territoire : aynupa, sayana, lieux-dits, et enfin ceux représentant les activités.

Un agent "famille" représente une famille de la communauté avec ses caractéristiques telles que sa composition familiale, ses liens avec les autres familles, les ressources qu'elle possède, leur utilisation, une mémoire gardant une copie, qui peut être incomplète et inexacte, de la situation de certaines familles voisines et parentes et de l'organisation du territoire.

Un agent "réciprocité" représente un accord de réciprocité établi par deux familles; il est caractérisé par la famille initiatrice et la famille partenaire, les ressources échangées, la durée, les critères de sélection de la famille partenaire, l'objectif cherché, et les bénéfices obtenus par chaque famille.

Dynamique du modèle

Le principe d'établissement des accords réside dans la circulation d'un certain nombre de propositions adressées par certaines familles à d'autres, jusqu'à arrêt du processus. La structure du programme est séquentielle mais, en fait, il s'agit d'un parallélisme simulé par la gestion d'un système de boîtes aux lettres identique au système mis en place pour les négociations [Franchesquin, 1995]

La Boucle principale du modèle comporte les étapes suivantes:

- *Emission de propositions*. Toutes les familles qui considèrent nécessaire l'établissement d'un accord de réciprocité, afin de combler certains besoins, adressent leurs propositions aux familles qui d'après elles, sont dans la possibilité et/ou dans l'obligation de les accepter.
- *Acheminement*. Les propositions sont acheminées vers les boîtes aux lettres des familles destinataires.
- *Sélection et réponses*. Chaque famille consultée, en fonction de ses disponibilités, possibilités et obligations, sélectionne les familles avec lesquelles elle établira des accords; c'est là que les liens sociaux jouent un rôle très important
- *Etablissement des accords de réciprocité*. Cette étape génère l'information nécessaire pour initialiser les instanciations de l'objet "réciprocité".

Exploitation de la modélisation

Le simulateur est en cours de programmation. Dans un premier temps nous explorons différents scénarios qualifiés d'"instantanés" liés à l'ouverture d'une aynuqa, et prenant en compte différentes configurations d'occupation du territoire et de relations sociales. Dans un second temps nous intégrerons la production sur un cycle annuel, en utilisant comme un "expert" extérieur, capable de calculer le bilan annuel de production de chaque famille, le simulateur "mono-exploitation" [Miguies, 1995] programmé par ailleurs. C'est seulement dans une troisième étape que nous ferons tourner le modèle sur l'ensemble du cycle de rotation pour étudier la viabilité de différents scénarios sur cette échelle de temps.

II. Modélisation des négociations autour des terres à remettre en culture

structure du modèle

Les décisions concernant les terres à remettre en culture après une jachère longue sont fortement contraintes par le cycle de rotation. La remise en culture obéit en effet à une règle simple qui résulte de la division du territoire géré communautairement en 13 aynuqas et de l'existence d'un ordre précis de rotation. L'assemblée générale exécute en quelque sorte cette règle, en déclarant ouverte une nouvelle aynuqa. Plusieurs faits [Paz et al, 1995] viennent moduler cette simplicité, et nous ont fait considérer qu'à côté d'un noyau de "lieux-dits" revenant obligatoirement en culture, existait à la marge un ensemble d'autres lieux dits, dont la remise en culture pouvait faire l'objet de négociations.

En généralisant cette situation, nous nous sommes demandé comment modéliser de façon générique un processus de décision collective, aboutissant à déterminer les lieux-dits à remettre en culture, sans supposer de règle préétablie. Poser le problème ainsi nous amène à le caractériser formellement de la façon suivante :

- des agents entretenant des liens sociaux - les familles de la communauté -.
- des décisions à prendre - les lieux dits à remettre en culture -.
- des enjeux propres à chaque agent et à chaque décision - la surface globale des parcelles détenues par chaque famille dans chaque lieu-dit -.

- des décisions interdépendantes - la remise en culture d'un lieu-dit mobilisera les ressources des familles qui y détiennent des terres, ce qui ne peut que diminuer l'intérêt pour ces familles d'ouvrir d'autres lieux-dits.
- un objectif pour la négociation : aboutir à une configuration de lieux-dits remis en culture, satisfaisante pour les agents [négociation/coopération]

déroulement de la négociation

Pour modéliser le déroulement de la négociation, nous avons fait une seconde hypothèse. Nous avons supposé que le choix de chaque famille ne se déterminait pas lors de l'assemblée générale, mais lors de toute une série de consultations - éventuellement réparties dans le temps -, où les familles qui sont en relation essaient d'élaborer des positions communes qui pourront peser le jour de l'assemblée. C'est sur cette phase préliminaire que se concentre notre modélisation.

La négociation est conçue comme un processus dans lequel des familles prennent l'initiative de proposer des lieux-dits à remettre en culture. Chacune des familles initiatrices adresse sa proposition aux familles de son entourage, lesquelles peuvent répondre en acceptant la proposition, en la rejetant, ou en lui substituant une autre (la remise en culture d'un autre lieu-dit)

adaptation d'un protocole de négociation.

Dans les systèmes multi-agents, les protocoles de communication règlent les comportements d'échange d'information entre agents [Populaire, 1993]. Certains de ces protocoles sont spécialisés dans la négociation. Le protocole proposé par Sian [Sian, 1991] est l'un d'entre eux. Il formalise ce qui se passe dans un groupe d'agents discutant d'une hypothèse, pour l'accepter ou la rejeter : proposition d'une version initiale, de modifications, expression d'accords ou de désaccords, acceptation définitive. Ce protocole nous a intéressé, la décision à prendre sur le lieu-dit jouant le rôle de l'hypothèse. L'adaptation majeure à notre contexte concerne le parallélisme : à un instant donné, chaque famille peut avoir à faire face à plusieurs propositions, émanant de plusieurs familles avec lesquelles elle est liée : elle participe simultanément à plusieurs groupes de discussions.

exploitation de la modélisation

Un simulateur a été réalisé [Franchesquin, 1995] Un premier scénario très simple - basé sur des décisions se prenant à la majorité dans chaque groupe de discussion, a permis de vérifier le bon fonctionnement de l'adaptation du protocole de Sian, et l'aboutissement du processus. Il nous faut maintenant expérimenter divers stratégies familiales concernant l'élaboration de leurs positions, en complexifiant progressivement le raisonnement que ces familles peuvent effectuer. Ces expérimentations prendront en compte, comme précédemment, le point de vue qui considère le résultat de la négociation sous l'angle économique de l'allocation des ressources.

Conclusion

Nous avons abordé par la modélisation deux aspects importants de la communauté étudiée, la passation des accords de réciprocités et la négociation des terres à remettre en culture. Nous l'avons fait de façon séparée. Le but n'est pas en effet de reproduire de façon exacte la réalité en intégrant simultanément tous les aspects, mais de mieux comprendre son fonctionnement en procédant de façon exploratoire à partir de modèles simples - voire abstraits - pouvant être progressivement complexifiés.

Il est certain cependant que les deux modélisations sont dépendantes l'une de l'autre :

Sur un plan technique, elles mettent en oeuvre une même structure de discussion entre agents, s'inspirant de [Maruichi 1990]. Dans le premier cas l'aboutissement de ces discussions est un ensemble d'accords de réciprocité passés entre des agents deux à deux. Dans le second cas cet aboutissement est une décision collective reflétant un consensus plus ou moins large entre les agents ayant participé à la discussion. Les éléments déterminant le cours des processus sont les mêmes, à savoir les structures démographiques des familles, la structure géographique et sociale de la répartition des terres, l'architecture des relations sociales entre familles, les connaissances qu'ont les familles les unes sur les autres, et enfin la manière dont fonctionnent les discussions (protocoles).

Sur un plan thématique, il est évident que l'on ne saurait considérer la prise de décision collective comme indépendante des accords de réciprocité : d'une part les accords de réciprocités déjà passés contribuent à la constitution de groupes d'intérêts qui compteront lors des négociations qui se déroulent avant ou pendant l'assemblée communale, et réciproquement, au fur et à mesure que se déroule les discussions entre agents conduisant à la décision à prendre, ceux-ci anticipent sur les accords de réciprocités qu'ils conclueront une fois la décision prise. Le problème de l'articulation entre les deux modèles est donc posé.

Bibliographie

Albo Javier; "Desafios de la solidaridad Aymara" ; cahier No 25; Ed. CIPCA; La Paz-Bolivia, 1985.

Albo Javier, K. Liberman, A. Godinez, F. Pifarr'e; *Para comprender las culturas rurales en Bolivia*. Ed. CIPCA-UNICEF; La Paz-Bolivia, 1989.

Di Natale E. Remo; *Revolucion agraria en Bolivia* ; Ed. Imprenta Universitaria; Cochabamba-Bolivia, 1953.

Escamilo Simon; *Produccion e intercambio en el valle de Chusgon* ; Ed. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; Lima-Perou, 1989.

Fernandez Maria; "Consideraciones para la investigacion participativa en comunidades campesinas alto-andinas"; serie; Ed. Serie Comunidades; Lima-Perou, 1989.

Franchesquin Nathalie; "Modelisation des negotiations aboutissant à une prise de decision collective au sein d'une assemblee communautaire"; rapport DEA "Systèmes intelligents" Université Paris 9 Dauphine France, 1995.

Gonzalez de Olarte Efrain; *Economia de la comunidad campesina* ; 2me edition; ed. Instituto de Estudios Peruanos; Lima-Perou, 1984.

Lausent Isabelle; *Pequena Propiedad, Poder y Economia de Mercado* ; Ed. IEP ediciones; Lima-Perou, 1983.

Maruichi Takeo, M. Ichikawa et M. Tokoro; "Modeling Autonomous Agents and their groups"; article In Demazeau and Muller *Decentralized AI* ; Ed. ELSEVIER; Amsterdam-Holland, 1990.

Mígueis J. Pumani, un modèle de représentation de l'activité agro-pastorale dans les andes. Ed. ORSTOM-IBTA Bolivia; La Paz 1995.

Populaire P., Demazeau Y., Boissier O., Sichman J., Description et implémentation des protocoles de communication en Univers multiagents. in 3eme journées francophones sur l'IAD et les SMA, Toulouse, AFCET AFIA, avril 1993.

Paerregaard Karsten; *Nuevas organizaciones en comunidades campesinas: el caso de Usimba Chaquicocha* ; Ed. Universidad Cat'olica Pontificia del Perou"; Perou 1987.

Paz Betancourt Bernardo D. Herve et JP.Treuil; "Modelisation des echanges entre exploitations d'une communaute andine: Une aproche par modelisation multi-agents"; rapport de recherche intermediaire; Ed. ORSTOM - IBTA Bolivia; La Paz 1995.

Sati Singh Sian. Adaptation based on cooperative learning in multi-agent systems, *Decentralized AI 2* pages 257-272. Elsevier Science, 1991.

Torrigo V. Domingo G. Lisberger, D. Fernandez et J. San Mart'in; "Apuntes sobre reciprocidad"; serie technique No 32; Ed. Agruco; Cochabamba-Bolivia, 1994.

Tendances nouvelles

**EN MODÉLISATION
POUR L'ENVIRONNEMENT**

cité des Sciences et de l'Industrie, Paris
 les 15, 16 et 17 janvier 1996

**ACTES DES JOURNÉES DU PROGRAMME
ENVIRONNEMENT, VIE ET SOCIÉTÉS**

COMMUNICATIONS ORALES

SESSION A : Problèmes de modélisation,
conceptualisation, agrégations d'échelles,
assimilation de données.



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE