L'évaluation des conséquences de décisions stratégiques en élevage extensif en Uruguay. Une approche par les systèmes multi-agents

Hermes Morales-Grosskopf

▶ **To cite this version:**

Hermes Morales-Grosskopf. L'évaluation des conséquences de décisions stratégiques en élevage extensif en Uruguay. Une approche par les systèmes multi-agents. Agriculture, économie et politique. AgroParisTech, 2007. Français. NNT : 2007AGPT0028 . pastel-00606388

HAL Id: pastel-00606388
https://pastel.hal.science/pastel-00606388

Submitted on 6 Jul 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AGROPARISTECH

Ecole Doctorale Agriculture, Alimentation, Biologique, Environnement et Sociétés
A B I E S
Département des Sciences Animales
Développement des Filières Animales

Hermes Morales Grosskopf

L'évaluation des conséquences de décisions stratégiques en élevage extensif en Uruguay
Une approche par les systèmes multi-agents.

Doctorat d'Ingénieur soutenu le 12 octobre 2007

Professeur-Enseignant :	**Jean LOSSOUARN**
Directeur de thèse :	**Jean François TOURRAND, GIP IFRAI Inra-Cirad, Paris, France**
Rapporteur :	**Eric LAMBIN, géographe, Université Catholique de Louvain-La-Neuve, Belgique**
Rapporteur :	**Benoît DEDIEU, Zootechnicien, Inra, UMR METAFORT, Clermont Ferrand, France**
Membre du jury :	**Didier RICHARD, Vétérinaire-Zootechnicien, Cirad, UR SEPA, Montpellier, France**

Remerciements.

Je remercie ma femme, Beatriz et mes enfants, Alejandro et Ma Clara. Ils ont été le motif pour aborder ce travail.

Jean François Tourrand a été un grand directeur, et au fil de la thèse est devenu un ami

Les membres du Jury ont apporté des remarques constructives, qui ont permis d'améliorer mon travail.

Le Plan Agropecuario doit recevoir aussi toute ma reconnaissance. Cela inclut mes collègues et les autorités qui en prenant des risques m'ont encouragé à suivre la voie du doctorat**.**

Il y a aussi beaucoup de personnes, parmi lesquels des nombreux éleveurs, qui m'ont donné de leur écoute et de leur avis. Je leur remercie vivement.

Merci aussi á mes parents.

Résumé

L'évaluation des conséquences de décisions stratégiques en élevage extensif en Uruguay. Une approche par les systèmes multi-agents

L'activité humaine a des conséquences sur l'évolution de la société et de l'environnement. Dans notre cas nous nous intéressons aux particularités de l'élevage comme activité humaine dans le Nord de l'Uruguay, dans la région d'Arapey. Pour effectuer l'étude nous utilisons une approche systémique, où se combine une analyse narrative avec la simulation en utilisant des systèmes multi-agents. Sont décrites les principales caractéristiques de l'activité agricole, en incluant les évolutions sur le long terme. Nous démontrons ainsi comment l'agriculture et l'élevage ont permis le développement de sociétés stratifiées et comment ce processus s'est accéléré avec le temps. En particulier, nous montrons les interactions entre société, science et agriculture, en expliquant comment au cours du dernier siècle, des augmentations énormes de productivité ont été réalisées par l'industrialisation de l'agriculture, et cela grâce à l'utilisation de combustibles fossiles. L'élevage uruguayen est en permanente interaction avec ce qui se passe en dehors des frontières. La mondialisation de l'alimentation a vu le jour en même temps que la viande d'Uruguay était globalement distribuée, tout au long de la seconde moitié du 19ième siècle. La construction du modèle Arapey comprend trois étapes : i) identification de pratiques « significatives » au moyen d'une combinaison d'enquêtes, recherches et observations de terrain ii) modélisation du système à l'échelle des exploitations en privilégiant les pratiques qu'on a choisi d'étudier, et en utilisant le « Unified Modeling Language » (UML) et iii) évaluation des conséquences de ces pratiques sur l'évolution des exploitations et de la région, en utilisant la plate-forme Cormas pour réaliser les simulations à partir du modèle Arapey ainsi construit. Face à des situations de grande incertitude, une amélioration de l'action collective peut être obtenue par la mise en discussion des actions à prendre. Elle doit s'appuyer sur une grande participation des

acteurs intéressés, ainsi que sur l'utilisation d'instruments permettant à la fois d'intégrer des connaissances d'origines diverses et d'explorer différentes scénarii en représentant différents points de vue, comme par exemple les systèmes multi-agents et/ou une famille de diagrammes. Une connaissance approfondie de la situation est une condition nécessaire pour que cette action puisse être significative, croyable et légitime. Les SMA en tant que « laboratoire virtuel » peuvent accélérer l'apprentissage en incorporant des variables qualitatives, ce qui augmente le coté réaliste du modèle et sa capacité à être un support effectif de prises de décisions.

Mots clé : Uruguay, élevage, modélisation, multi-agents.

Abstract.

An evaluation of the consequences of strategic decisions in extensive livestock farming in Uruguay.

An approach by multi-agent systems.

The human activity has consequences on the evolution of the society and of the environment. We are interested in the characteristics of the livestock farming as a human activity system in the North of Uruguay, in the area of Arapey. To carry out the study we use a systemic approach, where narrative analysis and computer simulations are combined by using multi-agent systems. The principal characteristics of the agricultural activity are described, by including the evolutions on the long term. We show thus how agriculture and the livestock breeding fostered the development of hierarchical societies and how this process accelerated with time. In particular, we show the interactions between society, science and agriculture, explaining how during the last century, an enormous increase in productivity was obtained by the industrialization of agriculture, thanks to the use of fossil fuels. The Uruguayan livestock production is in permanent interaction with what occurs abroad. The food globalization was born at the same time as the Uruguayan meat was distributed everywhere in the world, throughout the second half of the 19th century. The construction of the Arapey model includes three stages: i) identification of "significant" practices by means of a combination of, research and field observations ii) modeling of the system at the farm level, representing practices chosen to study, and by using the "Unified Modeling Language" (UML) and iii) evaluation of the consequences of these practices on the evolution of the exploitations and of the region, by using the Cormas platform to carry out simulations on a model called Arapey. Vis-a-vis with situations of great uncertainty, an improvement of the collective action can be obtained by the discussion of the actions to be taken. It must be based on a great participation of the stakeholders, and on the use of instruments making it possible at the same time to integrate knowledge of various origins and to explore different scenarios by representing various points of view, such as the multi-agent

systems and/or a family of diagrams. A thorough knowledge of the situation is a necessary condition for this action can be salient, credible and legitimate. The MAS as "a virtual laboratory" can accelerate learning by incorporating qualitative variables, which makes the model more realistic and improving its capacity of being an effective support for decision making.

Key words: Uruguay, breeding, modeling, multi-agents.

Table des matières

Introduction *11*

Chapitre I – Société, Science et Agriculture *16*

1.1 Introduction 16

1.2 L'évolution de l'activité d'agriculture et d'élevage : de ses débuts à l'industrialisation 16

Chap. II : Elevage et Modélisation *31*

2.1 31

L'étude de l'élevage en zones difficiles 31

2.2 L'hypothèse du travail 35

2.3 Concepts et méthodes associés à la pensée systémique de développement récent 36

a. La modélisation systémique 37

b. L'identification des régularités essentielles 38

c. Les systèmes multi-agents 40

2.4 La mise en œuvre de la recherche 47

Chapitre III – L'élevage en Uruguay *52*

3.1 Introduction 52

3.2 De l'introduction du bétail à la fin du XVIIIe siècle, 1611 – 1760 52

3.3 La viande salée et la consolidation de la propriété de la terre; 1760-1880 55

3.4 L'amélioration du cheptel ; 1880-1930 59

3.5 Une forte présence de l'Etat ; 1930-1978 62

3.6 La libéralisation économique et un nouveau scénario international 68

3.7 L'évolution récente : la forte augmentation des exportations de viande bovine 72

3.8 La situation internationale et ses perspectives par rapport à la production et à la consommation de viande bovine 82

Chapitre IV - Le modèle Arapey *88*

4.1 Les antécédents du modèle 88

4.2 Les antécédents de notre travail quant à l'identification des décisions stratégiques dans notre région 89

4.3 Sa finalité 96

a. L'identification des décisions stratégiques 96
b. Le choix des « types » à modéliser 97
c. Son utilisation pour une amélioration du travail d'accompagnement 99

4.4 Le type de modèle à simuler 99
a. L'échelle temporelle 99
b. Le niveau d'agrégation 101
c. Le niveau d'abstraction « analytique » ou « résolution » 104

4.5 La plate-forme utilisée : Cormas 106

4.6 La situation modélisée 107

4.7 Les composants du modèle 111

4.8 Dynamique 125

4.9 La situation initiale 125

4.10 L'observateur 125
a. Les sondes dont l'objet est de vérifier que le fonctionnement interne du modèle est cohérent avec le fonctionnement du modèle à simuler (« vérification ») 127
i. Sondes globales 127
ii. Les sondes locales 127
b. Les sondes qui permettent de visualiser les résultats du modèle 128
i. Celles qui montrent la trajectoire d'exploitations à long terme 129
ii. Celles qui permettent d'évaluer la cohérence des résultats avec des indicateurs provenant du monde technique 129

4.11 Les résultats 129

4.12 L'expression de différents points de vue 138

4.13 Corroboration et participation 139
a. Des composants et de leur dynamique 142
b. Des résultats 142

4.14 L'utilisation du modèle en tant que repère conceptuel pour le Projet d'Intégration des Connaissances 143

4.15 Autres intéressés 146

Chapitre V – Discussion 149

5.1 L'approche dans la tradition de l'étude des pratiques 149

5.2 L'étude des systèmes complexes 151

5.3 Les effets des stratégies sur le fonctionnement des exploitations 153
a. En ce qui concerne la production par tête 153
b. En ce qui concerne la production par parcelle 154
c. Sur les résultats économiques 154
d. Sur les trajectoires à long terme et la flexibilité 156

5.4 La réflexion autour des typologies que propose Arapey 157

5.5 Les diagrammes d'activité : ouvrir la « boîte noire » des exploitations ... 161

5.6 L'image de gestion des exploitations que propose Arapey et la mise en place de normes ... 168

5.7 La conception des systèmes d'information ... 171

5.8 L'utilisation d'UML dans la communication avec les informaticiens. ... 175

5.9 Les caractéristiques du modèle ... 176
a. La non- spatialisation ... 176
b. La non-communication entre agents sociaux ... 177
c. La complexité ... 178
d. Les simplifications utilisées lors de la modélisation ... 180
1. Le réalisme des stratégies. ... 180
2. La non-inclusion des 'laineux'. ... 181
3. La fonction de production. ... 181
4. Les suppositions de prix et leur caducité immédiate. ... 182

5.10 Arapey: pour une analyse des conséquences des changements actuels ... 184

5.11 En ce qui concerne la circulation de l'information et le « contrat social » ... 185

5.12 La participation en ce qui concerne l'élaboration du modèle ... 187

5.13 Le modèle dans l'apprentissage collectif sur l'évolution des exploitations sur le long terme ... 189

5.14 En ce qui concerne les réflexions que cela suggère ... 191
a. L'existence de variables lentes et la difficulté d'apprentissage ... 191
b. L'examen des décisions stratégiques ... 192
c. La connaissance nécessaire ... 195

Chapitre VI - L'intégration des connaissances ... 197

6.1 Le défi d'intégrer des connaissances ... 197
a. L'élevage en zones difficiles ... 198
b. Les antécédents ... 200
c. La tradition de l'intégration des connaissances ... 200
d. Les différentes voies possibles ... 201

6.2 La modélisation et les SMA en tant qu'outil privilégié ... 203
a. L'intégration des points de vue ... 203
b. L'approche des systèmes complexes ... 204
c. La formalisation des activités en tant qu'outil de dialogue et d'exploration des améliorations ... 205
d. La simulation en tant que « laboratoire virtuel » ... 206
e. Un nouveau métier est-il nécessaire ? ... 207
f. Les institutions nécessaires ... 208

6.3 L'évolution probable. ... 209

Conclusions *215*

Bibliographie *217*

Annexe : Fonctionnement technique des systèmes d'élevage en Uruguay *244*

1. L'ENSEMBLE d'EXPLOITATIONS AVEC BOVINS VIANDE ET/OU OVINS 244

2. CARACTÉRISATION DU BÉTAIL URUGUAYEN. 245
   a. Aspects généraux 245
      i. Localisation départementale des éleveurs 247
   b. Caractéristiques sociales et démographiques des éleveurs 247
      i. Sexe et âge 247
      ii. Éducation 247
      iii. Nationalité 248
      iv. Résidence 248
      v. Propriété de la terre 248
   c. Des aspects de l'organisation des exploitations d'élevage 248
      i. Disponibilité téléphone et électricité dans l'exploitation 248
      ii. Administration d'exploitations d'élevage 249
      iii. Assistance technique reçue par des éleveurs 249
      iv. Des éleveurs qui portent des registres de la gestion 249
      v. Fractions non contiguës qui forment l'exploitation des éleveurs 249
      vi. Autres exploitations travaillées pour l'éleveur 249
      vii. Condition juridique des éleveurs 249
   d. Des ressources humaines 250
      i. Travailleurs permanents non salariés dans les exploitations d'élevage 250
      ii. Des travailleurs permanents salariés dans les exploitations d'élevage 250
      iii. Travailleurs temporaires dans les exploitations d'élevage ..... **¡Error! Marcador no definido.**
      iv. Résidents dans des exploitations d'élevage 251

3. Des équipements et des améliorations fixes 252
   a. Machines et équipements dans les exploitations d'élevage 252
   b. Améliorations fixes dans les exploitations d'élevage 252

4. Indicateurs techniques 253
   a. Dotation animale par hectare 253
   b. Relation ovin/bovin 253
   c. Relation bovillons/vache dans les exploitations d'élevage 253
   d. Améliorations fourragères dans les exploitations d'élevage 253
   e. Prairies artificielles « permanents » 254
   f. Des ensemencements en couverture ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Introduction

Depuis quelques décennies, l'idée selon laquelle l'activité humaine a des conséquences sur l'écosystème, se répand. Celle-ci peut entraîner d'importants changements, parfois néfastes, raison pour laquelle des efforts sont effectués dans différents secteurs afin d'anticiper les conséquences des activités réalisées. Ainsi, l'agriculture et l'élevage, interfaces entre la société et la nature, font l'objet d'une attention toute spéciale. Ces conséquences apparaissent simultanément ou avec des retards variables, sur des échelles fortes distinctes, elles peuvent par exemple avoir un impact sur le bien-être des populations locales, ainsi que sur la diversité génétique dont disposeront les générations futures dans d'autres régions, et tout cela rend leur étude particulièrement complexe.

La présence de bétail sur le territoire qui est aujourd'hui la République Orientale de l'Uruguay a été la première manifestation de l'arrivée des européens. Depuis lors, il s'agit de l'une des principales activités des habitants de cette région et est l'un des reflets de cette complexité, puisque dès le départ l'élevage de ce bétail a été justifié par une demande de populations lointaines. Une histoire « locale» de l'élevage uruguayen n'existe pas, elle n'est que la synthèse d'une évolution globale, aussi bien sociale que technologique, culturelle, etc. Toutefois, la présence de facteurs locaux et d'événements particuliers ou de circonstances personnelles font que l'évolution de chaque région et de chaque exploitation est différente. Cette interaction complexe entre causes globales, régionales, locales et personnelles, externes ou internes aux systèmes analysés et qui proviennent d'un environnement physique ou humain, rend cette étude passionnante. Une description cohérente et ordonnée des facteurs qui interviennent dans l'évolution d'un élevage qui nous permette de comprendre sa situation, et donc d'anticiper et d'identifier ce qui est prévisible, peut nous amener à agir avec plus d'efficacité et de pertinence. Il s'agit également d'un excellent exercice de compréhension en ce qui concerne l'autonomie (Morin 1990), qui explique comment les systèmes complexes, qui

sont capables d'élaborer leurs propres comportements, sont influencés par l'environnement sans pour autant être déterminés par celui-ci.

L'histoire et l'évolution de l'élevage uruguayen coïncident avec une nouvelle période de l'histoire de l'humanité : l'industrialisation, qui a radicalement modifié la manière d'organiser la société dans sa relation à la nature et dans sa vie quotidienne, au long de ces trois derniers siècles.

Ce travail prétend améliorer notre compréhension par rapport aux diverses transformations de l'élevage. Nous analyserons plus spécialement la persistance de structures séculaires d'organisation qui, contrairement à ce qui s'est passé avec d'autres secteurs d'activité humaine, n'ont pas beaucoup changé tout au long de ce dernier siècle. En tant qu'agronomes, nous avons été formés au moment de la « Révolution Verte » qui prônait le contrôle et la maîtrise de la nature, plus particulièrement de la végétation. Cela nous a conduit à nous interroger de façon aiguë sur le contraste entre les rythmes de changement entre régions, nous a amené à observer des « situations d'élevages » en différents endroits, et surtout nous a conduits à écouter et à lire les réflexions émises par d'autres personnes préoccupées par des questions semblables, en d'autres lieux et à d'autres époques.

Nous avons très vite considéré que l'élevage devait être étudié en tant qu'activité humaine, que nous ne pouvions donc pas le « simplifier par mutilation » (Le Moigne 1990) et que la compréhension des aspects physico-biologiques, ainsi que des aspects humains était une tâche nécessaire. Dans ce cadre, l'approche disciplinaire est un écueil car une étude systémique s'impose. Ce type d'approche est relativement récent puisqu'il n'a guère plus d'une cinquantaine d'années et est encore en plein développement. Notre travail s'appuie ainsi sur toute une série d'auteurs notoirement connus quant à leur approche des systèmes, comme Morin (1977; 1980; 1990), Checkland (1999), Le Moigne (1990; 1994), Simon (1991), Varela (1989), et explore un outil à la

fois simple et très sophistiqué : les systèmes multi-agents (SMA). Cette utilisation des SMA se développe grâce au logiciel Cormas, créé par le Cirad[1].

Dans la mesure où ne nous ne pouvons pas réaliser d'expérimentation physique sur le développement de l'élevage ou sur les stratégies des éleveurs, une approche narrative s'impose, d'ailleurs commune à toutes les sciences non-expérimentales (Popper 2005). En même temps, puisqu'il s'agit d'un travail de recherche interdisciplinaire, nous prétendons aussi avancer quant à la connaissance du thème étudié et à la méthodologie appliquée, afin de pouvoir mobiliser et intégrer des connaissances provenant de différentes disciplines (Jollivet et Legay 2005). Les résultats de ce travail sont donc de l'ordre de la connaissance du fonctionnement de l'élevage extensif, de l'application de la connaissance résultant de situations concrètes et de la méthodologie appliquée à l'étude de la problématique abordée.

Le chapitre I va mettre en place une brève synthèse de l'évolution de l'agriculture.

Dans le chapitre II nous faisons une description en termes conceptuels de l'approche méthodologique sur lequel ce travail s'appuie. Nous allons présenter l'hypothèse de travail les idées fondamentales en ce qui concerne l'approche systémique de l'agriculture, quelques généralités sur les systèmes multi-agents et l'organisation de notre recherche.

Le chapitre III va présenter les grandes étapes de l'évolution de l'élevage en Uruguay. Nous allons montrer comment les changements technologiques et sociaux déterminent les différentes formes d'organisation et comment cela conduit à différents produits obtenus à partir de l'élevage. Après avoir épuisé la frontière agricole et ajusté la qualité du bétail à la demande, une période de très lente croissance, qui est allée jusqu'à la fin du XXe siècle, a débuté. Durant cette dernière et jusqu'à aujourd'hui, un ensemble de petits changements a conduit à une augmentation substantielle de la présence de produits d'élevages uruguayens sur le marché international.

[1] Centre International de Recherche et de Développement Agricole. France.

Le chapitre IV va présenter le modèle Arapey, système multi-agents, qui tire son nom d'une région du Nord de l'Uruguay où coule une rivière du même nom. Sa mise en forme est le produit de plusieurs objectifs, tels que l'amélioration de la compréhension des changements techniques dans l'élevage, l'évaluation des SMA en tant qu'outils d'étude, ainsi qu'une utilisation comme base de discussion sur des thèmes liés à l'élevage. Nous allons aussi y décrire et y discuter les différentes options qui ont été choisies lors de sa mise en œuvre, ses principaux résultats, ainsi que les différentes instances de « validations » liées à son fonctionnement. De façon plus détaillée, nous allons décrire son utilisation en interaction avec des agents locaux bien familiarisés avec la situation modélisée. Enfin, nous citerons quelques-uns des projets d'action qui se sont inspirés de son analyse.

Le chapitre V va nous permettre de montrer que ce travail s'insère au sein d'une ligne d'étude des « pratiques » d'élevage, ainsi que de façon plus générale dans le cadre d'une étude des systèmes complexes. Nous y examinerons les résultats que produisent ce modèle et y comparerons la typologie appliquée par Arapey avec d'autres modèles en usage, ce qui permettra de définir quelques propositions méthodologiques. Le modèle de prise de décisions de gestion des exploitations utilisé par Arapey est comparé à d'autres modèles existants, surtout à celui d'anticipation rationnelle, absent d'Arapey. Ensuite, nous allons discuter les caractéristiques du modèle en tant que SMA. Arapey ne fait pas un usage exhaustif des possibilités techniques des SMA, même pas de caractéristiques classiques, comme par exemple positionner les agents dans l'espace ou faire en sorte qu'ils communiquent entre eux et qu'ils apprennent. Nous examinerons les principales simplifications qu'il a fallu faire, nous analyserons comment le besoin de communiquer-participer a été abordé et nous décrirons les principales pistes de réflexions proposées par Arapey, en plus de ses résultats spécifiques.

Dans le chapitre VI sur « l'intégration des connaissances », nous allons envisager toute une série de réflexions générales à partir du travail qui a été

réalisé dans le cadre d'Arapey. Nous reviendrons plus spécialement sur le cas particulier de l'élevage dans les régions difficiles et sur quelques points d'étude et de compréhension en tant que système complexe. Nous analyserons les avantages et les limitations de la méthodologie utilisée, les SMA et les diagrammes, et nous chercherons à savoir quelle pourra être l'évolution de la région d'Arapey.

Notre conclusion reviendra de façon résumée sur les principaux résultats et explorera des possibilités d'études à venir à partir des interrogations que nous aurons soulevées.

Chapitre I – Société, Science et Agriculture

1.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons revoir les principaux points d'évolution de l'agriculture, ainsi que les aspects les plus importants de la problématique actuelle, caractérisés par une dualité entre l'agriculture et l'élevage « industriel », et, un élevage qui se développe dans des régions dont les diverses limitations font qu'il ne participe pas à cette « industrialisation ».

Afin de pouvoir comprendre le cadre général dans lequel s'insère notre travail, nous allons récapituler l'évolution de l'activité agricole d'élevage sur le long terme et apporter quelques précisions en ce qui concerne notre champ de travail spécifique : l'élevage extensif.

1.2 L'évolution de l'activité d'agriculture et d'élevage : de ses débuts à l'industrialisation

L'activité agricole tire son origine des débuts de la civilisation. Dans une analyse à long terme, nous pouvons distinguer trois grands points d'inflexions par rapport à l'évolution humaine (Ramankutty et al. 2006) : la maîtrise du feu, la domestication des animaux et des plantes, et l'utilisation des combustibles fossiles.

La maîtrise du feu a eu lieu il y a des centaines de milliers d'années. La domestication des animaux et des plantes s'est développée il y a environ 10 000 ans de façon simultanée dans différentes régions – la Mésopotamie, l'Inde, la Chine – ce qui a permis une augmentation de la productivité du travail et des provisions alimentaires, qui a elle même entraîné une complexification des organisations humaines, a conduit au surgissement des villes, ainsi qu'à

l'apparition de sociétés hautement stratifiées où ont été mises en place des fonctions telles que l'église, l'armée et l'administration.

L'agriculture a évolué parallèlement au reste de la société et est restée une activité centrale car elle fournissait aussi bien des aliments que d'autres services, comme le transport ou les fibres vestimentaires.

Mazoyer et Roudart (2002) démontrent comment l'évolution de l'agriculture accompagne l'évolution de la société, et comment cette dernière s'organise afin de mieux exploiter l'environnement. A l'aube de la civilisation par exemple, de gigantesques œuvres d'infrastructures d'irrigation ont été réalisées en Mésopotamie, en Egypte ou en Amérique. Ces activités concrètes ont pris différentes formes selon le moment historique et les circonstances écologiques. Ainsi, une grande diversité d'espèces aussi bien végétales qu'animales a été mise à contribution à différentes époques. La connaissance empirique, transmise de génération en génération a permis une domestication et une amélioration de nombreuses espèces végétales et animales. La plupart des espèces cultivées actuellement étaient déjà cultivées il y a des milliers d'années et il est encore possible de trouver leurs ancêtres sauvages dans leurs zones d'origine (Joly et Ducos 1993).

Jusqu'à l'époque des « grandes découvertes », avec l'arrivée des européens en Amérique et en Océanie, il est possible d'identifier des régions ou des civilisations où l'agriculture a eu un développement relativement autonome. Par exemple, le maïs n'était pas connu en Europe, et le blé ne l'était pas en Amérique. La même chose s'est passée avec les animaux. Les américains ne connaissaient pas le cheval ou les bovins, alors que dans certaines zones, ils avaient domestiqué des animaux dont ils se servaient comme source d'alimentation et de transport. La conquête des différents continents par les européens est allée de pair avec un énorme trafic, dans tous les sens, de matières végétales, animales, de techniques de cultures et de gestion (Chabbra et al. 2006). L'installation des européens sur d'autres continents a été suivie par leur manière de faire de l'agriculture. Cela a provoqué de formidables

transformations qui sont encore en cours. L'effet et les conséquences d'un style « européen » de faire de l'agriculture, appliqués à un environnement différent de celui où il a été développé, ont été analysés par Flannery (1994) en Océanie. Dans le cas de l'Amérique du Sud, nous le verrons plus avant, ces transformations présentent des caractéristiques particulières.

Le développement de la science a commencé en Grèce par l'abandon des explications mythiques religieuses du monde. Celle-ci s'est consolidée en Europe pendant les XVIème et XVIIème siècles. Cela a eu des répercussions dans tous les secteurs de la société et mérite que nous fassions une description des caractéristiques fondamentales de ce développement initial.

Galileo et Newton, entre autres, ont établi les fondements de la « méthode scientifique », telle qu'elle a été acceptée jusqu'à la fin du XIXème siècle. Ils ont eu comme modèle de base la physique, « science expérimentale », étudiée dans les lycées (Checkland 1999). Les caractéristiques centrales du processus de la « science » ont été définies par Descartes qui a établi les principes qui « aident à guider la raison » (Le Moigne 1994) :

- « ne rien accepter qui ne soit évident »
- « décomposer les difficultés autant que faire se peut »
- « commencer par analyser les objets les plus simples »
- « analyser le plus soigneusement possible afin d'être sûr que rien n'a été oublié ».

Ces principes restent valables lorsqu'il s'agit de décrire ce que bien souvent nous qualifions de pensée rationnelle. La pensée systémique peut être vue comme une tentative de dépassement des limitations qu'impose cette approche, dès lors qualifiée de « réductionniste ». Elle attire surtout l'attention sur les limitations que supposent la décomposition des « parties » du tout, ainsi que le propose Descartes (Checkland 1999, Le Moigne 1994, Morin 1977).

En ce qui concerne l'agriculture de nombreux produits directs de la « science », telle qu'elle était conçue jusqu'à la fin du XIXème siècle, ont eu

d'importantes conséquences tout au long de ces derniers siècles. Il s'agit des avancées de la mécanisation basée sur l'utilisation des combustibles fossiles, de la chimie en tant que gestion de la fertilité des sols et du contrôle des parasites ou des maladies, ainsi que de la biologie, surtout par rapport à l'amélioration génétique des animaux et des plantes.

La mécanisation a directement influencé l'agriculture dès le milieu du XIXème siècle en augmentant la productivité du travail. Les premières moissonneuses à vapeur sont apparues dès 1900 et elles arrivèrent en Uruguay vers 1920. Ce processus continu a permis de multiplier par des centaines de fois la productivité du travail (Figure 1).

Fig. 1. La moisson vers 1925 au Sud de l'Uruguay.

Ce phénomène n'a fait que s'accélérer et fait partie de « l'industrialisation » de la société, tout comme l'urbanisation croissante (Geist et al. 2006), ce qui, dans le cas de l'agriculture, entraîne aujourd'hui de très

importantes différences de productivité du travail entre les pays (Mazoyer et Roudart 2002). Dans la Figure 2, FAO (2006a), nous pouvons voir que la productivité du travail dans les pays riches et de 40 fois supérieure à celle des pays pauvres.

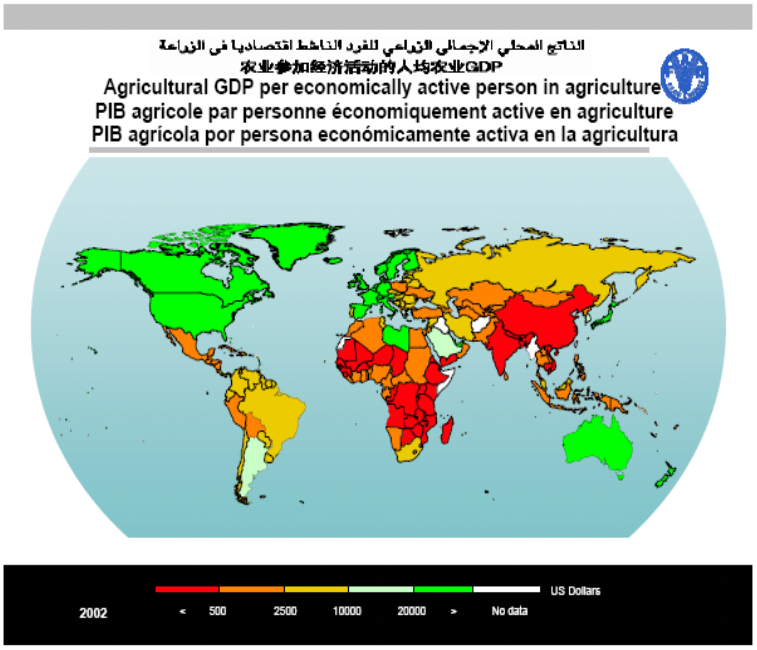


Fig. 2 : PIB agricole par personne économiquement active en agriculture. Source : FAO 2006a

De façon indirecte, son impact a été antérieur et a pris son essor à partir de 1860. L'amélioration des moyens de transport et de l'organisation de la production, associées à la révolution industrielle, ont eu des effets universels. Cela a conduit à une dissociation radicale des lieux de production et de consommation. Dès lors, l'armée anglaise a pu, en Inde, s'alimenter avec de la viande produite en Uruguay, anticipation de ce que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de « mondialisation ». Le contrôle de la chaîne du froid dans le secteur alimentaire a aussi eu d'immenses répercussions dans l'organisation de l'agriculture et de la société.

La chimie a eu un impact par l'intermédiaire des engrais et du contrôle des parasites et des maladies. L'utilisation d'engrais d'origine industrielle a fortement augmenté. Martinelli (2006) indique même qu'au niveau mondial la disponibilité de nitrate d'origine industrielle dépasse celle d'origine naturelle, c'est-à-dire que 150 millions de tonnes de N. sont rejetés dans l'écosystème mondial, ce qui implique de potentiels dérèglements. Toujours en ce qui concerne les engrais à base de nitrate pour la production fourragère, seulement 3% de ceux-ci sont encore présents dans le produit fini, c'est-à-dire dans la viande vendue au consommateur. Toutefois et comme conséquence de ce processus, il est estimé qu'aux Etats-Unis, 40% de l'eau n'est plus bonne à la consommation humaine (Chabbra et al 2006).

L'amélioration génétique des bovidés a commencé à la fin du XVIIIème siècle en Angleterre (Rovira 1971). Mendel a, quant à lui, jeté les bases d'une sélection végétale qui allait prendre une ampleur inédite et obtenir des résultats spectaculaires dans la décennie 1940 avec l'apparition des maïs hybrides (Joly et Ducos 1993), ce processus s'est même accéléré depuis lors. La décennie que nous venons de vivre a vu une concentration de quelques entreprises multinationales spécialisées dans les « biotechnologies » qui ont fait que la gestion du potentiel génétique de nombreuses cultures est hors d'atteinte de nombreux agriculteurs, voire de pays (Jiggins et al. 2000).

Ces processus se sont fortement accélérés après la IIème guerre mondiale, époque qui a vu se mettre en place des passerelles entre le « monde de la science » et le « monde de l'agriculture ». Pendant cette période, l'étude et l'enseignement de l'agriculture au sein du cadre universitaire a atteint un degré de développement qui a eu des conséquences importantes sur la production, « l'exemple type » en a été l'adoption de semences hybrides de maïs dans l'Etat d'Iowa au milieu des années 1940. Ce processus a été étudié, décrit (Rogers 1983) et a inspiré l'action de la société par rapport à l'agriculture.

De meilleures méthodes de production étaient découvertes par les scientifiques, propagées par les techniciens et adoptées par les éleveurs.

Ces caractéristiques essentielles, qui plus tard seraient distinctifs de la « Révolution verte », étaient déjà présentes dans cet exemple qui, pris comme modèle, a été reproduit dans le monde entier. Les suppositions sur lesquelles il s'appuyait allaient progressivement montrer leurs limites. Il s'agissait de :

1. La connaissance est semblable à une marchandise, elle peut passer de main en main.
2. L'innovation a une seule origine : le travail des scientifiques.
3. Ce qui constitue une amélioration est indépendant d'un quelconque point de vue,.

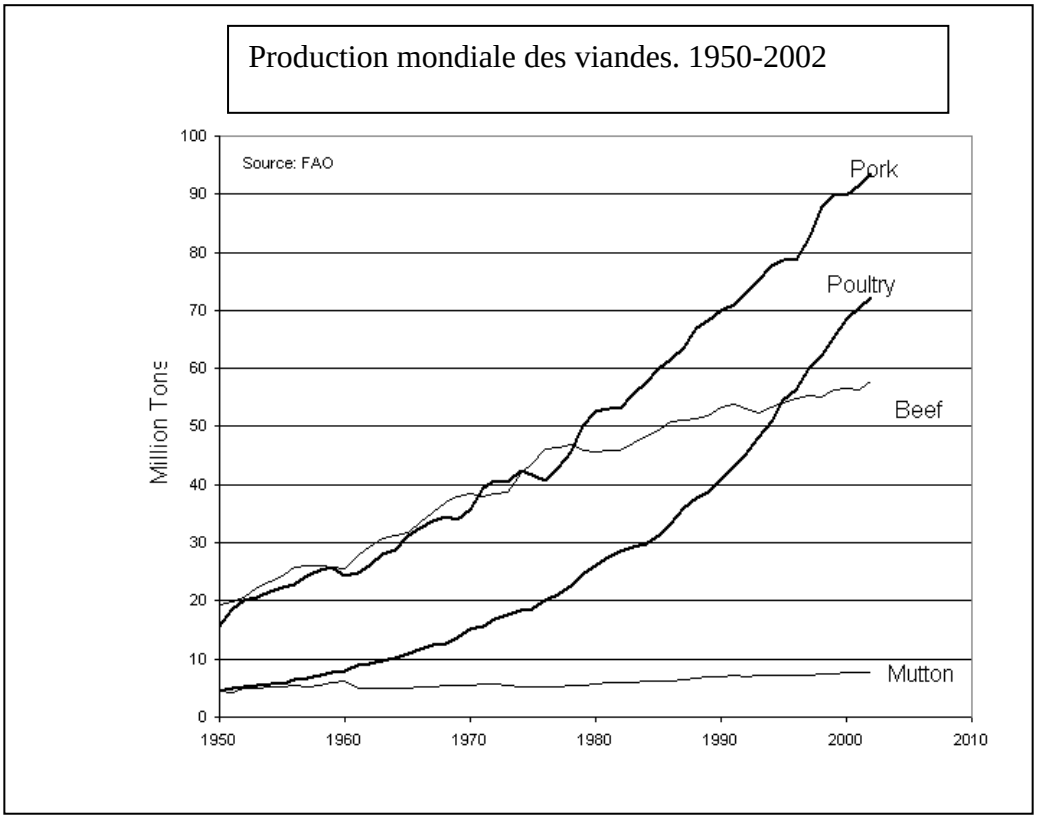
Le processus d'intensification de l'agriculture à grande échelle a eu de fortes répercussions, surtout dans des pays en développement comme le Pakistan et le Mexique. Ce dernier y a pris le nom de « Révolution verte ». En résumé, cette dernière impliquait une utilisation de variétés végétales capables de profiter de tout le potentiel d'un environnement fortement modifié, grâce à l'utilisation d'intrants provenant de l'industrie chimique, ainsi qu'à un contrôle de l'irrigation facilité par le développement de la mécanisation. Les résultats obtenus ont été spectaculaires. Des pays comme le Mexique, le Pakistan ou l'Inde ont fortement augmenté le rendement de leurs cultures et ont été capables d'améliorer l'approvisionnement en aliments dans un cadre de croissance de la population. Ce processus proposait une « domination de la nature » comme un modèle à suivre, ce qui signifiait également une augmentation de l'utilisation des combustibles fossiles et de leurs dérivés dans toutes les activités liées à l'agriculture. Cela allait de la fabrication de machines-outils, à leur utilisation, au transport, en passant par la production de fertilisants, la conservation des aliments, etc.

Les répercussions de l'intensification de l'agriculture sur la production animale ont entraîné une augmentation des produits et sous-produits agricoles

pouvant être destinés à l'alimentation animale, ce qui a surtout bénéficié aux animaux dont la physiologie était la plus adaptée à l'utilisation de ces aliments concentrés, à l'exemple des porcs, des volailles ou, ces dernières années, aux poissons (Graphique 1 et Table1, Brown (2003) et FAO (2006b)).

Table 1. Croissance annuel de la production de protéine animale. 1990-2002. Source: Brown (2003)

Source	**1990**	**2002**	**Annual Growth**
	(million tons)	(million tons)	(percent)
Aquacultural	13	38	10.2
Poultry	41	72	4.8
Eggs	38	58	3.6
Pork	70	94	2.5
Mutton	10	12	1.5
Oceanic fish match	86	91	0.5
Beef	53	58	0.8



Graphique 1 : Production mondiale des viandes (Brown 2003)

Les ruminants, ainsi qu'il est possible de le voir sur le graphique, ont également subi cette évolution. Toutefois, ils ont conservé des caractéristiques différentes. Dans la plupart des cas ils s'alimentent encore à partir de plantes, c'est-à-dire qu'ils pâturent encore, ce qui oblige une intervention humaine différente. Dans de situations d'élevage extensif, l'homme agit directement sur les animaux et à travers eux sur la végétation, à l'exception de l'usage du feu dans le cadre de certains environnements écologiques (Balent et Stafford Smith 1993). Dans la mesure où la production s'intensifie, l'homme agit sur la végétation pour la modifier, intervenant de différentes manières pour qu'elle devienne plus productive. Dans des cas extrêmes, des systèmes hors sol, toutes les relations des animaux avec la végétation passent par l'intermédiaire de l'homme. Cette description générale indique que tous les systèmes d'élevage peuvent être représentés de la manière suivante (Landais 1992a) :

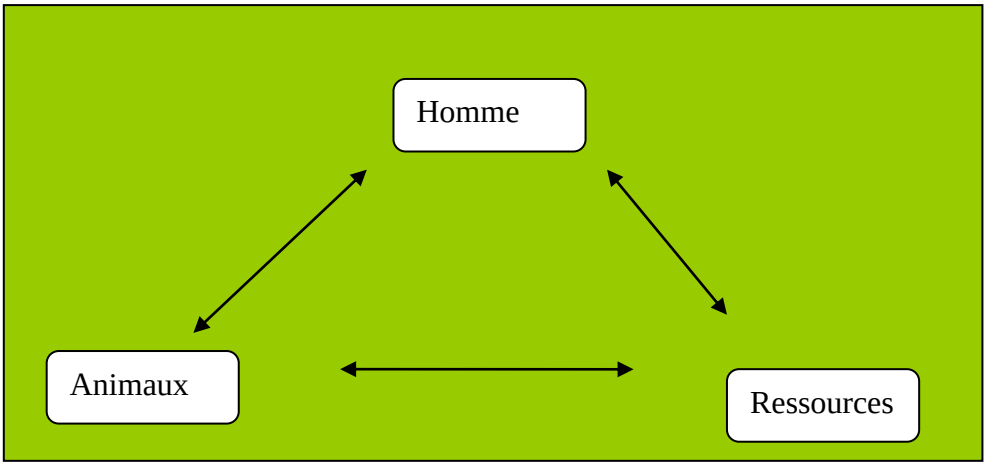


Fig. 3 : Un modèle général pour les systèmes d'élevage. (Landais 1992 a).

Ce modèle indique que l'homme utilise les animaux pour mieux profiter des ressources présentes dans le milieu et atteindre ses buts. Il indique les composants du système, d'après la définition de Holland (1998), qui doivent être pris en compte lorsque l'élevage est à l'étude. Ainsi que l'établissent Landais et Bonnemaire (1994) la deuxième moitié du XXème siècle a été marquée par une forte dérive vers d'études de processus plus simples, partiels, ne prenant pas toujours en compte la globalité de l'élevage. Cette appréciation, apparaît d'ailleurs dans une publication récente des groupes CREA uruguayens (Coleman 2006) :

« *L'élevage est une relation établie entre les ressources naturelles, les humains et le bétail. Cependant, si nous regardons aujourd'hui de nombreuses universités, nous voyons qu'elles n'enseignent les sciences animales que d'un point de vue chimique et de comment apporter des réponses à partir du seul objet technique.* »

Lorsque les systèmes pastoraux sont étudiés, l'interaction entre la végétation et les animaux domestiques sans passer par l'action humaine devient évidente. Cette caractéristique, basée sur la capacité des ruminants à

transformer des éléments de peu de valeur (pâturages dispersés) en produits très appréciés dans l'alimentation, ou à d'autres fins, montre une particularité implicite à la production de ruminants : il s'agit d'une activité qui occupe un espace qu'elle valorise.

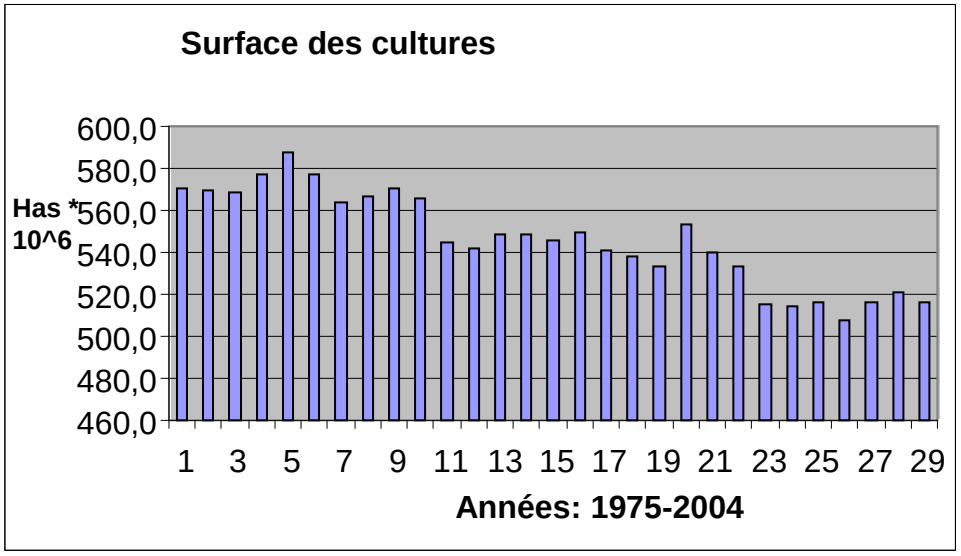
En Europe, et plus particulièrement en France, l'accroissement de la productivité grâce aux produits fournis par les industries chimique, mécanique et biologique a entraîné les « 30 ans glorieuses ». Ce continent dévasté par la deuxième guerre mondiale avait vu apparaître une demande qui exigeait que les aliments soient produits localement afin d'assurer un ravitaillement aux populations. Cette préoccupation s'est exprimée dans la PAC (Politique Agricole Commune).

Dès le départ les pays riches, suivis de près par les pays moins riches, ont vécu une augmentation permanente de la productivité de leurs terres et de leur main-d'œuvre causée par des intrants agricoles. Les organismes de recherche ont alors étudié les mécanismes les mieux appropriés pour que ceux-ci soient utilisés de la manière la plus efficace possible. Les organismes de « transfert » acheminaient les nouveautés sur le terrain et conseillaient les éleveurs quant aux meilleures pratiques à suivre. Dans le cas des systèmes pastoraux il s'agissait surtout de les simplifier et de les rendre plus productifs (Stuth et Stafford-Smith 1993).

Dans certains cas particuliers, dès le milieu des années 1970, et de façon généralisée dans les années 1980, les limitations de l'universalité de ce modèle ont commencé à apparaître, tout comme certains effets indésirables du processus.

Les limitations du modèle ont été constatées lorsque les inégalités du développement en termes géographiques et entre agriculteurs de la même région ont été perçues (Rogers 1983), ainsi que les faibles résultats obtenus dans les zones d'élevage sans cultures (non agricoles) (Reynolds et al. 1999, Morales et al. 2003). Dans différentes régions, voire dans un même pays, certains territoires réussissaient à dynamiser leur activité économique et

obtenaient les augmentations de productivité désirées, alors que d'autres zones se maintenaient dans un cadre plus ou moins traditionnel d'agriculture et surtout d'élevage. L'équilibre entre les zones de cultures, y compris de culture fourragère, et d'élevage dépend de raisons fondamentalement économiques, et, comme l'expliquent Pearson et Ison (1994), la mise en culture de régions écologiquement limitées (soit d'un point de vue climatique ou pédologique) entraîne une dynamique de faible incorporation de « nouvelles » terres de culture. Lambin et al. (2003) montrent qu'entre 1961 et 1996, les surfaces de culture n'ont augmenté que de 10%, alors que la production était multipliée par deux et l'utilisation de fertilisant contenant du nitrate par sept. Comme le montre le graphique 2 – pour le blé et les gros grains – la surface de terres de culture a été maintenue ou a légèrement diminué ces 30 dernières années.



Graphique 2 : Surface des terres cultivées. (à partir de USDA 2006).

Une interprétation plus correcte de cette situation semble venir de la considération selon laquelle l'intensification se développe dans des zones bien pourvues en ressources naturelles, sol et climat, et que l'incorporation de nouvelles surfaces, à l'exemple de ce qui a eu lieu dans des pays comme le Brésil, n'ont fait que compenser des pertes dues à différentes raisons, mais surtout associées à l'urbanisation, la construction d'infrastructures de

transport, routes, aéroports, etc. D'autre part, les régions dont le potentiel agricole n'est pas encore utilisé, sont rares (Lambin et al. 2003).

Le processus de modernisation, ainsi qu'il a été défini, semble fortement associé à des phénomènes tels que la contamination de l'eau et la dégradation générale de l'environnement de façon plus ou moins grave. Dans le cas de la production animale, les concentrations de bêtes, ainsi que leurs productions de déchets ont beaucoup évolué et sont de moins en moins bien tolérées par la société. En Hollande par exemple, la production animale produit plus de 15 tonnes de fumier par habitant (Roling et Wagemakers 1998), et dans certaines situations d'élevage, comme en Nouvelle Zélande, chaque bovin produit une contamination équivalente à celle produite par 14 personnes (Jay et Morad 2005). Cet élevage intensif est également associé à d'autres pratiques difficilement acceptables, comme l'administration massive d'antibiotiques aux animaux. Ces thèmes sont devenus beaucoup plus sensibles depuis l'affaire de la « vache folle » dont l'apparition est attribuée à la consommation « antinaturelle » par les ruminants de produits d'origine animale. D'autre part, depuis quelques années, la préoccupation liée aux traitements « inhumains » de certains animaux est aussi plus importante. La situation d'entassement des bêtes dans laquelle se trouvent certains élevages intensifs cause de plus en plus de rejets.

Mais, l'un des effets qui est sans aucun doute l'un des plus mal accepté vient de la croissante difficulté qu'ont les agriculteurs à maintenir des revenus semblables à ceux d'autres secteurs de la société. Tout le monde ne prêchait que le « progrès de l'élevage a été mis en œuvre pour favoriser les agriculteurs ». Toutefois, dans le cadre d'une dynamique qui était déjà bien définie en 1958 (Hubert et al. 2000), le processus d'intensification a entraîné une dynamisation des industries et des services liés à l'agriculture tout en faisant chuter de façon plus ou moins permanente les prix des denrées agricoles, ce qui a permis un meilleur approvisionnement des centres urbains en produits agricoles. Les conditions de vie et de travail des agriculteurs sont en général restées

inférieures à celle de leurs concitoyens, ce qui a renforcé une baisse continue du nombre d'exploitations et de personnes qui travaillaient dans ce secteur d'activité. De plus, du fait de la vigueur de l'activité industrielle et des services, la participation de l'agriculture à l'économie n'a cessé de diminuer, pour atteindre dans les pays riches un niveau de l'ordre de 2%.

La modernisation et l'augmentation de la productivité à des niveaux inespérés n'ont pas empêché un maintien de la pauvreté en milieu rural, surtout au niveau mondial. Dans les pays pauvres, les agriculteurs et les éleveurs sont majoritairement les plus pauvres, ce qui montre bien que l'intensification de l'agriculture dans le monde ne leur a pas amené de réels bénéfices. D'autre part, lorsqu'ils prétendent s'insérer aux circuits commerciaux, ils doivent rentrer en concurrence avec des produits qui viennent des pays riches (Mazoyer et Roudart 2002), dont les agriculteurs sont fortement aidés de différentes façons. Dans certaines régions, la migration rurale est devenue si forte que les services sociaux n'arrivent même plus à être maintenus. Les habitants qui décident de rester n'arrivent plus à vivre de façon acceptable.

Ces processus se sont développés en même temps qu'une perception qui considère que l'activité humaine a atteint un tel degré d'intensité qu'elle a commencé à perturber l'écosystème terrestre. Cette perception est peu à peu devenue publique dans les années 1960, et peut-être que l'une des œuvres qui a le plus influencé celle-ci a été « Le printemps silencieux » de R. Carson, qui dénonce l'accumulation de DDT dans les œufs d'oiseaux sauvages (Checkland 1999 ; Lambin 2004). Tout cela a de multiples effets, mais nous voulons avant tout insister sur le fait qu'il est de plus en plus clair que les agriculteurs, en tant qu'acteurs centraux par rapport à la gestion des ressources naturelles, développent des actions qui ont de multiples effets sur des problèmes d'intérêt général, comme l'effet de serre, la biodiversité ou l'approvisionnement en eau des villes.

Dans le cas de l'élevage extensif, tel qu'il se développe dans différentes régions de tous les continents, le facteur essentiel de son utilisation en tant que ressource productive est dû au fait que l'homme recours à la capacité des ruminants à trouver leur alimentation sur des espaces caractérisés par une hétérogénéité aussi bien spatiale que climatique, surtout en ce qui concerne les types de sols et les précipitations (Stuth et Stafford Smith 1993). Le cas le plus extrême se trouve probablement dans l'élevage nomade où les bergers se déplacent en permanence à la recherche d'aliments pour les animaux. Dans certains cas, comme en Australie, où l'organisation de la société fait que les éleveurs soient sédentarisés, il y a aussi des mécanismes de déplacements d'animaux, à l'exemple des contrats de pâture temporaires qui permettent une adaptation aux variations climatiques (McAllister et al. 2005). Des comparaisons ont été réalisées (Fernández-Giménez et Swift 2003) au sujet des mécanismes et des stratégies appliquées dans des régions aussi différentes que l'Ouest des Etats-Unis et l'Asie Centrale, et il est apparu qu'ils étaient les mêmes alors que dans un cas le régime en fonctionnement était celui de la propriété privée et que dans l'autre les zones de pâturages étaient collectives.

Nous avons réalisé une synthèse qui nous permet de conclure que l'évolution générale de l'agriculture s'insère dans l'évolution de la société. Au sein des sociétés très organisées, comme il en existe depuis quelques milliers d'années, la nature a été fortement modifiée par l'activité agraire. Depuis ces derniers siècles, le processus dominant est celui de « l'industrialisation », qui s'appuie sur le développement de la science et d'une civilisation mondialisée ayant recours aux combustibles fossiles. Dans ce contexte, l'élevage a eu une participation très inégale en termes régionaux car il existe encore d'immenses zones où l'industrialisation n'est présente qu'indirectement et où les formes de production s'appuient encore sur la capacité qu'ont les ruminants à se déplacer et à utiliser des ressources fourragères variables et dispersées.

Chap. II : Elevage et Modélisation

2.1 L'étude de l'élevage en zones difficiles

L'élevage en zones difficiles ne participe que de façon très marginale à «l'industrialisation » qui modifie le fonctionnement de la société, raison pour laquelle il est considéré comme un secteur arriéré, où le progrès n'a pas eu lieu malgré des programmes nationaux et internationaux qui promeuvent une « modernisation » (Haan 1999).

« Un cas d'école » est celui qui a été étudié en Corse par le LRDE[1] (Vallerand 1994 ; Bouche 2001 ; Vercherand 1989). Cette île peut être décrite comme une « montagne dans la mer » où l'on développe un élevage traditionnel. Au début des années 1970, ce dernier était considéré comme archaïque car ses paramètres productifs n'évoluaient pas de la même manière que dans d'autres régions françaises d'élevage. L'analyse de cette situation a démontré qu'il était pertinent d'aborder la problématique sous une optique de « système agraire » (Jouve 1994), c'est-à-dire de considérer l'organisation de la société pour une utilisation des ressources naturelles, ainsi que l'a proposé le schéma de Landais, que nous avons déjà présenté. Ce changement d'approche a supposé des défis méthodologiques puisqu'il a fallu passer d'une recherche parcellaire où les conditions étaient contrôlées à une recherche/action qui supposait une intervention du chercheur dans le cadre d'une problématique où deux résultats sont attendus (Checkland 1999, Liu 1992, Albaladejo et Casabianca 1997, Vallerand 1994) :

- L'amélioration d'une situation qualifiée de problématique
- La production d'une connaissance scientifique

Ce type d' « ajustement » de la conception du travail du chercheur s'insère dans ce que nous pourrions appeler mouvement systémique. Morin (1977) considère que l'idée centrale qui permet de faire face à l'étude et à la

[1] Laboratoire de Recherche sur le Développement de l'Elevage

compréhension de situations caractérisées par la présence d'une multitude d'agents hétérogènes en interaction est celle des « systèmes », ce qui l'a conduit à élaborer le concept d'autonomie (Morin 1990). Il explique que, quand un système est capable d'ajuster son comportement, il peut être qualifié d'autonome, c'est-à-dire qu'il n'est pas déterminé par son environnement. Le Moigne (1990), quant à lui, indique que l'idée d'autonomie, de complexité et d'intelligence sont équivalentes, puisqu'il définit en tant que systèmes complexes les systèmes dont l'évolution est difficile à prévoir, ceux qui sont dotés d'intelligence lorsqu'il faut décider d'un comportement. Dans un optique constructiviste, il présente les modèles comme des instruments qui nous aident à réfléchir sur les actions qu'il faut décider d'entreprendre dans le cadre d'un système complexe. Checkland (1999) argumente que la pensée systémique apparaît comme une réaction aux limitations du modèle réductionniste scientifique. La conception réductionniste de la science suppose que les propriétés d'un système peuvent être déduites à partir de ses composants, et qu'il est donc possible de traiter un problème en le décomposant. Face à cela, Morin (1977) rappelle qu'étudier l'eau en la décomposant en hydrogène et en oxygène nous empêche de savoir que l'eau est liquide, alors que cette qualité est une propriété « émergente », résultat de l'interaction entre les composants qui ne s'observe qu'au niveau de la molécule complète mais qui ne peut pas être déduit de l'étude de ses composants. Cette approche réductionniste impose des limitations lorsqu'il faut répondre aux problèmes rencontrés dans les « systèmes d'activités humaines », qui, comme nous le verrons plus loin, peuvent être caractérisés comme deux sous-systèmes qui agissent en interaction, la biophysique et le décisionnel, et dont l'évolution ne peut pas être comprise si elle est décomposée.

Le grand courant de la science expérimentale consolidé à la fin du XVIIIème siècle supposait aussi une dissociation de l'objet à étudier et du sujet qui conduisait ce travail. Néanmoins, il n'a plus semblé être en adéquation face à des problématiques où la réalisation d'expériences n'était pas possible et, en

même temps, où la description du phénomène à étudier dépendait d'une implication du chercheur (Vallerand 1994).

La recherche/action telle qu'elle est décrite par Avenier (1989) et Liu (1992) tire son origine des sciences sociales et a été essentiellement définie par K. Lewin en 1951 (Checkland 1999). Il s'agit d'un outil qui peut permettre une production de connaissances en même temps qu'une intervention sur une situation problématique. Du point de vue de la production de la connaissance, il privilégie les modèles, les descriptions de situations problématiques basées sur une série de composantes en interaction dynamique. Sa caractéristique essentielle (Holland 1995 ; Le Moigne 1990) vient du fait que ceux-ci peuvent permettre d'anticiper l'évolution du système en question, résultat de notre propre compréhension. Il est important de rajouter qu'en parlant d'anticiper nous nous référons à des comportements que nous avons définis comme stables, et qu'en même temps nous avons identifié les mécanismes dont les résultats ne peuvent pas être anticipés, étant donné que leur évolution dépendra d'interactions ou de événements qui auront lieu dans l'avenir et que nous ne connaissons pas aujourd'hui (Holling et al. 2002).

L'étude d'une situation problématique, qui ne peut pas être réalisée lors d'expériences traditionnelles, caractérisée par une multitude de composantes en interaction dynamique, ne peut pas non plus être effectuée à partir d'une position externe ou de protocoles préconçus qui supposent que les éléments essentiels de la situation ont été identifiés à priori. Une immersion active du chercheur au cœur de la situation problématique est nécessaire car elle va permettre d'identifier les éléments essentiels de la situation et, à partir de là, d'élaborer des modèles qui vont permettre d'améliorer l'action des différents acteurs impliqués.

Dans ce cadre et en ce qui concerne l'élevage, on propose d'étudier les pratiques. (Landais et Deffontaines 1989). Dans la mesure où nous considérons les systèmes d'élevages comme des systèmes »pilotés » », la compréhension de leur fonctionnement, l'anticipation de leur évolution et, éventuellement, les

propositions d'amélioration ne peuvent être faites qu'à partir d'une description des aspects essentiels de cette conduite.

Face à cette évolution, les organisations aussi bien publiques que privées ont cherché à réinventer leurs fonctions parce qu'elles ont compris que l'augmentation de la productivité en zones favorisées est un processus qui a sa propre dynamique. Elles ont donc inclus à leurs discours des préoccupations sociales qui peuvent éventuellement financer leurs actions. Il s'agit d'organisations qui sont liées i) à un discours sur la « gestion d'un développement durable mondial », qui s'intéressent à des problématiques globales sur le long terme comme l'effet de serre ou la biodiversité ; et ii) celles qui s'orientent vers la lutte contre la pauvreté. Nous pouvons affirmer qu'en général leur insertion géographique est différente. Les premières agissent dans les pays riches et les deuxièmes dans les pays extrêmement pauvres. Dans ce contexte, l'Amérique Latine, et plus spécialement l'Uruguay, se trouve dans une situation particulière car il n'y a pas de pauvreté générale et extrême comme en Afrique, mais il n'y a pas non plus une sensibilité comparable à celle des pays riches par rapport aux problèmes environnementaux du monde (Hegedüs et Morales 1996). Par exemple, au Brésil, cette problématique a entraîné la disparition de l'organe fédéral de vulgarisation rurale, Embrater, tout comme d'autres institutions d' »extension » rurale ont été démantelées dans beaucoup d'autres pays.

En ce qui concerne l'action des organisations de vulgarisation ou de développement, il est important de montrer qu'elle s'est située dans la perspective de ceux qui ont financé les opérations, mais qu'il n'y a pas eu de développement méthodologique, ni de forme de travail qui permettent d'explorer la perspective des acteurs sur le terrain, surtout dans le cas de l'élevage extensif où le modèle d'intensification n'a pas fonctionné (Gibon 1994).

Pour finaliser cette section, nous allons citer Landais (1992b), qui présente ce que nous pourrions appeler l'écran de fond des idées qui sont à la base de ces études :

« *Comprendre, il s'agit bien là du fil conducteur d'une recherche qui s'appuie sur des approches normatives et un type de relation que cela suppose… C'est bien de la volonté de comprendre l'autre, au lieu de vouloir le changer, de la conviction raisonnée qu'il s'agit de la seule manière d'atteindre un développement durable et équilibré que l'on tire la première motivation* ».

2.2 L'hypothèse du travail

A ce degré du développement, nous pouvons citer qu'elle a été l'hypothèse de départ de cette thèse, que nous pouvons formuler ainsi :

1. Les exploitations d´élevage extensif s´adaptent à leurs circonstances en changeant leur fonctionnement interne plus qu'elles ne modifient leur environnement.
2. Les systèmes multi-agents sont un outil adapté à explorer les conséquences des décisions stratégiques mises en œuvre.

Notre étude va définir avec plus de précision l'idée de stratégie au niveau exploitation. Nous allons analyser l'importance des différentes aspects de la gestion des exploitations et surtout évaluer un outil spécifique, les systèmes multi-agents, en tant qu'instrument privilégié de modélisation et d'évaluation des stratégies identifiées, aussi bien par rapport aux effets sur le évolution de l'exploitation qu'en ce qui concerne aux effets sur l'environnement ou d'autres conséquences détectables sur le milieu social, économique, etc.

Nous avons privilégié le niveau exploitation car il s'agit de notre domaine de travail. D'autre part, il constitue un champ d'étude encore très peu privilégié, voire absent des différentes études qui ont été réalisées sur l'élevage et/ou l'agriculture. Il existe de nombreux travaux concernant le fonctionnement du système biologique, allant de la biologie moléculaire à la physiologie des cultures ou au fonctionnement des troupeaux. Toutefois, ils ne sont intégrés au processus de prises de décisions qu'au travers de paramètres, c'est-à-dire que

les mécanismes en œuvre et qui produisent ces paramètres ne sont pas représentés de façon claire (Gandu 2006). Le résultat du processus de prises de décisions est par exemple utilisé pour l'emploi d'engrais, mais le mécanisme qui a amené ce choix n'est pas représenté. D'autre part, les sciences humaines décrivent sous des angles d'approche différents les activités humaines, sans toutefois les intégrer au système physico-biologique avec lequel elles sont en interaction.

La modélisation explicite de la prise de décisions et la simulation de ses conséquences sous différents aspects du fonctionnement des exploitations agricoles d'élevage ont été, entre autres, proposées par Attonaty et al (1990) Edward-Jones et Mc Gregor (1994) et par Attonaty et Soler (1994). Ces travaux utilisent la simulation comme un outil d'exploration des conséquences des actions prises par les agriculteurs. De plus, ils reconnaissent toujours qu'ils en font un usage prospectif, qui explore des futurs possibles et emmène une amélioration de la compréhension du fonctionnement d'un système mais qui ne permet pas d'en prévoir son évolution. Nous pouvons affirmer que nous ne sommes jamais sûrs que les composantes choisies par le modèle se révéleront être celles qui auront de l'importance dans l'avenir ou que la dynamique décrite se maintiendra.

2.3 Concepts et méthodes associés à la pensée systémique de développement récent

Dans les paragraphes suivants, nous développerons de façon plus étendue le cadre conceptuel et méthodologique sur lequel s'appuie notre travail : la modélisation systémique, l'identification des principales régularités et l'outil informatique qui concrétise l'utilisation de ces concepts – les systèmes multi-agents.

a. La modélisation systémique

La modélisation systémique peut être définie comme la construction de représentations qui nous aident à raisonner par rapport aux choix d'actions lorsque nous affrontons des problèmes complexes (Le Moigne 1990). Simon (1991) considère que de façon générale les systèmes complexes sont ceux dont l'évolution est difficile à prévoir. Morin (1990), quant à lui, dit que les systèmes complexes sont ceux qui ne peuvent pas être décrits par un algorithme, alors que Le Moigne (1990) explique que, quand il s'agit d'organisations humaines, ces systèmes agissent par délibération, pas par optimisation.

Quand nous faisons référence au secteur de l'élevage en tant que cadre de cette étude, nous avons à faire à une forte tradition de modélisation analytique des processus biophysiques, tels que la croissance des plantes, les processus métaboliques chez les animaux, etc. (Malézieux et al. 2001). Sous cet aspect des choses, la modélisation systémique telle que la définit Le Moigne, « modéliser un système d'actions », implique que l'attention doit se porter sur l'action humaine, ce qui est cohérent avec Landais et Deffontaines (1990) qui proposent l'étude des pratiques des agriculteurs en tant que champ d'investigation.

Cette modélisation de l'action des agriculteurs a de fortes implications puisque quand un système agricole est abordé, en l'occurrence celui de l'élevage, il existe un ensemble de variables en interaction qui sont aussi bien de nature physico-biologique que sociocognitive. Ces deux sous-systèmes présentent de multiples composantes ayant pour chacune d'entre elles leur propre dynamique, ce qui fait que leur représentation et leur analyse constituent un défi d'importance.

Ce défi devient visible lorsque nous notons que l'approche disciplinaire prévaut largement dans l'étude et l'enseignement. La méthode utilisée reste l'analyse, c'est-à-dire la « désagrégation du problème en autant de parties que possible ». Ce postulat n'est pas acceptable depuis l'approche systémique

(Checkland 1999) qui présente les « propriétés émergentes » comme celles qui ne peuvent pas être déduites de l'analyse des composantes d'un système.

Le besoin de trouver un niveau correct d'agrégation a été analysé par différents auteurs. Dans ce sens Checkland (1999) nous avertit qu'une analyse faite à un niveau différent de celui du problème à résoudre n'est jamais suffisante. Simon (1992) nous montre qu'il est possible de décrire un système à une échelle déterminée sans pour autant connaître ou faire référence aux niveaux inférieurs. Il cite par exemple le fait que la chimie était une réalité avant que l'existence de l'atome soit connue. Dans le champ de la biologie, Mendel a proposé des lois sur l'hérédité encore valides alors qu'il ne connaissait pas l'existence des chromosomes et encore moins des gènes, ce qui montre qu'il est possible d'obtenir et d'utiliser une connaissance sur différents niveaux d'agrégation sans qu'il soit nécessaire de faire référence aux autres niveaux. De façon générale, nous pouvons accepter que la connaissance se structure en niveaux et que pour être un bon éleveur il n'est pas nécessaire de connaître l'existence du cycle de Krebs. La question qui se pose donc est : Quelle est la connaissance adéquate à différentes situations?

b. L'identification des régularités essentielles

Le fait qu'il existe des régularités ne veut pas dire qu'elles soient facilement identifiables (Holland 1998). Les outils qui cherchent à les individualiser sont la généralisation et l'agrégation, à partir d'une approche narrative propre à toutes les sciences non-expérimentales (Popper 2005). Il s'agit de représenter différentes situations en identifiant leurs éléments et mécanismes communs. La comparaison de différentes situations concrètes nous permet de séparer ce qui est propre au contexte analysé de ce que décrit le processus qui nous intéresse. Cela nous donne des pistes quant aux « points d'appui » ou aux « marges de manœuvre »qui peuvent nous permettre de

conduire l'évolution du système vers une situation plus confortable. Holland (1998) décrit avec élégance ce processus :

«*When we look for the same phenomena in different contexts, we can separate features that are always present from features that are tied to context....*

The search at this stage is matter of intelligent probing, not a matter of runs and reruns yielding "statistically significant relations » p. 242.

La modélisation systémique permet, ainsi que l'explique Checkland et Scholes (1990), à partir de l'observation, de dépasser les limitations de « l'étude de cas » et de déduire des définitions ayant une portée plus générale.

La modélisation, en tant qu'identification des principaux aspects a été comparée à la construction de caricatures par Holland (1995). En effet, il considère qu'il s'agit d'un art qui va à l'essentiel et écarte tout le reste. Les modèles sont des abstractions de la réalité qui cherchent à améliorer notre compréhension de systèmes complexes sur lesquels nous prétendons agir. Leur valeur réside dans le fait qu'ils soulèvent de nouvelles interrogations, proposent de nouvelles interprétations, suscitent de nouveaux débats et expliquent l'intérêt d'aspects qui, jusqu'alors, n'étaient pas perçus (Legay 1997 ; Carpenter et al. 2002). Ce courant d'actions peut être ramené à un courant plus général qui considère qu'il existe une voie du progrès en intégrant les connaissances disponibles (Holling 1998 ; Bousquet et Trébuil 2005). Ainsi que le propose Simon (1991) : « réfléchir sur ce que nous savons déjà, sur ce dont les conséquences nous échappent », peut être très productif car, comme le démontre Holland (1998), la majorité des innovations proviennent de nouvelles combinaisons des connaissances disponibles.

c. Les systèmes multi-agents

L'ensemble des idées de modélisation systémique se sont appuyées sur l'informatique, avec le but d'élargir et rendre plus rigoureuses les idées qui sont proposées. Cela s'est matérialisé par la mise en œuvre des systèmes multi-agents (SMA).

Internationalement, ce domaine présente une grande vitalité. Les SMA semblent spécialement adaptés lorsqu'il s'agit de simuler le fonctionnement de systèmes composés par des agents hétérogènes qui interagissent et qui sont influencés par leur localisation dans l'espace, au sein de situations qui peuvent être hors d'équilibre, Bonabeau (2002), Weiss (1999), Bousquet (2006), Janssen (2002). Un bon résumé de leurs caractéristiques a été produit par l'International Modeling and Simulation Multiconference 2007 (IMSM07 2006) :

« *Research in the domain of multi-agent systems (MAS) is becoming more and more important because of the capacity of MAS to design and simulate complex systems, i.e. systems composed of many entities in interaction between themselves and with an external environment. MAS are used in many domains in which classical mathematical models are not available because either the dynamics are far from equilibrium, or the systems are open (creation and deletion of entities in the course of simulation), or emergent phenomena have to be explored, or the entities are heterogeneous (for example, the eco-socio-systems which combine ecological and social dynamics), or simply because they provide a more intuitive understanding.*»

Bradbury (2006) considère qu'il s'agit d'un nouveau type de science. La simulation prospective prend ses distances avec l'approche normative commune aux sciences, spécialement lorsqu'il faut étudier des systèmes qui prennent en compte l'action humaine. Cette différence est suffisamment importante pour que nous puissions la qualifier de « nouveau type de science ».

Axelrod (1997) propose que la simulation basée sur des agents constitue une troisième voie par rapport aux méthodes usuelles de déduction et d'induction :

« *peu importe le nom qui est utilisé, le propos de la simulation basée sur des agents est de comprendre les propriétés d'un système social complexe au moyen de l'analyse des simulations. L'induction découvre des régularités dans le cadre de données empiriques. Elle est ainsi largement utilisée dans les sciences sociales lors d'analyse de sondages et de données macroéconomiques. D'autre part, la déduction suppose la spécification d'un ensemble d'axiomes et des conséquences qui peuvent en dériver.*

La modélisation basée sur des agents est une troisième voie scientifique. Comme la déduction, elle commence par spécifier un ensemble de suppositions. Mais, contrairement à la déduction, elle ne prouve pas des théorèmes. Ainsi, un modèle basé sur des agents fournit des données simulées qui peuvent être analysées de façon inductive. Toutefois, contrairement à l'induction type, les données simulées proviennent d'un ensemble de règles rigoureusement spécifiées et non pas d'observations directes du monde réel. Alors que le propos de l'induction est de trouver des régularités par rapport aux données et que la déduction est de trouver les conséquences des propositions, le propos des systèmes multi-agents est d'aider l'intuition » Axelrod (1997) p. 3 et 4.

Cette proposition : « *le propos des systèmes multi-agents est d'aider l'intuition* », est partagée par Holland (1998). A titre d'exemple nous pouvons citer le « cas d'école » de modélisation et de simulation de stratégies qu'est le « dilemme du prisonnier » (Axelrod 1984), ainsi que le résultat de toute la recherche. Un petit modèle, Tit for Tat, le plus simple de tous ceux qui ont été proposés, est le plus efficace et a également fournit aux analystes un ensemble de propositions générales qui se sont montrées adéquates quant à l'analyse et la compréhension de situations complexes très différentes, depuis la dynamique d'animaux marins jusqu'au fonctionnement de sociétés (Axelrod 1997). Nous remarquerons que, d'après ce qu'il en est dit, ce modèle a été

proposé par un chercheur – Rapoport – qui avait des décennies d'expérience sur le sujet (Axelrod 1984).

Gilbert et Terna (1999) considèrent aussi que la modélisation basée sur des agents constitue une troisième voie :

« *With computer simulations, in contrast to other methods, it is possible to formalise complex theories about processes, carry out experiments and observe the occurrence of emergence. Almost all social science research proceeds by building simplified representations of social phenomena. Sometimes these representations are purely verbal. For example, the traditional work of historical scholarship is a book-length representation of past events, abstracted and simplified to emphasise some events and some inter-relationships at the expense of others.*

The difficulty with such verbal presentations is that it is hard for the researcher and the reader to determine precisely the implications of the ideas being put forward. Are there inconsistencies between the various concepts and relationships? Can they be generalised and if so, what inferences can one make?

In other fields, for example, some areas of economics, the representation is usually much more formal and often expressed in terms of statistical or mathematical equations. These make assessing consistency and generalisability and other desirable properties much easier than with verbal representations. In these areas, it is generally accepted that understanding the social world involves model-building. However, statistical and mathematical models also have some disadvantages. Prime among these is that many of the equations which one would like to use to represent real social phenomena are simply too complicated to be analytically tractable. This is particularly likely when the phenomena being modelled involve non-linear relationships, and yet these are pervasive in the social world. The advantages of mathematical formalisation thus evaporate. A common solution is to make simplifying assumptions until the equations do become solvable. Unfortunately, these assumptions are often implausible and the resulting theories can be seriously misleading. This is the criticism often put

before economists who make assumptions such as the availability of perfect information, perfect rationality and so on, not because they believe the economic world really does have these characteristics, but because otherwise their models cannot be analysed ».

« *Avec des simulations informatiques, en contraste avec d'autres méthodes, il est possible de formaliser des théories complexes par rapport aux processus (à l'étude), de réaliser des expérimentations (virtuelles) et d'observer l'apparition d'émergences. Quasiment toutes les sciences sociales agissent par l'intermédiaire de la construction de représentations simplifiées des phénomènes sociaux. Parfois, ces représentations sont purement verbales. Par exemple, le travail académique en histoire est la représentation livresque d'événements passés, devenus abstraits et simplifiés afin de pouvoir mettre l'accent sur certains événements et interrelations privilégiés par rapport à d'autres qui ne sont pas décrits.*

La difficulté de ces représentations verbales réside dans le fait qu'il est difficile pour le chercheur ou le lecteur de déterminer avec précision les conséquences d'idées proposées. Existe-t-il des inconsistances entre les différents concepts et interrelations ? Peuvent-ils être généralisés et donc quelles sont les conclusions possibles ?

Dans d'autres domaines, comme par exemple dans certains champs de l'économie, les représentations sont généralement beaucoup plus formelles et sont souvent exprimées en termes statistiques ou mathématiques. Ainsi, l'évaluation de la consistance, de la généralité et d'autres propriétés désirables est beaucoup plus facile qu'avec des représentations verbales. Dans ces domaines, le fait que la compréhension des phénomènes sociaux comprenne la construction de modèle est mieux accepté. Cependant… un grand nombre des équations qui devraient être retenues pour représenter les phénomènes sont simplement trop complexes pour être traitées de façon analytique…les avantages de la formalisation mathématique disparaissent donc. La solution est d'opérer des simplifications jusqu'à ce que les équations puissent être résolues.

Malheureusement, ces suppositions sont fréquemment indéfendables et les théories qui en résultent peuvent être durement rejetées. Il s'agit là de l'une des critiques faites aux économistes, qui assurent une disponibilité parfaite de l'information, une rationalité parfaite, etc. non pas parce qu'ils croient que le monde de l'économie renferme ces propriétés, mais parce que d'une autre manière leurs modèles ne pourraient pas être analysés.»

Moss et Edmonds (2005) proposent une interprétation où ils affirment que :

« *sur la base d'évidence historique, les sciences naturelles sont beaucoup plus limitées par l'évidence et l'observation, alors que les sciences sociales le sont par des théories préalables et presque jamais par une évidence directe* »

«*on the basis of historical evidence that the natural science are much more heavily constrained by evidence and observation than by theory while the social sciences are constrained by prior theory and hardly at all by direct evidence.* »

Perez et Batten (2006) indiquent pour leur part qu'il y a un long chemin à parcourir pour arriver à construire une théorie qui inclut les sciences sociales à partir de l'observation, argumentant que la simulation, parce qu'elle s'appuie sur une évidence directe à partir de suppositions rigoureusement explicites, constitue « une nouvelle science ». Lambin et al. (2003), dans leur étude de l'évolution des écosystèmes en interaction avec les sociétés, proposent une double approche qui combine développements narratifs indiquant les variables essentielles avec la simulation permettant une analyse rigoureuse des propositions formulées.

L'utilisation des systèmes multi-agents pour étudier et comprendre le fonctionnement des systèmes agricoles ou l'interaction entre la société et la nature a une histoire d'une quinzaine d'années qui a été décrite par Bousquet et Le Page (2004). Elle est considérée comme un outil spécialement approprié à l'étude des changements de d'utilisation et de couverture des sols (Parker et al 2001, Lambin et Geist 2006).

Son origine peut se situer à la confluence de l'Intelligence Artificielle et la programmation orientée vers les objets (OOP). Le produit le plus connu de l'intelligence artificielle est celui des systèmes experts, qui se révéleront comme peu appropriés pour appuyer la résolution de problèmes complexes ou de ceux qui supposent une collaboration interdisciplinaire. Cela a donné naissance à un nouveau champ, l'Intelligence Artificielle Distribuée, qui suppose que l'intelligence n'est pas propriété d'un « individu » ou entité isolé comme cela est le cas dans un système expert, mais qu'elle est le résultat d'interactions entre plusieurs entités qui ont chacune d'entre elles une compétence dans un domaine distinct (Erceau et Ferber 1991). Son application initiale a été la résolution de problèmes.

Les sciences naturelles ont observé avec intérêt ce développement et depuis 1994 (Bousquet 2006), le Cirad-Tera a mis en place le groupe Green qui propose cet outil en tant qu'instrument privilégié d'étude de l'interaction société-environnement, surtout pour ce qui est des ressources communes, définis comme celui qui peut être utilisé par des usages multiples et dont l'accès peut difficilement être limité.

Si le besoin d'appui aux prises de décisions est pris en compte, plusieurs postures peuvent être envisagées. A partir de l'expérience, il est possible d'analyser ce qui s'est passé dans le domaine agricole, dans le cadre d'institutions de « vulgarisation » pour reprendre l'acception française. L'une de celles-ci peut être qualifiée de « normative » et a caractérisé le travail des instituts de développement jusqu'au début des années 1970. L'agent de développement, dans un cadre politique qui agissait pour assurer des résultats et couvrir les risques, y indiquait le chemin à suivre. Néanmoins, comme nous l'avons déjà vu, les limitations de ces formes de travail sont vite apparues, surtout dans les régions d'élevage extensif. Lorsque nous observons comment le processus de prises de décisions s'est développé, nous ne pouvons qu'être d'accord avec la théorie de rationalité limitée de Simon (1983), qui établit que les décideurs ne peuvent en aucun cas optimiser une décision déterminée car

ils agissent à partir d'une connaissance incomplète et de limitations d'analyse de l'information disponible, en plus d'autres ambiguïtés comme les difficultés à choisir un avenir préférable à un autre (March 1978). Ces considérations font qu'un quelconque décideur peut être représenté comme un agent en interaction avec d'autres, ainsi que le définissent Erceau et Ferber (1991, p.751-752) :

« *L'intelligence artificielle 'distribuée' permet la mise en œuvre de systèmes appelés 'multi-agents', qui permettent de modéliser le comportement d'un ensemble d'entités plus ou moins organisées selon des lois sociales. Ces entités ou 'agents' disposent d'une certaine autonomie et font partie d'un environnement dans lequel et avec lequel elles interagissent. Ces systèmes se structurent autour de trois fonctions principales : percevoir, décider et agir…*

Ces entités sont capables d'agir sur l'environnement et sur elles-mêmes, c'est-à-dire qu'elles sont capables de modifier leurs comportements. Pour ce, elles disposent d'une représentation partielle de cet environnement et sont capables de percevoir et de communiquer. »

Cette description d'un agent et la facilité avec laquelle nous pouvons l'assimiler à un agriculteur, nous a conduits en 1995 (Morales 1996) à attirer l'attention sur le potentiel que signifiait un outil informatique de cette nature pour améliorer notre compréhension par rapport au changement technique de l'élevage.

A partir de la plate-forme Cormas (2006), il s'agit en général d'accoupler un automate cellulaire et des agents qui agissent et peuvent être spatialement situés sur une région, qui décident en fonction de leur perception et provoquent des modifications de ce milieu, comme résultat de leurs actions (Fig. 1).

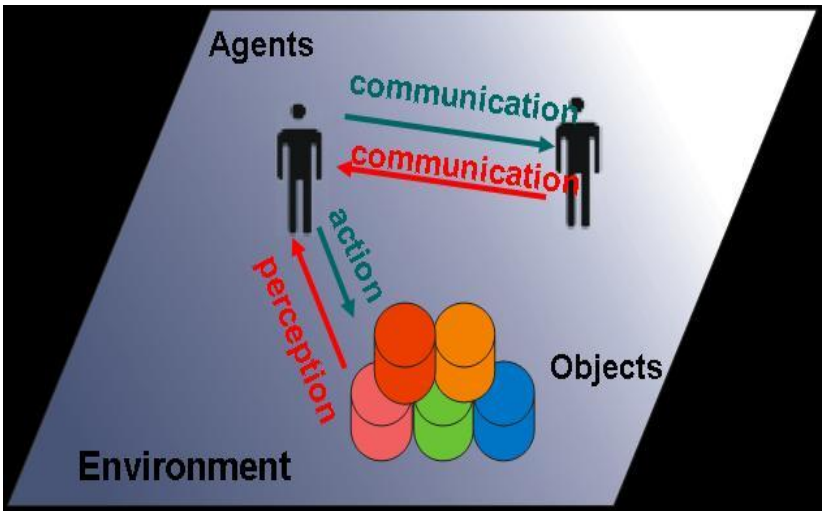


Fig. 1 : Un système multi-agents.

Nous n'avons pas inclus les objectifs en tant que composants nécessaires à la modélisation des agents sociaux, puisqu'ils ne nous sont pas nécessaires pour décrire leurs activités et leurs évolutions. Dans ce sens nous sommes d'accord avec Varela (1989) qui nous dit que les finalités ne sont pas nécessaires pour décrire le fonctionnement d'un système et que nous les utilisons parce qu'elles aident notre imagination mais qu'elles renvoient à l'observateur et pas à l'agent décrit.

2.4 La mise en œuvre de la recherche

Notre recherche se développe sur la base d'une analyse de la problématique de l'élevage en Uruguay, que nous avons présentée pendant les 2e journées amazoniennes (Morales et Malaquín 2004) et lors desquelles nous avons établi que :

« *Les fondements théoriques et les aspects pratiques qui permettent de savoir comment organiser une communauté, pour améliorer les pratiques d'exploitation qui entraînent des agressions environnementales, ont été traités dans le monde développé (Röling et Wagemakers 1998 ; Cerf et al. 2000). Le cas le plus notable étant vraisemblablement celui de Landcare en Australie. Il est*

clair que cela répond aux préoccupations sur les effets qu'a le fonctionnement de la société sur l'environnement, à moyen et long terme.

Des modèles qui montrent cette évolution ont été proposés. Ils passent par l'idée d'un changement du rôle que la société a donné aux agriculteurs qui pourraient être regroupés sous trois grands pôles :

- *L'agriculteur en tant que producteur d'aliments, où le développement fonctionne sur la base d'un transfert de technologie*
- *L'agriculteur en tant que chef d'entreprise, où le développement fonctionne comme un élément plus intégré à un système d'informations technologiques*
- *L'agriculteur en tant que « gestionnaire environnemental », où le développement fonctionne comme facilitateur de l'approche des processus complexes et à fortes incertitudes.*

Dans ce cas, nous croyons qu'il est nécessaire de mobiliser les concepts et les outils utilisés, de les adapter à d'autres préoccupations actuelles dans nos pays, comme l'amélioration de l'inclusion de leurs citoyens, le maintien de la situation sanitaire de bétail ou la valorisation de produits provenant de la qualité des processus qui ont lieu au niveau exploitation. La 'Modélisation d'Accompagnement' (http://cormas.cirad.fr) apparaît être une synthèse conceptuelle et méthodologique qui peut être qualifiée de 'manière rigoureuse de traitement de la subjectivité' tout comme le Soft System Methodology (Checkland 1999). Elle peut devenir un instrument privilégié de l'interaction entre les différents sujets impliqués.

L'augmentation de la production et des exportations, réclamée par la société uruguayenne, devra nécessairement prendre en compte la rentabilité des exploitations, le développement durable d'un point de vue écologique, ainsi qu'être acceptée par la société dans le respect des valeurs en vigueur ».

Dans ce paragraphe nous avons formulé les principales aspirations de cette thèse, qui va exploiter les outils qui peuvent être utilisés dans le cadre de

ce travail. Pour que cela devienne possible, nous acceptons, ainsi que l'a formulé Callon (1994), que pour qu'une innovation ait lieu elle doit inclure les particularités de la situation où elle prétend être appliquée.

Latour (2001) a développé une analyse du travail des scientifiques et de leur insertion aux réseaux sociaux. Ces concepts ont d'ailleurs été repris par Ba et Duteurtre (2004). Ces auteurs décrivent comment la production scientifique est intégrée à un ensemble d'activités qui comprennent :

1. Une « mobilisation du monde », c'est-à-dire la construction d'un ensemble d'accords et la réalisation d'activités qui donnent lieu aux « faits » observables sur lesquels s'appuie la recherche.

2. Une autonomisation de la recherche, c'est-à-dire la création et la mise en place d'un ensemble de personnes ou « collectif » qui constituent un cadre de « collègues » capables de comprendre et de critiquer les résultats du travail.

3. Une mise en œuvre d'alliances, c'est-à-dire intéresser d'autres acteurs, qui bien qu'ils ne participent pas directement à la production scientifique, la rendent possible, grâce à une mise à disposition des moyens matériels nécessaires sous formes de salaires, d'équipes, per diems, etc.

4. une mise en scène, soit une exposition publique des activités de la recherche et de ses résultats de façon à améliorer le contexte de cette recherche et, en même temps, de rendre disponible les résultats du travail. Cela permet d'identifier les forces et les faiblesses de l'étude par l'intermédiaire de l'appréciation d'acteurs relativement éloignés du thème et dont les perspectives sont différentes.

5. La construction de relations et de liens entre les faits observés sous forme de théories, d'énoncés enseignables, de modèles, etc.

Callon et al (2001) ont proposé un même ensemble d'idées mais sous la forme de traductions successives tout au long de leur travail de recherche.

Traduction 1 : Il s'agit de formuler un problème, c'est-à-dire de passer du monde des faits au monde de la recherche en simplifiant et en permettant le traitement du problème posé. Cette phase va permettre que les nouvelles idées, théories et/ou modèles soient pertinents par rapport à la situation qui doit être améliorée.

Traduction 2 : Il s'agit du point central de l'activité de recherche en tant que telle : construire les faits et les interpréter pour proposer de nouveaux modèles, théories, etc. Cela est fait dans un cadre de « collègues », du point de vue académique.

Traduction 3 : Revenir à la situation d'origine avec le produit des recherches. Son accueil dépendra de la qualité de la première traduction et la preuve de son succès viendra de la pertinence attribuée au travail par des acteurs se trouvant sur le terrain.

Pour chaque cas, la modalité spécifique de ces tâches et de ces activités dépendra des circonstances concrètes dans lesquelles se déroulera la recherche. Toutefois, le mot clé devra toujours être « intéresser ». Intéresser les personnes qui font face au problème, celles qui peuvent constituer le cadre du travail et, à nouveau, intéresser avec le produit de la recherche. Dans notre situation, nous pouvons résumer, de façon succincte, que notre parcours a consisté à identifier le problème à l'intérieur du Plan Agropecuario, à trouver des alliés afin de réaliser une recherche qui intéresse un nouveau collectif de recherche, à traiter le problème au sein du CIRAD-GREEN à Montpellier, à interpréter et à donner un sens aux résultats dans le cadre d'une collaboration avec les acteurs impliqués, les techniciens, les éleveurs, etc. Nous reviendrons sur tout cela dans le chapitre V – Discussion.

La Modélisation d'Accompagnement (Bousquet 2006, Cormas 2006), qui a également constitué un support de cette étude est présentée comme un support conceptuel par rapport aux travaux des scientifiques en interaction avec les agents locaux qui affrontent des situations complexes quant à l'usage des ressources naturelles renouvelables. Ses objectifs, tout comme ceux de cette

recherche/action, sont de produire une connaissance scientifique et d'appuyer une action collective. Ses outils les plus caractéristiques sont ceux des simulations multi-agents pour lesquels une plate-forme informatique a été élaborée : Cormas (**Co**mmon **R**essources **M**ulti **A**gent **S**ystems). Fréquemment, les jeux de rôles sont associés dans le but d'obtenir la participation et l'échange de perceptions avec les différents acteurs impliqués, sous des aspects tels que la compréhension du fonctionnement du modèle et de ses différences par rapport à la réalité, afin de le valider et de proposer des modifications ou de pouvoir suivre les simulations sur l'ordinateur et, éventuellement, proposer des scénarios à explorer.

Chapitre III – L'élevage en Uruguay

3.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons décrire les grandes phases de l'élevage en Uruguay. Nous pouvons définir six grandes phases : 1) l'introduction du bétail et le début de l'exploitation commerciale; 2) le début des exportations de viande salée; 3) la phase industrielle et la modernisation à la fin du XIXème siècle, début du XXème siècle; 4) une période de stagnation causée par des problèmes de politique interne et d'insertion internationale; 5) la libération interne et le nouveau contexte international ; et enfin, 6) le dynamisme de la fin du XXème siècle et du début du XXIème siècle, où nous décrivons de façon sommaire en 7) le marché international.

3.2 De l'introduction du bétail à la fin du XVIIIe siècle, 1611 – 1760

Le territoire, où se trouve actuellement la République Orientale de l'Uruguay, a été vu par les européens, dès le début de la conquête de l'Amérique, comme un territoire vide et sans grand intérêt par les premiers colonisateurs. En effet, ceux-ci n'étaient d'abord intéressés que par les métaux précieux, comme l'or ou l'argent, abondants dans d'autres régions de l'Amérique (Alonso 1982). Le territoire n'était pas très peuplé et son développement était très limité. Des recherches récentes montrent que dans certaines régions du pays il y avait eu une agriculture primitive et que le chien avait été utilisé en tant qu'animal domestique. Toutefois, au moment de la conquête aucun de ces faits n'ont été mentionnés. La population de cette époque-là était semi nomade et vivait très dispersée. Il n'y avait que quelques milliers d'habitants sur tout le territoire. Le premier contact, effectué par

l'expédition de Juan Días de Solís en 1516, n'a pas été très amical, et l'explorateur a été tué par la population locale.

Il a tout de suite été évident que cette région était adaptée à l'élevage bovin, ainsi que l'a décrit Hernandarias dans un rapport daté du 16 juillet 1608 (Catellanos 1972):

« *La terre à l'intérieur est grande et est capable d'abriter beaucoup d'habitants avec de grands profits dans la culture et l'élevage, à cause de la grande fertilité et qualité de la terre…; et de nombreux ruisseaux, de cascades et de petites rivières proches les uns des autres…; la terre facilite la construction de bâtiments et de fermes où il sera possible d'élever de grande quantité de bovins* »

Une topographie au relief légèrement ondulé, avec une grande abondance de cours d'eau, une végétation herbacée, sans températures extrêmes ou période d'enneigement, ainsi que des précipitations régulières et bien distribuées, en font un endroit privilégié pour les grands herbivores, comme les bovins. Rappelons qu'il y avait aussi une faible population du prédateur le plus important: l'homme.

Ils n'existent pas de descriptions complètes qui expliquent comment était la végétation originelle (Pereira 2002). Malgré tout, les experts disent que si nous comparons l'ancienne végétation à l'actuelle, il y avait par le passé beaucoup plus d'arbustes et de hautes graminées, ainsi qu'une superficie semi-boisée plus importante. Par rapport à la faune, et dans la perspective de ce travail, qu'il n'existait pas de grands herbivores, même s'il y avait des populations de cervidés dont le poids d'à peu près 20kg les rendait semblables aux ovins.

L'introduction des bovins a produit un changement vers une végétation herbacée plus adaptée au pacage et cette introduction a, très probablement, réduit la fréquence des incendies spontanés. De plus cette introduction a été faite avant l'installation des colonisateurs européens. Elle a été réalisée par Hernandarias à partir de 1611, ce qui a entraîné une reproduction spontanée de ces animaux dont l'exploitation a constitué une attraction pour les Colonies

Jésuites, qui occupaient une grande partie du nord du pays, ou pour les habitants de Buenos Aires qui faisaient des incursions pour « récolter » le seul produit commercial bovin de cette époque: le cuir. Il faut aussi souligner que tout cela a beaucoup influencé les indigènes qui ont adopté le cheval pour leurs déplacements et qui ont largement incorporé la viande bovine à leur alimentation. Ils ont également découvert plusieurs usages au cuir, notamment dans la construction de logements, mais aussi comme vêtement et matériau pour construire des petites embarcations.

L'époque du cuir.

Au début, les incursions des colonisateurs dans la "Banda Oriental", étaient limitées à l'extraction de matériaux de construction, tels que le sable, la pierre, et aussi le bois de chauffe et le charbon.

Vers la fin du XVIIème siècle, la notoriété de la présence de bovins a donné naissance à un commerce de cuir et de suif qui est tout de suite devenu florissant. Ces produits provenaient de grandes « chasses » de bovins réunis dans des régions sans issues naturelles. Dans ces lieux, ils avaient leurs jarrets coupés[1], leur cuir et leur suif était alors immédiatement récupérés. La principale destination de ces prises était Buenos Aires. Le conseil municipal de Buenos Aires a commencé à accorder des licences d'exploitation en 1716, en concurrence avec Santa Fé, dans le sud du pays, ainsi qu'avec les missions des Guaranis administrées par les prêtres jésuites, dans le nord du pays (Sala De Touron et al. 1967). Ce commerce à grande échelle, difficile à contrôler par la couronne espagnole, a donné lieu à la fondation de Montevideo, en 1726. Son port naturel très bien situé, permettait de contrôler l'activité commerciale, dont la source de richesse était plus ou moins organisée dans le cadre d'une production spontanée, c'est-à-dire au caractère extractif.

[1] Le tendon de la jambe était sectionné avec un couteau à la lame en demi-lune fixé au bout d'un bâton. Cette opération était effectuée à cheval.

Avec les premières « légalisations » de l'occupation des terres, les « estancias cimarronas », qui en réalité n'étaient que des zones au « droit de chasse » exclusif, des « dénonces » ont été faites par des personnes qui avaient des liens privilégiés avec la Couronne Espagnole. Par exemple, Francisco Martínez de Haedo obtint ainsi la concession des départements actuels de Salto et Paysandu, soit environ 300.000 hectares, avec le droit d'exploitation des bovins qui s'y trouvaient. Sala De Touron et al. (1967) considèrent que :

«*Cela entraîne des conflits aigus avec les voisins ; ceux-ci résistent farouchement, avec les occupants déjà installés sur ces terres qui sont délogés avec violence, avec d'autres revendicateurs...ainsi qu'avec les indiens... qui voyaient leurs territoires se réduire et combattaient furieusement* »

3.3 La viande salée et la consolidation de la propriété de la terre; 1760-1880

En 1778, le commerce a été libéré en même temps que le développement du système économique de la canne à sucre du nord-est brésilien et de Cuba, qui utilisait de la main d'œuvre esclave et qui demandait un régime alimentaire économique. Cela a permis le développement d'une industrie qui allait dominer presque tout le XVIIIème siècle: la salaison de la viande ; ce qui a grandement valorisé les bovins dispersés sur le territoire. Le premier entrepreneur de la salaison, Don Francisco Medina, avait acquis son savoir-faire dans la conservation de la viande de baleine, avec laquelle elle avait fait fortune. Le premier saloir fut ouvert en 1786 (Mullin 1935). La première conséquence immédiate de tout ceci a conduit à une accélération de l'appropriation de terres. Comme dans tous les processus d'appropriation de territoire, tous les types de conflits ont vu le jour et leur solution dépendait de la capacité d'un pouvoir administratif central à imposer son autorité et à accorder des droits de propriété. Ce centre se trouvait alors en Espagne.

Pendant les luttes pour l'indépendance, en 1815, des terres ont été distribuées avec une devise qui disait que « les plus malheureux devaient devenir les plus privilégiés », et ceux qui avaient été partisans de l'Espagne en étaient expropriés. La préférence était donnée aux citoyens pauvres, mariés et américains, les droits attribués « aux mauvais européens et aux pires des américains » n'étaient pas reconnus, car il s'agissait d'ennemis de la révolution. C'est ce qu'établissait le « Règlement Provisoire de la Province Orientale pour la mise en œuvre de la Campagne et de la Sécurité des Propriétés » élaboré en 1815 par celui qui, actuellement, est reconnu comme héros national: José Artigas, alors propriétaire d'environ 300.000 hectares (Machado 1973). Il est clair qu'il existait alors une lutte sous-jacente concernant l'usufruit des produits de l'élevage et qu'il était indispensable d'empêcher que ceux qui n'avaient pas de droits « légaux » en profitaient. Les vagabonds, les voleurs, les indiens et les portugais, qui faisaient des incursions à partir du Nord, se retrouvaient dans cette catégorie.

L'indépendance de l'Uruguay, qui avait permis de supplanter les espagnols dès 1813, ne s'affirma qu'en 1828, après un long processus qui avait vu une participation des anglais, des argentins et des brésiliens. Le représentant anglais – Lord Ponsomby – qui avait participé aux négociations, a été, quelques années plus tard, directement impliqué dans la formation de la Belgique.

Le troupeau bovin de cette époque a été estimé à environ six millions de têtes. Toutefois, quelques années plus tard, la « Grande Guerre » a commencé, et pendant plus d'une décennie cette guerre civile a été le théâtre d'une forte ingérence de l'Argentine, du Brésil et d'autres puissances européennes. Ces perturbations associées au conflit ont entraîné une forte réduction du troupeau, qui a été estimé, à la fin de la guerre en 1852, à moins de deux millions de têtes. Dans cette situation d'anarchie, des chasses massives étaient réalisées et le manque de sécurité dans la campagne ont fait diminuer la population rurale. A la fin de la guerre, une des puissances impliquées, le

Brésil, a obtenu la libre circulation des bovins vers le Rio Grande do Sul (Alonso 1982), ce qui entraîné un fort recul de ce secteur industriel en Uruguay, les quelques ans qui a duré ce commerce.

La pacification des campagnes a été associée à un fort accroissement de la population bovine, estimée en 1862 à 8 millions de têtes, chiffre qui est resté plus ou moins stable pendant plus de cent ans. Dans le même temps les ovins étaient estimés à 3.618.000 et les chevaux à 1.457.000 (Castellanos 1972). C'est à ce moment, que la frontière agricole a disparu et que tout le territoire s'est retrouvé exploité. Le prix de la terre reflète bien ce phénomène car elle a augmenté plusieurs fois au cours de cette décennie. La révision du traité avec le Brésil a amené une croissance importante des saloirs, qui ont traité plus de 500.000 têtes en 1862. Les produits principaux étaient le cuir, le suif, et la viande salée, tous destinés au marché extérieur.

La principale caractéristique de l'élevage Uruguayen était déjà en place: un fonctionnement très influencé par des événements provenant de l'étranger, car une forte production rurale entraînait une offre de produits de l'élevage très supérieure aux possibilités de consommation de la population locale.

En 1864, la marque Liebigs, spécialisée dans les produits carnés, s'est installée à Fray Bentos, ce qui a marqué le début de la « mondialisation » de l'agriculture et de l'alimentation. Dans une exposition récente (2006) du Musée Agropolis de Montpellier, Fray Bentos a été indiqué comme le lieu où la mondialisation des aliments a commencé, puisque ses produits étaient distribués sur les cinq continents. Avec les conseils directs de Mr. Liebigs, G. Giebert a fondé et organisé l'usine avec des capitaux anglais. Il s'agit-là d'un phénomène pour l'époque. Son traitement de 200.000 bovins par an (Castellanos 1972), n'a été atteint que par les abattoirs actuels.

Immédiatement après, une des premières crises d'origine lointaine a débuté. La Guerre de Sécession aux Etats-Unis et la crise européenne ont fait chuter la demande en sucre à Cuba et au Brésil, ce qui a entraîné une forte baisse du prix de la viande salée destinée à nourrir la population esclave.

La « estancia moderna » ou propriété moderne

Cette appellation a été associée à l'augmentation de la présence d'ovins dans le territoire de l'Uruguay. Il faut souligner que depuis toujours elle était définie comme « lainière », ce qui montre quel a été le produit le plus important de la production. Dans la décennie de 1860, le troupeau s'est «ovinisé ». Le pacage conjoint et simultané d'ovins et de bovins a été le signe distinctif de l'élevage Uruguayen. La présence d'ovins, en tant qu'élément important, a eu pour conséquence une modification du fonctionnement des propriétés, à cause d'une forte demande de main d'œuvre. L'évolution de cette activité été très rapide et, du fait de la crise de la viande salée, il devint le produit d'exportation le plus important, dépassant même la viande bovine, dès les années 1880. Du point de vue de la gestion des exploitations, le pacage mixte a été interprété comme une manière de contrôler les risques, aussi bien climatiques que commerciaux (Campal 1969). Lors des années de sécheresse, les ovins produisent mieux et lors des années pluvieuses, les bovins sont favorisés. En outre, il est peu probable qu'une crise commerciale se développe en même temps sur ces deux produits.

La clôture

A partir de 1870 et très rapidement, le processus de clôture a renforcé la propriété de la terre et a permis de contrôler le pacage des animaux. De cette manière, les éleveurs sans terre et les habitants non officiels ont été expulsés vers des « rancherías[1] ».

La mise en place de clôtures a permis un usage plus efficace des pâturages et des animaux, ainsi qu'une demande moindre de main d'œuvre, comme nous l'avions déjà mentionné. Il s'agit d'un des éléments fondamentaux de la consolidation du système de propriété privée. En 1876, le registre de « Marcas y Señales » (sceaux fonciers) a été implanté dans tout le pays, et a

[1] Bidonvilles ?

imposé le marquage au fer du bétail à des fins d'identification. Un cadastre délimitant avec précision les propriétés foncières a également été consolidé.

Les conditions d'un développement d'activité beaucoup plus organisé étaient définies, ce qui allait permettre de nombreux changements, y compris génétiques et de qualité des produits obtenus.

3.4 L'amélioration du cheptel ; 1880-1930

En 1876, l'Association Rurale, dont l'objectif principal était de favoriser l'amélioration génétique des troupeaux, a été fondée. Une phase de « métissage » a commencé, c'est-à-dire d'absorption de bovins créoles, descendants des premières introductions, par de races mieux adaptées aux exigences des nouveaux marchés de viande qui prenaient de l'importance, comme les marchés européens, et, surtout du Royaume-Uni. Ces nouvelles introductions de races, Shorthorn, Aberdeen Angus et Hereford, permettaient de produire des bêtes plus grandes, avec une viande de meilleure qualité, autant en quantité qu'en distribution de matière grasse sur l'animal. En 1876, en provenance de Buenos Aires, le bateau « Frigorifique », où se trouvait le « père de la chaîne du froid », C. Tellier, a chargé de la viande pour l'Europe. La qualité de la viande n'était pas des meilleures, et le commerce de viande froide ou congelée n'a repris que 37 ans après. Jusqu'en1912, les seuls produits carnés exportés resteraient la viande salée et des dérivés.

L'introduction de nouvelles races et la clôture définissaient une forme d'organisation des propriétés qui rendait possible un contrôle des caractéristiques du pacage pour chacune des catégories animales. En même temps qu'apparaissait une spécialisation des exploitations qui produisaient des reproducteurs. À cause de leur position sociale, leurs propriétaires ont eu et maintiennent une certaine ascendance sur le secteur. Ils ont une grande influence sur les autres éleveurs par rapport au type d'animal qui doit être

produit, et par conséquent par rapport à la génétique, aux techniques de gestion et à l'alimentation qui doivent être mises en œuvre.

Les premières décennies du XXème siècle

Une autre conséquence importante de la clôture vient du fait qu'elle a encouragé une expansion de l'agriculture, car elle a permis d'interdire l'accès des animaux aux cultures.

L'agriculture a également pris l'une des caractéristiques qui la définit jusqu'à nos jours : une grande instabilité de la surface ensemencée et des revenus, due à la variabilité du climat et des marchés. Dès cette époque, des gouvernements protectionnistes ont réservé le marché intérieur à l'agriculture nationale. Ainsi, une vision qui associait l'agriculture au progrès et à la modernisation était consolidée, et, dans ce cadre, l'élevage des bovins était destiné à surmonter son retard (Finch 2005), tout cela en cohérence avec l'idée que l'espace rural devait être transformé au service de l'homme. Comme nous le montrerons, avec chaque grande évolution technologique, clôture, mécanisation ou usage de l'ensemencement [2]direct, la surface agricole cultivée a eu une tendance à augmenter, mais cette tendance ne s'est finalement jamais concrétisée.

En 1908, le recensement qui a été réalisé nous donne une image du début du XXème siècle. Ainsi, le troupeau s'élevait à un peu plus de 8 millions de bovins et à plus de 25 millions d'ovins (avec environ 10,4 millions d'unités d'élevage). Depuis lors, cette charge animale est considérée comme équilibrée. Au début des années 2000, il existait un troupeau composé d'environ 12 millions de bovins et environ 10 millions d'ovins (avec approximativement 10,8 millions d'unités d'élevage). Ces chiffres n'incluent pas les chevaux, beaucoup plus nombreux en 1908 qu'en 2000. Ce recensement nous montre aussi la

présence d'un peu plus de 800 000 ha de cultures, une surface similaire à celle qui existe au début du XXIème siècle.

L'époque des anglais

Le début du XXème siècle a été marqué par une série de transformations associées à la révolution industrielle qui parvenait dans cette région du monde. La présence de capitaux anglais était très forte. Les investissements de l'Angleterre en Uruguay était les plus élevés du monde, si nous les ramenons au nombre d'habitants : 475 livres/habitant (Alonso 1982).

L'apparition des abattoirs-frigorifiques et les infrastructures de transport ferroviaire associées à ces entreprises en ont été deux conséquences directes. L'Uruguay a vu Montevideo se consolider en tant que ville portuaire qui concentrait une grande partie de la population du pays et vers laquelle menaient toutes les routes et les voies ferrées. Cet ensemble de transformations a renforcé les liens avec le marché international, et l'amélioration de l'infrastructure a facilité une agriculture implantée dans les zones qui se trouvent loin de la capitale. Le marché européen, comme destination de la viande, a été une constante du XXème siècle. Récemment, dans les premières années du XXIème siècle, l'Europe a perdu beaucoup d'importance en ce qui concerne le marché de la viande, au détriment d'autres secteurs, comme l'Amérique du Nord.

L'apparition des abattoirs- frigorifiques – unités productives ayant une échelle et une complexité inconnues jusqu'alors – a permis la mise en œuvre d'une nouvelle étape de l'insertion de l'élevage sur les marchés extérieurs. En 1912 et 1916, deux frigorifiques à capitaux américains se sont installés, l'Artigas et le Swift ; et en 1921, l'Anglo, grâce à une transformation de l'usine Liebig qui s'était consacrée depuis 1861 à l'élaboration de conserves et dérivés carnés. Le dynamisme obtenu grâce à ces transformations successives : clôture, amélioration génétique, chemins de fer, ainsi que l'exportation de

viande congelée au lieu de viande salée, a été très fort, ce qui a permis d'atteindre une croissance de 6,8% par an. Vers la deuxième moitié de la décennie de 1920, environ un million et demi de bovins étaient produits (1.613.000 en 1930), dont 5 à 10% étaient exportés sur pied vers l'Argentine (Vigorito 1971).

L'agriculture fourragère.

Les cultures destinées aux animaux étaient, cela va de soi, un souci constant, tout comme l'alimentation destinée aux bêtes de charge, principalement les chevaux, ou parfois les animaux destinés à la traction, comme les bœufs, même si ces derniers étaient normalement nourris dans des pâtures naturelles. Les cultures fourragères pour les bovins étaient faites sur de petites aires de cultures annuelles hivernales, à l'exemple de l'avoine, ce qui permettait d'atténuer le déficit saisonnier de production fourragère, ainsi que de maintenir l'approvisionnement du marché, malgré des coûts et des problèmes agro-économiques qui faisaient que cette pratique ne pouvait qu'entraîner de très modestes apports de production. En ce qui concerne l'amélioration de la productivité des pâturages naturels par l'utilisation d'engrais et de légumineuses, les chercheurs de l'époque se montraient pessimistes quant à sa réalisation dans un cadre commercial (Finch 2005). Leurs résultats expérimentaux étaient acceptables, mais les résultats économiques étaient décourageants.

3.5 Une forte présence de l'Etat ; 1930-1978

De 1930 à 1960

Dès le début de la décennie des années 30, divers auteurs ont identifié ce qui a par la suite été connu sous la dénomination de « stagnation dynamique »

de l'élevage bovin et de l'agriculture en Uruguay. En résumé, il n'y a eu aucune évolution des indicateurs technologiques jusqu'au milieu des années 1980, alors que des augmentations notables de productivité de cultures étaient enregistrées. Ce n'est que dans les années 1990 que toute une série de changements s'est produit dans l'élevage bovin, comme la diminution de l'âge à l'abattage et une modeste augmentation des taux de production qui ont ouvert une nouvelle période. Au début de la décennie de 1990, la production de bovin à l'abattage ne dépassait pas en nombre de têtes celle qui existait 70 ans auparavant. Nous analyserons ce processus plus avant dans ce travail.

Les facultés d'Agronomie et Vétérinaire avaient été fondées au début du siècle avec une forte présence d'enseignants européens. L'application de la science dans l'agriculture a pris une impulsion plus importante en 1913 lorsque le « Instituto Fitotécnico y Semillero Nacional La Estanzuela », a été fondée dans le département de Colonia (Boerger 1928), centre du secteur agricole. Pendant plus de 50 ans elle a été dirigée par Alberto Boerger, technicien allemand qui est sans aucun doute l'un des fondateurs de l'Agronomie en Uruguay. Boerger, après un passage par Cerro Largo, région d'élevage qu'il ne considérait pas comme idéale pour ses travaux, s'est installé à Colonia. Initialement, ses travaux se sont surtout développés autour de cultures céréalières. Toutefois, son attention a été attirée par les problèmes d'élevage qu'il a commencé à analyser selon des critères agronomiques, c'est-à-dire par rapport aux cultures fourragères. Progressivement, il est devenu évident que la limitation de la productivité de l'élevage était causée par la croissance des pâturages. Il a alors réalisé plusieurs études par rapport à l'usage de pâturages semés, se restreignant à des cultures annuelles et à des espèces fourragères comme la luzerne qui exige une qualité de sol qui n'existe que dans quelques endroits en Uruguay (Boerger 1928; Mullin 1935). Parallèlement, une série d'études sur la caractérisation botanique et la description des quantités et de la qualité du fourrage produit par la prairie naturelle a été réalisée dans plusieurs régions du pays. De plus, un recueil des

normes de gestion appliquée a également été produit (Pereira 2002). Plus largement, comme cela a été le cas au niveau international (Lynam y Dangerfield 1999, O'Reagain et al. 2003, Bayer et Sloane 2002), les études académiques sur les pâturages ou les prairies naturelles ont amené une amélioration des normes empiriques, crées au travers d'essais et d'erreurs sur des années et des générations.

Dans la période après la IIème guerre Mondiale, la mécanisation de l'agriculture s'est développée. Ce processus a été extrêmement rapide, le nombre de tracteurs a été multiplié par 7 en 10 ans, et est passé de 3.000 en 1946 à 21.000 en 1956. Cela a sans aucun doute constitué une révolution importante dans la production agricole, avec des changements impressionnants quant à la productivité de la main d'œuvre. Des compétences d'origine urbaine associées à la motorisation ont été fortement valorisées dans le domaine agricole, ce qui a entraîné une forte expansion de la surface agricole au cours de cette décennie. L'expansion agricole maximum a été atteinte en 1957 avec 1.814.000 ha (MGA 1963).

L'Europe se reconstruisait après l'IIème Guerre Mondiale, et la Guerre de Corée a signifié une croissance importante de la demande de produits agricoles, comme le lin et le blé. L'Institut National de Colonisation a été fondé à cette époque. Celui-ci promouvait, de façon très claire, un modèle européen d'agriculture familiale s'appuyant sur une production de cultures d'hiver. De nouvelles aires de cultures, plus au Nord du pays, ont été mises en place et la perception selon laquelle l'agriculture était synonyme de progrès s'en est trouvé renforcée. L'élevage, notamment extensif, avec sa maigre productivité, un faible usage d'intrants et de main d'œuvre, apparaissait comme pas du tout convenable face à des usages plus intensifs de la terre, à l'exemple des cultures ou la production croissante de lait. Cette dernière a doublé entre 1948 et 1960, à cause de politiques de promotion et des changements associés à l'urbanisation progressive de la population. Dans la même période, le lait envoyé à l'industrie a vu son volume multiplié par 6, s'approchant du million de

litres par jour en 1960 (MGA 1963). Cette production s'appuyait sur les cultures fourragères annuelles et l'utilisation de suppléments concentrés. La consolidation d'un « paquet technologique » associée à l'accroissement de l'usage de légumineuses, qui allait brusquement s'accélérer vers le début des années 70, n'avait pas encore eu lieu.

Cette période, comme nous l'avons déjà dit, se caractérise par une forte présence de l'Etat à toutes les étapes. Nous pouvons dire qu'elle a commencé avec la fondation par le gouvernement du Frigorifique National en 1928, qui cherchait alors à contrôler le monopole des firmes anglo nord-américaines. La production de semences améliorées, l'administration des grands services publics comme les trains, les crédits, les centres de stockage, la chaîne du froid, le contrôle des prix des matières premières et de la consommation etc., ont été directement mis en œuvre par l'Etat.

En ce qui concerne la production bovine, il est évident, et ce à divers niveaux, que le défi consistant à augmenter la productivité des pâturages a entraîné un important débat, qui entre autres choses, a amené l'envoi par le gouvernement de missions de « notables » à l'étranger – Océanie, USA et Europe – dont le but était d'étudier la présence de technologies qui pouvaient être appliquées en Uruguay. En outre, les tractations consistant à mettre en œuvre des projets nationaux de « développement de l'élevage» ont commencé à devenir plus fortes d'après « l'exemple de la Nouvelle Zélande », pays dont les caractéristiques semblaient très similaires à celles de l'Uruguay. Ce pays montrait alors une productivité et un dynamisme technologique dans le secteur de l'élevage, matières de discussions pour une possible croissance.

La population agricole et le nombre de propriétés ont atteint leur maximum historique en 1951. Cette année-là, le Recensement a révélé une population rurale de plus de 450.000 personnes, ce qui a constitué un maximum absolu. Elle a ensuite commencé à diminuer.

Dans l'imaginaire populaire, cette époque s'identifie à l'âge d'or de l'Uruguay, une sensation qui a également été nourrie par les grands triomphes

du pays en matière sportive avec la victoire en finale de la Coupe du Monde de football au Maracaná.

De 1960 au milieu des années 80

Dès cette époque, la grande révolution qu'avait signifiée la mécanisation avait perdu de sa force et une série de caractéristiques déjà présentes ont progressivement montré les limites du fonctionnement qui s'était développé lors de la phase antérieure.

Le rendement des cultures était très pauvre, et le pays était à la traîne du reste du monde. En outre, le marché qui était considéré comme insatiable – le marché européen – se fermait progressivement et demandait de moins en moins de produits alimentaires. De plus, vers la fin de cette période, les pays riches étaient devenus de forts concurrents pour les produits provenant de climats tempérés, comme ceux que vendait l'Uruguay (Peixoto et Paolino 1982). La consolidation de l'unité européenne, la croissance de la production et l'apparition d'importants surplus exportables sur le marché international, à des prix très bas, mettaient l'Uruguay en position de hors jeu et soulevaient des interrogations quant à son insertion internationale. Le marché international des produits agricoles d'origine tempérée, les céréales, le lait et la viande, subissaient de fortes transformations dues au protectionnisme croissant des pays de l'Europe et des Etats-Unis. La séparation du marché mondial de viande en zones avec et sans fièvre aphteuse – qui privilégiait les pays de l'Océanie – s'est consolidée avec la loi américaine d'Importation des Viandes en 1964 (Pérez Arrarte 1982). La crise a eu de multiples manifestations, comme l'abandon du pays par la totalité des industries frigorifiques étrangères à partir de 1958 (Castellanos 1972).

En même temps, le modèle de substitution des importations s'est épuisé et d'importants problèmes politiques sont apparus, avec l'arrivée d'un

gouvernement militaire (1973), l'augmentation de l'émigration et de fortes tensions sociales.

Au début des années 60, une revalorisation de la recherche agronomique a eu lieu avec une amélioration des infrastructures et une augmentation des investissements. De nouvelles stations expérimentales ont été mises en place et le nombre de chercheurs a été élargi au niveau national. Ceux-ci envisageaient de produire des connaissances qui allaient permettre de résoudre la stagnation qui devenait de plus en plus inacceptable. La « Commission Honoraire du Plan Agropecuario », branche du Ministère de l'Elevage, a été mise en œuvre et a compté sur la participation de représentants des associations d'éleveurs. Avec des financements de la Banque Mondiale et une présence dans tout le pays, la commission promouvait des méthodes de croissance de la production basée sur l'usage de légumineuses, sous forme de cultures spéciales ou de rajout au pâturage naturel grâce à différentes méthodes. Le modèle néo-zélandais a beaucoup influencé ce processus, qui prenait forme par une exigence de la Banque Mondiale qui établissait que la direction du projet devait être prise par un technicien néo-zélandais ou australien, même si beaucoup d'entre eux ne parlaient même pas l'espagnol. Le premier et le plus connu de ceux-ci, McMeekan, prédisait que les résultats de la technologie proposée seraient spectaculaires. Jusqu'à la fin des années 80, une série de prêts qui finançaient différents améliorations dans les exploitations ont été débloqués, comme pour les clôtures, l'irrigation et surtout les engrais et les semences. On comprenait que le phosphore combiné aux légumineuses avait le potentiel de changer substantiellement la production, à travers l'amélioration progressive des sols due à l'activité des légumineuses. A cela était associé toute une série de techniques de gestion des animaux qui permettaient d'améliorer la récolte de fourrage.

La difficulté d'appliquer, sans les adapter, des technologies et certaines variétés fourragères venant d'autres continents, a pris un certain temps avant d'être reconnue, et postérieurement, elle a été identifiée comme le point faible

du programme (Finch 2005). A la fin des années 70, le rapport « Jarvis » indiquait que les techniques proposées avaient bien été diffusées, elles étaient largement connues par les éleveurs et avaient été très essayées. Il concluait qu'elles avaient atteint un niveau qui pouvait se situer autour de 12% de la surface national. Plus de 70% des propriétés qui comptaient plus de 200 ha avaient obtenu des crédits, sous contrôle du Plan Agropecuario (Alonso et Pérez Arrarte 1981). Trente ans plus tard, cette « surface améliorée » est, à peu de chose près, restée la même.

3.6 La libéralisation économique et un nouveau scénario international

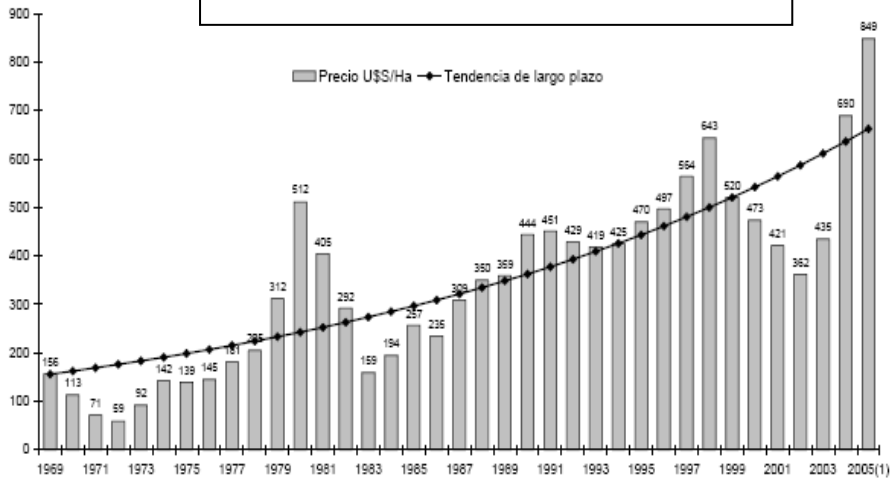
En 1969, le gouvernement a décidé d'abandonner le monopole d'Etat de l'approvisionnement à Montevideo, qui jusqu'alors était détenu par les Frigorifique National (Alonso 1982). Ainsi, commençait un processus qui ne s'achèverait qu'à la fin des années 70 : le retrait progressif de l'État, d'où d'importantes conséquences sur l'élevage avec les « mesures d'Août 78 ». L'État a annoncé qu'il n'interviendrait plus sur le cours des prix de la viande bovine à l'abattage, a fermé les frigorifiques sous tutelle de l'Etat et a éliminé les restrictions au commerce intérieur de viande, entre autres mesures complémentaires.

Les éleveurs comprenant qu'ils avaient toujours été perdants du fait de l'intervention de l'Etat, ont commencé à croire à une importante amélioration des résultats de leurs exploitations. Les éleveurs ont alors dû faire face à une offre financière non négligeable provenant de la remise en circulation des fonds du premier choc pétrolier de 1973. Ces deux faits ont entraîné une forte rétention de bovins et un endettement qui a conduit à la grande campagne d'abattage de l'année de 1982, causée par des conditions de pénuries fourragères extrêmes et des besoins financiers. Ce processus de successives thésaurisations bovines et de liquidation en situation de pénurie fourragère

s'est répété pendant au moins un siècle. Ainsi, une crise similaire avait déjà été bien décrite en 1885. Barrán et Nahum (1971) considèrent que les causes de cette crise de l'élevage en 1885, a été due à : « l'abondance et la sécheresse ». Cette même interprétation pourrait s'appliquer à la crise de 1982.

En même temps que la « crise de 82 », divers analystes (Secco et Pérez Arrarte 1975) ont diffusé le modèle d'un cycle de l'élevage qui proposait une description cohérente et globale des énormes variations de prix qui étaient observées et qui signifiaient un passage rapide de l'euphorie à la crise aiguë. Par exemple, le prix des jeunes génisses pouvait varier de 600% entre le

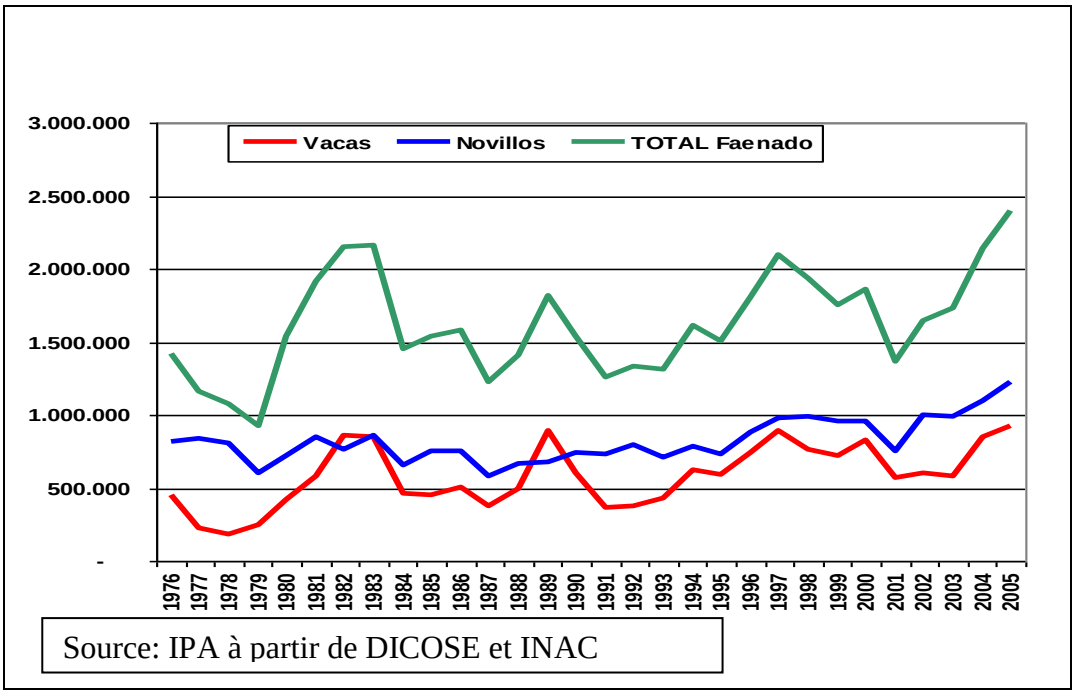
Graphique 1. Evolution du prix de la terre



FUENTE: OPYPA en base a datos de la DIEA, el INC e informantes calificados.
(1) Dato estimado

maxima et le minima d'un « cycle d'élevage », qui se répétait régulièrement tous les 7 ans environ. Du fait de ces variations, la valeur de la terre changeait aussi. Comme nous pouvons le voir sur la graphique 1, entre les années 1979 et 1983, le prix de la terre a baissé de 70% en dollars. Ce comportement des éleveurs, qui signifiait un ajustement de leurs ventes strictement liée à leurs besoins financiers, impliquait une thésaurisation bovine dans les pâturages lors des périodes de hausse des prix, ce qui augmentait énormément l'offre à l'abattage avec en conséquence une baisse des prix avec un retard de deux ans. D'un point de vue microéconomique cela signifie que les bovins étaient gardés en cycles de hausse et vendus à plus bas prix lors des baisses. Il y avait donc

un rapport inversé entre la quantité de bovins abattus et le prix des haciendas, ce qui s'explique par la variation du prix des génisses à l'abattage qui étaient thésaurisées ou liquidées de façon alternée (Graphique 2). Toujours d'un point de vue macroéconomique cela provoquait une fantastique inefficacité industrielle et commerciale, à cause des fortes variations annuelles de l'offre bovine, aussi bien en quantité qu'en qualité.



Graphique 2 : Variation annuelle de l'offre bovine.

Puisque ces facteurs ont largement été discutés dans tout le pays, les éleveurs ont fini par identifier dans leur comportement de thésaurisation et de liquidation périodiques l'une des origines de la crise dont ils souffraient, et, lors de la décennie suivante un changement de comportement est devenu évident. Le rapport inversé entre l'abattage et le niveau des prix ne s'est plus répété. A la fin des années 90, de bons prix ont entraîné un fort abattage, dans le cadre d'un comportement opposé à celui qui avait cours 20 ans auparavant. Et, au début des années 2000, il y avait une bonne disponibilité fourragère. Ce comportement s'est montré très important lors de la grande crise de fièvre aphteuse en 2001. L'interruption de l'abattage n'a pas causé de grands problèmes au niveau des exploitations, et une fois que les marchés et les prix

ont été récupérés, les niveaux d'abattage ont atteint des niveaux très hauts pour l'Uruguay.

Durant cette période, il s'est produit des faits significatifs qui ont redéfini l'insertion internationale de l'élevage uruguayen. Au milieu des années 90, le pays a été internationalement reconnu comme « libre de la fièvre aphteuse sans vaccination » par l'OIE, ce qui lui a permis d'avoir accès aux marchés de l'Amérique du Nord et de l'Asie. Parallèlement au niveau du commerce international, une grande chaîne d'exportation s'est mise en place, des Etats-Unis au Japon, dans le cadre d'un processus très complexe qui dure depuis lors : l'occidentalisation de la consommation de la population asiatique qui apparaît comme énorme demandeur de viande.

Dans un premier temps, 1995-1998, cette grande chaîne d'exportations vers cette destination – Amérique du Nord et Asie – n'a pas été effective puisque, à cause de conjonctures macroéconomiques, une forte demande régionale est apparue. En 1998, le Brésil, le Chili ou encore l'Argentine sont devenus d'importants demandeurs de viande.

En avril 2001, par contagion à partir de l'Argentine, la fièvre aphteuse a explosé, avec plus de 2000 cas recensés en à peine 20 jours. Cela a signifié une interruption totale de l'abattage pour les exportations pendant plusieurs mois. Toutefois, le secteur de l'élevage a montré sa capacité d'organisation et, vers la fin 2001, a repris ses exportations vers la « zone aphteuse ». Et au mi-2003, les exportations reprenaient vers les États-Unis.

Les deux autres grandes composantes de la production des ruminants – la laine et le lait – ont subit de très importants changements au cours de cette même période.

La production de lait a probablement été la principale bénéficiaire de ces « nouvelles technologies fourragères ». L'inclusion de légumineuses a apporté des bénéfices clairs sur deux aspects fondamentaux : l'amélioration de la fertilité du sol et le régime des animaux. Plus tôt, dans la décennie de 1970, le potentiel du développement de la production laitière à l'exportation, sur une

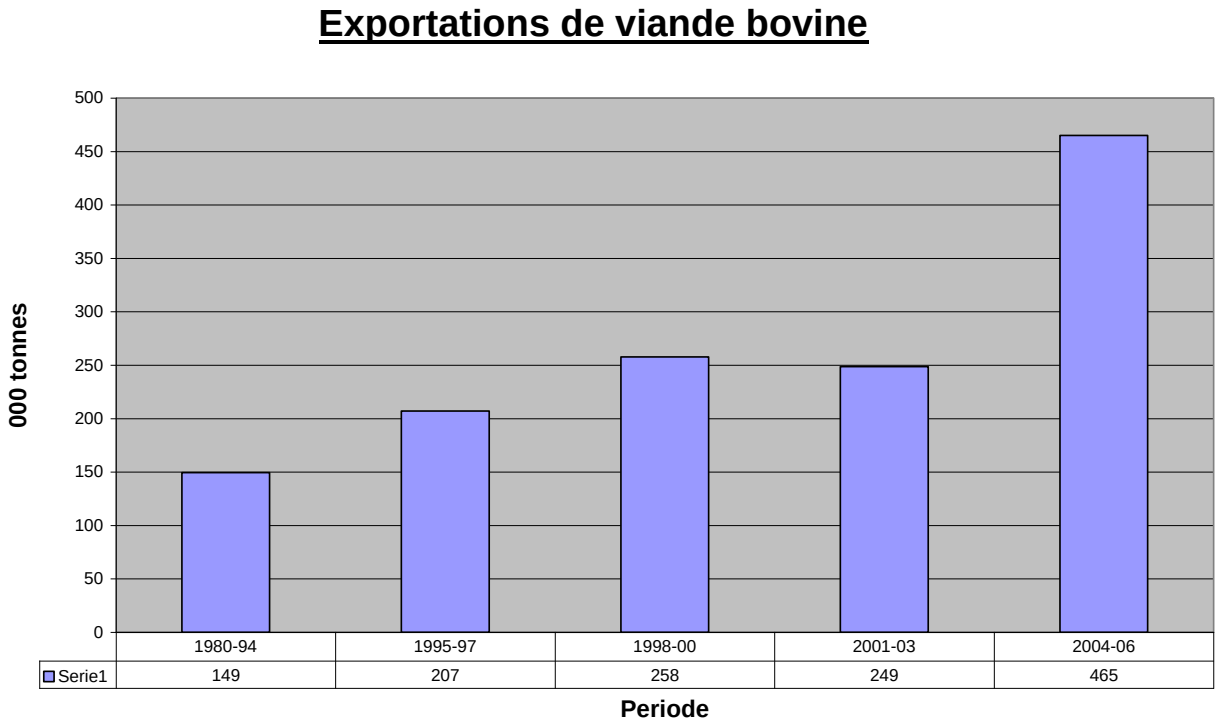
base pastorale, avait déjà été identifié. Celle-ci différait de la production néo-zélandaise sous plusieurs aspects, surtout à cause d'une plus faible productivité des pâturages, mais aussi à cause de la situation géographique, l'Uruguay disposant de grains et de sous-produits minotiers en abondance, ainsi que de facteurs clés de production, la terre et la main-d'œuvre qui sont plus abondantes qu'en Nouvelle-Zélande. La production de lait a augmenté de façon soutenue grâce à une croissance de la productivité des animaux, de la terre et de la main-d'œuvre. Au cours des 30 dernières années, elle est passée d'environ 1300 litres/vache/an à environ 4500 litres/vache/an.

La production de laine, elle, a eu de nombreux hauts et bas. Elle a atteint un niveau maximal vers la fin des années 50, et, ultérieurement, a subi une grande crise, pour atteindre un minimum historique au début des années 70. À partir de cette époque, la population lainière a augmenté de manière ininterrompue jusqu'en 1997, c'est-à-dire pendant 25 ans. Cette année-là, une inversion de la tendance s'est produite, avec une nette préférence des éleveurs pour la production de viande bovine, plus rentable et aussi plus stable. Il y eut un développement assez compétitif, par rapport aux bovins, de la production de viande ovine à partir de jeunes animaux, mais il existe une préférence marquée des frigorifiques pour l'abattage des bovins, ce qui rend la production de viande ovine très instable et risquée.

3.7 L'évolution récente : la forte augmentation des exportations de viande bovine

En 2005, l'Uruguay a battu son record absolu d'exportations et de production de viande bovine : 450 000 et 610 000 tonnes, qui a lui-même été battu en 2006. Pour bien apprécier ce chiffre nous devons nous souvenir que jusqu'en 1995, les exportations ne dépassaient pas les 200 000 tonnes de l'année 1982, qui avait été celle du grand abattage. Ainsi, nous sommes en

présence d'un chiffre qui, comme le montre le graphique 3, est trois fois supérieur à ceux des statistiques historiques.



Graphique 3 : Exportations de viande bovine de l'Uruguay.

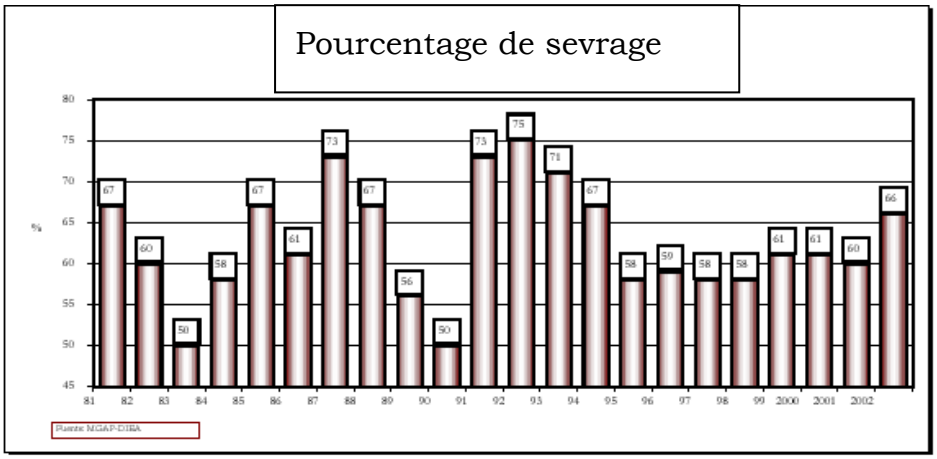
Il va sans dire qu'un tel changement de style mérite analyse. Rappelons qu'en Uruguay il existait une certaine « tradition » qui qualifiait l'élevage comme étant dans une espèce de « stagnation dynamique » (Alonso et Pérez Arrarte 1980). Celle-ci semble terminée puisque la croissance significative des exportations de viande bovine est évidente.

Les arguments qui considèrent que cette stagnation se maintient peuvent essentiellement être résumés de la manière suivante :

1. *Les ovins ont été remplacés par les bovins.* Au cours de ces dernières années, le troupeau ovin a baissé d'environ 14 millions de têtes. Un raccourci un peu rapide nous indique que s'ils sont remplacés par des bovins, sans changements de productivité, cela signifie qu'il existe un espace de pâturage pour environ 2,5 millions

de bovins, ce qui permettrait de produire environ 125 000 tonnes de viande en carcasse.

2. *Une diminution notable de la consommation interne de viande bovine a eu lieu,* qui peut être estimée à approximativement à 70 000 tonnes.
3. *La production des territoires d'élevage extensif n'a pas changé,* étant donné que le territoire qui a été « amélioré » est de l'ordre du 10%, semblable à celui qui existait il y a 20 ans (DIEA 2006).
4. *IL existe des indicateurs de productivité qui restent inchangés, à des niveaux bas s'ils sont comparés à ceux du reste du monde.* C'est notoirement le cas du pourcentage de sevrage. D'autres indicateurs, comme les taux de production restent bas si nous les comparons au niveau international, mais ils atteignent aujourd'hui des valeurs historiquement hautes pour l'Uruguay (20%).



Fuente: Estimación de la producción nacional de terneros. Año 2002. DIEA, MGAP. www.mgap.gub.uy/diea

Graphique 4 : Pourcentage de sevrage en Uruguay (1981-2003)

Les arguments de ceux qui considèrent que la stagnation a pris fin et que l'élevage a été intégré à un processus dynamique de croissance et d'amélioration de la qualité des produits s'expliquent :

1. *Ni la diminution des ovins, ni la baisse de la consommation ne sont suffisantes pour expliquer la croissance des exportations.*
2. *Il existe un grand changement dans l'âge des animaux destinés à l'abattage.* Au début des années 90, plus de 90% des bouvillons abattus étaient âgées de plus de 3,5 ans (8 dents). Pendant toute cette décennie, ce pourcentage a diminué, pour atteindre 35% au cours de l'année 2005, ce qui indique une évolution permanente des pratiques d'engraissement.
3. *Le caractère saisonnier de l'offre a diminué.* Il existe une proportion beaucoup plus grande d'animaux qui sont abattus au printemps, et ceux-ci sont spécialement jeunes, provenant des régimes « spéciaux » d'alimentation (De los Campos et al. 2001; Dálbora 2006).
4. *Une diminution du territoire destiné à l'élevage a eu lieu.* En conséquence une production plus élevée indique une productivité plus importante du territoire qui reste attribué à l'élevage. Notamment à cause de la plantation d'arbres, qui a resté environ 700.000 des hectares destinés à l'élevage.

En plus de ces indicateurs du secteur de l'élevage, il existe des éléments du contexte de la production qui portent à croire que l'ensemble des changements qui ont entraîné plus qu'un doublement des exportations va continuer dans l'avenir. Nous allons en montrer trois :

1. *Le contexte international où s'insère la production de l'élevage uruguayen a changé.* Des changements de marché ont eu lieu, ce qui augure d'une demande soutenue, à des prix supérieurs à ceux qui existaient dans le passé (FAO 2006b). Au début des années 2000, la situation paraît ne pas avoir d'antécédents, c'est la raison pour laquelle nous allons l'analyser en détail plus avant.
2. *La principale menace est très contrôlée : l'apparition des maladies de quarantaines.* Les deux plus importantes de ces maladies sont : la

fièvre aphteuse et la vache folle. En ce qui concerne la première, il existe une grande tradition concernant son contrôle ; et la crise induite par sa présence, début 2001, a été d'une telle ampleur que cela a entraîné une consolidation des mécanismes de prévention. À la fin de la décennie 90, la vaccination avait été interrompue autant en Uruguay qu'en Argentine. Actuellement, les deux pays ont repris la vaccination. La zone de contrôle la plus difficile se trouve au « cœur de l'Amérique », Nord de l'Argentine, Paraguay, Centre du Brésil, et probablement la Bolivie. D'un point de vue commercial, il y a eu une grande nouveauté, certainement influencée par des raisons politiques[2]. Après 40 ans de refus, les États-Unis ont accepté d'importer de la viande provenant de zones de vaccination, ce qui a légitimé une politique similaire de la part du Canada, des pays d'Amérique centrale et du Mexique.

Par rapport à la vache folle, il n'existe pas de cadre bien défini et il y a déjà longtemps que des mesures de précaution sont appliquées, comme :

- Ne pas alimenter de ruminants avec des produits d'origine animale (cela n'a jamais été important et dès le milieu des années 90 la commercialisation en a été interdite)
- Ne pas importer des animaux, de sperme ou d'embryons de pays ayant des antécédents.

3. *Une forte professionnalisation de l'industrie frigorifique a eu lieu* (Peyrou 2006). Le fonctionnement des frigorifiques semble s'être libéré de la présence de politiques spéciales d'aides gouvernementales. De plus, l'industrie a une bonne réputation commerciale et a donné des démonstrations importantes de flexibilité, étant donné les changements brutaux et importants de

[2] Mi-2003, l'évolution de la position américaine a été attribuée à l'amitié existant entre les présidents des deux pays : Bush et Batlle.

destinations commerciales de la viande uruguayenne. Au cours des dix dernières années, nous pouvons distinguer :

- Une période avec une présence importante des marchés régionaux, qui a pris fin avec la dévaluation du Brésil en 1999 ;
- Une période avec des exportations vers les marchés sans fièvre aphteuse et une moindre importance des États-Unis comme destination ;
- Une période de six mois (Avril-Octobre 2001) avec des abattages très réduits et dirigés exclusivement vers le marché intérieur ;
- Et, jusqu'à la fin de 2005, une période avec une participation prédominante des États-Unis.

Depuis le milieu de la décennie 1990, avec une forte accélération en 2006, des multinationales spécialisées dans le commerce de viande bovine se sont installées dans le pays. Comme nous l'avons déjà dit, ce type d'organisations s'en étaient retirées vers la fin de la décennie 1950.

La situation actuelle de production de viande bovine.

Une forte croissance de l'importance de la production de viande bovine s'est produite face à son principal concurrent par rapport aux ressources fourragères disponibles : la laine. Selon des données officielles (DIEA 2006) les propriétés dont le principal produit était la laine représentaient 40% du total en 1999 et moins de 10% au cours de l'année 2006 (DIEA 2006).

En même temps, nous pouvons signaler qu'un apprentissage important a eu lieu au sein de tout le secteur de l'élevage par rapport aux demandes et aux caractéristiques des marchés extérieurs et du fonctionnement du secteur. Depuis la généralisation de la présence de la radio dans les établissements

(1940) une offre énorme d'informations sur l'élevage s'est développée. Au cours des dernières décennies, des publications spécialisées ont proliféré et certaines revues ont comme principal sujet l'élevage.

L'exploration des technologies alternatives a persisté, et des plantes qui s'insèrent bien dans l'élevage extensif, comme le Lotus Rincón, ont été identifiées. L'efficacité avec laquelle sont utilisés les pâturages ensemencés doit être vraisemblablement bien plus élevée qu'il y a 30 ans. Nous pouvons supposer qu'il y a eu une croissance significative de la productivité des paturages « améliorés ».

D'autre part, il existe une familiarité croissante avec des pratiques d'alimentation absolument inexistantes jusqu'au début des années 90 :

- L'alimentation supplémentée avec des grains, des rations complètes ou des sous-produits de minoterie pour les animaux qui continuent à paître
- Le confinement des animaux pour obtenir une meilleure finition. Cette pratique a commencé à être diffusée au début des années 90, et a peu de possibilité de prospérer s'il n'est pas possible d'obtenir une commercialisation à des prix plus hauts que les coûts (plus du double par rapport aux pâturages). Début 2006, il existait un peu moins d'une centaine de stabulations d'engraissement. Beaucoup d'entre elles peuvent être qualifiées d'« essais ». Le fort intérêt que l'industrie frigorifique a montré à signer des accords d'achats futurs sur la base de règles de qualité des carcasses, obtenue à partir d'une alimentation en grains (La Propaganda Rural 2005), démontre qu'il existe un potentiel de marché intéressant pour ces produits. En général, les animaux abattus en Uruguay ont peu de matière grasse, spécialement intermusculaire (« marbling »), ce qui fait qu'elle est peu indiquée pour une consommation comme produits frais sur des marchés comme ceux des États-Unis et du Japon.

Le "besoin" de valoriser et de différencier.

IL y a probablement peu de thèmes où il existe un consensus aussi général parmi les différents acteurs que sur la problématique de la qualité et de son importance pour l'Uruguay. Dans la mesure où nous comprenons qu'elle dépend du « client », il faut prendre en considération les aspects sanitaires, les caractéristiques du produit, le processus productif, l'image du pays chez les acteurs étrangers, etc.

La traçabilité en tant qu'avantage compétitive.

La discussion sur la traçabilité est très actuelle (mars 2006). Nous comprenons qu'il s'agit d'un ensemble d'actions qui permettent de *reconstruire toutes les étapes de production jusqu'aux consommateurs,* ce qui permet par exemple que l'acheteur d'un morceau de viande puisse identifier qui étaient les éleveurs impliqués dans sa production et les différents lieux par où l'animal est passé.

La traçabilité était établie à un niveau industriel depuis quelques années. Dans l'industrie des véhicules à moteur, par exemple, elle permettait d'identifier exactement à quel moment, quand et où chaque pièce avait été fabriquée, ce qui permettait une détection rapide des erreurs et leur correction. Sa pertinence dans l'agriculture est devenue évidente spécialement lorsqu'il y a eu la crise de la vache folle dans les pays développés. Un contrôle plus important des aliments est apparu comme une caractéristique devant être utilisée directement par les consommateurs. Il faut se souvenir que la confiance des populations des pays développés dans leurs bureaucraties publiques avait été très affectée par des épisodes comme la transfusion de sang contaminé par le virus HIV à des patients, voire le phénomène Ch-Ch (Chernobyl-Challenger)

(Funtowicz et Ravetz 1990). En même temps, la filière de la viande bovine était en permanence menacée par d'autres viandes d'origine plus « industrielle » : le porc et le poulet. Par conséquent, il fallait que l'industrie réagisse et offre aux consommateurs la sécurité demandée. Plusieurs schémas ont été mis en œuvre dans les pays développés. En Uruguay il existe un mécanisme d'affiliation volontaire depuis 2004, qui est devenue obligatoire en Septembre 2006. Des systèmes d'aides ont été mis en œuvre et il a politiquement été décidé, avec le soutien des associations de éleveurs, de rendre obligatoire le système pour tout le troupeau national. L'identification est double, électronique et visuelle.

Le discours des acteurs de la filière viande souligne qu'il est possible d'obtenir une avantage compétitive. En effet, tout le monde a à l'esprit les meilleurs prix obtenus par les éleveurs uruguayens[3], en comparaison avec leurs collègues argentins ou brésiliens, parce qu'ils ont réussi à bien contrôler la fièvre aphteuse. Cela a coïncidé avec un moment où les prix du marché des Etats-Unis étaient bons et a fait que les prix du marché uruguayen ont été de 25% supérieurs à ceux des concurrents régionaux, alors qu'historiquement ils avaient toujours été plus bas que ceux de l'Argentine (Vigorito 1971), pays qui jouit d'une réputation de qualité de ses produits que l'Uruguay n'a pas. En Uruguay, les personnes croient que du fait d'un bon appareil administratif et d'un comportement collectif des éleveurs, il sera possible, dans un avenir proche, d'instaurer une traçabilité qui ne pourra qu'être difficilement implantée dans les pays voisins, ce qui donnerait au pays un avantage au moment d'assurer la qualité, spécialement face aux maladies comme la fièvre aphteuse et la vache folle, que l'Uruguay pourrait contrôler très rapidement. En même temps, ce schéma pourrait être utilisé comme support d'obtention d'autres qualités que divers acteurs ont voulu valoriser, comme la race, la région d'élevage et d'engraissement, les règles de gestion, etc. qui pourraient être enregistrées sur le même support électronique, etc., etc.

[3] Année 2006

Le discours différenciateur

Dès le début des années 2000, des « certifications », c'est-à-dire l'application de normes vérifiées par un organisme certificateur qui assure certaines qualités du produit et/ou du processus de production, ont été mises en œuvre. Parmi ces normes, il faut mentionner :

La Viande écologique, selon des normes de l'UE et de l'USDA. Les frigorifiques ont certifié des exploitations parce qu'elles développent un processus productif « écologique », selon des normes de l'UE et les certifications européennes. Ils ont compté sur quelques aides de l'Etat. Selon nos informateurs, ils réussissent à obtenir une plus-value de 30% du prix sur environ 10% de la carcasse. Ce mode opérationnel est en vigueur depuis 2001 et les volumes commercialisés ne sont pas du tout importants.

La Viande naturelle. Dans ce cas, des techniciens ont élaboré des normes dans le cadre d'un processus conduit par l'INAC[3]. Il certifie qu'il s'agit d'animaux de pacage élevés dans les conditions légales uruguayennes (sans accès à des farines d'origine animale, etc.). Les volumes exportés ne sont non plus intéressants.

Viande Hereford et Angus. Les caractéristiques organoleptiques et la race des animaux sont certifiées. Ce sont des entreprises qui sont encouragées par les sociétés d'éleveurs de ces races.

Le développement de qualités destinées à des marchés spécifiques rigidifierait la flexibilité de l'industrie au sein d'un marché instable, c'est pourquoi quelques analystes prévoient que la viande sans spécificité continuera à être très prédominante dans l'offre exportatrice uruguayenne (González 2006). Ce qui est une analyse semblable à celle qui a été faite par rapport à l'exportation des produits lactés néo-zélandais (Jay et Morad 2005).

[3]Institut National des Viandes

3.8 La situation internationale et ses perspectives par rapport à la production et à la consommation de viande bovine

Les analystes qui étudient l'évolution de la production et la consommation d'aliments au niveau mondial ont identifié, vers la fin du siècle dernier, une tendance qu'ils ont appelée de « révolution de l´élevage » (Delgado et al 1999.). Elle a été caractérisée par une forte croissance de la production et la consommation de produits d'origine animale dans les pays en voie de développement. Une certaine stabilité est prévue dans les pays « développés », alors que les pays « en voie de développement » devraient présenter une forte croissance.

Il faut souligner que la croissance la plus grande devrait être basée sur une croissance de la production des non-ruminants, qui permettent une exploitation industrielle plus facile. Il devrait également y avoir une forte augmentation des problèmes liés à l'étape de la production agricole, dans les régions où les aliments destinés à la production animale sont produits, mais aussi dans les zones où s'établissent des exploitations mi-industrielles de porcs et de poulets, avec des conséquences sur la production de déchets, la nitrification, etc.

Ce processus ne se développera pas de façon harmonieuse et sans beaucoup de perturbations. Il est associé à une « occidentalisation » des mœurs. Toutefois, il est clair que les ressources naturelles ne permettront pas un niveau de consommation de la population mondiale à la hauteur de celui qui existe aujourd'hui dans les pays « développés ». Par exemple, d'après une ligne de pensée de « business as usual », la Chine devrait atteindre une consommation de pétrole semblable à celle des Etats-Unis aujourd'hui d'ici à 2031, et cette consommation sera d'environ 90 millions de barils/jour, c'est-à-dire supérieure à la production totale de l'année 2006, qui a été de 84 millions de barils/jour (Brown, 2006).

Dans le cadre d'un processus si dynamique, l'équilibre de consommation des différents aliments pourrait se déplacer au niveau mondial dans différentes directions à cause de petits changements des tendances qui viennent d'être décrites, dans un processus qui n'est que partiellement compris par les analystes. Ainsi, les difficultés d'anticipation sont facilement détectables dans le cas de la Chine. En 1995, par exemple, la plupart des analystes espéraient que la Chine devienne rapidement (en 5 ans, en l'an 2000) le principal importateur mondial. Aujourd'hui, 2006, la Chine n'importe pratiquement pas de viande, ce qui montre la faiblesse des prévisions (Tourrand, com. pers.). Une autre démonstration de la faiblesse des prévisions est venue de la forte présence de la Russie en tant que demandeur sur le marché, ce qui n'avait pas été prévu par les analystes, ainsi que l'indique le président de la Chambre des Frigorifiques de l'Uruguay (González 2006).

D'autre part, il est très important de tenir compte du fait que seulement une petite partie de la production mondiale de viande bovine est commercialisée internationalement, environ 13%. En 2005, sur une production mondiale d'environ 60 millions de tonnes, seuls 8 millions de tonnes ont concerné l'international. En ce qui concerne l'offre, les grands acteurs de ce commerce mondial de viande bovine sont les pays dont la densité de la population est faible et la richesse en ressources naturelles est grande, à l'exemple des pays du MERCOSUR, de l'Océanie et du Canada, voire même de l'Inde. Les demandeurs sont les pays riches ou ceux qui ont une importante population et une croissance économique rapide, comme la plupart des pays d'Asie. Ces derniers pays peuvent être classés comme ayant une forte population ; ils incorporent progressivement de la viande bovine à leur régime. Les autres sont des grands producteurs qui participent très activement au commerce et complètent leur demande ou agissent sur des champs spécifiques de l'offre, c'est le cas des États-Unis et de l'UE.

Il existe un troisième groupe de pays qui participent au commerce en tant que demandeurs, il est représenté par les pays du Nord de l'Afrique, le Moyen-Orient et, de manière croissante, la Russie.

Dans le groupe de pays exportateurs, nous pouvons souligner la spécificité de deux pays du fait de leur énorme dépendance par rapport aux marchés extérieurs : l'Uruguay et la Nouvelle-Zélande. Ils exportent plus de 70% de leur production, c'est pourquoi toute perturbation des flux commerciaux, comme cela a été le cas avec la fièvre aphteuse en Uruguay, entraîne immédiatement d'énormes perturbations dans l'élevage et, au moins dans le cas de l'Uruguay, sur le fonctionnement de toute l'économie et du bien-être de sa population. Dans les autres pays, la destination de la production reste majoritairement le marché intérieur. En 2006, par exemple, l'Argentine a pu interrompre ses exportations pour des raisons de politique intérieure, et la production des États-Unis n'a pas été affectée lorsqu'ils ont interrompu leur flux commercial avec le Japon (2002), alors que c'était le principal circuit international de commerce de viande bovine.

Changements récents

Les tendances à long terme indiquent une mise en place progressive d'un grand courant commercial entre le MERCOSUR et l'Asie, même si d'importants circuits commerciaux vont être maintenus avec les pays du Nord de l'Afrique, du Moyen-Orient, de la Russie, et, évidemment, de l'Europe et des Etats-Unis. Le rôle que la production indienne jouera n'est pas encore clair. Toutefois, cette grande tendance peut être perturbée, comme au cours de ces dernières années par des maladies bovines.

Ainsi, par exemple, les cas de la vache folle au Canada et aux Etats-Unis, et ceux de la fièvre aphteuse dans le MERCOSUR ont amené une situation qui peut difficilement être qualifiée de stable. Le grand circuit commercial vers le Japon et la Corée, qui était approvisionné par les Etats-Unis, a été repris par

l'Océanie, en particulier par l'Australie. En même temps, l'Uruguay est arrivé à se différencier de ses voisins et a actuellement accès au marché nord-américain, qui a compté pour plus de 70% de ses exportations en 2005.

Nous pouvons supposer que les Etats-Unis recommenceront à exporter vers le Japon, et, que dans un avenir plus au moins proche, aussi bien le Brésil que l'Argentine contrôleront la fièvre aphteuse, ce qui leur permettra de récupérer des marchés qui pour l'instant leur restent fermés, et d'avoir accès sans restrictions aux marchés à forte valeur ajoutée, comme ceux de l'Amérique du Nord ou de l'Asie.

Une stratégie intéressante et particulière vient du Chili. Ce pays a développé des liens commerciaux forts avec les Etats-Unis et les pays asiatiques du Pacifique. Par rapport à la production de viande bovine, le Chili a été le premier pays d'Amérique du Sud à éradiquer la fièvre aphteuse dans la décennie de 1980. Son bon isolement géographique et sa solidité institutionnelle lui ont permis de maintenir le pays hors d'atteinte de la fièvre aphteuse, sans vaccination. Aujourd'hui, il accroît ses importations du MERCOSUR, avec de fréquentes perturbations dues à la fièvre aphteuse et il valorise sa production à lui sur des marchés à forte valeur ajoutée.

L'élevage et l'environnement

Il y a environ 50 ans, lorsque Rachel Carson a écrit « Les Printemps silencieux » et a démontré les effets des insecticides chlorés sur la reproduction d'oiseaux emblématiques, la conscience a évolué sur le sujet de l'activité humaine, des effets qui affectent le fonctionnement de la biosphère, sur le fait que de tels effets peuvent éventuellement être mortels pour l'humanité. Toutefois de telles préoccupations ne sont pas unanimes, et comme nous le montre Jiggins (2001), le fait que pour la première fois en 50 millions d'années le Pôle Nord n'ait pas été pris par la glace, lors de l'été 2000, n'a pas été perçu comme une évidence de l'effet anthropique, mais comme une opportunité commerciale de diminuer les coûts du transport maritime.

Parmi toutes les activités humaines, l'élevage est le plus grand consommateur d'espace. Il est difficile de calculer précisément l'aire totale du pacage (Ramankutty et al., 2006), mais certains ont estimé qu'elle occupe directement jusqu'à 50% de la surface émergée de la terre. Il s'agit de pâturages qui ne sont pas cultivés (Nolan et al. 2000). Ainsi que nous l'avons déjà montré, cette activité consomme une importante partie des grains récoltés, 33% (Lambin 2004) et, indirectement, une bonne part des combustibles fossiles. Du point de vue écologique, l'augmentation de la consommation des produits d'origine animale par l'homme signifie que, dans le cadre de la chaîne trophique, il passe de l'état de consommateur primaire à celui de consommateur secondaire, et qu'il rende la consommation plus inefficace en termes énergétiques.

Comme nous le montrent Heitschmidt et al. (1996) ou Martínez Alier et Roca Jusmet (2000), l'augmentation de la productivité des cultures a été obtenue tout en diminuant l'efficacité des combustibles fossiles. Les croissances de productivité qui ont caractérisé l'agriculture et l'élevage mondiaux au cours du dernier siècle ont été obtenues à cause d'une augmentation de l'utilisation des combustibles d'origine fossile et de leurs produits dérivés, des engrais, des machines etc. Heitschmidt et al (1996) indiquent que la durabilité d'une activité peut être qualifiée par rapport à sa dépendance à des facteurs de production d'origine externe. Ils concluent que la seule activité durable qui peut être réalisée sans combustibles fossiles est l'élevage pastoral, comme celui qui est pratiqué sur une grande partie du territoire uruguayen. Nous pouvons donc affirmer que l'élevage extensif est en même temps une activité archaïque et extrêmement moderne, étant donné que ses pratiques évoluent très lentement mais qu'il peut coexister avec la nature sans la détruire.

Les principaux effets sur l'environnement attribués à l'élevage pastoral sont (FAO 2006b):

1. La production de gaz à effet de serre

2. La dégradation des pâturages
3. La réduction de la biodiversité, directement par consommation sélective, indirectement par modifications de l'environnement
4. Une contamination directe ou indirecte des cours d'eaux
5. Une adaptation à l'occupation de l'espace et à la spéculation immobilière qui entraîne une déforestation tropicale.

En même temps, si nous le comparons à d'autres formes d'occupation de l'espace, la biodiversité généralement est conservée, quelques services éco-systémiques sont maintenus, comme ceux qui ont rapport au le filtrage de l'eau ; la fourniture d'aliments, de peaux et de fibres ; et les biens culturels et de loisirs indispensables à une bonne qualité de la vie. Si nous comparons tout cela avec l'élevage industriel, ces avantages sont plus que notables.

Chapitre IV - Le modèle Arapey

4.1 Les antécédents du modèle

La possibilité d'utiliser les systèmes multi-agents pour améliorer notre compréhension par rapport au changement technique dans le secteur de l'élevage avait été entrevue dans le cadre d'un travail sur la « Relation entre les réseaux de dialogue et les changements techniques dans l'élevage » réalisée entre mai 1994 et octobre 1995 au laboratoire de Recherche sur le Développement de l'élevage du Département des Systèmes Agraires et de Développement de l'INRA, à Corte, France (Morales 1995). Lors de ces travaux, nous avons exploré la modélisation systémique et nous avons mobilisé un ensemble d'idées communes aux différents chercheurs qui composaient ce département. Cette recherche avait plus particulièrement montré une impossibilité d'utiliser les suppositions établies par la microéconomie, comme par exemple la rationalité économique pure, la disponibilité d'information exhaustive et sans coût, et la décision par optimisation (Brossier et al. 1990), au moment d'analyser des changements techniques au niveau des exploitations. Les idées d'analyses des exploitations utilisées dans « l'approche globale » (Marshall et al. 1994; Bonneviale et al. 1989) ainsi que la construction de normes par les agriculteurs (Darré 1985; Landais y Deffontaines 1990) apparaissaient comme idées centrales lorsqu'il s'agissait de comprendre les changements techniques, aussi bien pour appuyer les prises de décisions des éleveurs ou d'autres acteurs, que pour anticiper une probable évolution d'un système d'exploitation d'élevage ou d'un système d'élevage régional (Morales 1996).

Dans le cadre de notre exploration bibliographique, la description des agents informatiques utilisés dans les systèmes multi-agents (Erceau et Ferber 1991) semblait utile, avec le potentiel de production d'une image extrêmement riche de l'action des éleveurs et d'autres agents, et donc de la dynamique du changement technique.

A cette époque (1995), nous ne connaissions pas d'autres applications de ces instruments à la réalité de l'élevage. Le groupe de Gestion de Ressources Renouvelables (GREEN) avait été formé en 1993 et proposait l'utilisation de systèmes multi-agents comme outil privilégié pour une étude des interactions d'une société et de son environnement (Bousquet et Trébuil 2005a). Une application concrète de cet outil pour une étude de situations « d'élevages » a été présentée au VI Congrès International de Rangeland, (Bousquet et al.1999). L'auteur a ainsi pu identifier le groupe qui développait ces outils.

4.2 Les antécédents de notre travail quant à l'identification des décisions stratégiques dans notre région

Au début de l'année 2002, dans le cadre d'un accord entre le Plan Agricole d'Elevage et le Bureau Régional Nord de l'Université de la République, nous avons commencé à travailler sur un projet de recherche appelé « Stratégies entrepreneuriales chez les éleveurs du Nord et Nord-est de l'Uruguay », dont les objectifs étaient les suivants:

1. Préciser une idée de stratégie de gestion des exploitations
2. Identifier les différentes stratégies utilisées par les éleveurs.
3. Proposer les résultats de ces travaux en tant que matière pour une prise de décisions au niveau du Plan Agropecuario, quant au développement, et de l'Université, quant à sa tâche d'enseignement.

Au milieu de l'année 2001, nous avons élaboré une série d'idées qui ont structuré le travail de recherche et qui a permis l'élaboration de cette thèse. Nous avons repris les extraits suivants, qui situent bien le degré d'élaboration des idées que nous avions atteint à cette date.

> Etant donné les défis actuels, les institutions d'appui au « Développement de l'élevage » peuvent améliorer ses résultats si elles sont gérées comme si elles étaient des systèmes d'information. Les systèmes d'information doivent être

adaptés à « l'attribution de sens » que les utilisateurs attribuent aux informations. Ce processus est à mettre en relation avec les intentions de l'utilisateur, donc le système d'information - les institutions de soutien au « développement de l'élevage » - doit être vu comme un système serveur, qui doit être modélisé après que l'on ait disposé d'un modèle du système auquel il sert (l'éleveur et le système agricole).

Considérer que "l'application de la connaissance scientifique" est un but pour les éleveurs, et le fait qu'ils puissent être vus comme l'instrument de la société par rapport à l'utilisation de l'environnement, provoque des malentendus, des problèmes d'efficacité et des frustrations. Ces éleveurs peuvent être modélisés comme s'ils étaient des « systèmes autonomes », qui établissent leurs propres finalités.

Dans des situations d'environnements écologiques défavorables, une logique d'intervention appuyé sur une utilisation croissante d'intrants d'origine industrielle et à une utilisation d'énergie fossile, n'a pas donné de résultats.

Nous proposons que les entreprises d'élevage s'adaptent aux pressions d'un environnement changeant (écologique – socio-économique etc.) sans modifier (rendre artificiel) la nature, et que les systèmes d'informations doivent permettre d'appuyer les mécanismes qui développent ce type d'adaptation.

Pour cela il faudra modéliser les changements au niveau du système opérationnel et des pratiques de gestion. Ceci permettra d'adapter l'arbitrage des ressources disponibles afin d'obtenir un développement durable de l'entreprise défini par la possibilité d'atteindre les objectifs fixés, ainsi que de maintenir une souplesse qui lui permette de répondre aux problèmes qui proviennent de l'évolution de ses propos et des changements de l'environnement.

Ce modèle devrait être réalisé au niveau de l'exploitation, vue globalement grâce à une modélisation systémique.

Dans le cadre d'un accord avec l'Université, cet ensemble d'idées est à la base de la proposition de notre travail. Nous allons retranscrire ici une partie

de notre projet, élaboré en 2001, qui a été publié dans un article de presse début 2002 (Morales 2002).

Idées préliminaires

Il est possible de décrire les modes de gestion des propriétés d'élevage extensif. Il faut partir du présupposé que dans l'élevage extensif une bonne partie des résultats est conditionnée par les ressources naturelles et des variables qui ne sont pas contrôlables, comme la disponibilité d'eau pour les pâturages. Nous pouvons dire que l'élevage intensif ou que les cultures utilisent des modes artificiels d'obtention de produits, en qualités et quantités prédéterminées, et au moment où ils le désirent. A l'opposé, l'élevage extensif s'adapte aux ressources naturelles et doit être résilient, c'est-à-dire qu'il est capable de reprendre un fonctionnement normal après d'importantes perturbations en adaptant son fonctionnement interne plus qu'il ne modifie l'environnement. Il y a donc une « relation avec la nature » qui est différente. Ce type de rapprochement n'a pas toujours été pris en compte, l'élevage extensif est tout simplement considéré comme un secteur arriéré. Néanmoins, la survie de ce système sur d'immenses espaces nous amène à penser que ce thème n'a pas correctement été traité, que de nouvelles approches, semblables à celles que nous avons proposées, amélioreront la compréhension du fonctionnement de l'élevage extensif, et qu'enfin, il faudra adapter les propositions d'amélioration, quelles qu'elles soient. Dans le cas de l'Uruguay, il est clair que la production de lait a augmenté la productivité, même si les surfaces dédiées à l'élevage laitier n'ont pas augmenté. En ce qui concerne la production de viande, des travaux récents ont attiré notre attention sur le fait qu'il est difficile de mettre en place des structures intensives, telles que nous pouvons en voir dans d'autres pays, à cause de la variabilité des prix qui existent dans le marché intérieur.

Toutefois, des précisions sont ici nécessaires. D'abord, le classement intensif et extensif est généralement le résultat de la quantité de capitaux investis et du travail effectué sur chacune des unités de surface, ce qui permet de différencier des exploitations ou des régions dont la productivité de la terre est

différente. Cependant, rappelons que même si certains auteurs parlent d'un « élevage à deux vitesses », ces différences se réduisent, voire disparaissent, lorsque nous considérons la quantité de capitaux (valorisant les RRNN) investis par unité de travail et dont la productivité augmente à un rythme semblable pour les deux secteurs.

Ensuite, une approche de ces caractéristiques doit être intégrée dans le cadre d'un ensemble d'idées proposées par Herbert Simon et définies comme « rationalité limitée ou procédurale ». Cet auteur considère que les agents économiques ne maximisent pas leur utilité puisqu'ils ne disposent pas d'informations complètes sur le présent et le futur, qu'ils n'ont pas une capacité suffisante de calcul, et qu'ils ont des difficultés lorsqu'ils doivent hiérarchiser leurs choix futurs.

Quand nous observons le comportement des éleveurs nous pouvons distinguer différentes attitudes par rapport à l'activité ou au négoce qui montrent une cohérence liée à des pratiques différentes ou des stratégies effectivement mises en place. Nous pouvons ainsi proposer trois modes de comportement, en guise d'exercice :

- *Focus sur l'ensemble des coûts. Dans ce cas, la perception qui détermine les actions provient du fait que le succès dépend du maintien de l'ensemble des coûts à un niveau bas. Cela montre les attitudes face aux innovations technologiques ou organisationnelles, et indique quelle sera l'activité prioritaire du propriétaire.*
- *Focus sur les marges bénéficiaires de l'exploitation. Dans ce cas, certaines augmentations des coûts sont acceptées, surtout si elles sont compatibles avec une augmentation des marges. Il s'agit-là d'une attitude de recherche de propositions technologiques qui peuvent améliorer ces marges.*
- *Focus sur les opportunités commerciales. Il existe un groupe d'éleveurs qui privilégient l'obtention de produits spéciaux, comme par exemple de jeunes animaux hors-saison ou des structures productives et financières qui permettent d'obtenir des bénéfices liés à la conjoncture des prix, etc.*

Nous avons aussi dégagé les idées suivantes de la proposition concrète du projet :

Il est possible de différencier des taxonomies de typologies où les secondes d'entre elles sont développées à partir d'un raisonnement théorique et déductif, alors que les premières sont le résultat de travaux statistiques.

A la suite des écoles françaises et néo-zélandaises, nous considérons que par rapport à ce dernier cas, une analyse « fine » des entrevues et/ou des enquêtes sont des matériaux plus prometteurs que les statistiques.

Nous croyons que les « types idéaux » de groupes stratégiques que nous proposons montrent des attitudes et des croyances permanentes quant à leurs affaires ou activité, et qu'il faut donc plus s'appuyer sur des caractéristiques qui décrivent un éleveur sur plusieurs années que partir de données statistiques ou éventuellement de résultats physico-économiques, voire d'autres types de grilles de décryptage associées à une période courte. L'élaboration de modèles qui décrivent ces stratégies devraient s'appuyer sur une distinction entre « le comprendre » et « l'expliquer ». (Le premier consiste : à venir d'une trajectoire et identifier un point d'arrivée, et, le deuxième consiste : à montrer les variables qui expliquent le recours antérieur, à partir d'une position).

Nous pouvons suggérer que chaque groupe stratégique identifié devra se résumer à un ensemble de variables pouvant se regrouper de la manière suivante :

1. *Opérationnelles,*
2. *De compositions sectorielles,*
3. *De techniques mises en œuvre,*
4. *De valorisation des opportunités commerciales,*
5. *De sources de financement,*

entre autres.

Etant donné que nous privilégions des comportements sur le long terme et que nous considérons ces entreprises comme des systèmes (complexes) pilotés, il

faudrait donner plus d'importance à la personne de l'administrateur, mais plus en tant que constructeur ou ingénieur que pilote de l'entreprise. Nous pouvons par exemple citer les cas de « La Escondida » (La Cachette) et de « El coraje » (Le courage)[4].

Cette construction prendra en compte les modèles de Chia (Brossier et al 1997), de « Consommation – Production – Accumulation de patrimoine », et de Simon (1983), « Répartition de fonds, suivi-conduite et élaboration de nouvelles activités ». Les typologies devraient en principe permettre de refléter les différentes périodes dédiées à chacune de ces tâches, pour, à partir de là, être mises en relation avec les travaux du SAD.

Dans le cas qui nous intéresse, le résultat final du travail devrait permettre d'élaborer le concept de « stratégie » au niveau des très petites unités, comme dans le cas des exploitations d'élevage, et de mettre l'accent sur les conditions et l'environnement de l'élevage extensif, dans le cadre d'une « typologie » dont la base empirique sera un ensemble d'entretiens déjà réalisés, d'enquêtes volontaires (remise à la DICOSE[1]), ainsi que d'autres entretiens pour des cas qui pourraient se révéler être intéressants. Il sera également possible de s'appuyer sur les travaux de Ferreira (1997) et sur la littérature internationale.

Le résultat de notre recherche (Morales et al 2003, Correa et al. 2003) nous a conduit à accepter l'hypothèse selon laquelle les éleveurs du Nord-est de l'Uruguay pouvaient être classés selon leurs manières d'agir dans le cadre des secteurs stratégiques suivants :

- L'utilisation du temps de l'administrateur
- La sélection des champs ou des activités
- Le mode de financements
- La sélection des techniques
- L'organisation des opérations

[4] Ce sont 2 exploitations.
[1] Direction Nationale de Contrôle des Ruminants. Depuis 1974, elle met en œuvre une déclaration obligatoire pour tous les possesseurs de bovins et d'ovins.

L'analyse de l'enquête, sur un total de 1212 réponses, a indiqué qu'il était possible de différencier trois grands types d'éleveurs :

- Ceux qui associent le succès de leur exploitation au **contrôle des coûts**. Ils considèrent que l'adoption de technologies entraîne des coûts inacceptables, leur lieu d'activité est essentiellement la propriété et ils. Selon eux, travailler avec un personnel nombreux ou avec des machines est antiéconomique et la prospection de nouvelles activités ne conduit qu'à une perte d'argent.

- Ceux qui associent leur succès à une **amélioration des marges d'opérations**. Ils nous ont répondu que le contrôle des coûts n'est pas suffisant pour progresser, qu'il est fondamental d'être informé dans le détail sur les nouvelles technologies, que de bonnes techniques permettent d'obtenir des crédits et, finalement, qu'un personnel salarié bien formé et des machines sont des avantages.

- Ceux qui associent leur succès aux **opportunités commerciales**. Ils nous ont répondu que la clé du succès se trouve dans l'offre et la demande, qu'il est essentiel de toujours chercher des opportunités d'affaires, qu'il est plus important de prospecter de nouvelles affaires que de s'occuper de détails, qu'il faut être rapide pour entrer et sortir de champs d'activités.

Au début de l'année 2003, ces résultats, ainsi qu'une analyse et une brève description du contexte où l'étude a été réalisée (Morales et al. 2003), ont été envoyés au groupe Green du Cirad. Il est alors clairement apparu que ce groupe appuie notre travail. Nous avons ainsi été invités par le Cirad à participer au cours de « Modélisation et Simulation des Systèmes Complexes » réalisé à Montpellier en mars 2004 et dirigé par C. Le Page et P. Bommel. Ce cours prévoyait également la réalisation d'un modèle et la possibilité de s'inscrire en thèse, sous la direction du Dr. Tourrand.

4.3 Sa finalité

La finalité du modèle était d'exploiter le potentiel des systèmes multi-agents dans le cadre d'une approche dénommée Commod par Companion Modeling (Bousquet et Trébuil 2005), élaborée par des chercheurs qui proposent les systèmes multi-agents au sein d'une recherche-action ayant de forts liens avec le terrain et proposant une utilisation interactive des modèles réalisés en tant qu'élément essentiel.

a. L'identification des décisions stratégiques

Différents outils sont utilisés professionnellement, comme par exemple les tableaux électroniques, etc., pour essayer d'anticiper les conséquences de décisions opérationnelles au niveau des exploitations. Toutefois, après avoir identifié et prouvé de façon empirique l'existence de fortes variations par rapport aux décisions stratégiques des éleveurs, il est très difficile d'évaluer les conséquences de ces décisions avec de tels outils. Nous disposons d'une description des actions des éleveurs en ce qui concerne les stratégies ou les pratiques, c'est-à-dire de ce qu'ils font par rapport à des situations distinctes, mais cette information empirique qualitative n'est pas réductible à un algorithme et ne peut pas être représentée par une équation.

Les décisions stratégiques sont celles qui ne sont pas associées au cycle annuel des opérations (Marshall et al. 1994), qui conduisent et qui conditionnent la trajectoire de l'exploitation à long terme (Landais 1992b). Elles se développent à des niveaux différents comme le choix de la race des animaux pour les éleveurs, l'infrastructure, la qualité et la quantité de personnel salarié, le mode de financement ou la réponse face aux risques climatiques, entre autres choses. Osty (1994) analyse différents secteurs qu'il faut prendre en considération lors de la description des décisions stratégiques.

b. Le choix des « types » à modéliser

Dans les zones d'élevage extensif, à l'exemple de notre région de travail qui est le Nord de l'Uruguay, nous pouvons observer différentes trajectoires d'exploitations. D'un point de vue plus ou moins technocratique, ces différences sont associées à des variations des pratiques technologiques appliquées dans les propriétés. Toutefois, pour nous, tout comme pour nos collègues du Plan Agropecuario, ces différences n'expliquent qu'une toute petite partie de ces variations, car les variations de productivité entre exploitations ne sont pas importantes.

Pour pouvoir réaliser une simulation au niveau des exploitations, il fallait obtenir des descriptions ou des modèles cohérents, c'est-à-dire un ensemble d'actions qui ne soient pas contradictoires entre eux, et en adéquation avec le niveau de agrégation choisi. Pour cela, il fallait que la représentation de la gestion globale des exploitations soit suffisamment complète.

Nous avons choisi de centrer notre étude sur les différences que nous avons rencontrées par rapport aux modes de financement des éleveurs et aux stratégies de chargement animale. En accord avec l'ensemble des informations que nous avons traitées, nous pouvons faire une différence entre les éleveurs optimistes et les conservateurs. Les premiers ne perçoivent pas les risques climatiques comme une menace et ont, de façon générale, une vision positive de l'évolution de leur affaire. Ils considèrent que la valeur des animaux devra s'améliorer dans l'avenir, certainement influencés en cela par de longues périodes d'inflation élevée. Par conséquent, ils privilégient un chargement animale lourd et font le choix de stratégies financières plus risquées. Ce type de différences quant à la conduite des exploitations est très difficile à analyser avec des méthodes classiques. Une analyse primaire et intuitive nous permet d'affirmer que lors des années où les prix sont bons et le climat favorable, les optimistes ont de bien meilleurs résultats que les conservateurs, alors que lors

des années où les prix sont bas et le climat mauvais, ce sont les conservateurs qui obtiennent de meilleurs résultats. Ce problème est difficile à résoudre.

Les spécialistes en pâturages avertissent qu'un chargement élevé peut entraîner une dégradation du pâturage naturel (parcours), même lorsque les informations disponibles indiquent que cette dégradation est lente, souvent réversible et qu'elle n'a lieu que dans des cas extrêmes, avec des taux de chargement très élevés d'ovins (Berretta 2003 ; Pereira 2002). Paruelo et al. (2004) ont analysé les effets à long terme de l'introduction des grands herbivores dans ces écosystèmes, ce qui a eu lieu, comme nous l'avons vu, dès le milieu du XVIème siècle. Ils en ont conclu qu'il y a eu des effets sur le taux de carbone organique dans le sol, qui aurait diminué de 22% en 400 ans du fait d'un recyclage plus important et de pertes par évaporation et lavage des fosses à purin. Laterra (2004), quant à lui, établit une différence entre les types de pâturages et considère que ceux qui sont en zones humides ou semi-humides encourent moins de risques que ceux qui se trouvent en régions sèches. De la même manière, cela est évident tout au long de l'histoire, dans des conditions hydriques moins rigoureuses, ces pâturages peuvent être remplacés par diverses cultures, traditionnellement de céréales, voire récemment des plantations forestières. Cet auteur affirme que l'étude des pratiques traditionnelles capables de tirer profit de l'hétérogénéité spatiale et de la diversité biologique semble particulièrement applicable aux systèmes d'élevage pastoral, pour des environnements exposés à des variations importantes, aussi bien spatiales que temporelles, et bien sûr, économiques et sociales.

Comme une preuve-évaluation liée à l'utilisation des systèmes multi-agents, il faut donc envisager d'étudier combien ils peuvent améliorer notre compréhension d'une situation, à l'exemple de celle qui a été décrite. La traduction 1 (Callon et al. 2001) va nous permettre de passer d'une problématique générale, le soutien à la prise de décisions au niveau des exploitations, à un projet de recherche concret dont le champ d'étude sera défini et mis en rapport direct avec la problématique de départ.

c. Son utilisation pour une amélioration du travail d'accompagnement

Le deuxième défi lié à l'utilisation de l'outil que nous sommes en train d'explorer est de savoir à quel degré les résultats de son application sont communicables. Il est clair qu'à partir de la perspective des agents de développement, l'outil d'analyse et ses résultats doivent être acceptés par les acteurs concernés. Ces derniers ne peuvent pas seulement faire confiance à l'expert qui leur « traduit » des résultats et des conclusions. Il est important de maintenir un certain degré de transparence en ce qui concerne les suppositions utilisées par le modèle et par rapport à la production des résultats (Lynam et Stafford-Smith 2003 ; Sorensen et Kristensen 1994). Ce n'est qu'à cette condition qu'ils pourront être analysés par les décideurs.

4.4 Le type de modèle à simuler

L'échelle qui doit être utilisée dans le modèle est une décision cruciale car elle renvoie directement au problème posé. Il faut plus particulièrement discuter trois décisions par rapport à l'échelle et au niveau d'abstraction utilisé.

a. L'échelle temporelle

Elle est en principe définie par le problème soulevé. Dans la mesure où il est intéressant d'étudier des décisions stratégiques, il faudra que cela dépasse le simple exercice agricole, puisque nous prétendons voir comment ces décisions affectent une trajectoire à long terme. Elle indique également quel est le pas de temps adéquat pour le modèle. Dans notre cas, deux autres considérations ont été importantes :

i. Il se pouvait que les conséquences des décisions que nous étions en train d'étudier mettent du temps à apparaître ou à être perceptibles avec les indicateurs qui nous avions utilisés. Dans tous les cas, dans le cadre de la gestion des exploitations, les effets de ces décisions devraient devenir évidents sur le temps maximum d'activité d'un administrateur, c'est-à-dire le cycle de vie professionnel de l'éleveur, soit un peu plus de 30 ans.

ii. Le résultat de la simulation allait dépendre de la qualité du modèle proposé. Dans le cas des SMA, une grande quantité d'interactions est programmée et au moment d'analyser les résultats il n'est pas facile de déterminer si ceux-ci sont le produit du fonctionnement normal du modèle ou des erreurs de programmation ou de la modélisation (Ropella et al. 2002). Il fallait donc que nous puissions évaluer la plausibilité des résultats. Cela nous a renvoyé à la difficulté originelle qui a motivé notre utilisation des multi-agents pour l'étude de cette situation : nous n'avons pas d'outils alternatifs et nous ne pouvons pas anticiper les résultats en fonction de notre expérience. Les résultats peuvent être qualifiés d'« émergents » (Gilbert et Terna 1999 ; Holland 1995 ; Checkland 1999 ; Morin 1977), c'est-à-dire qu'ils ne sont pas déductibles de l'analyse des composants et de la dynamique décrite. Il faut faire face à un système qui ne peut pas être réduit à un algorithme (Morin 1977). Comme l'indique Holland (1998) et Axelrod (1997), l'intuition suggère simplement que les composants et les dynamiques essentielles du modèle ont été identifiés, et que sa simulation en améliorera la compréhension. De plus, les possibilités de confronter les résultats du modèle avec une information secondaire sont rares, voire inexistantes. Nous avons donc résolu de conserver la possibilité d'identifier des résultats aberrants en fonction de notre expérience et de celle des autres acteurs impliqués, eux-mêmes familiarisés avec la problématique étudiée. Ainsi par exemple, si le modèle indique que les stratégies envisagées entraînent une trajectoire très peu probable, comme une augmentation patrimonial de 10% l'an ou une mortalité animal moyenne de 30%, il faudra le réviser avec beaucoup d'attention afin d'identifier les erreurs.

Pour cela nous avons décidé de modéliser une période – 1970-2004 – qui est très connue pour nous, aussi bien en ce qui nous concerne qu'en ce qui concerne les acteurs impliqués capables de définir si les résultats de la simulation sont plausibles.

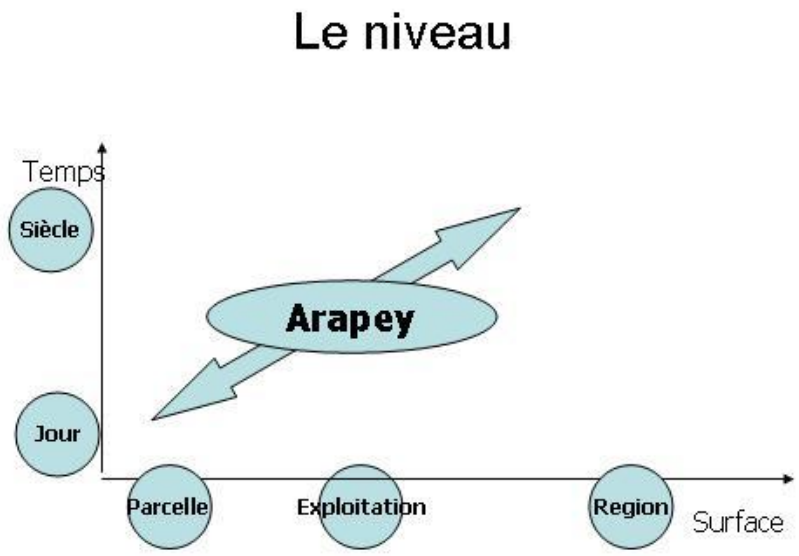


Figure 1. L'échelle d'Arapey

b. Le niveau d'agrégation

L'une des idées centrales de la pensée systémique est l'idée d'émergence, c'est-à-dire d'impossibilité de connaître le fonctionnement d'un système s'il est démonté et que ses composants sont étudiés de façon séparés.

Figure 2 : Le système famille-exploitation

La figure 2 –d’après Rossi et Courdin (2006)- permet de réfléchir sur ce sujet, ainsi que de classer les différentes disciplines qui s’occupent de la problématique de l’élevage. Il est clair que les objets d’étude peuvent se situer à différents niveaux. Chacun des processus productifs peut être vu, le système famille-exploitation ou un « système agraire » où un ensemble de propriétés qui interagissent sur un territoire donné peuvent être étudiées. Au vue de nos connaissances et de notre expérience, le niveau exploitation n’a presque jamais été pris en compte dans l’étude de ces systèmes. Identifier les pratiques qui s’appliquent au niveau du système famille-exploitation n’est pas usuel. Ainsi les modèles qui sont proposés et les thèmes de réflexion et d’échange rarement se placent à ce niveau, sinon ils décrivent ou modélisent la conduite de quelques processus productifs sans les intégrer à la trajectoire globale du système famille-exploitation (Cournut et Dedieu 2004 ; Romera et al. 2004), ou analysent l’environnement externe aux exploitations, marchés, climat, technologie, etc. Il s’agit donc d’un autre défi qu’il faut relever : identifier, modéliser et évaluer (Landais et Balent, 1993) ces stratégies, à la suite de Holland (1998) qui affirme que le fait qu’un phénomène soit régulier ne veut pas dire qu’il soit facile à reconnaître ou à expliquer.

Lorsque nous parlons de stratégies, à quoi est-ce que nous référons-nous ? :

L'élaboration relativement précise et opérationnelle sur ce que comprend l'idée de stratégie suppose une comparaison de son utilisation chez différents auteurs. Lossouarn (2003) indique que « la stratégie consiste à coordonner des moyens hétérogènes et des actions différentes afin d'atteindre des objectifs généraux », « il s'agit de l'une des prérogatives du chef de l'entreprise ». Hubert et al. (1994) dans leur analyse de la gestion alimentaire des ovins se réfèrent à la stratégie comme « notre perception de la finalité qui donne un sens aux différentes actions techniques ». Ces deux définitions montrent bien l'usage le plus fréquent de ce mot. Il se définit comme une description « des objectifs généraux ou finalités » qui indiquent le cap à suivre ou le sens d'un **ensemble d'actions**.

Par ailleurs, Morin (1980) montre la différence qui existe entre la stratégie et le programme. Il indique que le programme est un ensemble prédéterminé d'actions, alors que la stratégie se réfère à un ensemble d'actions alternatives qui seront mises à exécution en accord avec le déroulement des événements qui ne sont pas encore prévisibles. Dans ce sens, il considère qu'une stratégie fait appel à l'intelligence car il faut intégrer dans le fonctionnement d'un système, d'événements qui ne sont pas prévisibles à l'avance. Holland propose une définition précise : « une prescription qui nous indique quoi faire…, qui spécifie une séquence de décisions », qui est à mettre en parallèle avec celle de « pratique ». Landais et Deffontaines (1990) définissent « la pratique comme une action », « une manière de faire », et quant à sa dimension ces auteurs disent qu'il s'agit d'un « concept à géométrie variable, selon le point de vue et l'objectif recherché ».

Lorsqu'il s'agit de décrire des actions collectives nous parlons de « conventions », de « normes », « d'institutions » ou de « formes de coordination », (Champredonde 2001; Casabianca et Vallerand 1993; Batten 2006; Fernández

Giménez et Swift 2003; Moran et Orstrom 2005) pour indiquer qu'elles se développent dans des situations distinctes.

Dans notre cas, nous avons assimilé ces différentes manières de nommer les descriptions d'actions, soit individuelles, soit collectives, à la « stratégie » ou « règles de décision » (Axelrod 1984 ; Holland 1998), qui est **comprise comme une description de ce qui est fait dans différentes circonstances ou scénarios**. Nous pouvons ainsi décrire les actions qui ne sont pas précédées d'une décision, définies comme des « règles générales » par Marshall et al (1994), qui sont appliquées dans n'importe quelle circonstance, ainsi que les « règles d'adaptation » qui sont précédées d'une décision et d'un critère qui définit son application. Comme nous le verrons plus loin, l'utilisation de diagrammes d'activité UML permet de représenter ces séquences d'actions et de décisions pour qu'elles soient communicables, rigoureuses et peu ambiguës.

c. Le niveau d'abstraction « analytique » ou « résolution »

Dans ce cas, nous avons à nouveau été renvoyés vers les objectifs de la modélisation. Le défi était de modéliser et de simuler l'interaction des différentes stratégies au niveau exploitation avec le fonctionnement des processus biologiques et économiques, dans des exploitations influencées par le devenir de facteurs se trouvant hors d'atteinte de l'éleveur et formant « l'environnement » de l'exploitation, à l'exemple du climat ou des variables économiques. Dans la littérature nous pouvons trouver d'innombrables modèles qui décrivent la dynamique et les résultats des processus physico-biologiques par rapport à différentes situations, ce qui, joint à des paramètres qui décrivent (le résultat) des décisions, ainsi que des circonstances économiques, permet de décrire l'évolution des exploitations. Toutefois, les modèles qui **simulent** la prise de décision sont bien moins utilisés. La **paramétrisation** propose généralement le résultat d'une décision, comme par exemple l'usage d'engrais, de suppléments pour le bétail, etc., mais

contrairement à la simulation, il n'y a pas de description du **mécanisme** grâce auquel ces décisions sont prises. Dans le cadre d'une gestion d'exploitation normale, des décisions différentes sont élaborées lors de circonstances différentes et les résultats obtenus varient simultanément.

Le niveau d'abstraction « analytique » qui doit donc être appliqué dans ce cas est celui qui avec le minimum de détails (Moss et Edmonds 2005) permet de représenter différentes stratégies, le processus productif et l'environnement des exploitations. Il faut également maintenir un niveau de cohérence pertinent entre les différentes parties du modèle. Si l'objectif est d'améliorer la compréhension au sujet de quelques processus essentiels, il n'est pas nécessaire de rechercher un affinement très important de certains de ses composants, de façon disproportionnée par rapport au reste du modèle (Axelrod 1997), ou un ajustement rigoureux de son fonctionnement avec l'information disponible (Holland 1999). Cet aspect des choses, c'est-à-dire le choix de l'essentiel au sein d'une pléthore de modèles physico-biologiques disponibles, peut être particulièrement important lorsque des processus biophysiques, qui mettent à disposition une information très détaillée, sont inclus (Attonaty et al. 1990). Ces décisions concernant le niveau d'abstraction « analytique » sont à mettre en relation avec les possibilités de plus tard:

i. communiquer le fonctionnement et les résultats du modèle,

ii. utiliser une information anecdotique pour confirmer ses résultats avec

iii. vérifier le fonctionnement interne du modèle (Edmonds et Moss 2004), d'une manière fiable et facile.

Un autre des critères essentiels provient surtout de la pratique. Il n'était pas possible de mettre en place un modèle dont la codification entraînerait un travail important de l'informaticien disponible, à savoir Pierre Bommel, et comme ces mêmes auteurs le disent, des problèmes pratiques sont toujours présents mais ils n'empêchent pas une utilisation profitable de ces outils.

Bonabeau (2002) a établi que :

« *un modèle doit servir un propos, des modèles universels ne sont pas faisables. Le modèle doit être construit avec un nombre correct de détails, avec un minimum de détails afin d'atteindre les buts qui ont été fixés, il s'agit donc plus d'un art que d'une science* » p7287.

Des composantes subjectives apparaissent inévitablement lorsqu'il faut choisir les modèles à utiliser (Checkland 1990). Legay (1997) quant à lui affirme que :

« *je veux insister sur le choix du modèle… Il y a une part importante de libre arbitre… C'est à ce moment que la culture, l'histoire professionnelle, les motivations et l'expérience du chercheur entrent en jeu, et que la marge de manœuvre dont il dispose peut être utilisée de différentes manières, y compris par des influences idéologiques* ».

4.5 La plate-forme utilisée : Cormas

L'outil que nous avons utilisé est la plate-forme Cormas (Cormas 2006 ; Le Page et Bommel 2004) développée par le groupe Green du Cirad. Le langage de programmation est le SmallTalk, orienté vers des objets. Cormas a été élaborée pour faciliter la simulation d'interactions société-environnement. Elle propose une organisation du modèle et d'analyse qui comprend :

a. **la définition des composants du modèle et de leurs relations**. Cela correspond à ce que le langage de modélisation UML comprend dans les diagrammes statiques, plus particulièrement dans le diagramme de classes. Elle définit l'ensemble des entités choisies pour représenter la situation étudiée.

b. **Une organisation de la simulation qui définit une situation de départ et une dynamique**. Différentes situations de départ et dynamiques peuvent être définies, ce qui permet d'obtenir une famille de modèles pour pouvoir étudier une situation déterminée, et considérablement améliorer notre capacité à les exploiter.

c. **L'observation de son fonctionnement,**.peut se faire sur un espace défini, sur un automate cellulaire, sur des sondes ou indicateurs sous forme de graphiques. Elle peut aussi permettre de visualiser l'échange de messages entre les agents communiquant sur le modèle.

Une caractéristique importante de cette plate-forme vient du fait qu'elle utilise des agents réactifs. C'est-à-dire qu'elle n'utilise pas une architecture complexe qui suppose la construction d'agents cognitifs qui entraînent une modélisation et simulation de croyances - désirs – intentions (Belief – Desires – Intentions ; BDI) (Weiss 1999). Cela nous rapproche de la tradition de l'étude des pratiques, car comme l'établit Landais (1992), que ce soit par observation directe ou au moyen d'enquêtes et d'entretiens, la description de ce que font les agriculteurs (agents) dans chaque situation est directement observable. Par opposition, il faut accepter l'hypothèse selon laquelle des projets ou des finalités existent, et elles sont induites à partir de ce qui est observé.

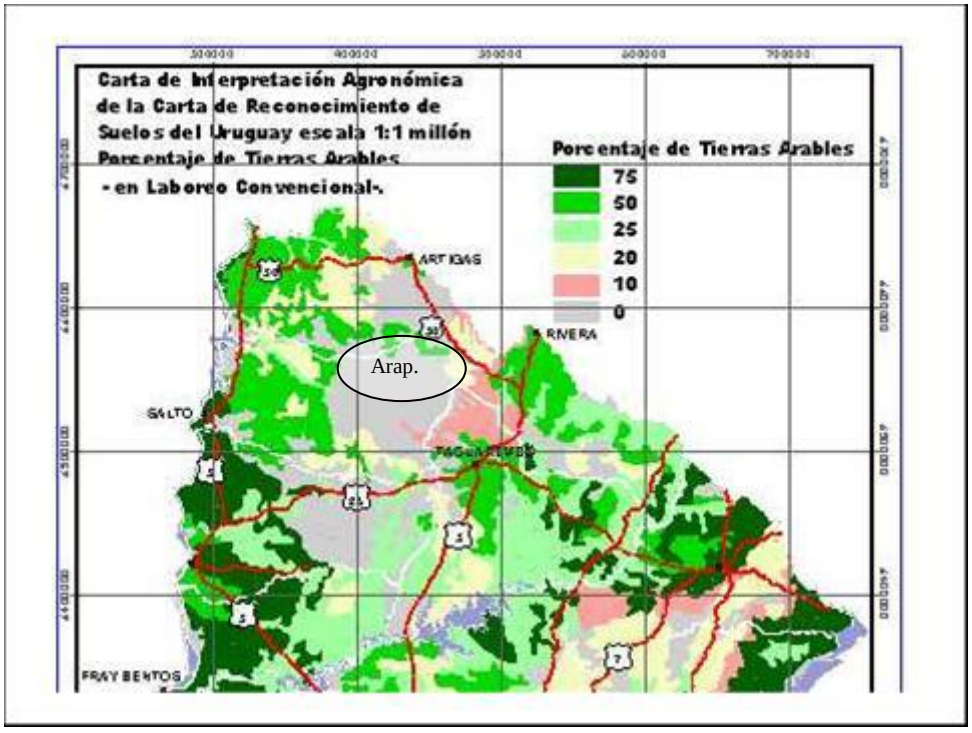
4.6 La situation modélisée

Le modèle simulé doit correspondre à notre représentation des différents facteurs qui influencent l'évolution des exploitations. Pour le sujet qui nous intéresse, nous avons dit que les exploitations sont des systèmes autonomes, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas déterminées par l'environnement mais influencées par lui. Nous comprenons que, dans un même environnement, différents types d'exploitations développeront différentes trajectoires, et qu'une même exploitation fera varier ses trajectoires selon l'environnement qui l'entoure.

Nous avons choisi de modéliser des propriétés de la région d'Arapey, où il existe un système d'élevage quasiment sans cultures fourragères, ni amélioration des sols, et qui est représentatif de la zone basaltique. Elle occupe près de quatre millions d'hectares, soit environ 25% du territoire national. La

qualité des pâturages présents permet de classer la région comme zone de pâture « fine » ou « tendre », (Rossengurt 1979) c'est-à-dire qu'elle possède une bonne qualité fourragère et qu'il est possible d'attendre une performance des animaux en fonction du taux de chargement, s'il n'y a pas de problèmes sanitaires importants. Même s'il peut y avoir des petites variations de productivité de la terre (Kg vif/ha/année), les variations observées correspondent à la productivité des animaux et sont surtout à mettre en rapport avec le taux de chargement. Ces caractéristiques permettent de modéliser une seule fonction productive qui varie en accord avec les décisions concernant le taux de chargement.

Sur la Carte 1, ci-jointe, nous pouvons voir le classement de la Direction des Sols du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MGAP 2003b),



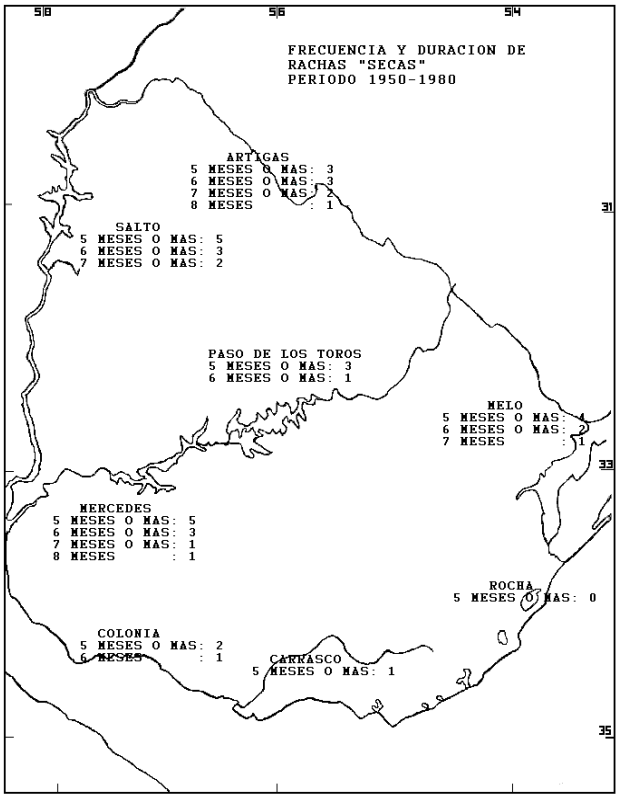
Carte 1 : % des terres labourables.

la région est considérée comme non-labourable dans sa totalité, c'est-à-dire que le type de sol présent, du fait de sa composition rocheuse, de son épaisseur et des risques d'érosion, n'est pas labourable.

Il y a de nombreuses années qu'elle est définie comme zone à problème du point de vue de la mise en place d'un système d'intensification fourragère. Cette région a toujours été celle du pays où les améliorations fourragères ont été les moins fréquentes. Elles n'atteignent pas 5% de la surface totale. Ces 5% comprennent les plantes fourragères d'hiver et les améliorations permanentes.

Ces 15 dernières années, la culture du riz a considérablement augmentée dans la région. Elle représente 50.000 ha sur un total d'environ 4 millions d'hectares et profite de ruisseaux et rivières, ainsi que d'une topographie qui permet de réaliser des barrages de rétention d'eau aux dimensions variables. Du fait de ses caractéristiques, la culture du riz ne peut pas occuper en permanence les mêmes surfaces et, immédiatement après sa récolte, les conditions sont très favorables à l'implantation de pâturages. Le quasi totalité des pâturages améliorés et permanents de la zone ont été plantés dans des propriétés où le riz est cultivé. Nous pouvons également affirmer que l'amélioration de pâturages n'existe pratiquement pas dans le reste des autres propriétés.

Il y a de nombreuses années que des efforts ont été entrepris (Real et Labandera 2003) pour adapter des légumineuses à la région, qui est la plus difficile du pays du fait de l'hétérogénéité des sols et des variations climatiques. La carte suivante montre le nombre de périodes de sécheresse entre 1950 et 1989 dans le pays et permet d'observer que cette région est celle où il y en a eu le plus grand nombre (Caffera et al. 1989).



Carte 2 : Fréquence de sécheresses en Uruguay (Caffera et al. 1989).

Apparemment, la fréquence des « sécheresses » est en augmentation, même si il est difficile d'affirmer que cela est définitif. Les prévisions qui concernent les changements climatiques indiquent que ces variations pluviométriques devront probablement s'accroître dans les années à venir.

Cette région est aussi la plus ovine du pays. Cette caractéristique est essentiellement due à la plus grande fréquence de sécheresse et à la bonne qualité des pâturages.

Lorsque nous les comparons au reste du pays, la taille moyenne des propriétés est bien plus grande. Si nous tenons compte des exploitations d'élevage commercial, la surface moyenne de chaque propriété dépasse les 600 ha (MGAP 2003).

La population, quant à elle, est caractérisée par une faible densité, surtout dans les zones rurales, où même si les petits villages sont pris en

compte, elle n'atteint pas un habitant au kilomètre carré. La totalité de la région d'Arapey ne dépasse pas 0,5 habitant au kilomètre carré.

4.7 Les composants du modèle

Le choix des composants du modèle ou classes, pour reprendre le langage UML.

a. **Les entités spatiales** : deux types d'entités spatiales ont été définies

i. **La parcelle**, défini comme l'unité de surface capable de fournir le fourrage nécessaire à la production 100 têtes, sur une année normale.

ii. **L'exploitation**, qui est une réunion d'herbages. Il n'y a pas d'exploitations sans parcelles, c'est-à-dire que nous ne prenons pas en compte la situation de « propriétaires de bétail sans terre ».

b. **Les entités sociales.** Il s'agit des **éleveurs** propriétaires d'une exploitation qui développent une stratégie.

c. **Les classes passives**, qui comprennent **l'environnement, le bétail**, ainsi que **les trois types de stratégie**.

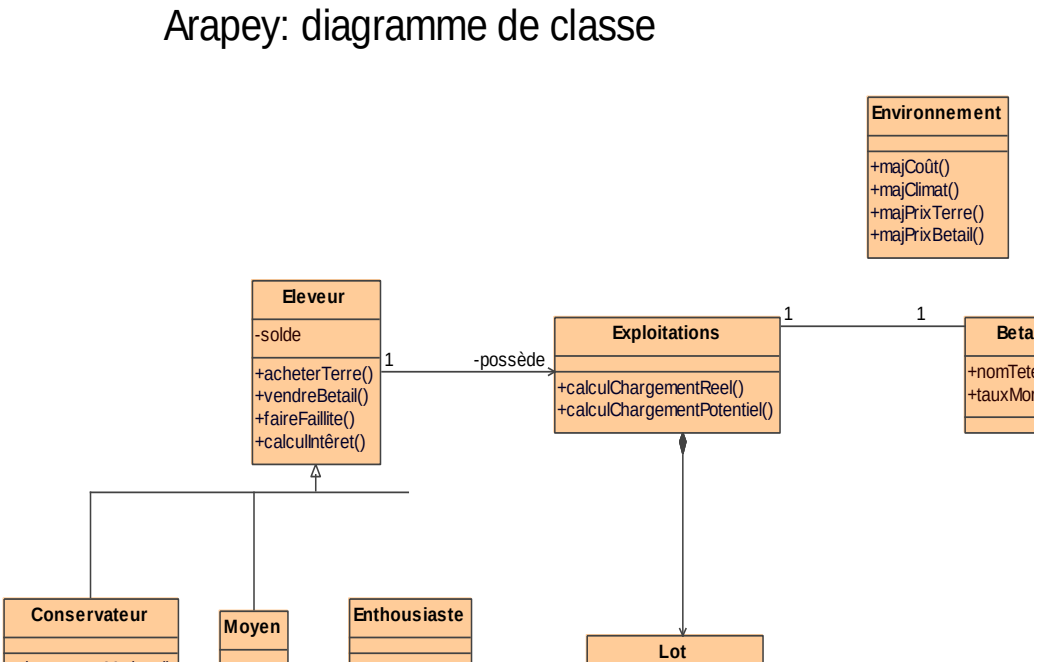


Figure 3. Diagramme de classe d'Arapey**.**

Ce diagramme présente dans sa partie gauche le modèle décisionnel et, sur sa droite le modèle biophysique. Ces deux éléments sont affectés par « l'environnement » ou « l'écosystème ».

Dans ce cas concret, deux modèles de nature différente se consolident (Landais et Bonnemaire 1994) :

1. L'un est de nature biotechnique. Il montre comment les différentes performances sont accomplies en fonction des pratiques utilisées sur le terrain. Il peut, ou non, aussi décrire les effets « écologiques ».

2. L'autre est de nature psycho-sociocognitive. Il a pour but de décrire le processus de prise de décision lié à la gestion et à l'organisation du système.

Ce type de représentation peut potentiellement améliorer l'appui à la prise de décisions, car comme le dit McCown (2005) :

«*In thinking about decision support for farming, it is useful to think of a farm as having a production system and a management system. Although the attention of DSS developers is generally focused on models of the production system, every decision support intervention has at least an implicit model of the management system* »

Description des classes, leurs attributions et opérations :

Les diagrammes de classe dans UML.

Les diagrammes de classe ont un nom, des attributs et des opérations. Le nom est choisi d'après un contenu sémantique.

Les attributs sont les propriétés de chaque classe. Elle décrit le rang de valeurs que ces attributs peuvent atteindre.

Les opérations indiquent ce que la classe peut faire.

Ils sont représentés de la manière suivante :

L'environnement.

L'environnement est une classe globale, c'est-à-dire qu'il communique avec toutes les autres. Il décrit le milieu climatique et économique dans lequel s'insèrent les exploitations.

Ses attributs sont : le prix (minima et maxima) du bétail, le prix de la terre (minima et maxima), le climat, les taux d'intérêts, écart fixe (spread), les primes de risque, les coûts de production (minima et maxima), la période 1 des coûts de production et la période 2 des coûts de production.

Ses opérations consistent à :

Actualiser :

- Le climat,
- Le prix des bêtes,
- Le prix de la terre et,
- Les taux d'intérêts

C'est-à-dire que pour chaque pas de temps (annuel), il affichera les valeurs qui seront prises pour chacune de ces variables.

Dans le cas du climat, une « année fourragère » a été modélisée. Elle s'est vue attribuer une variation par rapport à ses effets sur la production animale, une moyenne de 1 et un écart type de 0,15. Le critère a été que la variation de production fourragère de cette zone (Pereira 2002) présente une variation de

près de

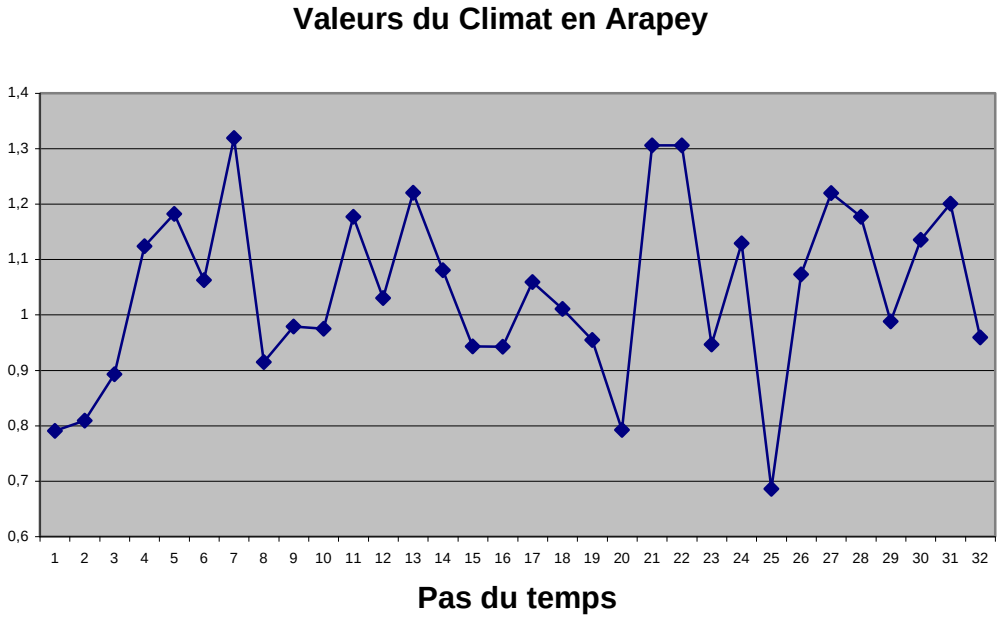


Figure 4. Les valeurs du climat dans Arapey.

30%, bien qu'il existe des compensations pour la production animale, principalement par une possibilité de modifier la quantité de fourrage présent, une redistribution de fourrage entre les saisons et des variations au niveau des réserves d'animaux (Landais et Balent 1994), qui font que les variations de productivité animale sont moindre que celles qui ont été observées en pâturages.

Cette classe tire au sort de façon aléatoire, l'année fourragère qui sera commune à toutes les propriétés. Sa distribution est normale, c'est-à-dire que les valeurs extrêmes sont moins fréquentes que celles qui sont centrales.

En ce qui concerne les coûts de production, nous avons pris comme base une série de données existantes et nous avons reproduit les grandes variations liées aux fortes dévaluations qui font que les coûts de production baissent. Ainsi il y a eu une forte dévaluation lors de l'an3 (1973), de l'an 12 (1982) et de l'an 32 (2002). Pour obtenir ces valeurs nous avons utilisé une sinusoïde, avec des ruptures correspondant à ces années, moments où les coûts atteignent leur valeur minimum et recommencent à augmenter graduellement.

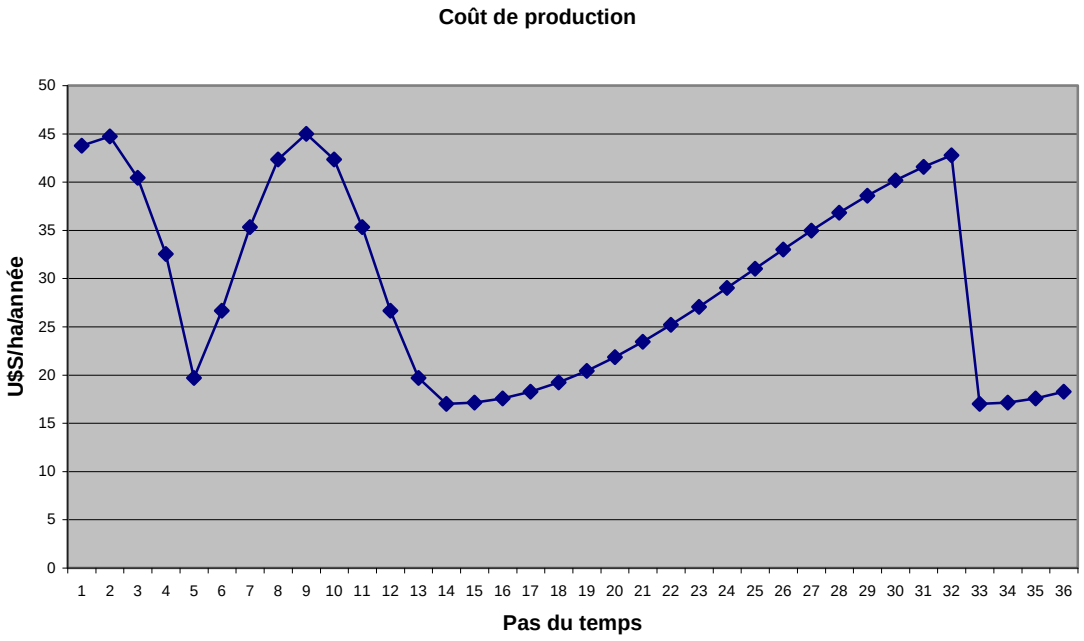


Figure 5. Le coût de production.

Les coûts de production comprennent les coûts familiaux qui représentent près de 60% des coûts de l'exploitation, ce qui fait que les variations du modèle ne dépendent pas du niveau de consommation des familles et propose une « consommation familiale » directement liée à la taille de l'exploitation. Dans Arapey, une entreprise de 500 ha aura un « coût d'administration – consommation familiale » 10 fois moindre qu'une exploitation

de 5000 ha. Ce dernier varie de 18U$/ha (minimum) à 43U$/ha (maximum) dans un scénario où la terre n'est pas en fermage.

Pour la première moitié de la série, qui concerne le prix de la terre et des bêtes, nous avons reproduit de façon simplifiée ce qu'indiquent les registres historiques (MGAP 2006).

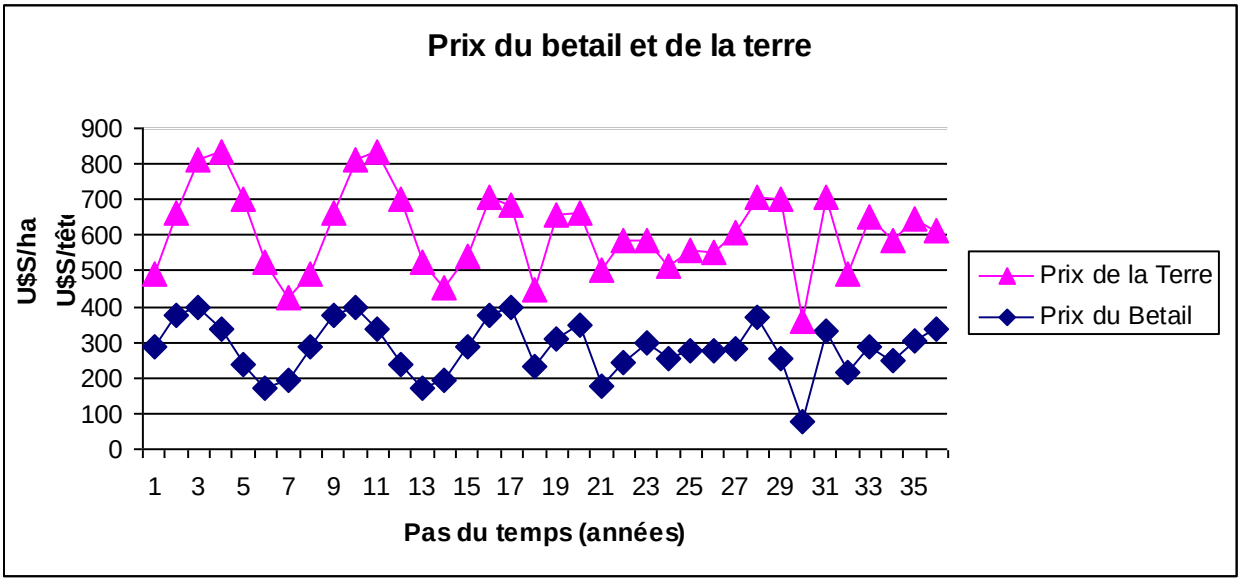


Figure 6. Prix du bétail et de la terre.

Jusqu'en 1986, il y a eu une variation, bien décrite dans le « cycle de l'élevage », qui montre qu'une politique de ventes associée à la liquidité des exploitations entraîne des variations cycliques dont la période et l'amplitude sont associées aux caractéristiques du système productif (Secco et Pérez Arrarte 1974). Il est également reconnu que, pour cette période, le prix de la terre évolue de la même façon, mais avec deux ans de retard (MGAP 2006).

Pour le reste de la période, de l'an 16 à 35, nous avons choisi de façon aléatoire les prix de la terre et des bêtes, étant donné qu'aucune tendance ne marque cette période. Le rapport entre le prix de la terre et des bêtes s'est en moyenne maintenu et le proverbe selon lequel : « un hectare de terre vaut en moyenne la même chose qu'un bon taurillon » est resté valable jusqu'à ces derniers mois (période de la construction du modèle). Une combinaison liée à

une augmentation de la demande de terre causée par les phénomènes du soja, de la plantation forestière et de la présence de capitaux à la recherche de refuge, a entraîné la fin de ce rapport de valeurs.

L'environnement permet aussi de définir les taux d'intérêts actifs et passifs qui concernent le solde net des exploitations, selon qu'elles sont débitrices ou créanciers.

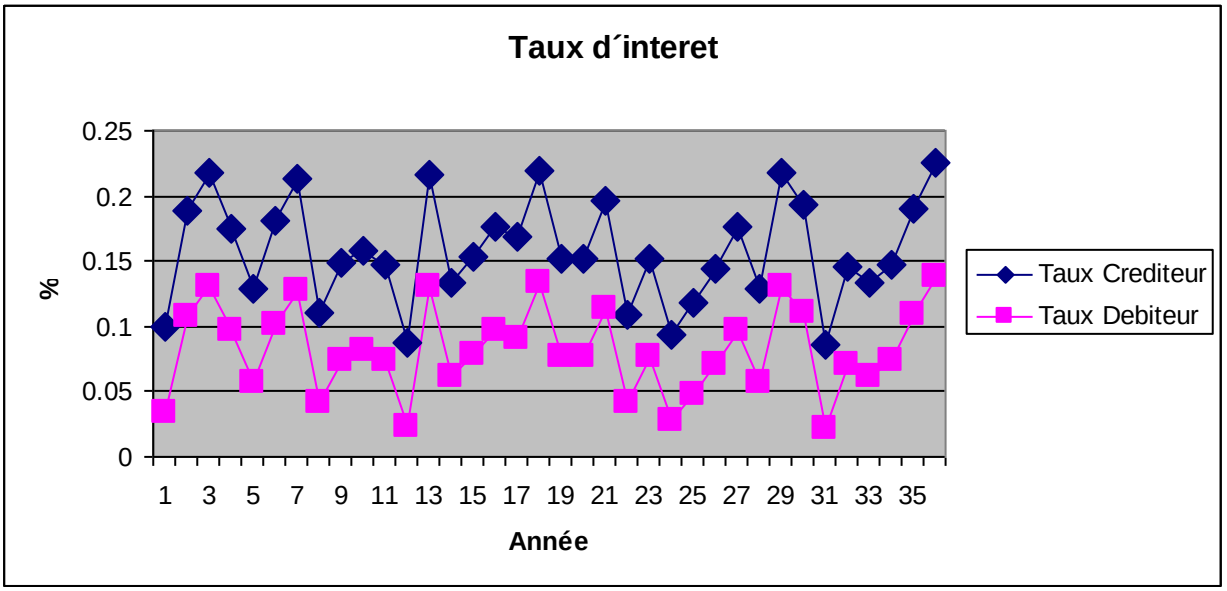


Fig. 7. Taux d'intérêt.

Elles ont entre elles un rapport qui indique que le taux débiteur est équivalent au taux de créance auquel il faut ajouter un écart fixe (spread) et un taux de risque. Sa distribution est également normale.

Les exploitations

Ce sont des agrégats de parcelles qui, pour chacun d'entre eux, ont une « capacité de chargement potentiel» de 100 bêtes lors d'une année normale, c'est-à-dire de « climat fourrager » normal dont la valeur est égale à 1. Leur capacité de chargement réelle se modifie selon le climat propre à chaque année, ce qui permet de définir le taux de chargement « potentiel » de chaque année. Pour une année qui a un climat fourrager de 0,85, le taux de chargement potentiel sera de 85 bêtes par pâturage, et donc, pour avoir un taux de

production normal (30%) le chargement devra être de 85 têtes par parcelle. Avec une occupation supérieure, la production par animal diminuera de façon linéaire, conformément au modèle proposé par Ash et al. (2003).

Pour chaque année, il faut calculer le taux de chargement réel, qui est donné par le quotient du nombre effectif de têtes sur la capacité de chargement potentielle.

Le troupeau

Ses attributs sont le taux de production, le taux de mortalité et l'augmentation de cette dernière. Le taux de production pour une année normale est de 30%. Cette valeur provient de toute une série de registres d'exploitations provenant du Plan Agropecuario.

Il s'agit d'une valeur relativement bonne pour un système d'élevage extensif et qui équivaut à une production de 100kg par bête et par an. C'est-à-dire que pour une année normale de production, il y aura une croissance de 30% par rapport au troupeau de départ. Ce taux de production dépend du climat car si le taux réel de chargement des exploitations est supérieur à 1, le taux de production diminuera de façon proportionnelle. Avec des taux réels inférieurs ou égaux à 1, le taux de production restera de 30%. La production du troupeau sera donc tributaire de la stratégie de chargement et de l'année climatique.

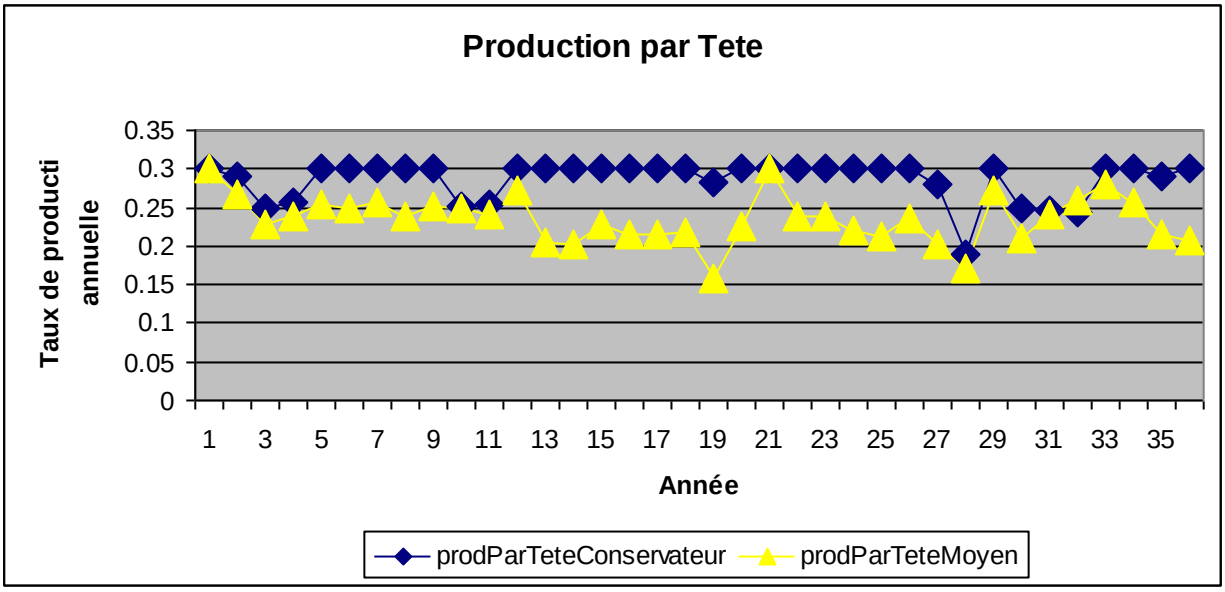


Figure 8. Production par tête pour deux stratégies

Elle sera la même pour toutes les stratégies dans le sens où une même année et un même chargement entraîneront une production identique, même si les éleveurs ont des stratégies différentes. La production totale par parcelle ne sera pas affectée de la même manière puisqu'elle est le résultat de la production par animal multiplié par le taux de chargement.

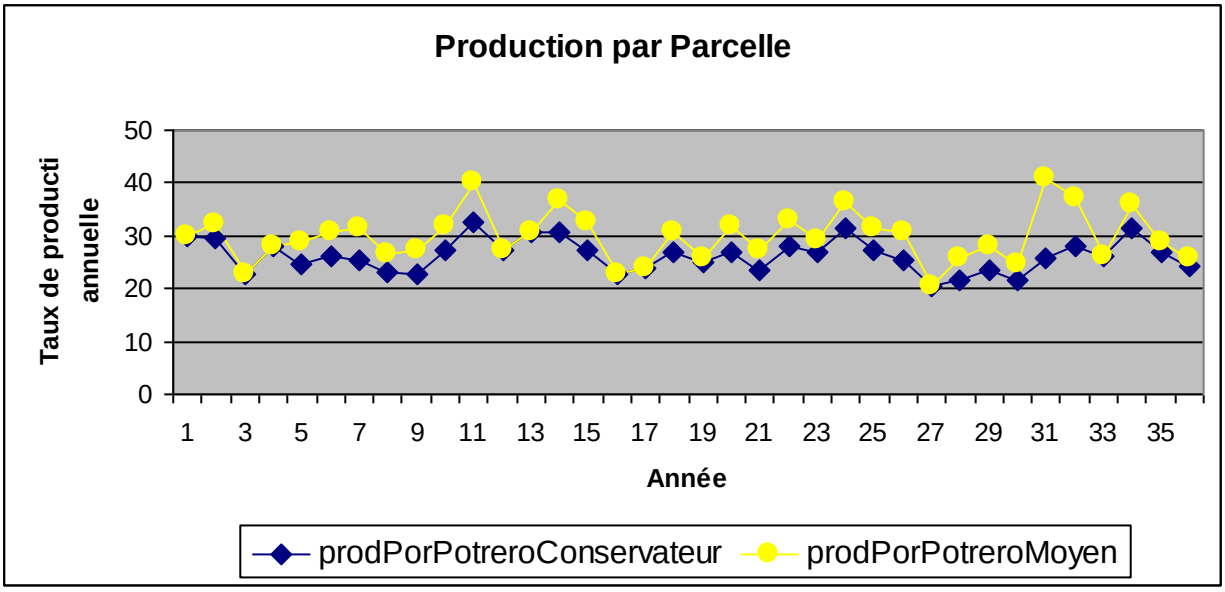


Figure 9. Production par parcelle pour deux stratégies.

L'une des caractéristiques les plus importantes de ce modèle est qu'il faut prendre la fonction de production comme une constante, tout au long de la période étudiée, sous la forme d'un « taux de production ».

Le taux de mortalité, de 2%, est usuel si la gestion est correcte dans le cadre de ces conditions. Il est affecté par une « augmentation de la mortalité » lorsque le taux réel de chargement est supérieur à 1. Ainsi pour une augmentation de 10%, la mortalité s'accroît de 2%. Il est donc affecté par les stratégies des éleveurs.

La classe Troupeau réalise une série d'opérations qui permettent de calculer les bénéfices qu'elle génère. Ceux-ci sont le produit de la production annuelle par la valeur des bêtes. Lorsque les conditions de chargement sont élevées, les animaux atteignent des poids moindres et sont moins bien finis ; leur valeur individuelle en est donc affectée, proportionnellement au dépassement du taux potentiel de chargement de la propriété, pour l'année étudiée.

Les éleveurs

Ils ont pour attributs la propriété qu'ils possèdent, un solde et une stratégie.

Nous ne nous sommes pas intéressés aux éleveurs qui ne sont pas propriétaires, c'est-à-dire qu'au but de la simplification du modèle, ils sont toujours propriétaires. Dans le cadre des objectifs de la simulation, ils ont la même fonction de production, le même climat, les mêmes ressources initiales, les mêmes coûts de production, prix obtenus pour leurs produits et cout des intrants. Entre eux les sources de variation se réduisent à leurs stratégies financières et au taux de chargement animal, qui amèneront des productions et des coûts financiers différents. A mesure que la simulation va se développer les résultats seront différents, en conséquence des actions qu'ils vont choisir de faire. Nous pouvons supposer que les différentes stratégies sont associées à des perceptions différenciées des risques, qu'ils soient climatiques ou liés aux prix.

Comment allons-nous modéliser les stratégies financières ? Les décisions qui doivent être prises sont les suivantes :

- Faut-il vendre chaque année la production obtenue ?
- Faut-il acheter des terres ou des bêtes ?
- Faut-il vendre de la terre ou des bêtes ?

En résumé, nous pouvons envisager le problème d'après le tableau que nous allons présenter ensuite. En effet, dans un premier temps il présente les stratégies décrites par rapport aux attitudes prises face aux risques. Cependant, avant d'envisager cette typologie de départ, il est nécessaire de décrire de façon concrète de quelle manière cela affecte les décisions, afin de pouvoir simuler ce que font les différents éleveurs dans chaque situation, c'est-à-dire qu'elles sont leurs pratiques et stratégies.

Figure 1: Les stratégies des éleveurs

	Stratégies financières	Stratégie de chargement animale
Conservateur	Sûres	Sûre
Intermédiaire	Sûres	Risquée
Enthousiaste	Risquées	Risquée

Les idéaux-types (Checkland 1999) ont été construits à partir de notre expérience et des informations que nous avions provenant de travaux de recherches antérieures. Dans tous les cas, les personnes sont concrètes, nous pouvons les considérer comme des « archétypes » de classe. D'abord, et en fonction des objectifs que nous avons fixés : explorer la possibilité de simuler des stratégies au niveau exploitation, nous avions décidé de ne simuler que les cas extrêmes. Néanmoins, en mars 2004, la revue du Plan Agropecuario a

décrit le cas de « Moyen », qui était en général assimilé à une personne ou une famille qui avait des revenus urbains et qui disposait d'un capital effectif qu'il désirait « mettre à l'abri » dans l'élevage (Gómez 2004). Cet article proposait un cas intermédiaire, celui qui ne donnait pas d'importance aux aspects productifs mais à la prise de risques financiers. Rappelons que dans tous les cas il s'agit d'une combinaison de stratégies identifiables chez les éleveurs, et pas de combinaisons « expérimentales », comme cela aurait pu être le cas pour une stratégie de risque financier et quelque chose de sûr par rapport au taux de chargement, qui ne semble pas être représenté dans la réalité.

Les éleveurs peuvent s'endetter, ou rembourser des prêts, selon les stratégies qu'ils ont choisies. Leurs décisions s'appuient sur :

- Leur solde par rapport à la valeur des têtes qu'ils ont en propriétés, pour qu'au moment de s'endetter, leur patrimoine foncier ne puisse pas être affecté par cette dette. Il est donc peu risqué d'affirmer, aux vues des paramètres utilisés, qu'ils pourront avoir ce comportement face à des agents financiers qui ne sont pas modélisables, comme les banques ou les fournisseurs, car nous comprenons que leurs situations financières restent dans les limites de leur pratique professionnelle normale.

- Le chargement réel annuel, qui est un indicateur du degré de « pénurie »ou de « facilité » fourragère au moment de prendre la décision.

Tableau 1: Les Stratégies des éleveurs.

	Conservateur	Moyen	Enthousiaste
Vendre la production annuelle	Toujours	**Si la mortalité est supérieure à 10%**	Si la mortalité est supérieure à 10%
Acheter des bêtes	S'il y a un solde supérieur à zéro et si le chargement est inf. à 80% du chargement potentiel de l'année.	**S'il y a un solde supérieur à zéro et si le chargement est inf. à 120% du chargement potentiel de l'année.**	Si la dette est inf. à 40% de la valeur du cheptel et si le chargement est inf. à 120% par rapport de la chargement potentiel de l'année.
Acheter des terres	Si le chargement animal est sup. à 80% de la chargement potentiel de l'année et si le solde est sup. à la valeur de trois parcelles d'herbage.	**Si le chargement est sup. à 80% du chargement potentiel de l'année et si le solde est sup. à zéro**	Si le chargement animal est sup. à 80% du chargement potentiel de l'année et si la dette est inf. à 40% de la valeur du cheptel
Vendre des bêtes pour payer la dette	Si la dette est sup. à 10% de la valeur du cheptel et si le chargement est sup. à 60% du chargement potentiel de la propriété.	**Si la dette est sup. à 10% de la valeur du cheptel et si le chargement est sup. à 60% du chargement potentiel de la propriété**	Si la dette est sup. à 80% de la valeur du cheptel et si le chargement est sup. à 60% du chargement potentiel de la propriété.
Vendre des terres pour payer la dette	Si la dette est sup. à 10% de la valeur du cheptel et si le chargement est inf. à 60% du chargement potentiel de la propriété	**Si la dette est sup. à 10% de la valeur du cheptel et si le chargement est inf. à 60% du chargement potentiel de la propriété**	Si la dette est sup. à 80% de la valeur du cheptel et si le chargement est inf. à 60% du chargement potentiel de la propriété

Le dessin du modèle de la séquence décisionnelle des différents types d'éleveurs est toujours le même. Il est décrit dans le diagramme suivant, qui montre les différentes étapes de façon simplifiée.

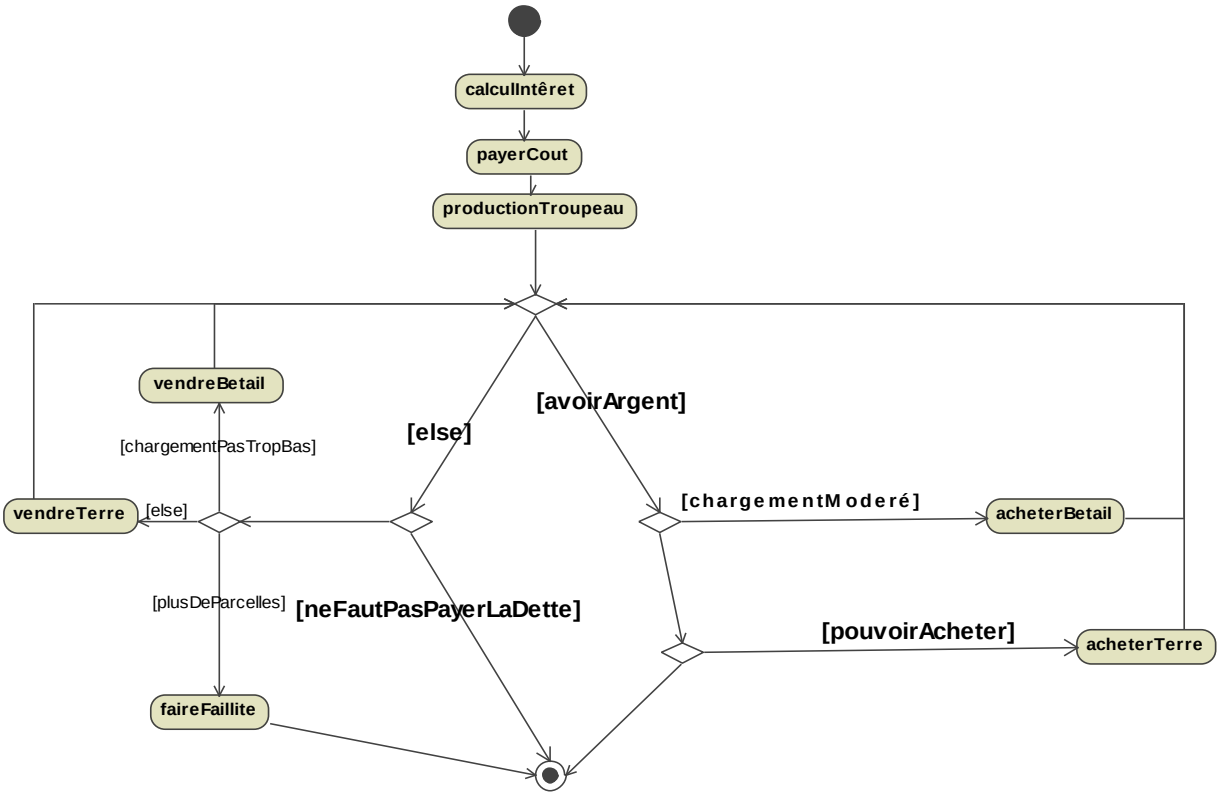


Figure 10. Diagramme d'activité des éleveurs.

Les [critères] conformément au format UML s'écrivent entre parenthèses [], et la séquence d'actions et de décisions est différente pour chacun des éleveurs, car, comme nous l'avons déjà expliqué antérieurement [avoirArgent] signifie que :

- Le solde est supérieur à zéro pour le conservateur et
- Que la dette est inférieure à 40% de la valeur du cheptel pour l'enthousiaste.

Le diagramme suivant présente avec plus de détails la séquence de décisions, qui montre que l'achat de terre est entraîné par l'intention d'avoir un taux de chargement « adéquat » (dans tous les cas, différent). Nous pouvons également observer que si le chargement est bas et qu'il faut vendre pour payer

des dettes, dans tous les cas c'est une parcelle qui est d'abord vendu. Cet artifice a été utilisé pour éliminer la possibilité d'un complément de chargement avec des bêtes appartenant à un autre éleveur qui aurait pu permettre un bénéfice temporairement, ou bien pour éliminer des situations irréelles de parcelles avec une très faible ou aucune chargement, ce qui aurait pu arriver si l'éleveur vendait du bétail sans vendre de terres. Cela serait irréel et provoquerait des pertes économiques importantes puisque dans ce cas les coûts de maintenance resteraient élevés par rapport à la surface occupée et les bénéfices seraient ridiculement bas à cause du manque de bêtes.

Nous pouvons aussi observer qu'une situation de faillite apparaît lorsque les éleveurs ont des dettes et qu'ils ont vendu tous leurs parcelles. En réalité, dans cette situation ils peuvent encore conserver leur cheptel, mais notre modèle considère qu'après avoir vendu sa dernière parcelle, l'éleveur est en cessation d'activité.

4.8 Dynamique

La séquence opérationnelle que réalise le modèle commence par la classe Environnemental qui indique le climat et les prix annuels, ensuite vient le Troupeau qui produit, et après la séquence opérationnelle de chaque type d'éleveur, ainsi que nous l'avons décrit dans les paragraphes antérieurs. Le pas de temps que nous avons choisi est celui de l'année.

4.9 La situation initiale

La situation initiale est commune aux trois stratégies. Nous avons pris celle d'une propriété moyenne dont la capacité de chargement est de 600 têtes, ce qui coïncide avec les valeurs relevées lors des enquêtes (MGAP 2003). La quantité d'animaux est normale et l'argent en caisse correspond peu ou prou à un an d'exercice.

4.10 L'observateur

Pour un cas extrême, le modèle peut fonctionner sans être observé. D'un point de vue informatique, après avoir défini les classes et organisé la simulation par rapport à la situation initiale et à la dynamique, la simulation peut être faite sans même avoir obtenu aucune observation concernant sa dynamique et ses résultats. Comme nous l'expliquons plus loin, pour que les résultats du modèle et de son fonctionnement soient vérifiés, il faut qu'ils soient cohérents avec des connaissances provenant d'autres sources (Wilson 1999). Pour prouver cela, une multitude de sondes (« sorties ») du modèle ont été construites afin de vérifier la correction de son fonctionnement. Cette vérification peut également être effectuée par une exécution du programme pas à pas, grâce à la commande « self halt », et par un examen de chacune des actions réalisées par la simulation. Il est possible de suivre la dynamique et de prouver, par exemple, que des achats de bêtes sont effectués dans le cadre des conditions qui ont été modélisées. Cela nous permet de corroborer que les instructions ont correctement été codifiées dans le modèle. Manson (2002) indique qu'il est aussi possible de différencier la vérification de la validation. En effet, il considère que la vérification est une preuve que le « modèle est correctement construit », alors que la validation signifie que « le modèle correct » a été construit. En conséquence, l'ensemble des sondes permet de vérifier que la simulation suit les instructions prévues, ce qui, pour nous, est déjà une vérification.

Le deuxième grand objectif, lié à la construction de sondes, au-delà d'une vérification de l'exactitude de la codification correcte du modèle correct, est une description de ses résultats par rapport aux paramètres usuels des différents acteurs impliqués, pour que les résultats du modèle puissent être comparés avec des connaissances et des expériences antérieures, en utilisant les indicateurs en vigueur sur le terrain. Cet aspect des choses, qui nous renvoie aux formes d'évaluation du fonctionnement du système utilisé par les éleveurs, a fort peu été étudié (Cerf et al. 1990). Sa compréhension permettrait d'indiquer la propension que les agriculteurs et les éleveurs ont à modifier les

normes en vigueur, à partir du moment où une innovation est préalablement évaluée comme insatisfaisante dans le cadre du fonctionnement mis en place par les décideurs. S'ils la jugent acceptable, il est peu probable qu'ils la modifient.

Dans notre cas, les sondes ou indicateurs qui ont été programmés se divisent en deux grands groupes :

a. Les sondes dont l'objet est de vérifier que le fonctionnement interne du modèle est cohérent avec le fonctionnement du modèle à simuler (« vérification »)

Dans ce cas, il faut vérifier que le fonctionnement du modèle reproduit ce qui devait être simulé.

i. Sondes globales

Il s'agit de celles que se réfèrent au comportement général du modèle. Ainsi par exemple, nous avons vérifié que le climat varie autour de 1, que les coûts ont brutalement baissé lors des années de dévaluations, que les taux d'intérêts actifs sont toujours plus élevés que les taux passifs, et alors que le prix des animaux varie de façon cyclique lors des 16 premières années et qu'ensuite il fluctue autour de la moyenne que nous avons déjà indiquée ; le prix de la terre a un comportement semblable, malgré un retard par rapport aux animaux.

ii. Les sondes locales

Celles-ci ont une valeur différente pour chacune des instances du modèle. Dans notre cas par exemple, nous avons affirmé que le taux réel de chargement de chaque propriété a été affecté par le climat, c'est-à-dire que les années où le climat a été dur, même lorsque le nombre d'animaux a été « correct », le taux réel de chargement qui avait été conçu en tant qu'indicateur de pression sur le pâturage aurait dû être plus élevé. Cette affirmation est

vérifiable si nous comparons les graphiques qui montrent qu'il existe une relation inverse entre le climat et le taux réel de chargement.

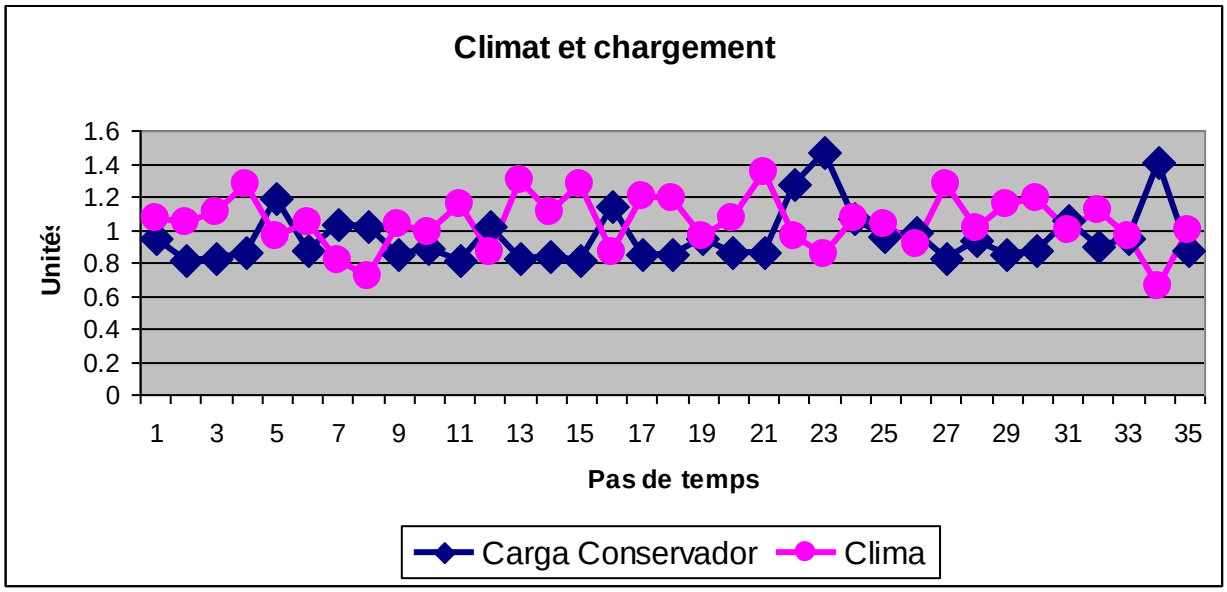


Figure 11. Climat et chargement.

Parmi les paramètres, certains sont relativement importants et leurs variations sont intéressantes. Il s'agit de :

- **La mortalité**, qui doit être vérifiée par rapport au taux réel de chargement,
- **Le rapport entre le solde** des éleveurs et l'application de leurs stratégies, conformément à ce qui avait été proposé, et
- **L'évolution** du nombre de têtes par rapport à la production du troupeau, la mortalité, les achats et les ventes.

b. Les sondes qui permettent de visualiser les résultats du modèle

C'est-à-dire les conséquences sur les trajectoires des exploitations quant aux différentes stratégies qui sont appliquées. Celles-ci sont particulièrement importantes car elles permettent de vérifier les résultats allant à l'encontre de

notre expérience, ainsi que de celle des personnes familiarisées avec la situation. En effet, il est très difficile d'avoir des registres d'exploitations qui correspondent avec les archétypes qui ont été simulés, comme il est souvent difficile d'obtenir des informations secondaires pour les contraster avec les résultats de ce type de modèle, qui intègrent des informations qualitatives (Gilbert et Terna 1999). Ici aussi nous avons distingué deux types :

i. Celles qui montrent la trajectoire d'exploitations à long terme

Comme l'évolution du nombre d'herbages, du nombre de têtes ou du patrimoine de chaque éleveur. Ces indicateurs sont « publics » et peuvent être contrastés avec les informations disponibles, y compris avec celles qui sont anecdotiques (Gilbert et Terna 1999 ; Moss et Edmonds 2005). Nous les utilisons généralement lors de nos rencontres avec les éleveurs.

ii. Celles qui permettent d'évaluer la cohérence des résultats avec des indicateurs provenant du monde technique

Il s'agit essentiellement de la production par tête, de la rentabilité moyenne ou de taux de thésaurisation patrimoniale, qui peuvent indiquer des erreurs par rapport à la conception ou à la construction du modèle.

4.11 Les résultats

Le pourcentage de mortalité pour chacune des stratégies : est présenté dans la fig. 12

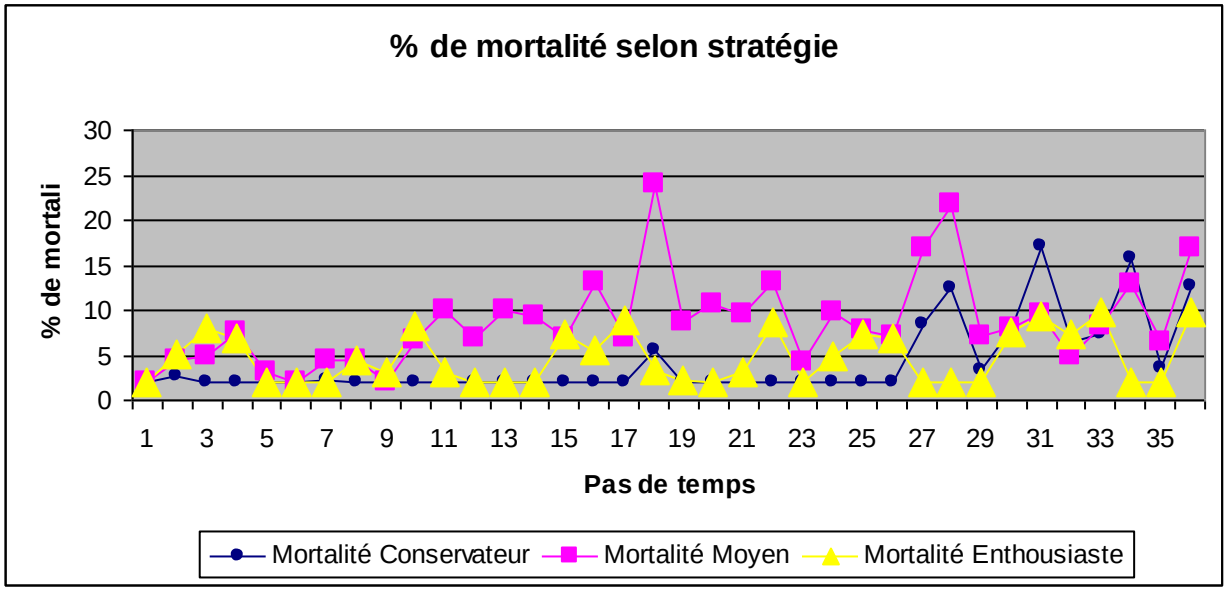


Figure 12. % de mortalité par stratégie

Et comme cela était à espérer, la stratégie conservatrice a en moyenne un pourcentage de mortalité moins important (4,2%). De plus, cet indicateur montre ce que sont les conséquences des différentes stratégies, lorsque nous comparons ce qui arrive pour chacune d'entre elles. « Le Moyen » qui est prudent pour ce qui est du financier et qui court des risques par rapport au taux de chargement, peut fréquemment, lors de « mauvaises » années fourragères, avoir une mortalité élevée, la plus haute des trois stratégies (8,6%). Alors que « l'enthousiaste » présente une même propension quant au chargement, il ne peut pas avoir un même chargement à cause de ses besoins financiers. Il a donc une mortalité (4,6%) supérieure à celle du « conservateur » mais inférieure à celle du «Moyen ». Les pourcentages de mortalité qui résultent du fonctionnement du modèle sont cohérents avec ceux que nous attendions, étant donné la rigidité des stéréotypes. Leurs valeurs extrêmes, près de 30%, sont peu usuelles, bien qu'ils aient été observés lors de la grande sécheresse de 1988-1989.

Comme nous le voyons dans cet autre graphique,

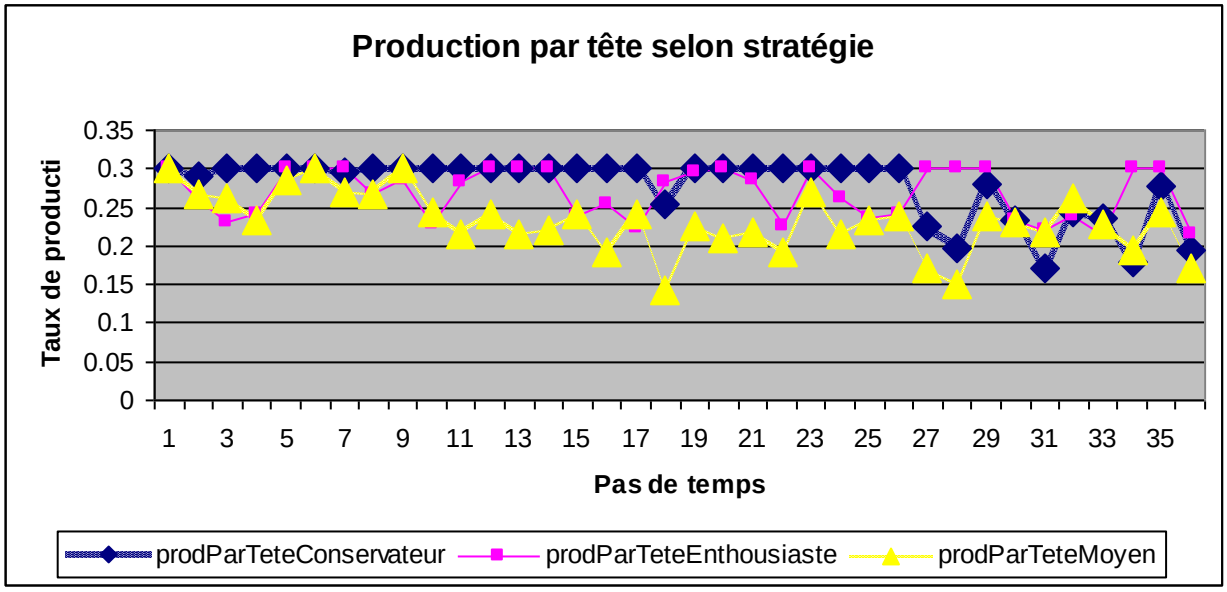


Fig. 13. Production par tête selon stratégie.

La production par tête est toujours plus importante chez le conservateur que chez le Moyen. Ce qui est cohérent avec le graphique antérieur, puisqu'une mortalité plus importante –conséquence d'un taux supérieur de chargement– entraîne une plus faible production par tête. D'autre part, il est intéressant d'observer que le taux de production du conservateur est plus stable, même s'il présente des variations importantes dues aux années fourragères « défavorables ».

Nous considérons que l'indicateur de synthèse des résultats obtenus par chacun des éleveurs est celui de la **Rentabilité (R)**, que nous avons définie comme :

R = (Recettes – Coûts + Intérêts) / Patrimoine

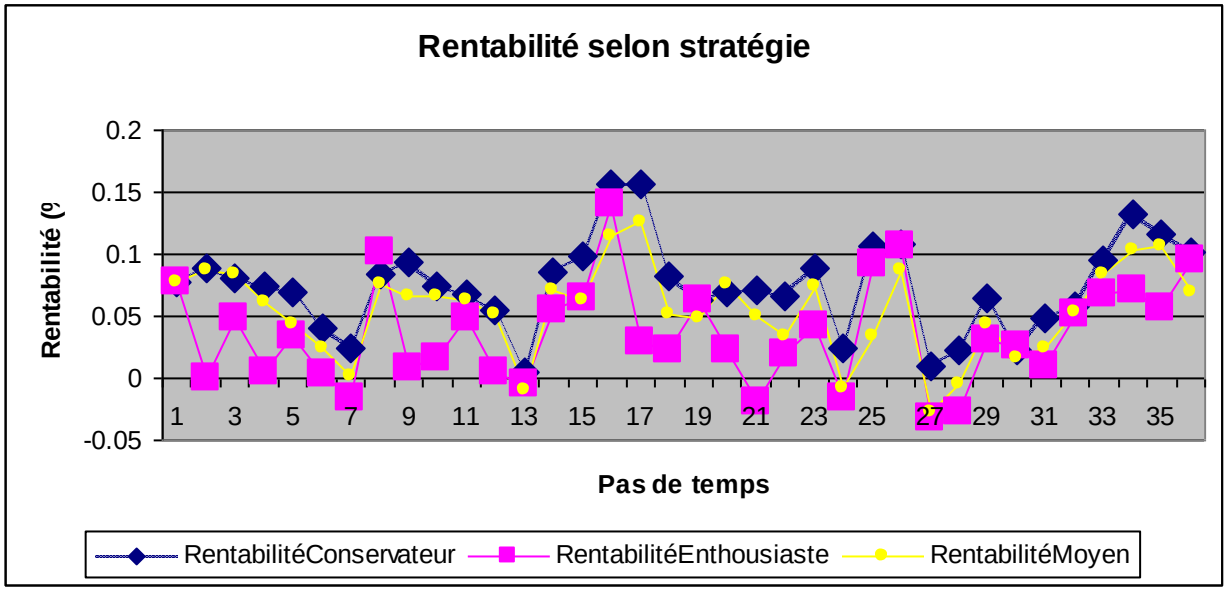


Figure 14. Rentabilité annuelle par stratégie.

Dans ce cas, il est intéressant d'observer les résultats de chacune des stratégies et de les comparer :

1. Le conservateur obtient de meilleurs résultats (7.46%) que les deux autres presque tous les ans. Les valeurs sont très variables et se rapprochent de zéro certaines années, ce qui coïncide avec des crises des prix ou du climat.

2. Les résultats sont grosso modo parallèles, ce qui indique une forte influence de l'année et des prix. Ainsi, les mauvaises années sont mauvaises pour toutes les stratégies et les bonnes le sont aussi pour tous. Malgré tout, il y a quand même des effets bien marqués dus aux stratégies.

3. Le moyen obtient des résultats très acceptables, même si certaines années il présente des niveaux de rentabilité légèrement négatifs.

4. L'enthousiaste obtient plusieurs résultats négatifs dans cette série. Toutefois, il est intéressant d'observer qu'il réussit à présenter des périodes positives relativement longues.

Une sonde additionnelle montre quels sont les résultats des différentes politiques de gestion des liquidités mises en place par les éleveurs.

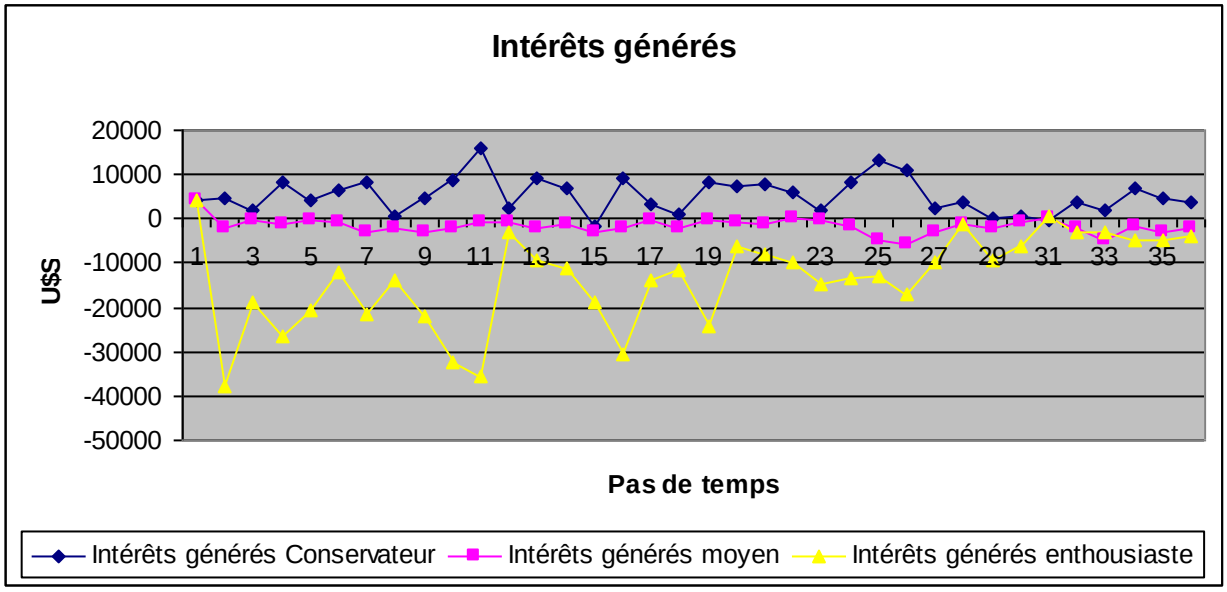


Fig.15 Intérêts générés

Nous observons ici, ainsi que nous l'attendions, que «l'enthousiaste », au début de la période, rembourse énormément d'intérêts puisqu'il a fait des dettes pour acheter des animaux au début de son exercice agricole, à partir d'une situation initiale de liquidité favorable et d'une augmentation du prix des bêtes.

Nous pouvons également voir qu'à cause de son attitude enthousiaste, il maintient un endettement permanent qui le conduit à payer des intérêts en permanence. D'autre part, « le Moyen », qui, lui, maintient de bas niveaux d'endettements, n'a que de faibles remboursements annuels. Le « conservateur » maintient un solde positif, même s'il paie quelques intérêts sur certains exercices. C'est-à-dire qu'il a toujours comme critère de payer lorsque sa dette dépasse de 10% la valeur de son troupeau, il termine donc quelques exercices avec des petites dettes et paie quelques intérêts.

Parmi les variables qui expriment les résultats physiques, il nous faut commenter la production par parcelle de pâturage à l'année.

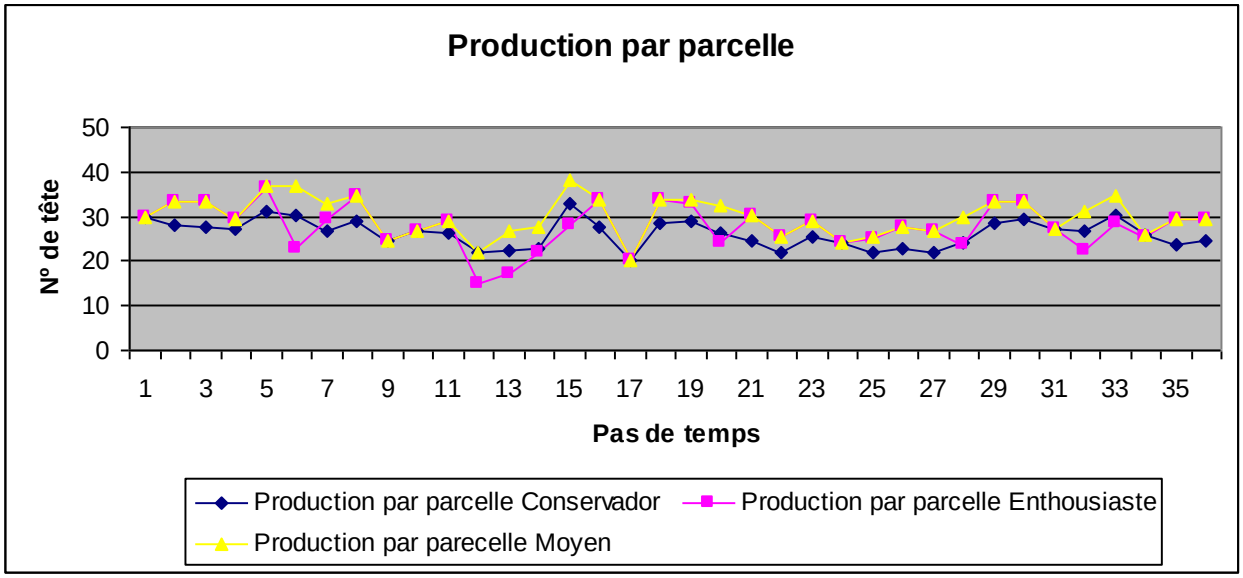


Fig. 16. Production par parcelle.

Lors d'années normales, la production par parcelle est de 30 unités. Lorsque nous observons les résultats, nous voyons qu'il existe une forte variation des valeurs, qui oscillent aux alentours de 30. « Le Moyen » et « l'enthousiaste », qui ont une propension à avoir des taux de chargement plus hauts, présentent des productions parcellaires annuelles qui sont, pour de nombreuses années, supérieures à celles du conservateur. Les valeurs les plus variables sont observées chez « l'enthousiaste » et les plus hautes chez « le Moyen ».

Avoir plus de production par parcelle ne signifie nécessairement avoir plus de recettes, comme le fait d'avoir plus de revenus bruts n'est pas synonyme de plus de revenus nets. Pour obtenir la recette totale, il faut multiplier la recette par parcelle par le nombre de parcelles. La recette dépend de la production et du prix de vente. A Arapey, le prix de l'unité produite baisse avec le taux réel de chargement de la propriété, car avec des taux élevés de chargement le poids individuel de chaque bête diminue, ce qui fait que sa finition en est affectée. Le prix de vente dépend donc de la stratégie appliquée pour le taux de chargement, ainsi que de la valeur du bétail sur le marché et de « l'année fourragère » en cours.

Par rapport à la valeur des bêtes, est toujours plus basse chez « le Moyen », qui a une stratégie de travail avec des chargements plus élevées. Cette valeur est plus importante chez « le conservateur », qui grâce à des prix plus hauts paie moins d'intérêts. Il compense donc la plus faible production parcellaire qu'il a certaines années. « L'enthousiaste » qui a des taux intermédiaires de chargement obtient des résultats intermédiaires.

Si nous observons les revenus nets par parcelle nous pouvons en conclure que

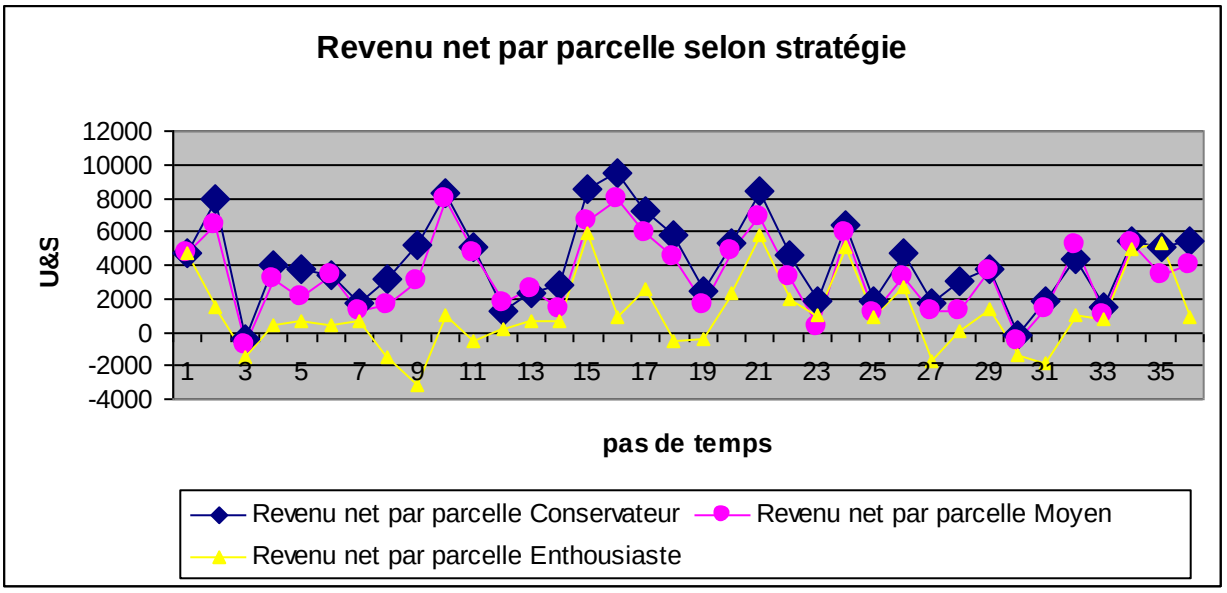


Fig. 17. Revenu net par parcelle pour chaque stratégie.

les trois stratégies montrent un parallélisme de résultats. Malgré des variations, dues par exemple au paiement d'intérêts, très différents selon les stratégies, elles sont immergées dans le même environnement. Si les années sont bonnes pour le conservateur, elles le sont aussi pour les autres.

L'évolution du nombre de parcelles permet aussi de vérifier comment opèrent les différentes stratégies.

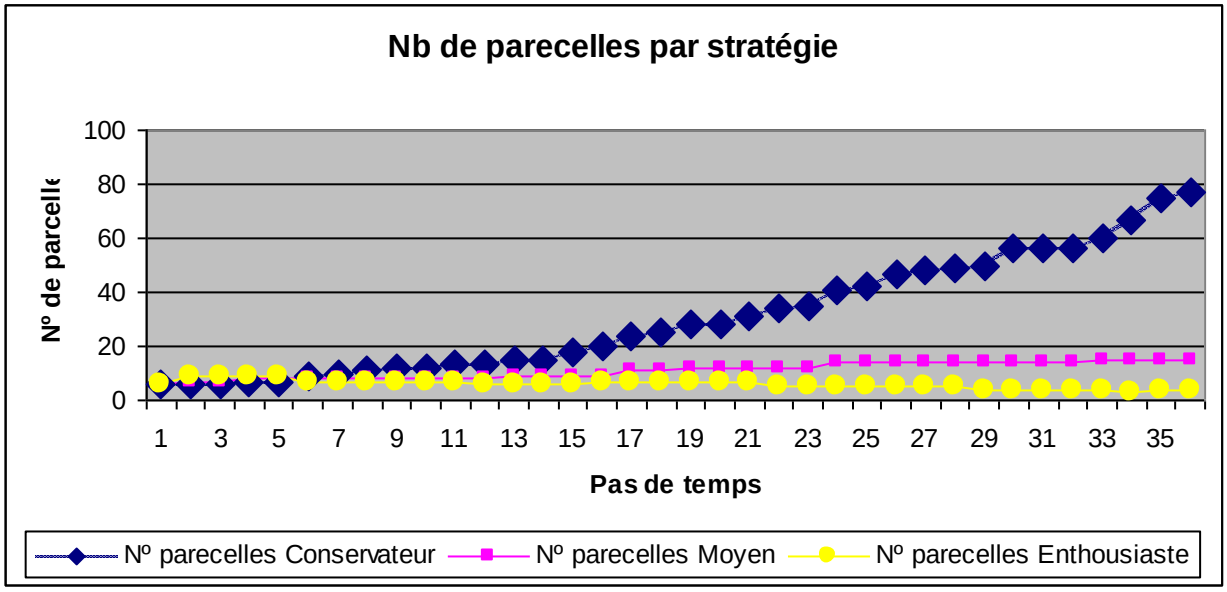


Fig. 18. Évolution du nombre de parcelles par stratégie.

L'enthousiaste achète d'abord, ce qui donne un avantage aux deux autres durant les premières années. Mais, très vite, les différences de résultats deviennent évidentes. De son côté, le conservateur, qui développe une politique de forte liquidité, est le dernier à acheter. Son évolution présente différente rythmes, associés aux différentes circonstances climatiques et de prix. Néanmoins, ces différents rythmes soulèvent la question de la période adéquate pour en tirer une conclusion, en termes de moment et de durée du segment que doit être choisi pour réaliser l'évaluation.

L'évolution du nombre de têtes indique une même tendance. L'enthousiaste, à partir d'une bonne situation financière de départ et d'une hausse des prix du bétail, vérifiée au début de la simulation et étant données les caractéristiques du cycle d'élevage, a une augmentation très marquée, alors que le conservateur, qui maintient une liquidité et un taux de chargement modéré, est celui dont l'augmentation initiale est la plus graduelle.

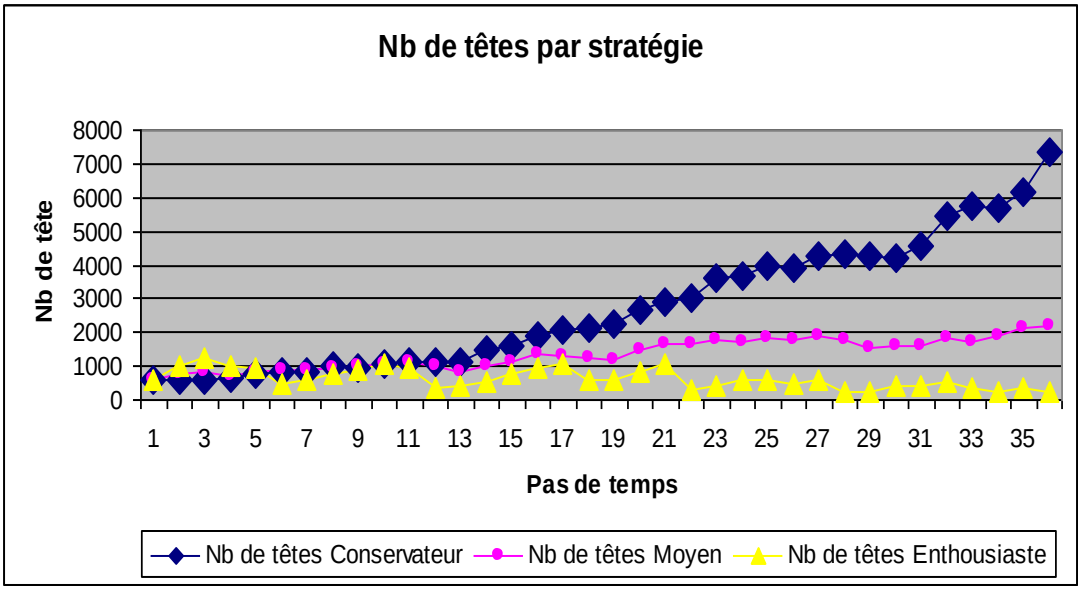


Fig. 20. Nombre de têtes par stratégie.

Chez ce dernier, l'augmentation du nombre de têtes suit celle du nombre de parcelles. En effet, ce qui est d'ailleurs logique, ses gains dépendent de son volume d'affaires, et plus celui-ci est important plus son rythme de croissance l'est aussi.

Dans chacun des cas, l'évolution du patrimoine montre plus de variations que dans celle du nombre de têtes ou de parcelles, car elle est influencée par les changements de prix, aussi bien des animaux que des terres.

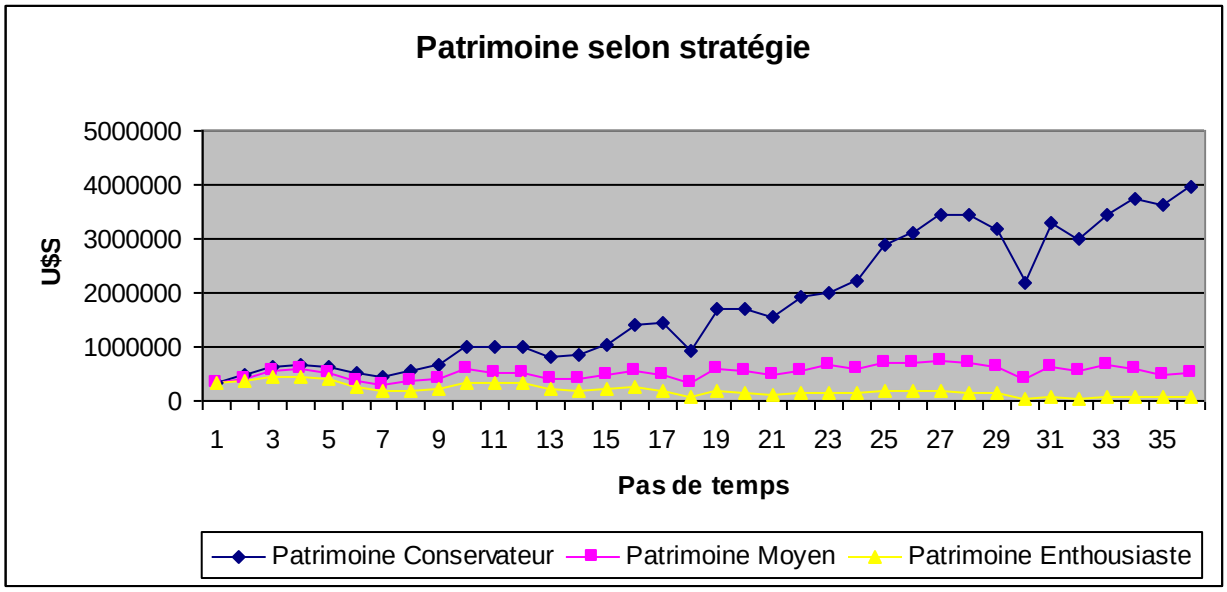


Fig. 20. Evolution du patrimoine par stratégie.

Durant les premières années, les effets du « cycle de l'élevage » sont très clairs. Cela nous permet d'apporter l'une des preuves que nous considérons comme très importante par rapport au contraste de notre modèle avec des données connues. Si nous calculons la rentabilité cumulée moyenne pour chacune des stratégies, le résultat indique que :

- Le Conservateur obtient 7%. Il décuple quasiment son patrimoine en 35 ans.
- Le moyen obtient 2%. Il double son patrimoine sur la même période.
- L'enthousiaste obtient – 1,5%. Il réduit son patrimoine de 60% en 35 ans.

Ces valeurs nous permettent d'établir que le modèle indique des valeurs raisonnablement plausibles. En réalité il est très difficile de documenter l'existence d'exploitations qui ont eu un développement aussi bon que celui de notre « conservateur », mais, même si ces valeurs sont élevées, elles ne sont pas absurdes. Pour ce qui est des deux autres valeurs, elles sont normales et sont semblables à l'évolution de la grande majorité des cas connus. En fait, le cas de l'enthousiaste, de façon très lente mais très claire, manifeste une croissante fragilité, et si nous étendons la période, ce qui est en dehors de notre logique de départ, la faillite lui arrive à la combinaison de mauvaises années, aussi bien climatiques que fourragères.

4.12 L'expression de différents points de vue

Nous pouvons imaginer différents acteurs impliqués et proposer les indicateurs qu'ils pourraient utiliser pour analyser la pertinence de chacune des stratégies :

a. Les « écologistes », cette terminologie comprend tous ceux qui considèrent qu'il faut éviter un surpâturage pour empêcher les dégradations. Ils

préfèrent des sondes du type « taux réel de chargement» et appuient une stratégie de type « conservateur ».

b. Les « politiques », ils préconisent une augmentation de la productivité de la terre en tant que « moteur du développement » des secteurs industriels, des services, de distribution et d'amélioration de la balance commerciale du pays grâce à l'augmentation des exportations. Ils observent des indicateurs du style « production parcellaire » et en concluent que le dynamisme est faible.

c. Les « agents financiers », ils proposent une utilisation des crédits pour pouvoir accélérer le développement des entreprises. Ils s'intéressent plus à des indicateurs d'utilisation des crédits comme ceux des « intérêts payés », et voient les « enthousiastes » comme ceux qui se détachent dans ce domaine.

d. Les « éleveurs » qui privilégient surtout l'évolution sur le long terme, ainsi qu'une certaine stabilité des revenus.

4.13 Corroboration et participation

Nous avons choisi le mot corroborer et non vérifier ou valider dans le sens que lui donne Popper (2002). Dans la mesure où une connaissance qui procède de l'observation peut être invalidée par une autre observation, nous préférons utiliser le terme corroborer, c'est-à-dire soumettre les théories ou les modèles à la preuve, pour qu'ils gardent un caractère « provisoire ». Nous dirons qu'ils ont été corroborés si les observations sont compatibles avec les résultats du modèle. Afin de corroborer, Legay (1997) définit l'expérience comme :

« Tout procédé organisé d'acquisition de l'information qui implique, dans le cadre de l'objectif exprimé, une confrontation avec la réalité ».

Dans notre cas, et en général avec ces types de modèles, il est difficile de corroborer des résultats avec des registres disponibles, ainsi que l'établissent Manson (2000) et Gilbert et Terna (1999). Ce problème nous a donc conduits à choisir la simulation d'une période récente, 1970-2004. Le choix d'une période que nous, ainsi que les autres acteurs impliqués, connaissons bien, augmente

les possibilités d'identifier des résultats absurdes. De plus, nous espérons que l'extension de la période choisie permettra de détecter les différences entre les stratégies simulées. Nous devons considérer, à la suite d'Edmonds et Moss (2004), et de Bonabeau (2002), que les systèmes multi-agents facilitent une correspondance directe entre ce qui est observé et ce qui est modélisé, pour que sa corroboration puisse être anecdotique ou de « sens commun ».

Date	**Lieu**	**Interlocuteurs**	**Commentaires**
Mai 2004	Plan Agropecuario Salto	Techniciens de l'IPA	Discussions des caractéristiques du modèle.
Juin 2004	Association Agricole d'élevage de Salto	Association d'éleveurs, direction de l'Association	Présentation avec Power Point simplifié. Il y a eu accord sur les résultats et proposition de variation des taux d'intérêts.
Juin 2004	Université de la République Régionale Nord	Professeurs de l'Université	Réalisation de l'exécution du programme point par point, examen de l'application des différentes stratégies
Juillet 2004	Salto	Petit groupe d'éleveurs de troisième génération à Basalte	Identification des différents types avec des personnes qui les connaissent et dénomination des différents types de stratégies

Septembre 2004	Salto	Eleveurs de Salto	Identification des trajectoires du modèle, différentes situations s'étant développées. Endettement avant sécheresse.
Octobre 2004	Plan Agricole d'Elevage Mdeo.	Professionnels universitaires assistants du cours de Fonctionnement et Diagnostic global	Un agronome d'expérience a explicitement approuvé le modèle: "ces types d'éleveurs existent, je les connais de"
Novembre 2004	Tacuarembó	Agronomes ayant une longue expérience d'appui aux éleveurs	
Janvier 2005	Florida	Présentation détaillée à un autre éleveur d'une région semblable	Deux mois après nous avons révisé les cas connus. Ils coïncident avec les résultats d'Arapey.

Comme le modèle est une description intuitive en termes d'objets et d'agents (Fig. 3), il est compréhensible et transparent pour la majorité des personnes moyennement familiarisées avec l'élevage en région basaltique. Nous avons pu voir qu'aussi bien des éleveurs que des techniciens associaient la description et les agents **d'Arapey** à des situations et des personnes qu'ils connaissaient. Ils ont également pu confronter les résultats avec leur expérience. Cela est crucial, car la seule solution pour qu'un usager fasse

confiance à un modèle et à ses résultats c'est qu'il puisse contrôler ses suppositions (Sorensen et Kristensen 1992).

a. Des composants et de leur dynamique

Sur ce thème, il y a eu deux types de positions relativement opposées. Dans l'ensemble, il n'y a pas eu de proposition de nouveaux composants pour le modèle. Lorsque nous avons mentionné la possibilité de modéliser des institutions ou des politiques, les personnes qui agissent dans ces milieux ont été intéressées, même quand elles ne visualisent pas vraiment ce qui est proposé. Par ailleurs, il a été suggéré une modélisation des différents changements de conduite du processus opératoire face à diverses circonstances. En même temps, des discussions se sont développées au sujet de la validité des suppositions, surtout par rapport aux conditions dans lesquelles il y a des changements de stratégies. Nous avons relevé un autre thème, celui de la supposition d'une consommation constante, sans modélisation des changements qui ont lieu dans les cycles familiaux. Par rapport à la représentation du cadre juridique ou légal, c'est-à-dire de l'action de l'Etat, il n'y a pas eu de proposition de changement de la part de nos interlocuteurs. Il est notoire que dans les discussions quotidiennes, les faits circonstanciels se référant à la politique, occupent une grande partie de ces discussions, mais au moment d'en discuter les trajectoires sur le long terme, il n'y a pas eu de mention spécifique à ces dernières.

b. Des résultats

Nous avons présenté le modèle à de nombreux éleveurs, représentants d'associations agricoles, d'administrateurs de propriétés et de techniciens, afin de savoir si le modèle correspondait à ce qu'ils connaissaient. Avant d'en

montrer les résultats, nous leur avons toujours demandé quels étaient ceux qui pouvaient être anticipés. Nos interlocuteurs n'ont jamais avancé d'opinions, même lorsqu'ils étaient confrontés à une situation qui leur était très familière. Toutefois, ils ont toujours été d'accord avec les résultats présentés. Le fonctionnement du modèle et de ses résultats leur a permis de construire de nouveaux énoncés cohérents avec ce qu'ils savaient déjà. Il nous est difficile d'évaluer si cela constitue un apprentissage. Cependant, à la suite d'Ison et al. (2000), l'apprentissage peut être défini comme un élargissement du répertoire des options qui peuvent être conduites à terme, selon les critères d'un observateur. De ce point de vue, nous pouvons dire qu'il y a eu apprentissage.

4.14 L'utilisation du modèle en tant que repère conceptuel pour le Projet d'Intégration des Connaissances

Le processus de construction du modèle, ses limitations et ses résultats ont été présentés en détail au corps technique de l'Institut du Plan Agropecuario et, en partie à partir de nos discussions, nous avons élaboré un projet, qualifié comme central au sein de l'Institut, et qui consiste à accompagner les exploitations d'éleveurs avec le double objectif d'améliorer leur fonctionnement et de tirer des leçons pouvant servir à d'autres acteurs impliqués, qu'ils soient éleveurs, techniciens, chercheurs ou politiques. L'idée centrale proposée est qu'il est nécessaire d'identifier les variables et les stratégies qui semblent être essentielles lorsqu'il s'agit de développer durablement les exploitations à long terme. Dans la mesure où nous ne disposons pas d'une description des variables qui affectent cette durabilité, ni de comment influencer les décisions des éleveurs, nous considérons qu'un suivi de 4 ans pourrait permettre d'élaborer un corps de connaissances au sujet de ces variables. Celles-ci pourraient être utilisées à différentes fins, mais surtout pour améliorer le processus d'accompagnement des éleveurs.

Spécialement intéressante, et directement liée à l'image que donne Arapey du fonctionnement des exploitations, la modélisation des décisions stratégiques des éleveurs et de leurs effets au-delà d'un simple exercice est apparue comme importante.

Projet : Intégration des connaissances

I) Antécédents et justification

L'IPA a un *mandat légal* pour que dans le cadre de sa *mission* et *vision* institutionnelle, il exprime les aspirations de la société à « favoriser le développement personnel, familial et humain des éleveurs» et à « promouvoir le développement du secteur ». Il se propose aussi de « soutenir le développement d'un système d'information et d'innovation permanent pour le secteur agricole d'élevage ».

Le fonctionnement du secteur de l'élevage a vécu différentes phases tout au long du temps. L'action des institutions a de façon générale été soutenue par le « paradigme du transfert de technologie », qui a montré ses limites. Il est surtout devenu évident que l'efficacité des processus productifs n'a pas toujours été associée à la bonne marche des exploitations, et qu'en même temps les relations entre le fonctionnement du secteur et celui des exploitations sont diffuses.

La vision qui prédomine quant à l'analyse du système est qu'il faut prendre en considération l'information agrégée (macro), qui ne reflète pas nécessairement la situation des entreprises (micro). Néanmoins, le résultat global est affecté par ce qui se passe au niveau des entreprises, raison pour laquelle une meilleure description du fonctionnement des entreprises et des stratégies appliquées par les éleveurs contribuera à améliorer les actions des différents acteurs impliqués dans le secteur. Elle permettra en particulier d'avoir plus d'éléments pour anticiper les manières d'agir au niveau des exploitations face aux différentes propositions liées aux changements techniques, aux politiques appliquées, etc.

Tout cela suppose qu'il faut proposer un nouveau champ d'observation et d'étude qui n'a pas été pris en considération jusqu'à maintenant, dans le cas de l'Uruguay.

D'autre part, les exploitations ont des résultats variables, pas toujours acceptables, et il n'y a pas eu de propositions satisfaisantes sur une *gestion intégrale* qui réponde aux finalités des Unités de décision-exécution (UDE).

Si nous considérons cette problématique et ses antécédents, nous nous devons de proposer un « accompagnement stratégique » comme **élément central** du travail institutionnel de ce projet. Il s'agit d'établir des relations à long terme qui produisent une amélioration de la compréhension mutuelle entre les éleveurs, les techniciens et les autres acteurs concernés par le secteur de l'élevage.

Cette proposition s'appuie fondamentalement sur trois idées de base :

- L'apprentissage est un processus autodirigé.
- Il existe au niveau des éleveurs des connaissances et des manières de travailler qu'il faut sauver et valoriser.
- Le projet devra faciliter un apprentissage collectif, et éventuellement favoriser une meilleure action d'ensemble des divers acteurs impliqués : les institutions publiques, les organisations privées de différentes natures, les acteurs privés, etc.

Ce projet a été élaboré au sein du Plan Agropecuario. Une formation de tous les techniciens a été mise en œuvre sous le nom de « Modélisation des exploitations agricoles d'élevage et suivi stratégique », dans le cadre de laquelle a été effectuée une révision collective quant à la possibilité d'utiliser une approche globale afin d'améliorer la possibilité de faire des recommandations pertinentes aux éleveurs. L'innovation méthodologique par rapport à celle décrite par Marshall et al (1994) a consisté à proposer l'UML pour modéliser la conduite du système d'opération. Cette modélisation se réfère aux trois domaines sélectionnés, la gestion de la liquidité, l'organisation du travail et la

conduite des principaux processus productifs. Au départ, nous ne proposions pas de simulations informatiques car nous n'avions pas de compétences dans ce domaine, mais nous avons proposé des voies alternatives, malgré tout moins efficaces. Cela comprend l'exploration du fonctionnement du système modélisé dans diverses circonstances, comme les accidents climatiques, les changements de marché ou de nouvelles étapes du cycle familial.

Le processus d'élaboration a inclus une présentation – afin d'obtenir un aval et un appui – faite auprès des associations nationales de producteurs agricoles d'élevage, de la Commission Nationale de Développement Rural, de Coopératives Agricoles Fédérées, de l'Association Rurale de l'Uruguay, de la Fédération Rurale de l'Uruguay, et du Ministère de l'Elevage, dans la capitale du pays. Nous avons aussi réalisé quatre réunions à l'intérieur du pays, Lascano, Tacuarembó, Durazno et Valentín, ainsi que lors de l'Assemblée annuelle de l'Association Rurale de Tacuarembó.

4.15 Autres intéressés

Dans le cadre de notre relation avec l'Université, nous avons réalisé de nombreuses présentations à des degrés différents.

Date	**Lieux**	**Interlocuteurs**	**Commentaires**
Août 2004	Faculté d'agronomie Udelar de Paysandú	Cours de 4º année d'agronomie	Des étudiants intéressés par le thème abandonnent rapidement.
Septembre 2004	Faculté d'agronomie Udelar de	Cours de Systèmes. Master en	Possibilité d'étudier la dynamique des

	Paysandú	Développement Rural	systèmes, y compris dans ses aspects qualitatifs.
Octobre 2005	Faculté d'agronomie Udelar de Paysandú	Cours de Systèmes. Master en Développement Rural	Discussion plus spécialement autour du thème des systèmes d'information.
Mars 2006	Faculté d'agronomie Udelar de Montevideo	Cours option Gestion. Spécialisation en Agronomie.	Des modèles de décisions stratégiques d'agriculteurs français, et leurs correspondances avec des agriculteurs uruguayens, sont examinés.

Cet ensemble de présentations par rapport à une méthodologie qui n'était pas connue, mais qui apparaissait comme adaptée aux problématiques détectées, a entraîné une série d'actions de la part des professeurs et des étudiants de la Faculté d'Agronomie.

Nous pouvons ainsi citer :

- L'application d'UML pour formaliser la conduite des propriétés et examiner les marges de manœuvres. Plusieurs étudiants en spécialisation ont commencé à développer ce travail, ce qui a conduit la Faculté d'Agronomie à

passer accord avec la Faculté d'Ingénierie et à organiser un Cours UML, dans le cadre du cours de spécialisation de la Faculté d'Agronomie.

- L'élaboration, de la part des professeurs d'Agronomie, d'un projet de recherche pour un domaine déterminé, avec le propos de mettre en place une méthodologie participative de modélisation, et, à partir de là, réaliser des simulations multi-agents, afin d'exploiter les trajectoires des exploitations et de leurs effets sur une petite région.

- La mise en œuvre, par la Faculté d'Agronomie, d'un accord avec l'Institut Informatique de la Faculté d'Ingénierie de l'Université de la République, afin de proposer un cours de modélisation avec UML, au niveau du Master de la Faculté.

Chapitre V – Discussion

5.1 L'approche dans la tradition de l'étude des pratiques

L'identification, le modelage et l'évaluation des pratiques ou stratégies

Ce travail s'inscrit dans la tradition de l'étude des pratiques (Landais et Balent 1994), même s'il s'en distingue par rapport aux décisions stratégiques au niveau exploitation, ainsi qu'à l'évaluation de ses conséquences grâce à l'utilisation des systèmes multi-agents. Il peut être compris comme complément des études qui mènent à bien l'étude des pratiques. Chacune des trois étapes – l'identification, le modelage et l'évaluation – par rapport à l'étude des stratégies[1] suppose un changement qualitatif important, un abandon de l'approche normative. Ce changement a certainement eu lieu à partir des travaux de Cristofini (Landais et Bonnemaire 1994), et de Sebillote (1990) qui a proposé un « modèle d'action », largement utilisé, surtout au sein de l'actuel Département des Sciences pour l'Action et le Développement (SAD) de l'INRA et par les agents du CIRAD.

L'un des objectifs est de pouvoir répondre aux questions soulevées, dans le cas qui nous intéresse, par les acteurs du système de l'élevage. Il représente l'élevage comme un système intégré par trois pôles : les animaux, les ressources et l'homme. Dans une approche systémique il faut considérer plusieurs échelles et points de vue. Dans le cas des exploitations agricoles d'élevage, comme dans n'importe quel autre « système d'activité humaine » l'analyse de ceux qui sont directement impliqués est indispensable et coïncide avec ce que propose Checkland (1999) : lors de l'évaluation de l'effectivité ou de la pertinence d'une pratique ou d'une stratégie, il faut définir le « propriétaire

[1] Comme nous l'avons montré dans le chapitre précédent, nous avons, dans le cadre de ce travail, utilisé indistinctement les termes « pratiques » et « stratégies ».

du problème »[2] (Checkland 1999) et en considérer le point de vue. Il est donc nécessaire d'adjoindre aux analyses usuelles d'efficacité, celle d'opportunité et de pertinence, qui constituent un double jugement (Hubert et al, 1993) :

- Celui d'efficacité est le résultat provenant du rapport entre l'usage d'une ressource déterminée et les produits obtenus. Il est constitué à partir de la connaissance scientifique disponible ou des résultats obtenus sur des exploitations pris comme référence.

- Celui d'opportunité, effectivité ou pertinence, mesure le dans quel degré on a atteint par les projets des personnes impliquées.

Nous ne disposons pas de théorie sur les facteurs qui conditionnent et/ou influent sur les trajectoires des exploitations à long terme. Une théorie de ce type devrait mettre en rapport les différents facteurs qui interviennent, y compris les personnes et les institutions. Différentes disciplines proposent des théories qui aident à analyser ces trajectoires dans le cadre de conditions spécifiques distinctes. La synthèse de ces théories est essentielle, même s'il s'agit d'une tâche difficile, puisque ses résultats s'intègrent difficilement dans une compréhension générale de la problématique des différentes trajectoires qui s'affrontent. Ainsi, les conclusions auxquelles arrivent les différentes disciplines ne sont pas toujours compatibles. La problématique, qui dans notre cas est au niveau exploitation, est comparable à celle qui se présente lorsqu'il s'agit d'étudier de façon agrégée le changement d'utilisation et de couverture des sols (LUCC). Ces problèmes méthodologiques ont été examinés par Lesschen et al. (2005).

Dans la mesure où il n'est pas possible de proposer un modèle valable pour tous les types de situation, l'étude des pratiques est une alternative qui prétend arriver à une formulation de généralités d'intérêt général à partir de ce qui est observé, ainsi que le proposent Callon et al. (2002), Perez et Batten (2006) et Moss et Edmonds (2005). Il s'agit de la méthode de travail des « Réseaux d'élevages » (IE 2006) qui est développée par l'Institut de l'élevage en

[2] « Problem owner »

France. Lorsque des systèmes complexes sont étudiés, et qu'ils font apparaître de multiples variables en interaction intriquée et que leur importance change selon les systèmes et les périodes, un raisonnement déductif à partir de principes généraux – que nous ne possédons pas – n'est pas adéquat. Nous devons donc généraliser à partir d'observations. La validité des propositions proviendra de résultats aux origines multiples obtenus à partir de méthodologies différentes, comparés à des donnés aux origines diverses (Legay 1988 ; 1997).

Les systèmes multi-agents permettent d'accélérer cet apprentissage (Lynam et Stafford-Smith 2003). Dans notre cas, ils nous permettront de prouver que les causes de variation que nous avons proposées à partir de l'intuition, dans le sens de Holland (1998), étaient effectivement sources de variation sur la trajectoire suivie par les exploitations.

5.2 L'étude des systèmes complexes

Comme dans d'autres systèmes complexes, tels que ceux de changement d'utilisation des sols ou des trajectoires des exploitations à long terme, l'identification des stratégies et, de façon plus générale, des causes de variation, s'appuie sur une approche narrative (Lambin et al. 2003, Moulin et al. 2004). En effet, le fait de ne pas pouvoir déterminer a priori à partir de modèles théoriques ces causes de variation, la connaissance détaillée de nombreux cas ou histoires reste la meilleure option disponible. Comme le proposent Lambin et al. (2003), une approche narrative, complétée par l'utilisation de systèmes multi-agents, semble être l'option la plus convenable, sans pour autant écarter d'autres formes de récolte, d'analyse et d'interprétation de données, comme les statistiques, les enquêtes, etc.

Le processus général nous semble être bien représenté par la figure suivante, empruntée à Marshall (2000) :

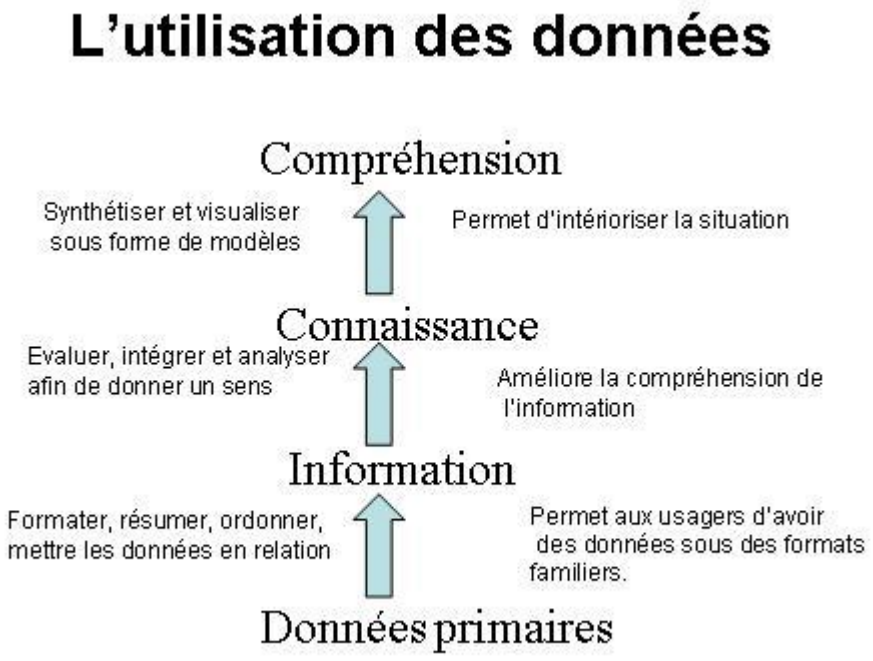


Figure 1. L'utilisation des données d'après Marshall, C. (2000)

Landais (1992b) indique que le défi est d'aller au-delà de simples monographies et d'effectivement identifier les variables de « fonctionnement » qui distinguent les exploitations, et qui peuvent donc être utilisées pour aider les éleveurs.

Décrire les conséquences des pratiques est une tâche délicate. Les effets sont observés directement, alors que les conséquences se développent sur une autre échelle de temps et d'espace, ainsi que sur d'autres objets qui ne sont pas directement visés par les pratiques (Landais et Bonnemaire, 1990). Nous pouvons par exemple mentionner la contamination par les nitrates ou les changements amenés dans l'organisation du travail, qui supposent différentes techniques.

Dans le cas d'Arapey il est possible de prouver qu'à partir des descriptions de pratiques dont les conséquences sont très difficiles à analyser, nous avons pu les explorer grâce à un ensemble de suppositions rigoureusement détaillées. Comme l'indique Axelrod (1998), les systèmes multi-

agents peuvent être vus comme une troisième voie de production des connaissances où la déduction et l'induction sont combinées. Comme dans le cas de la déduction, un ensemble de suppositions clairement établies, à partir d'une simulation ou « expérience virtuelle », permet une généralisation par l'intermédiaire d'un processus de type inductif.

5.3 Les effets des stratégies sur le fonctionnement des exploitations

a. En ce qui concerne la production par tête

La stratégie conservatrice quant au chargement animale obtient de façon consistante une plus grande productivité par animal, avec des pourcentages de mortalité plus faible et une meilleure valeur par animal.

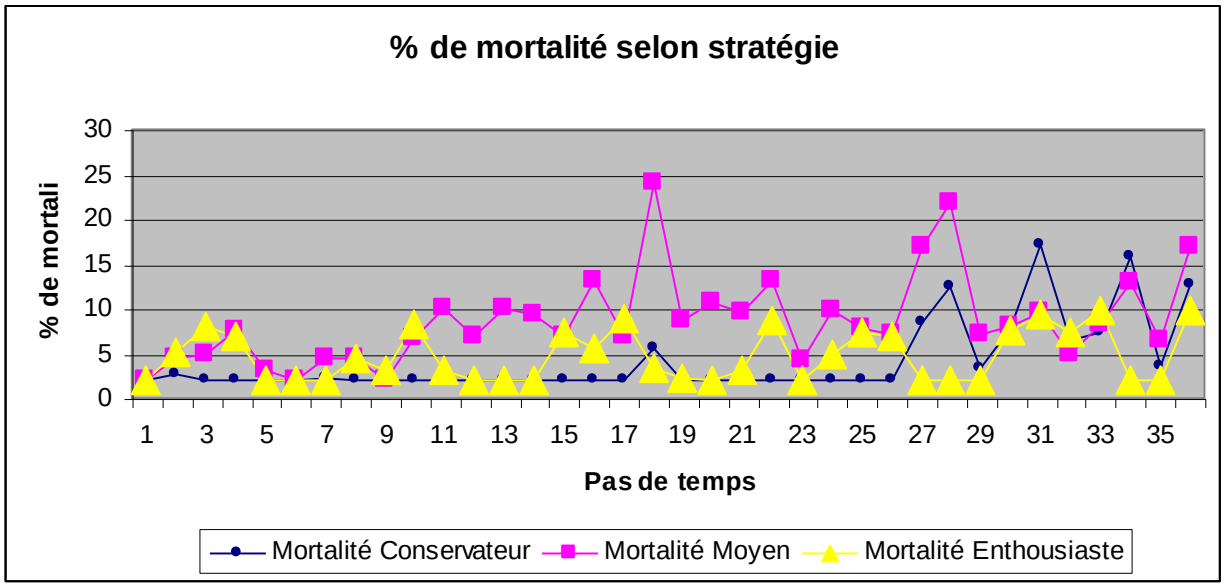


Figure 2 : % de mortalité selon stratégie

b. En ce qui concerne la production par parcelle

Les stratégies les plus risqués par rapport à la charge animale réussissent à obtenir de meilleures productions par parcelle de pâturage. Dans le cas de l'éleveur Enthousiaste aussi bien la stratégie de chargement que la stratégie financière sont risquées. Dans son cas, la production par parcelle est plus variable étant donné que « l'agent-éleveur » Enthousiaste est obligé de vendre du bétail avec une plus grande fréquence, en raison de son niveau d'endettement. L'éleveur Moyen, avec moins de pressions financières, peut maintenir des chargements nettement plus hauts. Ce résultat renvoie à la stratégie « des petits éleveurs lainiers ». En général, la région d'Arapey est la plus importante du pays par rapport à la production de laine. Du fait de ses caractéristiques physiologiques, une production maximale de laine par unité de superficie est obtenue avec des charges comparativement très élevées, ce qui pourrait influencer le choix d'une stratégie risquée quant au chargement, puisqu'il s'agit de l'option qui semble être la plus convenable lorsque la laine est le principal, voire l'exclusif, produit. A l'exemple de la dernière décennie, la baisse des prix de ce produit a mis ces éleveurs en difficulté.

c. Sur les résultats économiques

Le « conservateur » obtient systématiquement plus de revenus nettes (valeur de la production – les coûts + les intérêts) par parcelle. Cette plus grande entrée nette s'explique par une plus faible mortalité, une plus grande valeur des animaux et moins d'intérêts à payer, qui font plus que compenser la production par pâturage. Une plus faible production parcellaire vient du fait que le conservateur maintient un chargement en-dessous de celle qu'il pourrait obtenir.

Dans notre modèle, la rentabilité provenant de l'utilisation des ressources décrites est nettement plus faible que le coût du capital prêté, ce qui est démontré par le taux d'intérêts.

La rentabilité dans le meilleur des cas – stratégie conservatrice – (voir figure n°…) est de l'ordre de 7% en moyenne, le taux d'intérêts étant toujours supérieur à 10%.

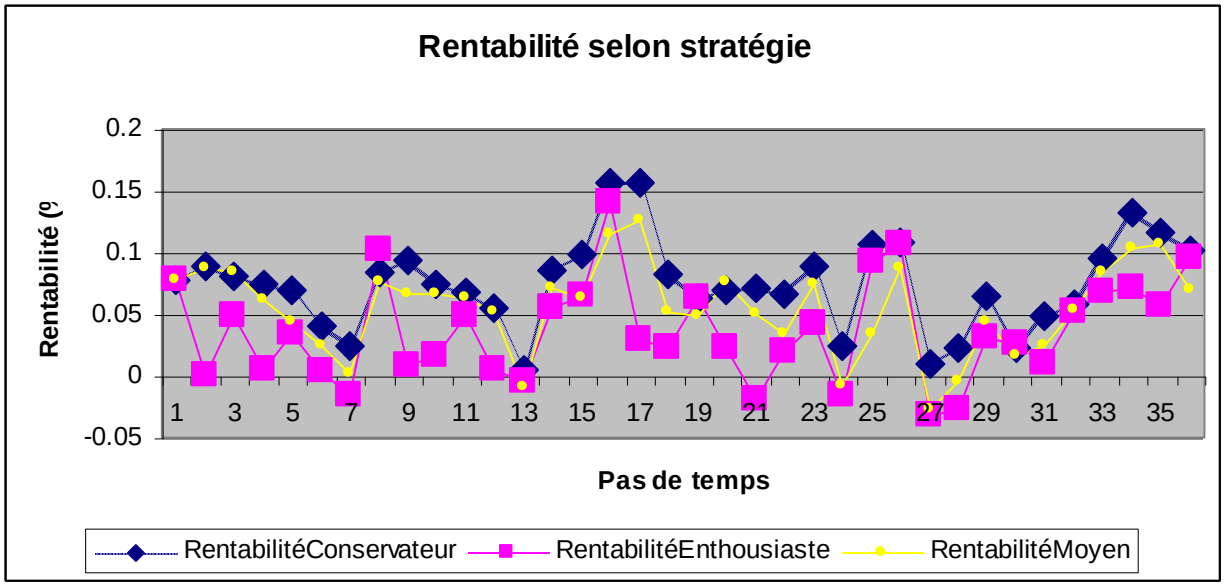


Fig. 3. Rentabilité annuelle par stratégie.

Il est ici évident que la présence de la dette suppose de moindres revenus nets. Cette observation a été réalisée par M. P., économiste de profession qui a participé à l'un de nos cours. Après les avoir obtenus, il est possible d'intégrer les résultats à un énoncé d'ordre général, mais une anticipation reste impossible, car seule la simulation peut rendre le résultat des stratégies. Ainsi, dans ce cas concret, il est nécessaire d'examiner si, avec les suppositions qui ont été faites, la rentabilité obtenue par les différentes stratégies est inférieure ou supérieure au coût de l'argent défini par le taux d'intérêts. Ces résultats montrent un aspect mal compris de la gestion des exploitations : l'utilisation du crédit, tout en s'interrogeant sur le rôle du système financier par rapport aux éleveurs, dans une situation où il n'y a aucun changement technique.

d. Sur les trajectoires à long terme et la flexibilité

L'évolution comparée du nombre de parcelles et du nombre de têtes ou du patrimoine de chacun de nos « éleveurs-agents » joue un rôle d'indicateur synthétique, qui englobe tous les autres. Cela montre que les différences à long terme sont beaucoup plus notables que celles qui proviennent d'indicateurs partiels sur des périodes courtes. N'importe lesquels de ces indicateurs partiels, la rentabilité ou le rapport entre intrant/produit par exemple, peut être très semblable pour les trois stratégies sur des périodes courtes. Le rapport intrant/produit, qui ne tient pas compte des intérêts qui sont remboursés, est pratiquement le même sur toute la période pour les trois stratégies, dans tous les cas il n'indique que de petites différences entre les stratégies. Il n'y a pas de grandes différences contrairement à la comparaison des trajectoires sur des périodes longues. Ces résultats démontrent que lorsqu'il s'agit d'anticiper l'évolution d'une exploitation il faut prendre en compte son niveau d'endettement et l'utilisation qui est faite des ressources produites. Si l'on compare le « Moyen » et le « conservateur », leur différence apparaît lors de la production par tête et sur la valeur du cheptel. Le Moyen destine beaucoup plus de fonds disponibles à l'achat d'animaux qu'à celui de terre. Les animaux se révèlent être un investissement moins sûr puisqu'ils peuvent mourir lors d'années au climat difficile, alors que la terre n'est pas susceptible d'être perdue si facilement. Notre modèle inclut l'utilisation des bénéfices, en supposant qu'ils soient réinvestis dans l'affaire. Il s'agit-là d'une différence avec l'étude de Janssen et al (2004), qui ont utilisé des algorithmes génétiques pour analyser une problématique semblable dans le centre de l'Australie. Ils ont étudié l'évolution de la végétation et le résultat économique annuel d'exploitations aux stratégies distinctes par rapport au chargement animal et aux adaptations face aux variations climatiques. Leurs résultats concordent avec les nôtres quant à la stratégie conservatrice, qui donne des résultats plus

convenables que celles qui sont les plus risquées. Toutefois, à la différence de leur travail, notre analyse ne s'arrête pas au résultat de l'exercice annuelle, il prend aussi en compte l'utilisation des bénéfices, ce qui augmente grandement les différences entre les stratégies. La différence entre les rentabilités obtenues augmente du fait de l'utilisation des revenus produits, ce qui entraîne une plus grande différence lorsque l'on prend en considération l'évolution patrimoniale moyenne (rentabilité accumulée) tout au long de la période analysée. L'étude de Janssen et al (2004) montre qu'il existe de multiples facteurs d'attraction de la végétation. C'est-à-dire que la végétation à laquelle ils se réfèrent peut se présenter sous différents états stables. Dans notre cas, il est évident que des stratégies multiples peuvent se développer dans un même environnement, et que, contrairement à l'idée d'un « modèle unique », il n'y a pas qu'une seule stratégie viable, du moins dans notre modèle, et que plusieurs d'entre elles peuvent coexister.

Dans le cadre de la des exploitations, l'espace environnant les exploitations est variable., ce qui veut dire qu'il faut s'attendre à faire face à des situations moyennes qui ne prennent pas en compte la variabilité présente et qu'il est donc nécessaire de doter les systèmes d'une souplesse suffisante pour qu'ils puissent encore fonctionner face aux variations de l'environnement. Arapey suggère qu'il existe des avantages à ne pas utiliser de façon exhaustive les ressources disponibles lorsqu'il faut faire face à des situations caractérisées par une certaine variabilité.

5.4 La réflexion autour des typologies que propose Arapey

Arapey suggère une utilisation des typologies, ainsi qu'une approche de leur construction, à partir de la possibilité d'identifier des stratégies au niveau des exploitations et de l'exploration de leurs conséquences par l'intermédiaire de systèmes multi-agents, voire d'autres méthodes. Il est possible de caractériser un ensemble d'exploitations par rapport à leurs structures, leurs

actifs, leurs résultats, leurs finalités, leurs stratégies globales ou de beaucoup d'autres manières. Dans Arapey, nous les avons caractérisées par ce qu'elles font, par quelques-unes de leurs pratiques ou stratégies, ainsi que nous l'avons déjà indiqué auparavant. Cette typologie de « fonctionnement », va dans le même sens que celle qui a été proposée par Le Moigne (1990), où il faut « avant tout modéliser un système d'activité » afin de décrire des exploitations ou des « agriculteurs-éleveurs ». Cette méthode transcende des situations très différentes et permet de différencier ce qui est propre au système de ce qui dépend des circonstances (Holland, 1998). Landais et Deffontaines (1990) citent à Cristofini, qui, dans les années 1970 en Corse, a établi certaines observations où il fait référence à une situation qui indique que même lorsque les structures des exploitations sont différentes, les pratiques observées restent stables. Quelques pistes indiquent que cette affirmation est valable : nous avons prouvé, avec l'aide d'agronomes uruguayens, que les stratégies décrites par Attonaty et Soler (1994), par Lemery et al (2004) ou par Dockès et al (2004), pour montrer le fonctionnement des agriculteurs céréaliers de la région parisienne, les éleveurs du Massif Central ou des éleveurs laitiers français, peuvent être utilisées en Uruguay, et que des comportements semblables peuvent être identifiés. Toutefois, ni les résultats, ni les structures, ni les pratiques détaillées de conduite des processus de productions ne sont semblables, si ce n'est qu'ils répondent aux caractéristiques écologiques et socio-économiques où s'inscrivent les exploitations.

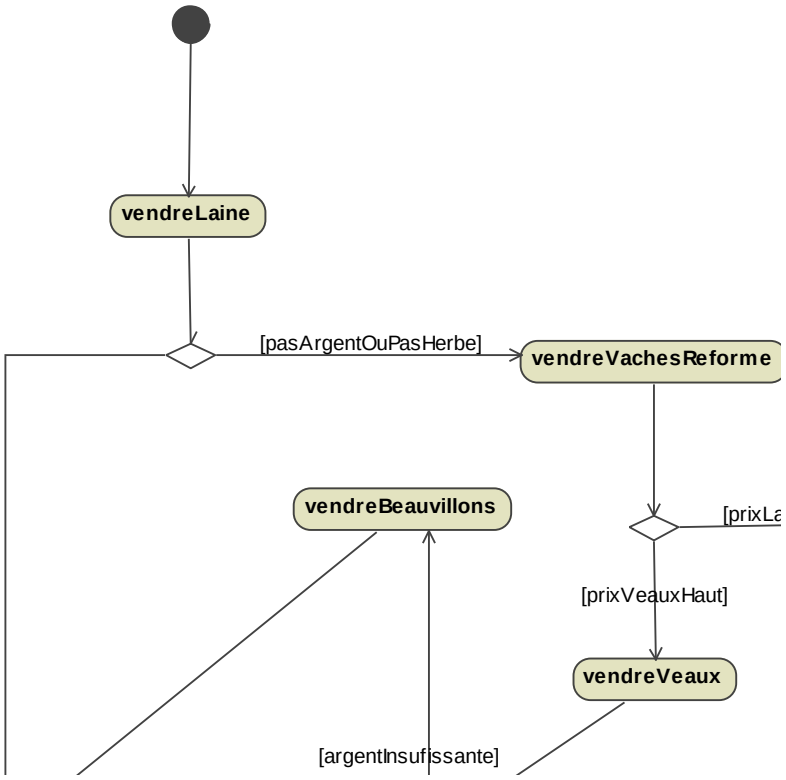


Fig. 4. Gestion de la trésorerie

Dans le cadre d'un autre travail, nous avons modélisé la gestion de la trésorerie (Fig. 4) d'un très petit éleveur – pour l'Uruguay – (200 ha en fermage) et nous avons prouvé que le schéma montré était représentatif de ce que faisaient des éleveurs 10 fois plus grands en surface exploitée. Pour reprendre les mots de M. S. : « je me sens bien représenté par ce diagramme » (décembre 2005).

D'autre part, cette modélisation qui formalise et met en évidence les règles générales qui s'appliquent toujours, ainsi que celles qui sont des adaptations et qui s'appliquent selon les circonstances (Marshall et al. 1994), nous permet de caractériser facilement l'importance relative de chacune de celles-ci et de définir la complexité de la gestion des exploitations, conformément à ce que proposent Hubert et al (1993). Dans la mesure où les décisions qui doivent être prises tout au long d'un cycle productif sont plus

nombreuses, l'attention doit être redoublée car l'exploitation en devient plus complexe. En effet, la représentation de la gestion des exploitations nous permet par exemple de raisonner sur la facilité avec laquelle elles peuvent s'insérer dans un système d'activités qui inclut des activités non-agricoles. A la limite, il est possible de trouver des exploitations qui gèrent toujours de la même manière les processus productifs, indépendamment des résultats. L'administration de l'élevage étant centrée sur une amélioration du système et pas sur une réponse à des situations (Darré et al. 1993), comportement typique des éleveurs extensifs. D'autre part, il existe une gestion où des règles circonstancielles sont appliquées de façon journalière, comme dans le cas des exploitations intensives qui doivent ajuster en permanence le processus productif en recourant en général à des intrants extra-exploitation.

Une des caractéristiques cruciales de la modélisation des exploitations en tant que système d'activité, à l'exemple de la modélisation du travail (Dedieu 1993), vient du fait que cela permet d'anticiper quel sera le comportement du système face aux vues de différentes situations. Ceci peut être développé aussi bien mentalement qu'avec un crayon et du papier, ou grâce à une simulation informatique, à l'exemple de ce qui est fait dans les systèmes multi-agents. Cette prévision ne peut pas être faite à partir de typologies de structures ou de résultats, qui sont, ou étaient, une description habituellement faite par les groupes CREA et les centres de gestion de type Plan Agropecuario. A partir des registres des exploitations, différentes catégories ou types d'exploitations sont élaborés en fonction de leurs structures et de leurs résultats. Dans la mesure où il n'y a pas de description ou de modélisation de ce qu'on fait dans chaque type d'exploitation, il n'est pas possible de prévoir le fonctionnement du système selon différentes situations. Néanmoins, cela est possible avec une description des règles permanentes (d'activités) et des règles d'adaptations (décisions). Nous pourrons ainsi avoir une idée des résultats de l'exploitation après une année de sécheresse ou comment elle réagirait si le prix de la laine baissait. Une simulation à l'aide de multi-agents est l'outil qui permet

d'explorer avec plus de rigueur et de puissance les conséquences liées à la conduite des exploitations, puisque comme le définissent Gilbert et Terna (1999), il est très difficile d'examiner la cohérence d'une description de texte et, selon Simon (1991), de prévoir les conséquences de ce que nous savons déjà.

Arapey modélise les pratiques qui impliquent la gestion de la trésorerie et des investissements à réaliser. Comme il est une description classique « de fonctionnement » il n'y a pas de référence aux structures existantes. De plus, il décrit l'environnement où sont produites ces décisions, il prend en compte quelques facteurs stables dans la « expérimentation virtuelle », comme les coûts familiaux, etc., et explore les conséquences de ces pratiques par rapport à l'évolution des exploitations.

Il faut également prendre en considération le classement selon les objectifs ou les finalités. Arapey suggère – ainsi que tous les modèles que nous avons examinés et qui ont été construits à partir de Cormas – que ces derniers ne sont pas nécessaires pour décrire le fonctionnement du système. Selon Varela (1990), les objectifs font référence à un observateur qui les utilise afin de faire travailler son imagination et de rendre cohérent l'ensemble des observations, à l'exemple de ce qui est fait lors de l'approche globale des exploitations agricoles (AGEA) (Marshall et al. 1994). Toutefois, cette description des finalités ne permet pas de prévoir le fonctionnement du système car, face à des objectifs semblables, les stratégies peuvent être très différentes. L'adéquation des stratégies aux buts demande un certain bon jugement de la part de l'observateur (Marshall 2000, Ericsson et Penker 2000). Comme nous allons le voir plus loin, les SMA semblent particulièrement utiles pour conforter l'analyse, bien que sa mise en œuvre ne demande pas que les objectifs des agents soient décrits.

5.5 Les diagrammes d'activité : ouvrir la « boîte noire » des exploitations

Les propositions généralement faites par rapport à la construction des modèles de conduite ou de gestion du système opérant sont multiples et souvent d'application ardue. Dans la mesure où il existe de nombreux chercheurs qui mettent en place des modèles, sous forme de diagramme, nous pouvons identifier de nombreuses propositions différentes en ce qui concerne la sélection des composants de notre modèle, ainsi que la manière de représenter leurs relations et leur dynamique. Une situation complexe peut être comprise de manière facile, rapide et transmise sans ambiguïtés grâce à des diagrammes tels que ceux qui sont proposés par Hubert B. (1994) et Larkin et Simon (1987). Récemment Lambin et Geist (2006) ont entrepris une discussion autour de l'utilisation de « Box and arrow Frameworks » et ont indiqué que cela permet de :

- Représenter des éléments physico-biologiques et sociaux dans un même cadre,
- Faciliter un travail multidisciplinaire afin de fixer la signification des termes utilisés, ainsi que d'indiquer les différences et l'information nécessaire,
- Fournir un mécanisme de communication convenable avec les lecteurs.

A partir de notre expérience, acquise lors de la modélisation d'Arapey, nous avons proposé de modéliser la conduite des processus au sein des exploitations agricoles d'élevage, par l'intermédiaire de l'utilisation des diagrammes d'activité UML.

Pourquoi l'UML ?

Le langage unifié de modélisation (UML) est un produit informatique qui a subi un long processus d'élaboration. En 1994, trois spécialistes reconnus, Booch, Rambaug et Jacobson ont commencé à mettre en œuvre un procédé

dans le but d'unifier les méthodes de conception de programmes informatiques. Il s'agissait d'organiser ce processus de telle manière que les analystes, les clients, les designers, les programmateurs et toutes les personnes impliquées dans le processus puissent le comprendre et y participer. La communication entre les différentes personnes impliquées représentait une difficulté centrale. En 1997, l'OMG (Object Management Group, http ://www.omg.org/) a approuvé la première version de l'UML. En plus de ces spécialistes, des membres de DEC, Hewlet-Packard, Intellicorp, Microsoft, Oracle, Texas Instruments etc. ont également participé à ce projet. De nombreuses versions postérieures ont également été lancées, l'actuel est la 2.0 et des diagrammes directement destinés à une modélisation des processus d'affaires (Bussinees Process) sont en cours de développement.

L'UML propose 14 types de diagrammes différents et définit un modèle comme « un ensemble de diagrammes », tout en acceptant dès le départ une impossibilité de représenter un système sous un seul diagramme. Six d'entre eux proposent des descriptions de la structure d'un système (le plus utilisé est le diagramme de classes), huit autres décrivent la dynamique du système, c'est-à-dire une séquence d'actions ou d'états de celui-ci (les plus utilisés sont ceux d'activité et de séquences) (Fowler 2003).

L'effectivité d'utilisation de ces diagrammes semble venir du résultat de la consistance du « point de vue » de chacun des diagrammes.

Pourquoi le diagramme d'activité ?

D'après ce que nous avons observé par rapport à l'utilité du diagramme d'activité, nous pouvons reprendre Simon (1991):

« Une circonférence est le lieu géométrique de tous les points équidistants d'un point donné ». « Pour construire une circonférence, tournez un compas, une des pointes restant fixe, jusqu'a ce que l'autre soit revenue à son point de départ» Il est implicite, d'après Euclyde, que si vous mettez en œuvre le processus défini par la deuxième phrase, vous produirez un objet qui satisfera à la définition de la première. La première phrase est une description d'état de

la circonférence, la seconde une description de processus... Les premières caractérisent le monde tel que nous le percevons….Les secondes caractérisent le monde dans lequel nous agissons…..la résolution des problèmes demande un transfert permanent des descriptions d'état aux descriptions de processus. …Nous posons un problème en donnant une description d`état de sa solution…le raisonnement est pour l'essentiel une analyse actions-buts, visant à découvrir une description de processus dont l'itinéraire conduise au but recherché. »

Le diagramme d'activité permet d'examiner les changements qui doivent être réalisés par rapport à ce qui est fait – c'est-à-dire directement sur l'intervention humaine – afin d'atteindre différents résultats et d'ainsi constituer un formidable outil capable de maintenir ou de modifier un système d'activité.

Ici, de nouveau, la modélisation concrète dépend du bon sens de l'équipe qui fait le travail (Ericsson et Penker 2000). En effet, la tâche de définir les niveaux d'abstraction qui doivent être utilisés est délicate, étant donné que l'habilité essentielle de celui qui modélise est de choisir ce qui doit être inclus dans le modèle et ce qui doit en être écarté en fonction de ses besoins (Schmuller 2004, Holland 1998). A notre avis, dans le cadre des travaux du Plan Agropecuario, quelques bons résultats ont été obtenus ainsi que le montre le paragraphe suivant.

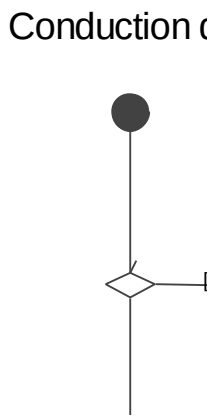


Fig. 5. Conduite du Processus Productif

Ce diagramme représente la logique générale du fonctionnement d'une exploitation d'élevage extensif dans la zone du basalte. Nous voyons comment cette logique générale s'applique à maintenir une occupation et une relation lainière/bovine, qui sont adéquates d'après l'expérience de l'éleveur. Dans ce cas, il s'agit d'un petit éleveur (M. P.) qui n'a pas de contact avec le monde scientifique. Les règles qui sont le résultat de son expérience sont équivalentes à celles qui peuvent être déduites à partir d'une connaissance d'origine « scientifique » comme le taux de croissance moyen, la variation des pâturages, les besoins alimentaires des différentes catégories d'animaux, etc. Cette expérience renvoie à la question soulevée par Sebillote (1990) :

Jusqu'où gagne-t-on dans l'action à remplacer l'empirisme de l'acteur par des procédures de calcul directement issues des connaissances théoriques ?

Le diagramme suivant montre, quant à lui, la conduite du processus productif en interaction avec la gestion de la trésorerie (Fig. 6).

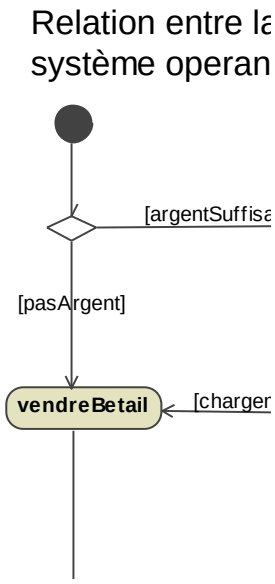


Fig. 6. Gestion de la trésorerie en rapport avec la conduite du processus productif

Nous voyons ici comment la politique des ventes s'appuie sur la norme de conduite du processus productif, en ce qui concerne la charge animale et la trésorerie. Cela montre avec clarté quels sont les décisions et les critères.

Dans le cadre de notre travail sur la confirmation d'Arapey et l'exploitation des idées qu'il propose, nous avons compris que les diagrammes UML d'activité sont particulièrement utiles en tant que support de communication, ainsi que pour partager et exploiter des innovations. Lorsqu'il s'agit d'effectuer une « approche globale », le diagramme d'activité UML permet d'ouvrir la « boîte noire » du fonctionnement des exploitations. Jusqu'alors, nous n'avions trouvé aucune proposition qui soit suffisamment précise et opérationnelle, c'est-à-dire qui aurait pu être apprise et appliquée sur le terrain avec un minimum d'entraînement. Comme nous l'avons déjà dit auparavant, en nous appuyant sur Simon (1990), ce type de diagrammes, qui montrent « le monde sur lequel nous agissons », se révèle être très utile quand il s'agit de

comprendre le fonctionnement d'un système, d'examiner des alternatives et éventuellement de proposer des changements jugés comme des améliorations.

Une des pistes évidentes découle du fait que le diagramme d'activité modélise ce que la personne fait, dans notre cas lors de la conduite de l'exploitation en général ou de quelques processus de production. Lorsque l'on veut améliorer les résultats d'un processus, quel qu'il soit, en interagissant avec des éleveurs, il faut présenter la dialectique du « savoir que », de la connaissance technique, et, du « savoir comment », de la connaissance pratique, sur le même mode que dans le champ de l'intelligence artificielle (Pitrat 1993 ; Cerf et al. 1990) où les connaissances sont «déclaratives » et « procédurières ». Cette définition équivaut à celle de Landais et Bonnemaire (1990).

« Technique » ou « connaissance déclarative » : la connaissance est séparée de son utilisation

« Pratique » ou « connaissance procédurale » : la connaissance est unie à sa forme d'application.

Dans l'étude des processus de production, nous nous sommes appuyés sur la description du processus, pas sur celui de la conduite. En réalité, l'évaluation des conséquences des tâches directement réalisées par les éleveurs en est compliquée. Toutefois, avec les diagrammes d'activité cela devient plus facile, ce qui nous renvoie au travail de Larkin et Simon (1987) qui fait une analyse de la valeur des diagrammes et étudie pourquoi, parfois, les diagrammes valent mieux que dix mille mots. Ils expliquent qu'un texte et un diagramme contiennent autant d'informations l'un que l'autre mais que les diagrammes peuvent se montrer beaucoup plus efficaces. Ces idées mettent en évidence le fait que les diagrammes d'activité sont si utiles lorsqu'il s'agit d'explorer de nouvelles procédures ou d'expérimenter des innovations. Mc Cown et al. (2005), qui s'appuient sur les mêmes critères, proposent d'utiliser les modèles de l' « human activity systems » dans le cadre de la construction de systèmes qui aident aux décisions.

A l'opposé des textes, dans les descriptions des pratiques actuelles ou de celles qui sont proposées, les diagrammes permettent de comprendre à quel point les descriptions proposées sont cohérentes, c'est-à-dire d'examiner le texte ou rapport à partir duquel il est construit en en éliminant les redondances. La cohérence, la précision et l'économie sont donc les qualités qui s'obtiennent grâce à l'utilisation de diagrammes, avec beaucoup plus de facilité qu'avec des textes.

5.6 L'image de gestion des exploitations que propose Arapey et la mise en place de normes

Si notre modèle est plausible, et nous en avons de multiples indications, il faut nous interroger sur l'idée de gestion des exploitations qu'il transmet. Dans ce cas, on représente un système où les pratiques technologiques changent lentement, à l'exemple de ce qui est dit en général au sujet de l'élevage extensif (Balent et Stafford Smith 1994, Landais et Balent 1994). Bien que nous n'ayons pas modélisé les pratiques concrètes de conduite du système productif, la fonction de production ne changé pas tout au long de cette période.

En ce qui concerne la gestion des exploitations, nos « éleveurs » ne font qu'appliquer un ensemble de normes et à aucun moment ils n'anticipent les conséquences de leurs actions. Notre modèle ne présente ni les plans, ni les projets, ni les informations quant à la probable évolution de l'environnement. Les normes[3] sont tout simplement appliquées. Cela renvoie à la discussion de March (1994) au sujet des grandes tendances, lors de sa description de la gestion : l'anticipation rationnelle et l'application de normes, auxquelles se réfèrent également Lemery et al. (2004). Boyd et Richerson (2001) ont établi que le comportement humain est gouverné par des normes culturellement

[3] Rappelons que dans le cadre de notre travail nous considérons que les « normes », les « pratiques » et les « stratégies » sont équivalentes.

transmises et qu'elles contiennent une sagesse accumulée qui permet aux personnes d'agir correctement selon les circonstances, même lorsqu'elles ne comprennent pas pourquoi elles font ce qu'elles font. De leur côté, Gigerenzer et Selten (2001) proposent un ensemble de procédures heuristiques qui conduisent à des processus simples et rapides :

- Ils ne supposent pas nécessairement être en désavantage en face de méthodes plus sophistiquées et laborieuses,
- Ils peuvent exploiter les régularités d'une situation et,
- elles sont spécifiques pour ces situations

Ajoutons que lorsque nous avons développé notre modèle et avons analysé le fait que dans Arapey les normes ne changent pas pendant la période étudiée, nous avons évalué la possibilité de modéliser « l'apprentissage » en tant que changement de normes. Nous nous sommes alors aperçus qu'en réalité nous n'avions pas de modèle sur les changements de normes. Lors de discussions avec nos collègues du Plan Agropecuario, à partir de nos observations et expériences, nous en avons conclu que les stratégies globales des éleveurs ne changent qu'avec de grands événements, internes ou externes au système. Ils peuvent être modifiés par la composition de la force de travail, circonstances familiales, sérieux problèmes climatiques ou de fonctionnement économique, banqueroutes, etc., et qu'en l'absence de ces grands événements les stratégies peuvent être considérées comme durables. Au moment de notre étude bibliographique (Deffuant et al. 2002, Bonté 2004, Walker 2002, Laperrière 2004) nous n'avons pas trouvé de modèles empiriques au sujet du changement de normes. Cette difficulté semble être générale et nous conduit à être d'accord avec Batten (2006) lorsqu'il affirme que la simulation du changement de normes est faite à partir de critères arbitraires sans références empiriques. Etant donné l'importance de la compréhension de la dynamique de la construction des normes, nous constatons qu'il y a donc ici un champ de travail. De nombreuses pistes indiquent que la construction de normes est un

processus collectif associé à un territoire (Lemery et al. 2004, Landais et Deffontaines 1990), ou à des caractéristiques propres aux personnes (Rogers 1983). Toutefois, une synthèse des apports des différentes disciplines ou un ensemble d'observations empiriques, suffisamment précis pour être modélisés et simulées, semble ne pas être disponible.

Dans notre cas, comme nous l'avons déjà expliqué, nous n'avons pas intégré le changement de normes dans le modèle puisque la situation est très stable quant aux pratiques utilisées. Cependant, l'un des éleveurs avec lesquels nous avons discuté le modèle, M. M., nous a demandé de faire une analyse de l'application de différentes normes face à des événements climatiques extrêmes tels que ceux de l'année 2006. Dans cet exemple précis, « des normes répondant à des événements extrêmes », nous disposons d'une description de différentes stratégies utilisées (Fig. 7) (Bartaburu 2006).

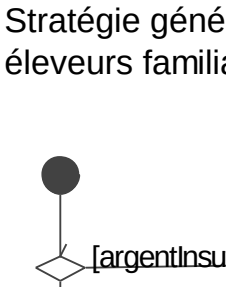


Fig.7. Stratégie général des éleveurs familiaux.

Ces 20 dernières années les stratégies ont changé car la manière dont les éleveurs affrontent les sécheresses ont évolué. Il s'agit d'un cas évident d'apprentissage, compris comme une modification des normes afin d'améliorer l'adaptation. Avec des affinements notre modèle pourrait être utile pour explorer les décisions qui sont prises dans des situations peu fréquentes mais très importantes en ce qui concerne le fonctionnement des exploitations, comme lors de sécheresses extrêmes.

Par rapport au type de normes étudiées par Arapey, il est possible d'identifier de nombreux cas qui suggèrent une stabilité, ce qui a été confirmé par des techniciens expérimentés qui, lorsque nous avons fait notre présentation d'Arapey, nous ont dit de vive-voix «des éleveurs de ce type il y en a, nous les connaissons » (Ing. B.). ces affirmations provenant d'experts indépendants sont précieuses puisqu'elles viennent confirmer la validité de notre modèle (Gilbert et Terna 1999 ; Bonabeau 2002).

5.7 La conception des systèmes d'information

« Il faut être deux pour inventer. L'un forme des combinaisons, l'autre choisit, reconnaît ce qu'il désire, et ce qui lui importe dans l'ensemble des produits du premier. Ce qu'on appelle le « génie » est bien moins l'acte de celui qui combine, que la promptitude du second à comprendre la valeur de ce qui vient de se produire et à saisir ce produit »

Paul Valery

En 1980, Checkland, dans la première édition de « Systems Thinking Systems Practice », a attiré l'attention sur le fait qu'il y avait une tendance à concevoir des systèmes d'information centrés sur l'outil informatique, et non sur l'utilisation des données. Il comprend que si quelqu'un veut concevoir un système (d'information) au service d'un tiers (d'activité), il faut d'abord mettre en place le système (d'activité) devant être servi et, ensuite, le système serveur (d'information).

Dans le cadre de la définition ISO (unit 2001), qui considère que « les informations sont des données qui possèdent un sens », nous nous retrouvons face au problème complexe de la signification des données, qui dépend autant de celui qui les utilise que d'elles-mêmes. Cela renvoie au besoin de connaître notre système d'information. Dans le diagramme d'activités des éleveurs

d'Arapey, nous pouvons voir qu'ils prennent leurs décisions en fonction de la mortalité de l'année en cours, des soldes, du chargement animal, ainsi que du rapport entre les soldes et la valeur de leur bétail. Ainsi, leur système d'information ne comprend pas de variables qui sont toujours supposées être prises en compte, comme les perspectives de marché, ou climatiques, etc. Ces considérations rappellent les travaux des différentes organisations qui appuient la prise de décisions des éleveurs. Il s'agit d'un thème particulièrement complexe, car comme l'indique March (1978) il existe une fonction de « vigilance » des systèmes d'information qui est mise en œuvre par différents agents. Lorsque les données ne s'intègrent pas au processus spécifique de prises de décisions, elles peuvent remplir des fonctions comme de calmer le décideur sur le fait qu'il n'y a pas de nouveautés pouvant conduire à des changements quant à l'action présente. Une utilisation de l'information de ce type n'est pas visible pour un observateur externe étant donné que les systèmes présents ne varient pas, bien que les données soient utilisées.

Arapey montre qu'une modélisation des prises de décisions par l'intermédiaire du diagramme d'activité de l'UML indique le système d'information qui est utilisé. De plus, il propose les indicateurs qui doivent être abandonnés ou incorporés dans le système d'information à proposer, afin que les innovations cherchent une meilleure adaptation du système par rapport au milieu où il opère ou une plus grande pertinence en ce qui concerne les objectifs ou les finalités des décideurs.

Avec ces diagrammes nous pouvons voir que les modifications réalisées dans la conduite des exploitations supposent des changements par rapport aux systèmes d'informations utilisés. Ainsi, par exemple, il est possible d'éprouver les différences qui existent entre la conduite du troupeau selon les propositions des organismes de développement et celles qui sont utilisées mis en place par un éleveur.

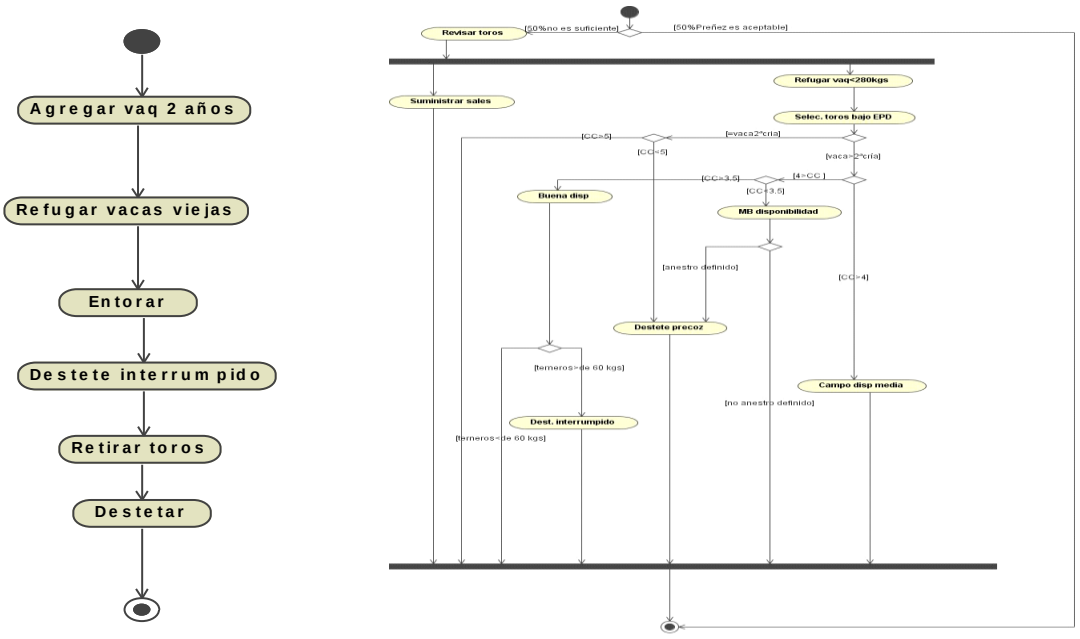


Fig. 8. Comparaison de la conduite du troupeau allaitant par un éleveur et la proposition des organismes de Développement.

Ce fort contraste vient du non utilisation de règles d'adaptations (décisions) de la part de l'éleveur comparée à ce que propose le milieu technique qui utilise des indicateurs afin de préconiser une utilisation de mesures alternatives. Cela arrive concrètement lorsque la condition physique des animaux est évaluée pour savoir s'il faut réaliser ou non un contrôle d'allaitement, et de quel type.

Les deux représentations graphiques ci-dessus illustrent une des utilisations possibles des diagrammes d'activités. Le premier montre la conduite du processus productif de M. D, le second propose une gestion technique qui, dans l'essentiel, utilise la condition physiologique et le contrôle de l'allaitement. Il s'agit ici d'inclure l'état physique de l'animal dans le système d'information, ainsi que de nouvelles règles d'adaptation. Nous avons utilisé ces diagrammes dans nos communications avec les éleveurs et nous avons prouvé qu'ils permettent de transmettre l'information de façon claire, compatible et très peu ambiguë. De plus, l'utilisation des diagrammes en tant que support de dialogue

nous a permis de réalimenter le système et d'incorporer des idées fournies par les éleveurs, ce qui a enrichi nos diagrammes et leurs interprétations. Par exemple, comme l'un d'entre eux nous l'a indiqué, le diagramme proposé fonctionnait pour une année climatique normale, mais il n'indiquait pas que pendant les années climatiques difficiles il faut, pour obtenir un taux correct de couverture, prendre d'autres décisions, comme un sevrage précoce massif, c'est-à-dire de tous les animaux.

Un bon diagramme est un diagramme qui est facilement compris au moment d'un examen collectif d'une situation problématique. Ici encore apparaît le problème du niveau d'abstraction analytique qui doit être utilisé. Le diagramme suivant est une abstraction du précédent, pour que ceux qui sont familiarisés avec le thème aient la même information, mais sous une forme qui rend sa lecture et sa discussion plus facile. La règle proposée par Checkland (1999) et par Simon (1990), à partir de travaux de psychologie et d'études personnelles sur le terrain, suggère que les composants du diagramme doivent être au nombre de sept plus ou moins deux. Notre expérience nous a amenés à considérer que celle-là c'est une bonne règle (Fig. 8).

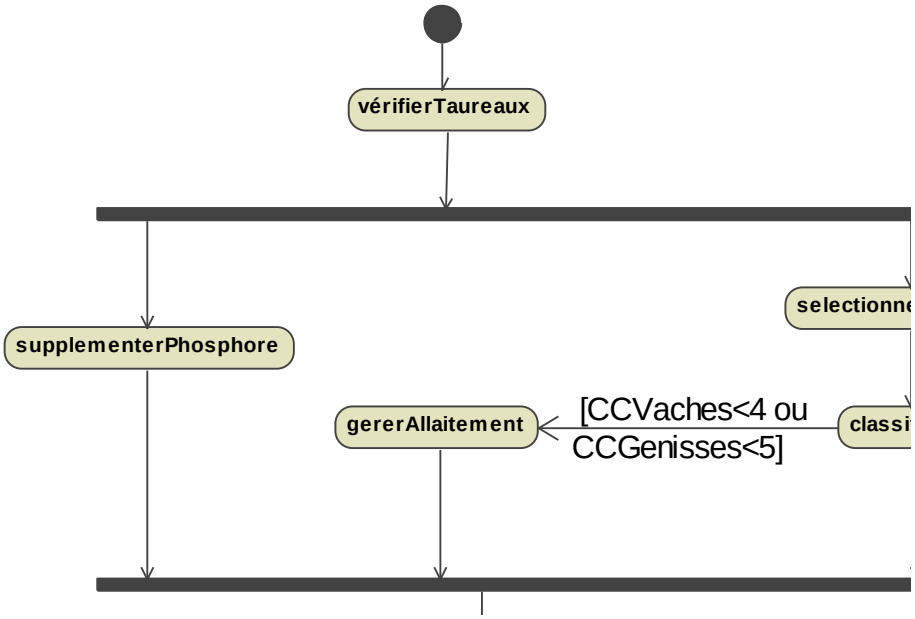


Fig. 8. Un bon diagramme de conduite du troupeau allaitant

5.8 L'utilisation d'UML dans la communication avec les informaticiens.

Pour des raisons pratiques, il n'est pas inutile de rappeler que le langage UML s'est révélé être efficace lorsqu'il a fallu passer du modèle conceptuel à une codification informatique grâce au langage SmallTalk. En effet, une des difficultés de l'utilisation des systèmes multi-agents vient du fait qu'il est indispensable de disposer des compétences nécessaires pour traduire le modèle en langage informatique. Dans le cas qui nous concerne nous avons prouvé que l'explication à l'informaticien de la structure et du fonctionnement du modèle, dans le cadre des modèles UML, a été très rapide et efficace. En Uruguay, où le langage SmallTalk est quasiment inconnu, il est possible d'imaginer que la modélisation et la codification sont du ressort de personnes différentes, ce qui

suggère une situation de travail en équipe, ainsi qu'une utilisation très efficace des quelques compétences disponibles en informatique.

5.9 Les caractéristiques du modèle

a. La non- spatialisation

L'une des principales caractéristiques de la plate-forme Cormas, et de manière générale de l'utilisation des systèmes multi-agents (Janssen 2002), est de permettre de situer les agents dans l'espace de façon à intégrer les caractéristiques environnantes, ainsi que l'interaction sélective d'après la localisation sur l'espace. Il est aussi possible de simuler l'interaction entre les caractéristiques géographiques d'un territoire et l'action des agents qui s'y inscrivent, surtout par rapport aux ressources naturelles. Il s'agit d'une spécificité des systèmes multi-agents et de l'une des causes de l'intérêt de ceux qui analysent l'interaction société – environnement (Parker et al. 2001, Bousquet et le Page 2004). Pour ce qui nous concerne, nous nous sommes centrés sur les stratégies de gestion « d'entreprise » et nous n'avons pas pris comme source de variation les différences d'usage ou de disponibilité des ressources naturelles, pouvant être représentées sur l'espace. Nous avons pris le parti de considérer que l'usage actuelle est durable du point de vue écologique, et qu'elle n'est donc pas modifiée par les usages localisés. Nous nous sommes seulement interrogés sur la viabilité économique des entreprises à partir d'une représentation abstraite de la situation et nous avons décrit dans le détail les normes de conduite de l'entreprise dans son ensemble.

En ce qui concerne la représentativité de situations concrètes, Arapey suppose que les éleveurs décident toujours d'acheter de la terre à une distance raisonnable de leur propriété. Ce type d'interaction renvoie au concept de stigmergy (Bonabeau et al. 1999) qui se réfère à l'interaction entre agents, qui n'est pas réalisée directement mais au moyen de l'environnement. Dans notre

cas, nous pouvons dire que si l'ensemble des éleveurs d'une région ont une bonne situation financière et projettent de rester propriétaires à long terme, il n'y aura pas de terres à vendre. Ils ne sont donc pas directement en interaction, sinon par l'intermédiaire de l'environnement. Dans le cas contraire, une crise financière pourra conduire à une augmentation de l'offre. Ce type de problèmes est exploitable grâce à une représentation spatiale des exploitations. Nous considérons, ainsi que McAllister et al. (2005), qu'à long terme il y a des situations de vente qui ne rendent pas nécessaire une spatialisation du modèle. Dans aucune des présentations d'Arapey faites aux personnes impliquées il n'a été question de cela comme limitation des conclusions générales qui en dérivent.

b. La non-communication entre agents sociaux

L'un des autres points forts des systèmes multi-agents est qu'ils permettent de simuler l'envoie de messages entre agents sociaux, ainsi que leurs remarques, et d'intégrer dans leurs prises de décisions ces messages ou observations. Cela permet par exemple de représenter l'effet d'imitation entre agents, l'action d'institutions qui peuvent diffuser des messages incitant à adopter certaines pratiques (Deffuant et al. 2002), ou d'autres formes d'interaction entre agents sociaux, individus ou institutions. Ce point, auquel il faut plus spécialement faire attention, est fondamental lorsqu'il s'agit d'améliorer la compréhension des changements techniques et des effets de mesures politiques. Il permet aussi de faire une simulation par rapport à la conduite des exploitations réalisée par les différents agents qui intègrent différents réseaux de dialogue (Bonté 2004), du fait des différences d'accès à l'information dues à leurs localisations. A partir de là, il devient possible d'exploiter les effets que cela entraîne sur ces mêmes exploitations, ainsi que sur l'environnement, comme les épandages phytosanitaires (Lapierre 2004), la biodiversité (Bonadeau et al. 2005) ou d'autres.

Une fois encore, nous n'avons pas jugé utile d'inclure cet outil étant donné que nous avions à faire à un système très stable, sans changement de normes pendant la simulation, et que nous ne disposions pas de modèles permettant de simuler des changements éventuels.

c. La complexité

La caractéristique des SMA que nous avons utilisés dans notre modèle est due au fait qu'il est possible d'intégrer l'information qualitative et quantitative à un système qui n'est pas réductible à un algorithme. Ainsi que l'établit Bankes (2002), il existe trois raisons valables d'utiliser les systèmes multi-agents, valides en ce qui concerne l'étude de la problématique proposée par Arapey.

- L'inadéquation des modèles existants quant à la problématique proposée. En général, les problèmes complexes sont ceux qui ne sont pas réductibles à un algorithme (Morin 1977), comme dans notre cas. Il n'est pas possible d'évaluer de façon rigoureuse l'évolution des exploitations d'élevages dont les stratégies sont différentes. La simulation multi-agents nous a permis d'éviter des simplifications ou des postulats irréalistes, voire restrictifs. Nos agents ont pu être modélisé et leurs comportements ont intégré l'information qualitative qui décrit leurs stratégies, alors que la quantitative décrit le développement de leurs exploitations, comme la production par parcelle ou revenu. Nous avons prouvé que la simulation basée sur les agents est un outil qui permet d'avancer avec précision et rigueur sur les problématiques étudiées par les sciences sociales, dans notre cas, la gestion des exploitations.

- La représentation des éleveurs en tant qu'agents est naturelle. Comme nous l'avons démontré, la description des agents correspond à la perception que l'on s'en fait. Moss (2002), Bonabeau et al. (2001), Bonabeau (2002) et Moss et Edmonds (2005) considèrent qu'il est ainsi possible d'obtenir des descriptions plus proches de la réalité, telles qu'on les comprend par

l'intermédiaire des agents impliqués, cela permet de les faire apparaître dans la simulation et que leurs résultats soient facilement et rapidement utilisés, tout en tenant compte des simplifications en usage. Cela vient du fait qu'il n'est pas nécessaire de simplifier le comportement des individus, comme lorsque l'on utilise des algorithmes, et que les comportements hétérogènes sont représentés. La description d'activité est une façon directe de décrire « un système d'activités humaines » (Checkland 1999) et cela entraîne une validation et un étalonnage du modèle de façon interactive. C'est l'un des points essentiels sur lequel nous avons corroboré lors de nos discussions sur la formulation et les résultats du modèle avec les différents agents impliqués dans la situation décrite, c'est-à-dire les éleveurs eux-mêmes. Par exemple, M. S. nous a expliqué que le modèle reproduisait son expérience de gestion de l'exploitation par rapport aux décisions financières en interaction avec les événements climatiques. M. S. a attiré notre attention sur le niveau d'intérêts mis en œuvre dans Arapey, M. M., quant à lui, a rapproché les différentes stratégies des éleveurs qu'il connaissait, et qu'il a nommément identifiés. En ce qui concerne ces d'expériences, prise dans le sens défini par Legay (1996), Moss considère que « Du fait de leur nature, l'analyse des politiques conduit aux systèmes sociaux existants. Par conséquent, il doit exister des personnes impliquées qui sont à la source de l'information… Les personnes concernées et les experts indépendants peuvent fournir des descriptions d'objectifs et de stratégies d'acteurs importants, ainsi que de leurs interactions… Ils peuvent aussi évaluer la plausibilité des modèles utilisés afin d'incorporer ses descriptions aux codes informatiques que constituent les agents. Un bon modèle basé sur des agents devra donc fournir une information sur les caractéristiques et les comportements des agents de façon à évaluer la validité de la représentation du système réel produite par ces personnes impliquées et par les agents indépendants. La participation des personnes concernées… peut conduire à une amélioration de la compréhension du système en question et peut offrir une assistance par rapport à l'exploration de différentes actions qui peuvent être mises en œuvre ».

- L'exploration de l'émergence. Les propriétés des systèmes qui ne sont pas déductibles d'une analyse des parties ne pourront résulter que d'une simulation. Ainsi par exemple la trajectoire des exploitations ou la production parcellaire qui a lieu dans le cadre des systèmes modélisés ne sont pas déductibles de la description des composants et de la dynamique du système, une simulation est nécessaire. Nous pouvons donc affirmer que l'ensemble des observations réalisées, qu'elles concernent la rentabilité, la production par tête, l'évolution de la surface des exploitations, sont des propriétés qui se manifestent grâce à l'interaction entre les différents agents qui ont été choisis lors de la modélisation. Le modèle peut expliquer les résultats obtenus, mais ces derniers ne peuvent pas en être déduits.

d. Les simplifications utilisées lors de la modélisation

Au moment où nous avons réalisé notre modèle, nous prétendions obtenir une image de la situation représentée qui soit relativement transparente et facile à communiquer. Nous avons cru, comme l'a établi Axelrod (1997) que, quand le but du modèle était d'améliorer la compréhension du fonctionnement d'un système, la simplicité des suppositions était essentielle, alors que la représentation exhaustive des détails de la situation ne l'était pas. Cet objectif défini, il devenait nécessaire de revoir si les suppositions utilisées fournissaient des résultats cohérents avec notre propos.

1. Le réalisme des stratégies. Est-il plausible que des stratégies, telles que nous les avons décrites, se développent ? Nous avons vérifié que le fonctionnement du modèle provient de paramètres « normaux » de fonctionnement des exploitations. Après avoir examiné le diagramme d'activité de nos éleveurs, l'hypothèse la plus risquée est celle qui considère qu'aussi bien l'éleveur optimiste que le Moyen ne vend leur produit que si la mortalité est supérieure à 10%, c'est-à-dire que s'il y a une sérieuse surcharge sur ses

terres. Il ne s'agit pas là du seul critère de vente, du fait qu'aussi bien l'un que l'autre limitent leur niveau d'endettement, ce qui entraîne des ventes et des résultats physico-biologiques finalement relativement normaux. Dans tous les cas, nous avons analysé la modification de cette norme et le résultat obtenu par la simulation est semblable.

2. La non-inclusion des 'laineux'. La région est la plus ovine du pays, ce qui a des implications sur l'organisation des exploitations, la périodicité des recettes, le contrôle des risques climatiques et du marché, etc. Si nous faisons une analyse de la capacité de production de bénéfices bruts, il est bien connu que sur un exercice comptable les ovins peuvent amener des bénéfices bruts correspondant à leur valeur. C'est-à-dire qu'une brebis valant 15 dollars peut, sur une année, produire cette même valeur en laine et en agneau. Cela semble indiquer que les 30% de taux de production par rapport au cheptel impliqué n'est pas acceptable. Toutefois, étant donné la relation de prix qui existe entre les deux espèces animales (ovin/bovin) et la charge équivalente possible, il est clair que le capital par unité de surface est bien inférieur avec des ovins, ce que compense des revenus relatifs supérieurs. Ainsi, de façon schématique, 4 ovins qui valent 60 dollars et qui peuvent produire 50 dollars, équivalent à un bovin qui vaut 180 dollars et peut produire près de 30% de sa valeur sur un exercice annuel, avec une prise en compte de coûts associés à sa production qui sont bien supérieurs. En résumé, il est acceptable de considérer que par rapport à la période prise en compte et qu'étant donné les objectifs de notre étude, l'exploitation des conséquences des décisions stratégiques, la non-inclusion des 'laineux' dans le modèle n'a pas affecté la trajectoire à long terme des exploitations, et ce en accord avec nos interlocuteurs.

3. La fonction de production. Pour représenter la production animale obtenue, la structure du troupeau présent n'a pas été spécifiée. Nous avons utilisé un paramètre plus connu sous le nom de « taux de production » qui équivaut au quotient entre la quantité de produit obtenu et le stock de départ sur une période, qui normalement varie très peu entre troupeaux différents. Il

s'agit de mesurer la productivité globale du troupeau. Pour Arapey, nous avons pris, pour des chargements égaux ou inférieurs à la capacité d'occupation foncière et immobilière à l'année, une valeur de 0,3. En associant la production et la capacité de chargement à l'année, nous avons introduit les effets dus au climat, puisque cette capacité est directement affectée par celui-ci de façon linéaire. C'est-à-dire qu'à charge égale sur une même année, la production animale est la même pour n'importe laquelle des stratégies. La valeur utilisée est commune pour des régions d'élevage extensif, elle considère qu'un taurillon de 350 kg produira 105 kg de poids vif par an et, qu'en moyenne, une vache produira un poids équivalent, sous forme de veaux, etc.

4. Les suppositions de prix et leur caducité immédiate. Les prix inclus au modèle n'ont pas directement été tirés d'une série historique et n'ont pas non plus été minorés, ils ne sont que des valeurs représentatives pour toute la série de telle manière que leurs rapports reflètent ce qui s'est passé durant toute cette période. L'indicateur global qui permet de revoir la consistance de ces suppositions provient de la relation entre intrant/produit, qui pour l'élevage extensif oscille pour une exploitation moyenne entre 0,5-0,6.

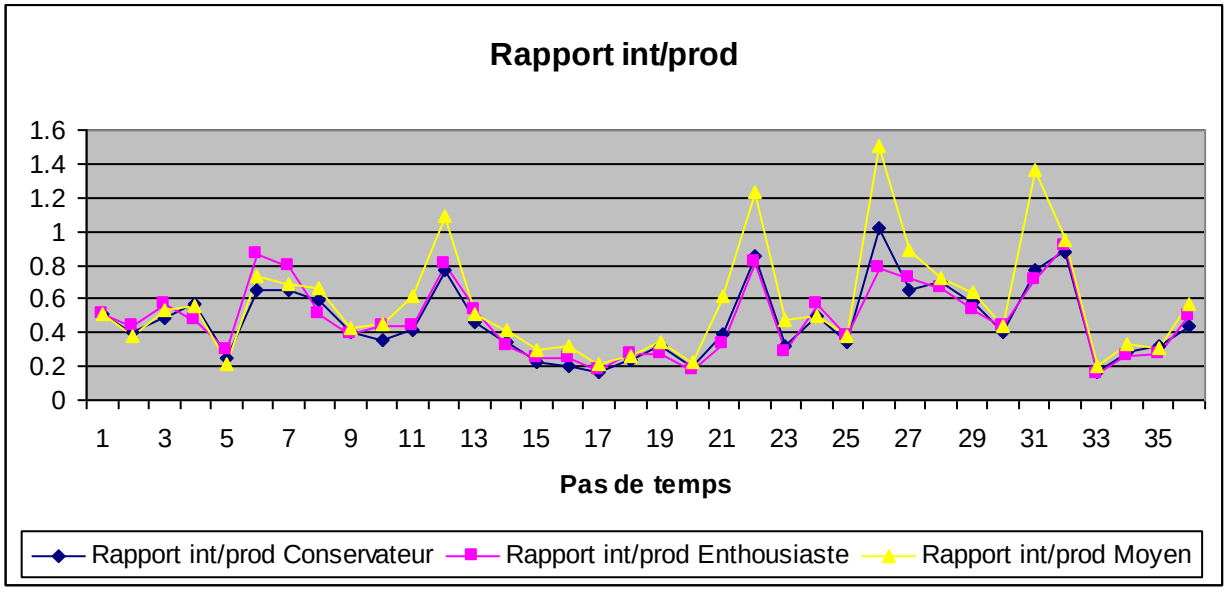


Fig. 9. Rapport intrant/produit pour chaque stratégie

Sur le graphique ci-joint (Fig. 9) nous présentons les résultats de cet indicateur dans notre modèle, pour chacune des stratégies. Les valeurs extrêmes peuvent atteindre ou légèrement dépasser 1, pour des années extrêmement critiques alors que pour des années très favorables il restent autour de 0,25. Par exemple, durant les années 2003-2004, les recettes brutes à l'hectare ont été de 60 dollars avec des intrants de 15 dollars/ha. A l'autre extrême, sur l'exercice 1974-1976, associé au choc pétrolier, après la fermeture du marché européen et un hiver rigoureux, cette valeur a été de près de un. L'observation des résultats de notre modèle nous permet de valider l'hypothèse selon laquelle les valeurs qui ont été utilisées ont maintenu un rapport qui « reproduit » ce qui s'est passé durant ces années. D'autre part, nous avons vérifié les effets du « cycle de l'élevage » du début de la période, ainsi que les effets « du retard cambial[5] », qui ont eu lieu dans la seconde moitié de celle-ci, entre les années 1990 et 2002. Ces événements sont bien documentés (MGAP 2006). L'ensemble des suppositions, liées au prix qui a été utilisé dans Arapey, a perdu sa validité à la fin de la période étudiée. Un ensemble de circonstances a fait que la valeur des terres a sensiblement augmenté ; fin 2006 celles-ci coûtaient deux fois plus chères que les prix affichés dans le modèle. Cela nous amène donc à préciser l'utilité d'un modèle de ce type, surtout en ce qui concerne ses capacités prédictives. De nouveau, nous avons prouvé que dans ce cas aussi, il est très risqué de supposer que le futur ne sera qu'une continuation du passé, même si les variables qui ont été utilisées ont été valides sur une longue période. En ce qui nous concerne et d'après la tradition orale, le rapport entre le prix du bétail et celui des terres d'élevage a été valable durant tout le XXe siècle. De plus, notre documentation montre bien qu'il a été valable sur la période simulée par le modèle (MGAP 2006).

[5] Appréciation de la monnaie uruguyaenne par rapport au dollar

5.10 Arapey: pour une analyse des conséquences des changements actuels

Si le modèle est utilisé comme outil pour une analyse de la nouvelle situation qui s'est installée ces dernières années, période qui a vu une augmentation de la valeur du cheptel d'environ 30% et de la valeur des terres d'environ 150%, il est prouvé que :

- Les résultats ne changent pas qualitativement, c'est-à-dire que la comparaison entre les différentes évolutions entraîne les mêmes conclusions.

Toutefois, comme il était à espérer :

- Le rythme d'accumulation de la terre a diminué pour le conservateur
- La rentabilité de toutes les stratégies a baissé a cause de l'augmentation du patrimoine, même lorsque les recettes sont plus importantes
- Le rapport intrant/produit a baissé
- Les recettes et la « viabilité » ont augmenté dans les trois cas.

Les résultats sont intuitivement corrects étant donné l'augmentation des prix de la terre, des bêtes et de la « stabilité » des coûts. Dans ce nouveau cadre, le résultat est que lorsque la rentabilité baisse, le pouvoir concurrentiel de ce « business » par rapport à d'autres, qu'ils soient financiers, urbains, industriels, etc. diminue. D'autre part, dans la mesure où la supposition d'une évolution semblable des coûts est maintenue, les résultats négatifs sont beaucoup moins fréquents du fait de l'augmentation de la valeur du produit et de l'augmentation de la viabilité économico-financière de toutes les stratégies. La situation actuelle indique une augmentation de la difficulté à acquérir des terres supplémentaires et simultanément plus de viabilité. Dans une situation apparemment complexe, le modèle indique rapidement les conséquences des changements. Il est aussi important de tenir compte de ses suppositions. Arapey n'a pas considéré les éleveurs en fermage, et pour ce groupe, l'analyse

antérieure doit être complétée par l'évolution des coûts de fermages. Nous pouvons alors en conclure que leur situation s'est fragilisée puisque la forte demande de terre à l'achat et en fermage les a placés face à des exigences financières auxquelles ils ne peuvent pas toujours répondre.

5.11 En ce qui concerne la circulation de l'information et le « contrat social »

Son utilisation probable pour des activités avec des éleveurs et d'autres acteurs

Lorsque l'on raisonne sur une utilisation possible d'Arapey quant à l'amélioration de notre compréhension de l'élevage dans le Nord du pays, certains aspects nous suggèrent avec force que :

- Arapey considère que les éleveurs de cette zone maintiennent le même cadre de production depuis 35 ans et que malgré tout il leur a été possible d'agir et de prospérer.
- Arapey considère que la gestion des exploitations peut être décrite de façon très simple. Un « petit » ensemble de normes, dans le cadre des suppositions mises en œuvre peut permettre de décrire la conduite d'un exploitation de ce type.
- Aux niveaux des politiques et des corporations il est intéressant de remarquer que pour Arapey les institutions n'existent pas. En effet, les éleveurs ne prennent en compte que quelques signes environnementaux, comme par exemple l'interaction du climat et du taux d'occupation parcellaire ou les prix.
- En ce qui concerne la gestion des RRNN, le cadre proposé par Arapey est que dans les limites définies par les différentes stratégies, ces RRNN ne sont pas endommagés.

L'une des premières utilisations possibles imaginable est qu'il peut apporter son soutien à une discussion collective au sujet de l'évolution probable

de la zone. Dans les zones de parcours il existe des perspectives de conflits par rapport à l'amélioration de l'usage qu'il est possible d'en faire (Stuth et Stafford Smith 1993). D'autre part, la mise en place d'une vision partagée peut permettre de stimuler de façon tout à fait valable une action collective. Dans le cas de l'Uruguay, ainsi que d'autres pays, il y a une tradition très ancienne qui associe une absence de cultures aux « retards » technologiques et sociaux (Finch 2005). Dans le parc des expositions de l'Association Rurale Argentine à Buenos Aires nous pouvons lire : « Cultiver la terre c'est aider la patrie », ce qui met en relief l'idée selon laquelle dans les zones où il n'y a pas de cultures, il y a des « retards », ou pour le moins une structure socialement moins acceptable. Dans les discours récents des représentants politiques ou de corporations, la zone d'Arapey est vue comme une région qu'il faut aider. Les limitations, dues aux ressources naturelles et aux infrastructures de services, associées à une très faible densité humaine rendent difficiles toutes prétentions à considérer que cette région puisse être «comme les autres ».

L'image mise en place par Arapey, et qui a été confirmée par des personnes qui connaissent bien cette région, est celle d'une zone très stable, aussi bien en termes de paysages, sociaux ou autres, où il existe des normes de conduite des exploitations résultant d'une histoire et qui fonctionnent sans faire appel à la « révolution technologique ». Ainsi par exemple, il y a plus de 200 ans, en 1804, un naturaliste espagnol, Azara, a fait un voyage en Uruguay et a décrit le fonctionnement de ces « estancias ». Selon lui, il y avait un travailleur salarié pour environ 500 têtes et que parmi eux seul le contremaître avait le droit d'avoir sa famille sur l'estancia, ce qui provoquait toute une série de conséquences sociales dans ce milieu rural (Street 1959). De nos jours, cette description est restée valable.

Une deuxième utilisation d'Arapey provient de l'appui direct qu'il peut fournir à une prise de décision au niveau des exploitations. Il permet de mettre en œuvre un jeu de rôle qui conduit à la constitution d'un espace interactif pour les éleveurs et/ou les techniciens. Cela pourrait permettre de réalimenter

le modèle pour savoir quels sont les affinements ou les nouveaux développements que suggère cette analyse collective. Il peut arriver que cela entraîne la construction de modèles complètement différents. En ce qui nous concerne, nous n'avons pas utilisé cette procédure, faute de temps. De plus, il semble que ce type d'interaction en « tête à tête » entre différents agents impliqués fonctionne correctement si ces derniers ont un statut social semblable, comme dans le cas de SelfCormas (Bousquet et al. 2002), mais que de nombreuses difficultés apparaissent lorsqu'il s'agit de mettre en place une participation égalitaire d'agents dont l'insertion politique ou sociale est très différentes (Dray et al. 2006 ; Röling 1994).

L'utilisation la plus importante que nous en avons faite jusqu'à maintenant est celle d'une « source d'idées » (Holland 1998) en tant que propositions qui peuvent améliorer le travail effectué par les institutions qui réalisent l'accompagnement des éleveurs. L'identification, la modélisation et l'évaluation des pratiques ou des stratégies ont été acceptées comme un complément inéluctable des analyses « d'efficacité des processus » qui sont normalement réalisées.

5.12 La participation en ce qui concerne l'élaboration du modèle

Dans le processus d'appui aux prises de décisions il est important que les usagers puissent avoir accès aux hypothèses utilisées dans le modèle, aux caractéristiques de sa structure, à son fonctionnement et aux résultats de sa simulation, et puissent les comparer à la connaissance accumulée qu'ils ont de la situation et aux informations d'autres sources dont ils disposent. Cela pose le problème de la communication entre personnes de traditions différentes, qui de façon extrême viendraient du « monde de la science » et du « monde de l'élevage ». Dans le cadre de l'approche de la « Modélisation d'Accompagnement » développé par la communauté Commod (Cormas 2006) et

plus particulièrement par le groupe Green, le cas le plus extrême de construction participative est probablement celui qui a été décrit dans la bibliographie sous la dénomination SelfCormas. En effet, un ensemble d'agriculteurs et d'éleveurs africains au niveau d'éducation formelle très bas, ont participé à un jeu à partir duquel différentes stratégies ont été modélisées, ainsi que les relations entre les acteurs et leur environnement écologique. De plus, la simulation multi-agents réalisée grâce aux informations provenant du jeu a été utilisée comme support de négociation lors d'une situation de conflit (Bousquet et al. 2002 ; Le Page et Bommel 2004).

En ce qui nous concerne, le modèle a pris forme dans le cadre d'un séjour à Montpellier, ville où l'interaction directe avec les agents impliqués n'était pas possible. Des interrogations sont donc apparues par rapport à l'outil SMA et à la représentation des exploitations d'élevages en tant que systèmes autonomes. Il s'agissait de mettre en évidence l'existence de sources de variations dans les trajectoires des exploitations, distinctes de l'environnement climatique et économique, de la conduite du processus productif ou du niveau de consommation des familles. Nous voulions aussi que le modèle puisse éventuellement servir de base de dialogue, voire d'échanges. Ces considérations sont devenues centrales lorsqu'il s'est agit de mettre en place la structure du modèle, ainsi que de ses détails, mais elles ont surtout été utilisées pour construire les capteurs ou les accès de la simulation, de façon à les faire coïncider avec les indicateurs utilisés par les agents impliqués, conformément à ce qui a été proposé par Barreteau et al. (2005) pour qui il fallait séparer la construction du modèle de son utilisation prévue. Ainsi par exemple, le taux interne de rotation n'est normalement pas utilisé par les éleveurs, il n'est donc pas utile lorsqu'il s'agit de vérifier le modèle avec eux. Au contraire, l'évolution de la superficie des exploitations est utilisée en tant qu'indicateur de l'évolution de soi-même et des autres. Cette possibilité d'observation des voisins et les comparaisons d'évolution qui en découlent en font une variable « publique ». Il est donc très important de l'intégrer en tant que « variable de sortie » du

modèle, avec les descriptions des stratégies et de l'environnement modélisé, qui sont faites directement ou à l'aide de diagrammes. Tous ces éléments constituent les outils qui permettent à différents spécialistes ou d'autres personnes intéressées d'avoir accès au modèle.

Arapey s'est appliqué dès son élaboration à maintenir une perspective d'utilisation sur le terrain. Il fallait surtout faciliter son contrôle, en particulier quant à la description du fonctionnement du modèle et au choix de variables d'usage courant au sein de la communauté où il allait être mis en œuvre.

5.13 Le modèle dans l'apprentissage collectif sur l'évolution des exploitations sur le long terme

L'intelligence collective se définit comme la capacité d'un ensemble d'agents hétérogènes à réaliser des tâches qu'aucun d'entre eux ne pourrait réaliser individuellement. Pour cela, il faut la présence d'un rapprochement actif et non-agressif (Bonabeau 1994). Ces définitions peuvent être utiles lors de la mise en œuvre d'une utilisation collective d'un modèle de cette nature. Il faut aussi considérer qu'une stratégie effective d'apprentissage doit entraîner une réflexion critique dans le cadre d'activités routinières (Paine et al. 2000). Arapey propose une image particulièrement riche quant à la dynamique des exploitations dans un secteur défini et met en place une analyse de trajectoires à long terme afin d'identifier les pratiques qui expliquent les différences entre ces dernières. Cette analyse a été prise en compte par le noyau central du projet d'Intégration des Connaissances du Plan Agropecuario. Le niveau d'analyse privilégié est celui de l'exploitation familiale à long terme, dans le cadre d'une perspective plus large que celle du résultat de processus productifs d'un exercice agricole.

La modélisation et la simulation ont éveillé l'intérêt des étudiants et des professeurs de la Faculté d'Agronomie, ce qui a amené des actions concrètes, de nouveaux cours et projets. Nous pouvons donc affirmer qu'il y a eu des

changements de comportements, ce qui signifie qu'un apprentissage a eu lieu, conformément à ce qu'Ison et al. (2000a) ont défini. Ces auteurs considèrent qu'un apprentissage a lieu lorsqu'il y a des changements réels ou potentiels de comportement, définis par un observateur. Dans les trois cas que nous avons cités :

1. un nouveau projet de Plan Agropecuario
2. un nouveau cours à la Faculté d'Agronomie et
3. un nouveau projet à l'Université,

Il s'agit de modifications concrètes réalisées par des agents « techniques » ou « académiques » liés à l'élevage. Dans le cas des quelques éleveurs qui ont eu accès au modèle et à ses résultats, l'apprentissage n'est pas si évident. En tant qu'observateurs nous ne pouvons que dire qu'ils ont peut-être adoptés de nouveaux comportements, mais en aucun cas, lors des discussions que nous avons eues avec eux, ils n'ont manifesté une quelconque volonté de changer ce qu'ils avaient réalisé jusqu'alors.

a. Sur l'évolution de la région

La Modélisation d'Accompagnement peut être définie comme une enquête/action qui propose une utilisation privilégiée des systèmes multi-agents.

« *Selon les situations, la production de connaissances ou de points de vue sur un système donné pourra se traduire par :*

i. une amélioration de la connaissance des acteurs-décideurs.

ii. une facilitation de la concertation entre acteurs (expert compris), au moyen d'un cadre de discussion et de partage de l'information, un échange de points de vue, de connaissances, de croyances entre acteurs

iii. *une aide à la négociation, visant ici un rapprochement de points de vue divergents dans une situation donnée de conflit»* (Cormas 2006).

Dans notre cas, nous pouvons affirmer que ces trois objectifs ont été atteints, ce qui est important dans le sens où le modèle suggère non seulement l'évolution probable des exploitations mais aussi de la région. Ce qui prouve que les SMA sont spécialement adaptés lorsqu'il s'agit de mettre en place des visions partagées et d'appuyer une prise de décision collective par rapport à la gestion des ressources naturelles constituées par le territoire d'une société (Lambin et Geist 2006 ; Bousquet et Le Page 2004).

5.14 En ce qui concerne les réflexions que cela suggère

a. L'existence de variables lentes et la difficulté d'apprentissage

Ainsi que l'ont établi divers analystes (Holland 1998 ; Lynam et Stafford-Smith 2003), les systèmes complexes se caractérisent par une série de variables dont l'évolution dans le temps est différente. Certains cycles ou dynamiques annuels sont relativement faciles à identifier et à accompagner pour ajuster les processus lors de leurs différentes étapes. D'autres, comme le phénomène El Niño sont pluriannuels et leur identification peut prendre des siècles, voire des millénaires, ils existent même des cycles à échelle géologique ou astronomique. Dans tous les cas, l'identification des variables essentielles n'est pas toujours aisée. Dans notre cas, Arapey met en évidence que les conséquences des différentes stratégies ne sont appréciables qu'après 10-12 ans, selon l'indicateur utilisé. Les indicateurs qui ont été utilisés sont plus ou moins publics, ce qui rend plus facile les observations des éleveurs dans la vie réelle. Si nous supposons que l'évaluation faite par les agents au sujet du mode de conduite de leurs exploitations est une combinaison de la comparaison et de l'évolution de leurs exploitations avec d'autres propriétés semblables, nous

revenons à la problématique du changement de stratégies. Quelles peuvent être les observations faites par nos agents (éleveurs) chez les autres ? il est ici possible de proposer des indicateurs publics, comme l'évolution de la surface des champs de la propriété. Au contraire, des indicateurs qui pourraient fournir des pistes à court terme, tels que le patrimoine (actifs-dettes) ne sont normalement pas observables par des tiers. Cela montre toute la difficulté qu'il y a à identifier les variables qui sont concernées (Holland 1998 ; Dörner et Schölkopf 1991).

Arapey a été présenté à différentes personnes impliquées, surtout à des éleveurs et à leurs représentants. Comme nous l'avions supposé lors de la réalisation du modèle, personne n'a été capable de prévoir les résultats. Même lorsque ces personnes démontraient avoir compris quels étaient les composants et leur dynamique, et avoir accepté l'idée que le modèle représentait de façon acceptable une situation qui leur était très familière. Cependant, après avoir pris connaissance des résultats de la simulation, ils ont reconnu qu'ils représentaient bien ce qui leur était arrivé. Comment pouvons-nous expliquer cette apparente contradiction ? Ainsi que l'explique Axelrod (1997) le fonctionnement du modèle a été capable de mettre de l'ordre et de rendre cohérente une série de faits préalablement connus. Il a proposé de nouvelles définitions pour savoir comment arrivent les choses. Il a été capable de mettre en place des « énoncés enseignables » (Landais et Bonnemaire 1990). L'image de l'évolution des exploitations fournit par Arapey a été capable de restructurer les modèles mentaux en vigueur. Dans ce sens Arapey a fonctionné en tant que « laboratoire virtuel » capable d'accélérer l'apprentissage (Lynam et Stafford Smith 2003 ; Bousquet et al. 1999 ; Holland 1998). Ce résultat est probablement l'un des plus importants de notre travail.

b. L'examen des décisions stratégiques

L'examen des décisions stratégiques est un champ d'études qui présente des difficultés particulières.

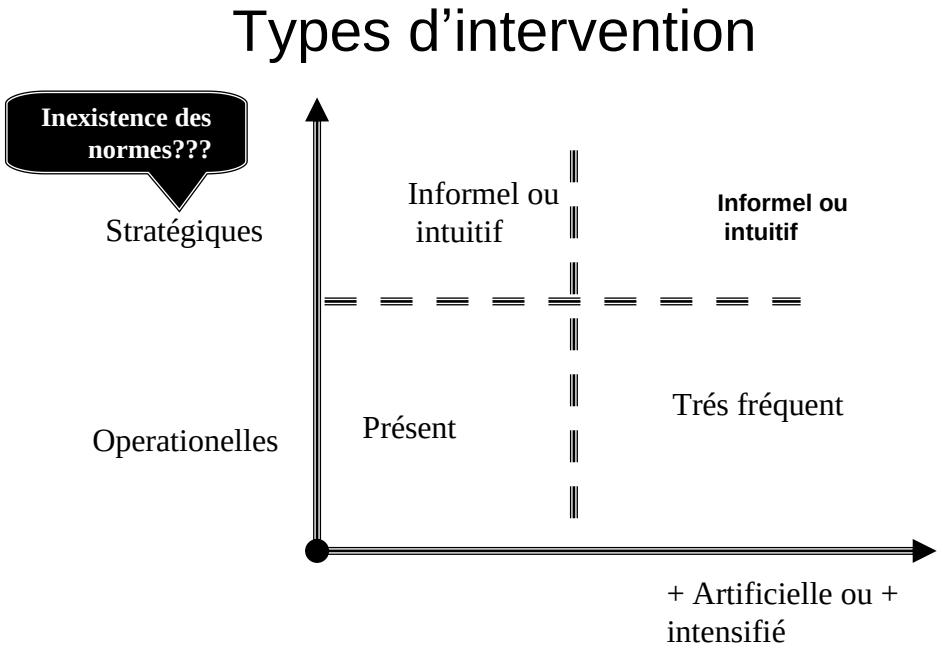


Fig. 10. Différents situations d'intervention des « experts agronomiques »

Le tableau ci-dessus (Fig. 10) est une généralisation des situations où les techniciens assistent les éleveurs ou les agriculteurs en situation de production. Il indique que lorsqu'il s'agit de prendre des décisions d'opération en situation de forte intensification, dont les normes proviennent surtout du monde technique, la présence d'un accompagnement et d'assistance technique est fréquente. D'un autre côté, dans des situations plus extensives, cette présence de personnel technique est moins fréquente, surtout lorsqu'il s'agit d'élevage car l'intervention a directement lieu sur les animaux (O'Reagan et al.1999). Quand les décisions sont stratégiques, l'ensemble des normes provenant du monde technique se réduit substantiellement, et les outils proposés, comme ceux de l'évaluation économique à long terme (Van ou Tir) supposent l'acceptation d'un ensemble d'hypothèses et de simplifications dont la validité est douteuse, ce qui entraîne une série de précautions qui poussent souvent les techniciens à considérer « qu'il ne s'agit pas de problèmes

techniques ». Toutefois, il existe une demande, à l'exemple de cette lettre adressée par un groupe d'éleveurs aux techniciens du Plan Agropecuario et qui pose les questions suivantes :

1 – Comment les facteurs macroéconomiques vont-ils nous affecter ?

2 – En tant qu'éleveurs devons-nous complètement modifier notre cycle ?

3 – Nous n'avons pas des dettes, nous louons une ferme et nous devons l'occuper, c'est bon pour nous d'obtenir des crédits ?

L'analyse collective des conséquences dues aux différentes décisions de ces choix semble extrêmement complexe, et les SMA apparaissent être les plus appropriés pour y répondre. Selon Batten et Perez (2006) au sujet de l'utilisation des SMA :

"It is a science that fully embraces the complexity of our surrounding world. It is also a science that addresses the frontiers of interactions between human behaviour and environmental responses. Furthermore, it is a science that challenges our limited understanding and treatment of uncertainty. And finally, because it is socially embedded, it is a science that can generate partnerships with local communities in a constructive manner."

Les réponses apportées par les étudiants de la Faculté d'Agronomie sont également très intéressantes. Lors de la présentation des différentes trajectoires d'exploitation, mais sans présentation du modèle, ils ont proposé comme cause de la variation :

1. Le transport des capitaux de l'extérieur vers la propriété
2. Les différents objectifs des éleveurs
3. Les différentes pratiques de gestion du système productif.

Aucune de ces variables n'est la cause de la présente variation dans Arapey, qui exploite les conséquences de décisions stratégiques différentes des pratiques de gestion (3^{e} cause citée pars les étudiants) ou l'interaction avec l'environnement extérieur (1ère cause citée par les étudiants). Cette expérience suggère que les SMA sont des instruments à privilégier lorsqu'il s'agit

d'analyser ce type de décisions. De plus, elle met en évidence que les instruments provenant de l'économie amènent des suppositions trop importantes pour être appliquées, et qu'un apprentissage à partir de l'expérience est particulièrement compliqué. Les SMA en tant que « laboratoire virtuel » peuvent accélérer l'apprentissage en incorporant des variables qualitatives, ce qui augmente son réalisme et sa capacité à être un support effectif de prises de décisions.

c. La connaissance nécessaire

L'une des questions soulevée par Arapey est : Que doivent savoir les agents pour s'adapter et survivre ? Si nous observons la prise de décision chez « les agents-éleveurs » d'Arapey, nous n'y trouvons aucune représentation au sujet du fonctionnement biologique ou économique du système. Ils appliquent des normes simples qui leur permettent d'agir et, dans certains cas, de prospérer.

Tout cela renvoie à ce qui a été exprimé par Anderies (2002) qui, dans son examen de l'interaction de la société avec un écosystème, indique que le concept de « gestion d'un écosystème » est peut-être inadapté, et qu'il devrait être remplacé par un « vivre avec ». Lambin (2004), quant à lui, considère cette option comme la seule possible au niveau global, compte tenu d'une insuffisance évidente de nos connaissances et ressources face à la « gestion » de l'environnement. Dans le cas de l'élevage extensif, il s'agit d'une option de »vivre avec » (Morales et al. 2003) que le rend l'activité agricoles la plus durable (Heistchmidt 1995 ; Jobággy 2005).

D'après nos observations, la connaissance empirique des éleveurs semble partielle et très limitée, comparée à ce qui nous pouvons appeler de « connaissance scientifique », même s'ils utilisent avec efficacité des processus biologiques pour atteindre leurs objectifs. A la suite de Sebillote (1990) nous pouvons nous demander dans quels cas il est convenable de remplacer

l'ensemble des indicateurs utilisés par les agriculteurs-éleveurs par d'autres provenant du monde technique. Cependant, et de façon très variable selon les différents environnements écologiques et socio-économiques, les normes provenant du monde technique peuvent être intégrées afin d'améliorer le fonctionnement des systèmes, dans le respect des points de vues des personnes impliquées, car comme le rappelle McCown et al. (2005) : personne ne peut résoudre des problèmes particuliers sur la base de critères qui ne l'appartiennent pas. Nous pouvons donc affirmer que l'ensemble des outils qui ont été utilisés dans ce travail ont contribué à faciliter l'échange de points de vue et de connaissances qui peuvent conduire à de meilleures prises de décisions. Ces instruments peuvent faciliter une symbiose (Bradbury 2006) ou meilleure relation des agents-éleveurs, et plus généralement de n'importe quelle société, avec leurs environnements.

Chapitre VI - L'intégration des connaissances

6.1 Le défi d'intégrer des connaissances

« *We are drowning in information, while starving for knowledge. The world henceforth will be run by synthesisers, people able to put together the right information at the right time, think critically about it, and make important choices wisely* »

Wilson (1998).

La problématique décrite dans ce travail suppose une amélioration de la compréhension par rapport aux différentes composantes et à la dynamique qui interviennent dans l'évolution d'une région et du système social qui s'y trouve, à partir de la modélisation et de la simulation au niveau des exploitations. Elle peut être comprise comme un seul système composé de deux sous-systèmes, l'écologique et le social, qui sont liés à différents niveaux. De ce point de vue, elle doit être mise en relation directe avec un ensemble de travaux qui sont développés dans différents endroits par des groupes liés aux thèmes ruraux, écologiques (Röling 1994; Landais y Bonnemaire 1996; Lambin y Geist 2006; Gunderson y Holling 2002; Cormas 2006), ou des groupes liés aux sciences cognitives (Döner et Schölkopof 1991). Ces travaux ont en commun une approche d'ensemble de l'étude des facteurs qui interviennent, s'intéressent à différents niveaux, aussi bien du point de vue temporel que spatial, et qui ne se restreignent pas à une approche disciplinaire. Ils acceptent l'existence de nombreuses théories qui sont au moins partiellement correctes, mais dont l'intégration est une tâche encore en attente et probablement insuffisante.

Dans la mesure où cette intégration suppose la prise en compte de divers points de vue et qu'elle aspire à être un guide ou un déclic de l'action collective (Bousquet 2006), elle ne pourra être effective que si elle résulte d'apprentissages qui aboutissent à des actions. Dans ce sens, elle doit non

seulement être validée par un cercle restreint de pairs, de collègues, mais également être mise à l'épreuve par un cercle élargi de pairs (Funtowicz et Ravetz 1993), ce qui renvoie à la difficulté de mettre en relation les résultats du travail scientifique et l'activité des acteurs impliqués (Reid et al. 2006 ; Cash et al. 2003). La vérification des résultats au contact de connaissances d'origines diverses, ainsi que la légitimité acquise par une formulation compréhensible pour des personnes de différentes traditions (Ison et Russel 2000 ; Ramankutty et al. 2006) améliorent la qualité de la connaissance produite, dans la mesure où les acteurs impliqués, non seulement examinent le produit du travail des scientifiques, mais aussi le processus de sa construction, les personnes concernées et les finalités qui ont guidé l'action (Funtowicz et Ravetz 1990 ; 1993).

La science peut être vue comme « la continuation de la politique par d'autres moyens » (Callon et al. 2001), car comme le disent Ison et al. (2000) :

« *Institutionalised R&D aims to promote change....The raison d'être for this cadre, though rarely expressed in this terms, is to attempt to change someone else's behaviour* »

Dans ce chapitre nous proposons de réviser quelques antécédents et fondements méthodologiques, de reprendre les principaux messages émis dans notre travail et d'explorer l'évolution probable du système étudié.

a. L'élevage en zones difficiles

L'industrialisation, comprise en tant que grands changements technologiques ayant eu lieu depuis trois siècles, associés à l'usage des combustibles fossiles et à la production massive de produits manufacturés, a eu des répercussions énormes dans l'agriculture qui a vu augmenter la productivité de sa main d'œuvre à un rythme semblable à celui de l'industrie (Geist et al. 2006). Cette tendance à l'augmentation de la productivité de la main d'œuvre s'est manifestée de façon différente à différentes époques et

différents lieux (Landais et Balent 1994 ; Lambin 2004), mais a généralement été associée à une augmentation de la productivité de la terre. Depuis le milieu des années 1980, certaines régions d'Europe ont tendance à évoluer vers une « extensification », comprise comme une augmentation de la productivité du travail associée à une diminution de la productivité de la terre (Colson et Désarménien 1993). Cette tendance est pour l'instant propre à un élevage pastoral avec des ruminants, ce qui constitue donc un cas à part dans le cadre de la production animale, compte tenu du fait que les productions porcine, aviaire, piscicole ou laitière ont largement eu recours à une « industrialisation » aux conséquences bien connues : énormes augmentations de la productivité, élévation dans les mêmes proportions de la quantité de provisions alimentaires et autres produits, grande concentration de la production, intégration verticale de la chaîne agroalimentaire ou agro-industrielle, et effets multiples, souvent indésirables, sur l'environnement. Le fait que l'élevage pastoral soit un cas à part est dû à la capacité qu'ont les ruminants à trouver des plantes fourragères dispersées et à les transformer en produits de haute qualité. Dans l'élevage extensif, les ruminants en liberté dans des milieux hétérogènes « choisissent leur régime alimentaire » (Landais et Balent 1994).

Dans ce contexte idéologique, « l'industrialisation » devient synonyme de « désirable » et de « progrès ». Cette « industrialisation » - dans le cas qui nous intéresse de l'agriculture – a été considérée comme un instrument de redistribution des populations et de consolidation des Etats (Geist et al. 2006). Malgré tout, l'agriculture extensive reste l'une des principales formes d'occupation de l'espace (Taylor et Field 1999 ; Stafford-Smith 2000 ; Pereira 2002). Dans la région qui nous intéresse, Arapey, ainsi que nous l'avons établi et que cela transparaît dans notre modèle, les formes de production ont très peu été influencées par l'industrialisation. Du point de vue de « l'industrialisation », elles peuvent donc être qualifiées de formes archaïques de production, mais si nous considérons qu'elles n'utilisent guère de combustibles fossiles non-renouvelables et qu'elles s'intègrent à la nature sans la détériorer

(Heitschmidt et al. 1996), nous pouvons dire qu'il s'agit d'une activité extrêmement moderne (Landais et Balent 1993 ; Napoleone 1993) et d'intérêt général, car sa surface totale, bien qu'elle soit difficile à mesurer avec précision (Lambin et Geist 2006), est estimée à deux ou trois fois celle des cultures, soit environ 25% de la superficie terrestre (Thornton et al. 2003 ; Lambin et al. 2003).

b. Les antécédents

Ison et Russel (2000) ont résumé une série de travaux ayant commencé en 1989 (Russel et al. 1991), après avoir constaté que le modèle de « diffusion et d'innovations » (Rogers 1983) construit à partir de la diffusion des hybrides du maïs, aux Etats-Unis dans les années 1940, ne fonctionnait pas dans l'absolu pour l'élevage extensif et ne développait ni théorie ni pratique établie (Ison 1993). De leur côté, Landais et Balent (1993) ont présenté une série de travaux qui proposent une étude des pratiques en tant que voie pertinente à l'action, ce qui suppose un abandon radical de l'approche normative propre à la tradition de la « diffusion des innovations » (Rogers 1983) et place la compréhension au centre de ce qui pourrait conduire à un vrai développement (Landais 1992b).

c. La tradition de l'intégration des connaissances

Le besoin de faire un meilleur usage des connaissances disponibles est l'un des arguments utilisés par Simon (1990) lorsqu'il propose l'utilisation de la simulation informatisée pour « réfléchir sur ce que nous savons déjà, mais dont les conséquences nous échappent ». Le développement de l'écologie (Morin 1977) a vraisemblablement été l'un des facteurs les plus importants de l'essor du courant intégrateur. Holling (1998), dans une réflexion sur « Two Cultures in ecology », présente les grandes lignes qui divisent les deux courants, ainsi que

les limitations auxquelles ils doivent faire face. Le courant « analytique » ou « réductionniste » suit la tradition de la science telle qu'elle a été établie à la fin du XVIIe siècle (Checkland 1999 ; Funtowicz et Ravetz 1993), c'est-à-dire que d'après le modèle de la physique la science se définit essentiellement comme une activité « expérimentale ». Le besoin de réaliser des expériences impose des limitations importantes du point de vue de l'échelle et du type de problème à résoudre, mais en même temps, cela a permis des avancées considérables dans des domaines tels que la biologie moléculaire. Néanmoins, lorsqu'il s'agit de considérer des problèmes complexes, où il faut tenir compte de plusieurs niveaux et intégrer l'activité humaine, ce modèle devient impraticable et son risque fondamental est de proposer une réponse précise à une question incorrecte. Dans notre cas, si nous prétendons étudier la viabilité foncière et immobilière, par exemple nous ne pouvons pas réduire le problème à la seule question de la correction des sols. D'autre part, la tradition intégratrice a posé une stratégie de l'exploitation qui prend en compte de multiples niveaux et leurs interactions, et, qui accepte l'incertitude. Son risque est de proposer une réponse inutile à une bonne question (Holling 1998). Elle propose une approche de confirmations successives qui augmentent la confiance dans les résultats au moment de leur confrontation avec des connaissances d'origines multiples (Cormas 2006 ; Funtowicz et Ravetz 1993, Wilson 1999).

Le type de problème que nous avons abordé dans notre travail, plus spécialement l'étude de l'incidence des différentes stratégies sur l'évolution des exploitations d'élevage sur le long terme, n'admet pas d'expériences physiques et peut être évalué à partir de nombreux points de vue, puisque les conséquences de cette évolution peuvent être considérées d'un point de vue productif, écologique, social, politique etc. Il devient ainsi intéressant d'en connaître les résultats à différents niveaux. Ces caractéristiques font que ce travail ne peut pas seulement être abordé sous une optique analytique.

d. Les différentes voies possibles

Les pratiques d'élevage ont des conséquences en de nombreux aspects. Certaines atteignent même le système étudié, comme la viabilité à long terme ou la souplesse du système face à des perturbations d'origine aussi bien interne qu'externe à celui-ci. D'autres proviennent des effets combinés de nature sociale, comme par exemple l'exclusion de métiers ou l'offre de matières premières à l'industrie d'exportation, entre autres choses. Il existe des conséquences sur l'écosystème, comme les changements de dynamique nutritionnelle des plantes, de qualité des sols ou sur la biodiversité, pour n'en mentionner que quelques-uns.

La construction de la connaissance et l'identification des régularités essentielles devra donc suivre une voie inductive (Perez et Batten 2006) pour pouvoir, à partir de l'observation, proposer des énoncés vérifiables par l'intermédiaire d'autres observations et ainsi établir les limites de sa validité. Au départ, le degré de généralité sera probablement assez insuffisant quoique, comme nous l'avons déjà établi, les descriptions de fonctionnement, de dynamique ou de « physiologie » des systèmes étudiés semblent proposer des généralisations relativement larges. Fernández-Giménez (2003) par exemple, montre comment les stratégies appliquées par les éleveurs d'Amérique du Nord, d'Asie et d'Afrique sont semblables. Bradbury (2006), quant à lui, considère qu'il ne faut pas attendre que les résultats aient toujours une validité universelle et que les énoncés dont la validité est locale sont aussi des produits scientifiques.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées, mais la modélisation, comprise comme une abstraction qui permet d'ordonner notre connaissance dans le cadre d'un champ déterminé, paraît être un instrument inéluctable sur la voie de l'intégration. A partir de cas soigneusement observés, il deviendra possible de transcender les analyses et de produire des connaissances applicables dans un champ plus large (Landais et Balent 1994). Nous pourrons alors intégrer des connaissances d'origines diverses, scientifiques et empiriques, accumulées par

plusieurs générations (Cash et al. 2003), comme le disent Berkes et Folke (2002) :

> « *The strength of conventional science and management is in the collection of synchronic (simultaneously observed) data, whereas the strength of many local traditional management systems is in diachronic information or long time series of local observations* ».

L'identification des régularités n'est pas toujours une tâche facile et la comparaison d'un même phénomène au sein de différents contextes permet d'identifier les éléments qui sont toujours présents et de les différenciés de ceux qui dépendent du contexte (Holland 1998). Bien qu'insuffisantes, les méthodes statistiques semblent particulièrement utiles (Lesschen et al. 2005). Elles peuvent être complétées par d'autres méthodes, comme le montrent Lemery et al. (2004). L'application d'une meta-analyse, d'une recherche de régularités à partir de cas soigneusement décrits, semble essentielle. Elle a été appliquée (Lambin et Geist 2006 ; Moran et Orstrom 2005), a partir de narrations ou d'analyses de trajectoires (Moulin et al. 2004) qui permettent de voir comment différents facteurs ont des incidences lors de différents moments et dans différents endroits. La combinaison de ces méthodes, alliée à l'utilisation des systèmes multi-agents permet de prendre en compte les SMA, ainsi que le propose Axelrod (1997) : une troisième voie qui combine la déduction à partir de suppositions précisément énoncées et une induction au moyen d'une « expérimentation virtuelle » qui suppose la simulation. Elle partage avec la déduction l'application d'une théorie et avec l'induction la réalisation d'une expérimentation (Holland 1998), qui dans ce cas est « virtuelle », avec tous les avantages et les limitations que cela suppose.

6.2 La modélisation et les SMA en tant qu'outil privilégié

a. L'intégration des points de vue

Après que différentes perceptions de différents acteurs impliqués aient été exploitées afin d'être intégrées à un modèle, notre confiance dans les composantes et la dynamique de ce modèle s'est renforcée, surtout par rapport à leur pertinence. En même temps, comme l'ont analysé Callon et al (2000) ; Callon (1994) et Cash et al. (2003), une innovation pourra avoir du succès si elle intègre dès sa conception des éléments de l'environnement où elle devra être intégrée.

b. L'approche des systèmes complexes

Les SMA permettent de modeler et de simuler des systèmes complexes qui sont considérés comme « irréductibles à un algorithme » (Morin 1977), ce qui améliore grandement notre capacité à explorer les conséquences de nos actions. Le Moigne (1990) et Checkland (1999) proposent la modélisation comme support d'un débat à l'échange d'idées qui facilite ou induit l'action collective, qui tire sa légitimité de la délibération. Appuyer le débat par une simulation – et pas seulement sur un modèle formalisé – à partir de suppositions rigoureusement établies et communicables, rend cette délibération plus pertinente. Ce que montre clairement Arapey – entre autres exemples (Holland 1998) – c'est que la possibilité d'anticiper le fonctionnement d'un système à partir d'une description, aussi rigoureuse qu'elle soit, est limitée. Dans notre cas, il s'agissait d'une situation que nous connaissions bien, tout comme les autres acteurs impliqués avec lesquels nous avons examiné le modèle, et, cependant, aucun d'entres nous n'a pu anticiper ses résultats. Cette argumentation selon laquelle les SMA permettent de simuler des systèmes irréductibles à un algorithme, comme nous l'avons fait avec Arapey, montre un aspect des SMA qui permet de transcender le besoin d'homogénéiser et de simplifier. Ils n'obligent pas à éliminer l'hétérogénéité pour pouvoir représenter les systèmes étudiés, comme lorsque cela est fait au moyen d'un algorithme (Gilbert et Terna 1999 ; Bonabeau 2002). De plus, les SMA permettent de

prendre en compte l'interaction entre les agents, la dimension spatiale et de traiter des systèmes en déséquilibre.

c. La formalisation des activités en tant qu'outil de dialogue et d'exploration des améliorations

Les diagrammes permettent de construire un support de dialogue et de compréhension commune qui intègrent des objets divers et peuvent donc intégrer différents points de vue. Les diagrammes UML apparaissent plus particulièrement comme spécialement adaptés parce qu'ils maintiennent rigoureusement le point de vue, ce qui est à mettre en rapport avec l'argument de Popper (2002) : la science a besoin d'un point de vue pour pouvoir rendre cohérent un ensemble d'observations. Le diagramme d'activité, que nous avons proposé pour modéliser la conduite du système d'opération des exploitations d'élevage, représente la situation dans laquelle nous agissons (Simon 1990) ; et maintenir ce point de vue avec consistance nous est apparu comme spécialement adéquat quant à l'étude des innovations et de leurs conséquences sur les « systèmes d'activités humaines » (Checkland 1999).

L'utilisation de ce type de diagrammes, pour communiquer le fonctionnement d'un SMA, est l'une des caractéristiques développées par Bonabeau (2002), par Moss et Edmonds (2005) et par Bankes (2002) : les SMA permettent une représentation naturelle du système modélisé. Ils rapprochent le modèle de la réalité et facilitent la confirmation et la mesure car il est possible de répondre à des questions faciles sur ses activités ou celles d'autres agents, voire de comparer cette représentation avec le modèle, comme cela a été vérifié. Ils semblent adaptés à une utilisation en tant qu'objets intermédiaires (Cash et al. 2003) qui permettent de construire une vision commune et d'impliquer les décideurs dans la définition de l'information nécessaire. Cela augmente la transparence du modèle et la possibilité de l'utiliser comme soutien lors de la prise de décisions (Sorensen et al. 1994), ce qui diminue les

risques de manipulation et évite que la recherche réponde à des questions que personne ne pose (Abel 1999 ; Callon et al. 2000), à tel point qu'Ison (1993 ; 164) affirme que :

> « *The worlds of the graziers and those of scientists may remain… as stories which do not intersect. Each is a mystery for the other and where there is mystery then the possibilities of design are removed from effective dialogue* ».

La contribution potentielle d'une famille de diagrammes à un meilleur dialogue entre, les représentants de la tradition « scientifique », qui renvoie au « savoir que » et les représentants du monde empirique, qui renvoie au « savoir comment », est renforcée par l'utilisation de diagrammes UML, qui permettent de sauvegarder de façon consistante un point de vue. Le diagramme d'état-transition est propre au « savoir que » et celui d'activité au « savoir comment ». Le premier modélise un processus et le second la conduite de ce même processus. Ils peuvent être utilisés comme des « objets intermédiaires » (Cash et al. 2003) qui permettent d'exercer collectivement la dialectique « savoir que » ←→ « savoir comment » et qui peuvent éventuellement faire en sorte que les éleveurs et les scientifiques ne se considèrent plus comme des mystères réciproques.

d. La simulation en tant que « laboratoire virtuel »

La possibilité de réaliser une simulation permettant d'explorer les « émergences » du système étudié est l'argument le plus fort lorsqu'il s'agit de le proposer comme outil d'apprentissage (Holland 1998 ; Bankes 2002). A la différence des tableurs électroniques qui permettent à partir d'une série de paramètres d'exploiter différentes options qui suivent des tendances linéaires, la simulation des mécanismes et les interactions qui résultent de ces paramètres permettent d'identifier des évolutions imprévues et non-intuitives

des systèmes étudiés, et permettent aux modèles de fonctionner comme des « simulateurs de vol » (Bousquet et al. 1999).

e. Un nouveau métier est-il nécessaire ?

Différents auteurs (Cash et al. 2003, Callon et al. 2000, Roling et Wagemakers 1998 ; Westley 2002 ; Reid et al. 2006 ; Coutts 1995) débattent au sujet du processus d'intégration de la connaissance d'origine dispersée en proposant des actions sur des systèmes socio-écologiques à différents niveaux de décision, en précisant les fonctions et les compétences qui doivent être présentes.

Il existe une abondance d'informations au sujet des processus physico-biologiques impliqués dans la gestion et le fonctionnement des systèmes agricoles ou en général des systèmes agro-environnementaux (Malézieux et al. 2001 ; Saldanha et al. 2004), mais une considération d'ensemble avec les modèles mentaux (Abel 1999) et les stratégies appliquées par les acteurs sur le terrain ne fait que commencer. Il existe ici un large champ d'intégration des connaissances qui dérive des sciences de la gestion ou de la prise de décisions, ainsi que les traitent March (1994), Gigerenzer et Selten (2002), Ericsson et Smith (1991), Attonay et Soler (1994) ou Sebillote (1990).

L'actuation d'experts « de terrain », qui peuvent participer à la construction et vérifier les modèles qui se propagent semble inéluctable comme l'établit Perez (2006). L'argumentation de Bonabeau (2002) et d'Edmonds et Moss (2005), établit que face à l'absence de connaissance systématisée, l'usage d'informations anecdotiques est une option à suivre. Elle est cohérente avec le besoin que nous avons manifesté de compter sur des acteurs concernés qui peuvent construire un lien entre la multitude des acteurs impliqués, identifier et permettre la participation des décideurs à tous les niveaux.

f. Les institutions nécessaires

La gestion de la connaissance appropriée aux différentes situations est un processus complexe qui implique une diversité d'acteurs et entraîne des risques, comme une inadéquation des connaissances présentes face à de nouvelles situations ou une érosion, voire une perte de celles qui pourraient apparaître appropriées.

La formalisation, la synthèse et la transmission de ces connaissances entre différents acteurs se trouvant dans des lieux et des époques différentes sont favorisées par la présence d'institutions qui, intégrées au tissu social, appuient et rendent possible le processus (Lynam et Stafford-Smith 2003 ; Cash et al. 2003). Ces institutions peuvent servir de lien entre des connaissances provenant de différents endroits et qui sont la conséquence de recherches formelles ou d'observations et de synthèses empiriques, à différentes époques. Il n'est donc pas nécessaire de réinventer la roue et il ne suffit que de complémenter les résultats des différents processus de production de la connaissance.

Les difficultés à résoudre sont nombreuses. Parmi celles-ci nous pouvons citer la mise en œuvre des systèmes de monitoring/apprentissage qui sont utiles pour les acteurs concernés, si les délais sont respectés. Pour cela, la société devra être capable de leur fournir des ressources en quantité et en qualité suffisantes, des mécanismes d'évaluation qui évaluent l'efficacité du travail réalisé, et des possibilités de mettre en place des dispositifs d'action efficaces et pertinents (Reid et al. 2006 ; Cash et al. 2003 ; Lambin 2004). Dans ce sens, la collaboration entre les niveaux locaux, régionaux et internationaux semble être inéluctable.

Une bonne gestion de la connaissance dépend également d'aspects liés à l'importance, la crédibilité et la légitimité apportées par les acteurs impliqués (Cash et al. 2003). L'utilisation d'instruments comme supports de création d'une vision partagée, à l'exemple des diagrammes que nous avons proposés, la

construction participative de modèles et l'analyse des simulations qui en résultent, y compris de l'évaluation de nombreux points de vue, peuvent être proposées en tant qu'outils ayant été mis à l'épreuve et qui sont cohérents avec des informations provenant de différentes sources.

La construction de ces outils est basée sur l'intuition, telle qu'elle est définie par Simon (1990) : la reconnaissance que réalisent les spécialistes de la situation et l'identification rapide de ses éléments essentielles. Holland (1998), quant à lui, établit qu'il n'y a pas de modèle concernant la modélisation. Dans notre cas, l'essentiel est de mettre en adéquation l'information fournit par les diagrammes ou modèles avec les simulations que les acteurs impliqués considèrent comme importantes.

6.3 L'évolution probable.

En ce qui concerne l'identification des grandes causes de variation du fonctionnement des régions pastorales – définies comme zones où les limitations climatiques et édaphiques rendent impossible la réalisation de cultures – il existe une difficulté du fait de la grande hétérogénéité des situations du point de vue de la variabilité écologique et socio-économique qui les caractérisent. Foran et Howden (1999) établissent que les grands facteurs qui peuvent être identifiés sont les suivants : la croissance démographique, la sûreté alimentaire nationale, la mondialisation des produits et de leurs prix, la capacité institutionnelle au changement, les changements par rapport à l'administration de l'énergie, le changement global, les relations rurales-urbaines et l'homogénéisation culturelle. Walter et Hodgkinson (1999), dont la vision est semblable, nous préviennent que :

« *If food supplies continue to be adequate and living standards continue to rise we believe that rangelands will increasingly be valued for production of non-food goods, particularly in areas where highly abiotic conditions limit profitability*».

Cette tendance semble particulièrement claire dans les pays riches : Etats-Unis, Europe et Australie, mais en général elle n'est pas si évidente dans la zone de Campos[1] (Saldanha et al. 2003), où les précipitations sont plus abondantes, bien qu'irrégulières, et les sols souvent labourables. Ainsi, un changement important est en train d'avoir lieu car le sol est planté en forêts destinées à l'exportation et remplace les zones de pâturages (Jobággy 2005 ; MGAP 2000), ce qui confirme ce qui a été l'une des caractéristiques de l'évolution de l'élevage en Uruguay : les changements viennent de régions lointaines. Cette caractéristique, associée à la mondialisation, est aujourd'hui importante puisqu'elle détermine l'utilisation des sols (Lambin et Geist 2006).

Dans le cas de l'Uruguay, où près de 80% de la superficie est occupée par des pâturages naturels et étant donné l'importance de l'élevage pour l'économie, la société comprend que la production de biens dans ces zones est essentielle. Comme nous l'avons déjà dit, ces dernières années, la production de viande a considérablement augmenté, ce qui a constitué pour le pays, selon certains analystes, la croissance **relative** la plus importante de ce produit, de ces quinze dernières années. L'Uruguay a même dépassé le Brésil et a doublé sa participation au marché mondial entre 2002 et 2005 (Peyrou 2006), avec une production de 2 500 000 têtes. Il existe un certain consensus pour que ce processus continue à se développer et que quelques ajustements par rapport aux processus productifs, qui sont d'ailleurs en cours, aient lieu. Il s'agit d'une amélioration des performances reproductives et d'accélération de l'étape d'engraissement grâce à une plus grande utilisation de pâturages améliorés. L'utilisation de concentrés et la diminution de la population ovine, devrait permettre d'atteindre une production de l'ordre de 3 000 000 de bovins d'ici quelques années. Cela devrait également entraîner l'exportation d'environ 600 000 tonnes[2] de viandes (Dálbora 2006 ; Gonzáles 2006). A plus long terme, des facteurs comme la concurrence de l'élevage, avec les besoins énergétiques des régions agricoles, et des produits agricoles, les changements politico-culturels

[1] Régions d'élevage de la Pampa.
[2] En poids de carcasse.

mondiaux, associés au besoin d'ajuster le modèle de consommation au fonctionnement de l'écosystème mondial, les changements technologiques fondamentaux, rendent toute anticipation de l'évolution très difficile. Localement on ne donne pas aujourd'hui de l'importance à d'autres produits, comme les services environnementaux. Dans tous les cas, certains analystes (Lorenzo et Paolino 2003 ; Walter et Hodgkinson 1999 ; Stafford Smith 2000) considèrent qu'il est possible de s'appuyer sur l'image « propre et verte » des grands espaces associés aux pâturages pour fortifier leur fonctionnement, grâce à un public riche et décidé à appuyer le caractère naturel des produits en provenance de ces prairies. Aujourd'hui, l'évidence de l'importance de ce mécanisme reste cependant limitée (Gonzáles 2006).

Les facteurs fondamentaux de ce processus peuvent être partagés entre des tendances globales et des déterminants locaux. Les changements survenus au niveau international, comme la diminution de la production en Europe et l'augmentation de la consommation en Asie, ont des répercussions directes. L'Uruguay peut pour l'instant tirer le meilleur parti du fait que ses voisins et grands concurrents – l'Argentine et le Brésil – parce qu'il a une meilleure insertion internationale, qu'ils sont capables de mieux contrôler la santé de leur troupeau et que les Etats-Unis et le reste du NAFTA[3] ont accepté d'importer de la viande de troupeaux bovins vaccinés contre la fièvre aphteuse, alors que cela était interdit depuis de nombreuses années, à cause de motifs politiques qu'il serait trop long d'analyser. Au niveau intérieur, une population d'éleveurs professionnels de bonne qualité et un ensemble d'institutions qui appuient ce processus de différentes manières, rendent possible cette évolution.

Si nous nous référons plus spécifiquement à la zone basaltique, centre d'intérêt de notre modèle, les changements à attendre sont beaucoup plus modestes. Les limitations imposées par la qualité des sols et une variabilité climatique dont tout le monde attend un accroissement, sont structurelles. Nous nous permettrons de rappeler ce qu'Alonso et Pérez Arrarte (1980)

[3] North American Free Trade Agreement

disaient voilà plus de 26 ans et que nos études récentes (Morales et al. 2003) n'ont fait que confirmer :

« *Il est raisonnable d'attendre que les changements technologiques accentuent les caractéristiques régionales* ».

De façon résumée et en prenant en compte tout le pays, il est possible de différencier i) l'élevage associé à l'agriculture sur le littoral Ouest du pays, ii) les zones où, depuis quelques décennies, se trouvent des légumineuses adaptées et où il y a une tendance à une utilisation plus intensive de ces dernières et iii) les zones où la technologie actuelle ne permet qu'une faible augmentation de la productivité.

En ce qui concerne les propriétés, il existe des aspects qui sont mal compris par rapport à la dynamique de leurs tailles. Les données des recensements existants (Fig 1) montrent peu de variation pour les grands établissements – ayant plus de 1000 hectares –, alors qu'il y a de fortes variations pour les petits – moins de 100 hectares –.

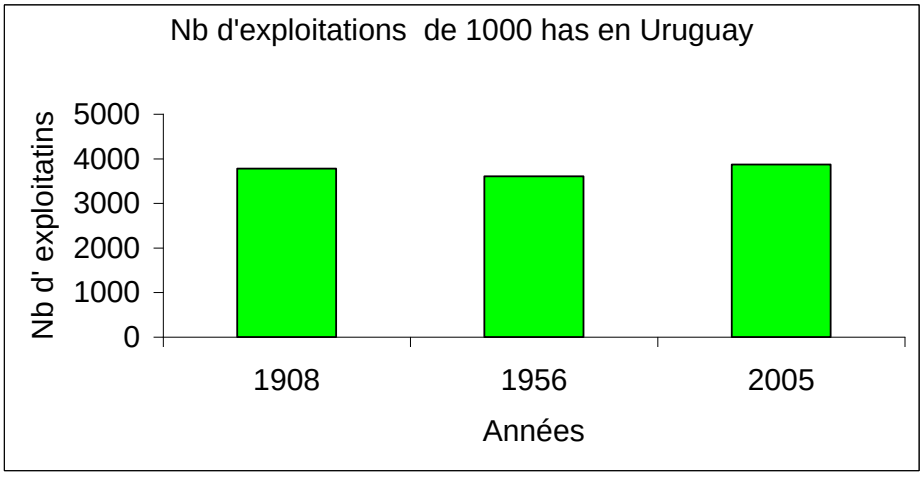


Fig.1 Nb. d'exploitations ayant plus de 1000 has (MGA 1963 ; MGAP 2005)

Nous ne disposons pas d'informations pour la région étudiée, mais il est fort probable qu'elles démontreraient une stabilité similaire quant à la moyenne des propriétés sur la même période, au moins pour celles qui sont supérieures à 1000 ha, comme sur le graphique. McAllister et al. (2005b) ont utilisé les

systèmes multi-agents pour mieux comprendre les facteurs qui déterminent la structure de la taille des propriétés dans une région. Un travail semblable pourrait nous mettre sur des pistes d'action pour Arapey.

Si nous prenons en compte tout le pays, durant ces dernières années, dans le cadre d'une dynamique surtout associée à la plantation de forêts et dans une moindre mesure à la culture du soja et à l'élevage, des acteurs corporatifs, des fonds d'investissements étrangers ou des compagnies multinationales ont fait leur apparition. Cela a modifié le panorama car ils concentrent des dizaines, voire des centaines de milliers d'hectares, dans un processus qui semble fortement s'accélérer depuis quatre ou cinq ans. Depuis l'an 2000, près de 20% des terres uruguayennes, soit trois millions d'hectares, ont changé de mains (MGAP 2006). La région du basalte superficielle, où se trouve Arapey, n'est pas adaptée à la plantation d'arbres ou aux cultures et n'a donc ni participé à cette dynamique de la concentration ni à ses effets qui sont le changement de propriétaires de la terre.

Nous pouvons donc en conclure qu'Arapey est une région très stable où il y a peu de chance que le paysage change ou que le fonctionnement entrepreneurial se modifie. Une meilleure adéquation du fonctionnement des exploitations aux dynamiques externes, comme le climat et le marché, ainsi qu'interne, comme les cycles familiaux, pourrait atténuer les événements indésirables ; la faillite des entreprises, des problèmes financiers aigus, des conditions de vie limitées, voire intolérables, etc. Cette thèse espère apporter une modeste contribution dans ce sens.

Les possibilités d'une transformation régionale vers une plus grande interaction avec les villes, grâce à un tourisme écologique-éducatif ou à une valorisation d'aspects culturels, comme la « culture du cheval » et «l'amour des grands espaces » sont des options qui pourraient prendre corps à long terme. Pour cela quelques modifications du statut de la région, avec la mise en place d'une sorte de « zone de réserve », afin de concentrer les efforts par rapport aux aspects écologiques et historico-culturels, devraient être une option à exploiter.

La possibilité d'une évolution vers « un désert soutenable » n'est pas impossible.

Conclusions

Le travail effectué en modélisation et simulation, contribue à élaborer une théorie et une pratique des institutions qui agissent dans le domaine de la gestion de la connaissance, et il nous permet de conclure que :

- une analyse systémique et l'utilisation des systèmes multi agents améliore notre compréhension sur le fonctionnement de l'élevage, et il peut être constitué dans un support qui promeut l'action collective.
- l'idée de système, vu comme un ensemble organisé de composants qui agit et est transformé à partir des produits de son fonctionnement, est applicable aux différentes situations, et nous indique que pour comprendre une évolution il faut tenir compte des facteurs tant internes qu'externes au système.
- la modélisation des exploitations d'élevage en utilisant des diagrammes permet d'une manière rapide et efficace de décrire son fonctionnement et d'examiner des secteurs d'amélioration.
- il existe des difficultés pour identifier les variables agissant dans différentes circonstances et à différentes échelles, ainsi que pour évaluer leurs conséquences. En particulier, celles étudiées par le modèle Arapey ont un effet évident seulement après une période relativement longue, de l'ordre une décennie. La simulation à partir d'hypothèses rigoureusement établies et aisément communicables, facilite l'identification et la proposition d'actions facilitant l'évolution du système dans le sens voulu.
- les différences entre des régions, en particulier quant au type de paysage produit des actions à l'échelle des exploitations, persisteront et elles augmenteront probablement dans le futur. Le paysage est la synthèse d'un ensemble de caractéristiques

techniques, économiques, écologiques, sociales et politiques qui émergent de l'interaction entre une société et son environnement

- l'action des institutions intervenant à divers niveaux devrait reconnaître cette diversité, en écartant l'idée d'un « modèle unique» qui fonctionnerait comme attracteur, et vers lequel tendraient toutes les situations indépendamment de la situation initiale.
- La description des systèmes d'information en œuvre peut être obtenue en utilisant des diagrammes d'activité UML.

L'étude des pratiques ou stratégies comprend l'identification, la modélisation et l'évaluation des celles-ci. Cette thèse a proposé des méthodes pour les trois étapes. La modélisation avec UML et l'évaluation avec les systèmes multi-agents nous paraissent des propositions intéressantes et originales.

L'interaction entre science et action peut être vue comme une dialectique permanente entre « savoir que » et « savoir comment ». C'est la même dialectique qui apparaît en Intelligence Artificielle entre « savoir procédural » et « savoir déclaratif » ou en agronomie entre des « pratiques » et des « techniques »". Cette dialectique peut s'appuyer sur (i) des diagrammes UML de état-transition, qui correspondent au « savoir que » et (ii) des diagrammes d'activité qui correspondent au «savoir comment ».

Face à des situations de grande incertitude, une amélioration de l'action collective peut être obtenue par la mise en discussion des actions à prendre. Elle doit s'appuyer sur une grande participation des acteurs intéressés, ainsi que sur l'utilisation d'instruments permettant à la fois d'intégrer des connaissances d'origines diverses et d'explorer différentes scénarii en représentant différents points de vue, comme par exemple les systèmes multi-agents et/ou une famille de diagrammes. Une connaissance approfondie de la situation est une condition nécessaire pour que cette action puisse être significative, croyable et légitime.

Bibliographie

1. Abel N. 1999. Resilient rangeland regions. In: Eldridge D and Freudenberger D. (eds.) People of the Rangelands. Building the future. Proceedings of the VI International Rangeland Congress. VI International Rangeland Congress Inc., Townsville, Australia. 21-30
2. Albaladejo C., Casabianca F. (eds.) 1997. La recherche-action. Ambitions, pratiques, débats. Etud. Rech. Syst. Agraires Dév., 1997, 30, 212 p.
3. Alonso J. M. Pérez Arrarte1980. “El modelo neozelandés”. Un intento de superación del modelo de producción ganadera uruguaya. In: Anales del Primer Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica. Montevideo Uruguay. Septiembre. 172-222.
4. Alonso J. M. 1982. La problemática agraria uruguaya. Una visión integral. Fundación de Cultura Universitaria Ciedur. Mdeo. Uruguay. 48 pp.
5. Anderies J. M. 2002. The transition from local to global dynamics: a proposed framework for agent-based thinking in social-ecological systems. In: Janssen M. (Ed.) Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches. Edward Elgar Publishers. 13-34.
6. Ash A., Gross J., Stafford Smith M. 2003. Scale, heterogeneity and secondary production in tropical rangelands. In: Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress. Editors: N. Allsopp, A.R. Palmer, S.J. Milton, K.P. Kirkman, G.I.H. Kerley, C.R. Hurt, C.J. Brown Durban, South Africa 26th July-1st August 2003. 569-579.
7. Attonaty J. M., Chatelin M.H., Poussin J.C. 1990. L’évolution des méthodes et langages de simulation. In : Brossier J., Vissac B., Le Moigne J.L. (eds) Modélisation Systémique et Système agraire. INRA. Paris. 119-133.

8. Attonaty J.M. Soler L.G. 1994. Renewing strategic decision making aids. In: Brossier J.L. de Bonneval L. Landais E. (eds) Systems studies in Agriculture and Rural Development. INRA Paris pp 291-308.

9. Avenier M.J. 1989. "Méthodes de terrain" et recherche en management stratégique. Economies et Sociétés. SG nº 14, 199-218.

10. Axelrod R. 1984. The evolution of cooperation. New York. Basic Books. 241pp.

11. Axelrod R. 1997. The complexity of cooperation. Agent-Based Models of Competition and Collaboration. Princeton Studies in Complexity. Princeton, New Jersey 232 pp.

12. Ba C. Duteurtre G. 2004. L'information et la valorisation des résultats de recherche auprès des décideurs de l'agriculture au Sénégal. Atelier de réflexion et d'échanges sur la synergie entre chercheurs et décideurs dans le domaine de l'agriculture au Sénégal organisé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) Dakar, Hôtel Savana 29-30 juin 2004

13. Balent G., Stafford Smith D. M. 1993. Conceptual Model for Evaluating the consequences of Management Practices on the Use of Pastoral Resources. In: Systems Studies in Agriculture and Rural Development. Eds. Brossier J., de Bonneval L., Landais E. INRA Editions. Paris, France.

14. Bankes S.C. 2002. Agent-based modeling: A revolution? Proceedings of the National Academy of Sciences. 99-3 7199-7200. URL: http://www.pnas.org/content/vol99/suppl

15. Barrán J.P. Nahum B. 1971. Historia Rural del Uruguay Moderno Tomo II: 1886-1894. Ediciones de la Banda Oriental. Montevideo. Uruguay.680 pp.

16. Barreteau O., Hare M., Krykow J. Boutet A. 2005. Model designed through participatory processes: whose model is it? HEMA-SMAGET. Joint

Conference on Multi-Agent Modelling for Environmental Management. Bourg St. Maurice France. 21-25 marzo.

17. Bartaburu D. 2006. Estrategias frente a la sequía. Revista del Plan Agropecuario Nº 117. URL: http://www.planagropecuario.org.uy

18. Batten D. 2006. The uncertain fate of Self-Defeating Systems. In: Perez P. Batten D. (eds) Complex Science for a Complex World. ANU E Press. Camberra Australia 335 pp. URL: http://epress.anu.edu.au 57:70

19. Bayer W., Sloane P. 2002. International Perspectives on the Rangelands. In: Grice A.C., Hodgkinson K.C. (eds) Global Rangelands Progress and Prospects. CABI. UK. 211-220.

20. Berkes F., Folke C. 2002. Back to the Future: Ecosystems Dynamics and Local Knowledge. In: Gunderson L.H., Holling C.S. (eds). Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press. 121-146

21. Berretta E. 2003. Aspectos de Manejo del campo natural. In: El campo natural y la empresa ganadera. Instituto Plan Agropecuario. Montevideo. 29-32.

22. Boerger A. 1928. Observaciones sobre Agricultura. Quince años de trabajos fitotécnicos en el Uruguay. Imprenta Nacional. Montevideo.

23. Bonabeau E. 1994. Intelligence Collective? In: Bonabeau E., Theraulaz G. (cords) Intelligence Collective. Hermès. Paris. 13-26.

24. Bonabeau E. 2002. Agent-Based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 99: 7280-87

25. Bonabeau E., Dorigo M. Theraulaz G. 1999. Swarm Intelligence From Natural to Artificial Systems. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity. Oxford University Press. New York.

26. Bonabeau E., Meyer C. 2001. Swarm Intelligence: A Whole New Way to Think About Business. Harvard Business Review. Reprint R 0105G. 106-114.

27. Bonadeau T., Bommel P., Tourrand JF. 2005. Modélisation des fronts pionniers de la Transamazonienne. CABM-HEMA-SMAGET, Bourg- Saint-Maurice.

28. Bonneviale J. R., Jussiau R., Marshall E. 1989. Approche globale de l'exploitation agricole. INRAP, Foucher. Dijon. 330 pp.

29. Bonté, B. 2004. Réunion de deux types de représentation de l'exploitation agricole (la représentation systémique et la modélisation multi-agents) à travers une liaison entre les logiciels « Olympe » et « Cormas ». Mémoire de troisième année de l'école des Mines de Douai, France

30. Bouche R. 2000. A Negotiation Decision Support System as a Learning Tool. The case of price elaboration for ewe milk in the Corsican dairy sheep industry. In: Cow up a Tree. Knowing and Learning for Change in Agriculture Case Studies from Industrialised Countries. LEARN Group. Cerf M., Gibbon D., Hubert B., Jiggins J., Paine M., Proost J., Röling N.(Eds.) INRA Paris. 271-290.

31. Bousquet F. 2006. Multi-agent systems, companion modeling and land use change. In: Lambin E.F. & Geist H. (eds): Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacts. Springer. Berlin Germany

32. Bousquet F. Le Page C. 2004. Multi-agent simulations and ecosystem management: A review. Ecol. Model. 176:313-332

33. Bousquet F., Barreteau O., d'Aquino P., Etienne M., Boissau S., Aubert S., Le Page C., Babin D., Castella J.C. 2002. Multi-agent systems and role games: collective learning processes for ecosystem management. In: Janssen M. (Ed.) Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches. Edward Elgar Publishers. 248-284

34. Bousquet F., D'Aquino P., Rouchier J., Requier-Desjardins M., Bah A., Canal R., Le Page C. 1999. Rangeland herd and herder mobility in dry inter tropical zones: multi-agent systems and adaptation. In: Eldridge D and Freudenberger D. (eds.) People of the Rangelands. Building the future. Proceedings of the VI International Rangeland Congress. VI International Rangeland Congress Inc., Townsville, Australia. 819-824.

35. Bousquet F., Trébuil G. 2005. Training on Multiagent systems, social sciences and Integrated natural resources management: lesson from an Inter-University project in Thailand. In: Bousquet F.; Trébuil G.; Hardy B. (eds) Companion Modeling and Multi-Agent Systems for Integrated Resource Management in Asia. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 360 p.

36. Bousquet F., Trébuil G. 2005a. Introduction to companion modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia. In: Bousquet F.; Trébuil G.; Hardy B. (eds) Companion Modeling and Multi-Agent Systems for Integrated Resource Management in Asia. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 360 p.

37. Boyd R., Richerson P. J. 2002. Norms and Bounded Rationality. In: Gigerenzer G., Selten R. (eds.). Bounded Rationality. The adaptive toolbox. MIT Press. 281-296.

38. Bradbury R. 2006. Towards a New Ontology of Complexity Science. In: Perez P. Batten D. (eds) Complex Science for a Complex World. ANU E Press. Camberra Australia 335 pp. htttp:// epress.anu.edu.au

39. Brossier J., Chia E., Marshall E. and Petit M. 1997. Gestion de l'exploitation agricole familiale. Ëlements théoriques et méthodologiques. ENESAD. CNERTA. Dijon, France.

40. Brossier J., Chia E., Marshall E. Petit M. 1990. Recherches en gestion: vers une théorie de la gestion de l'exploitation agricole. In : Brossier J.,

Vissac B., Le Moigne J.L. (eds) Modélisation Systémique et Système agraire. INRA. Paris.

41. Brown L. R. 2003. Plan B Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble. Earth Policy Institute. USA 285 pp.

42. Brown L. R. 2006. Plan B 2.0 Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble. Earth Policy Institute. New York. 365 pp

43. Caffera R.M.; Bidegain M.; Pedrosa J. 1989. Informe técnico sobre LA "SEQUIA" 1988 – 1989 Recurrencia de las anomalías negativas de la precipitación sobre Uruguay. Departamento de Meteorología. Facultad de Humanidades y Ciencias. Universidad de la República. Montevideo.

44. Callon M. 1994. L'innovation technologique et ses mythes. Gérer et comprendre. Nº 34 Editions Eska. Paris. 5-17

45. Callon M.; Lascoumes P.; Barthe Y. 2001. Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique. Editions du Seuil Paris.358 p.

46. Campal E. 1969. La pradera. Nuestra Tierra. Montevideo.

47. Carpenter S. R. Brock W. A. Ludwig D. 2002. Collapse, Learning and Renewal. In: Gunderson L.H., Holling C.S. (eds). Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press. USA. 173-194.

48. Casabianca F., Vallerand F. 1993. Managing local breeds of domestic animals. Dialectics between genetic resources and sustainable regional development. In: Systems Studies in Agriculture and Rural Development. Eds. Brossier J., de Bonneval L., Landais E. INRA Editions. Paris, France. 117 :131.

49. Cash D.W., Clark W.C., Alcock F., Dickson N. M., Eckley N., Guston David H., Jäger J., Mitchell R. B. 2003. Knowledge systems for sustainable development. Proceedings of the National Academy of Sciences.100:8086-8091. URL: http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/1231332100v1

50. Castellanos A. 1972 Breve Historia de la Ganadería Uruguaya. Banco de Crédito. Rex. Montevideo.

51. Cerf M., Gibbon D., Hubert B., Jiggins J., Paine M., Proost J., Röling N. 2000. Cow up a Tree. Knowing and Learning for Change in Agriculture Case Studies from Industrialised Countries. LEARN Group. INRA Paris. 492 pp.

52. Cerf M., Papy F., Aubry C., Meynard J.M. 1990. Théorie Agronomique et aide a la décision. In : Brossier J., Vissac B., Le Moigne J.L. (eds) Modélisation Systémique et Système agraire. INRA. Paris.185-203.

53. Chabbra A., Geist H., Houghton R.A., Haberl H., Braimoh A. K., Vlek P.L.G., Patz J., Xu J., Ramankutty N., Coomes O., Lambin E.F. 2006. Multiple Impacts of Land-Use/Cover Change. In: Lambin E.F. & Geist H. (eds): Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacts. Springer. Berlin Germany

54. Champredonde M., 2001. Stratégie des éleveurs et construction de la qualité dans la filière des viandes bovines. Le cas du Sud-Ouest pampéen en Argentine. Thèse de doctorat, U.T Le Mirail, 348 p.

55. Checkland P. Scholes J. 1990. Soft Systems Methodology in Action. John Wiley & Sons. Chichester. England.

56. Checkland P. 1999. Systems thinking Systems practice. John Wiley & Sons. UK.

57. Coleman M. 2006. FUCREA. Opiniones Número 6. Septiembre 2006 URL: http://www.fucrea.org

58. Colson F., Désarmenien D. 1993. Synthèse bibliographique sur les systèmes extensifs et l'extensification de la production de viande bovine. Laboratoire de Recherches et d'Études Économiques. INRA.

59. Cormas 2006. Ressources naturelles et simulations multi-agents. Cirad. URL: http://cormas.cirad.fr

60. Correa P., Morales H., Salvarrey L., Noboa A. 2003 Resultados de una encuesta a productores de basalto. In: Seminario El campo natural y la empresa ganadera. Instituto Plan Agropecuario.Montevideo-Uruguay. 75-80

61. Cournut S., Dedieu B. 2004. A discrete events simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years Anim. Res. 53 (2004) 383–403 © INRA, EDP Sciences. DOI: 10.1051/animres:2004025

62. Coutts J.A. 1995. Process, Paper Policy and Practice. A case study of the introduction of formal extension policy in Queensland, Australia 1987-1994. Wageningen.

63. Dálbora F. 2006. Evolución de existencias vacunas y sus perspectivas. Seminario del Campo al Plato. Montevideo. Uruguay. 14 y 15 diciembre.

64. Darré J. P., Hubert B., Landais E., Lasseur J. 1993. Raisons et pratiques. Dialogue avec un éleveur ovin. Etudes Rurales Nº 131-132. 107-183.

65. Darré J.P. 1985. La Parole et la technique. L'univers de pensé des éleveurs du Ternois. L'Harmattan. Paris.192 pp.

66. De los Campos G., Pittaluga O., Pigurina G. 2001. Zafras eran las de antes. Revista del Plan Agropecuario Nº 95, 18-21. www.planagropecuario.org.uy

67. Dedieu B. 1993. Organisation du travail et fonctionnement d'exploitations d'élevage extensif du Massif Central. In : Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, evaluer. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement. 27 ; 303-320

68. Deffuant G., Huet S., Bousset J. P., Henriot J., Amon G., Weisbuch G. 2002. Agent based simulations of organic farming conversion in Allier department. In: Janssen M, (Ed.) (2002) Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches. Edward Elgar Publishers. 158- 187.

69. Delgado C.; Rosengrant M. ; Steinfeld H. ; Ehui S.; Courbois C. 1999. La ganadería hasta el año 2020. La Próxima Revolución alimentaria. International Food Policy Research Institute. URL: http://www.ifpri.org/spanish/2020/briefs/br61sp.htm

70. DIEA 2006. URL: http://www.mgap.gub.uy/Diea/Anuario2006/

71. Dörner D., Schölkpof J. 1991. Controlling complex systems: or, Expertise as "grandmothers' know how". In: Ericsson K.A., Smith J. (eds) 1991.Towards a general theory of expertise. Cambridge University Press. MA. 218-239.

72. Dray A., Perez P., Le Page C., D'Aquino P., White I. 2006. AtollGame: A Companion Modelling Experience in the Pacific. In: Perez P. Batten D. (eds) Complex Science for a Complex World. ANU E Press. Camberra Australia 335 pp. URL: http://epress.anu.edu.au 255-280.

73. Edmonds, B. and Moss, S. (2004) From KISS to KIDS – an 'anti-simplistic' modelling approach. MAMABS 2004, AAMAS, New York, July. (URL: http://cfpm.org/cpmrep132.html)

74. Edward-Jones G. Mc Gregor M. 1994. The Necessity, Theory and Reality of Developing Models of Farm Households. In: Dent J.B. McGregor Rural and Farming Systems Analysis. European Perspectives. CAB UK pp 338-352

75. Erceau J. Ferber J. 1991. L'intelligence artificielle distribuée. La Recherche, 233, Vol 22. 750-758.

76. Ericsson H. E., Penker M. 2000. Business Modeling with UML. Business Patterns at Work. OMG Press. John Wiley & Sons, Inc. USA.459 pp.

77. Ericsson K.A., Smith J. (eds) 1991.Towards a general theory of expertise. Cambridge University Press. MA.

78. FAO 2006a. URL: http://faostat.fao.org/Portals/_Faostat/documents/pdf/map11.pdf

79. FAO 2006b. Respondiendo ante la revolución pecuaria. URL: http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/documents/pol-briefs/default_01.htm

80. Fernández-Giménez M.E., Swift D.M. 2003. Strategies for sustainable grazing management in the developing world. In: Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress. Editors: N. Allsopp, A.R. Palmer, S.J. Milton, K.P. Kirkman, G.I.H. Kerley, C.R. Hurt, C.J. Brown Durban, South Africa 26th July-1st August 2003. 821-831.

81. Ferreira G. 1997. An Evolutionary Approach to Farming Decision Making on Extensive Rangelands. Thesis PhD. University of Edinburgh, Faculty of Science and Engineering. Institute of Ecology and Resources Management, Scotland.

82. Finch H. 2005. La Economía Política del Uruguay Contemporáneo. 1870-2000. Ediciones de la Banda Oriental. Montevideo. Uruguay. 348 pp.

83. Flannery T.F. 1994. The future eaters. An Ecological History of the Australasian Lands and People. Reed Books. Sydney.

84. Foran B., Howden S.M. 1999. Nine global drivers of rangeland change. In: Eldridge D and Freudenberger D. (eds.) People of the Rangelands. Building the future. Proceedings of the VI International Rangeland Congress. VI International Rangeland Congress Inc., Townsville, Australia. 7-13

85. Fowler M. 2003. UML Distilled. Third Edition. A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language. Addison Wesley. USA. 175 pp.

86. Funtowicz S.O., Ravetz J.R. 1990. Uncertainty and Quality in Science for Policy. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht , NL.

87. Funtowicz S.O., Ravetz J.R. 1993. Science for the post-normal age. Futures. 25: Nº7, 739-755.

88. Gandu W.A. 2006 Weather: Basic Concepts and Models IAI-CPTEC Training Institute on Climate, Land and Modeling 14-18 August, 2006, Cachoeira Paulista, SP, Brazil

89. Geist H., McConnell W., Lambin E.F., Moran E., Alves D., Ruddel T. 2006. Causes and Trajectories of Land-Use/Cover Change. In: Lambin E.F., Geist H.J. (eds.) Land Use and Land-Cover Change Local Processes and Global Impacts. Springer. Germany. 222pp.

90. Gibon A. 1994. Dispositifs pour l'étude des systèmes d'élevage en ferme. In: The study of livestock farming systems in a research and development framework. Proceedings of the Second International Symposium on Livestock Farming Systems. Gibon A., Flamant J.C. (eds) EAAP Publication Nº 63. Wageningen. 410-422

91. Gigerenzer G., Selten R. 2002. Rethinking Rationality. In : Gigerenzer G., Selten R. (eds.). Bounded Rationality. The adaptive toolbox. MIT Press.1-12.

92. Gilbert N., Terna P. 1999. How to build and use agent-based models in social science. URL: http://web.econ.unito.it/terna/deposito/gil_ter.pdf/

93. Gómez R. 2004. La encrucijada ganadera: ¿auge o turismo rural? Revista del Plan Agropecuario Nº 1009. 22-26 URL: http://planagropecuario.org.uy

94. Gonzáles A. 2006. No estamos lejos de duplicar las exportaciones. El País. Economía y Mercado. 21 de Agosto de 2006. Montevideo Uruguay 16-17.

95. Gunderson L.H., Holling C.S. (eds).2002. Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press. USA.

96. Haan de C. 1999. Future challenges to international funding agencies in pastoral development: an overview. In: Eldridge D., Freudenberger D. (eds) People of the Rangelands. Building the Future. Proceedings of the VI International Rangeland Congress. VI International Rangeland Congress Inc., Townsville, Australia pp 153-155.

97. Hegedüs de P., Morales H. 1996. Algunas consideraciones sobre el enfoque sistémico y su importancia para la Extensión Rural. Extensão Rural. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Departamento de Educação Agrícola e Extensão Rural. - Nº. 03 (jan./dez 1996) 61:71

98. Heitschmidt R.K., Short R. E., Grings E.E. 1996. Ecosystems, Sustainability, and Animal Agriculture. J. Anim. Sci. 74:1395-1405.

99. Holland J.H. 1995. Hidden Order. How adaptation Builds Complexity. Basic Books..

100. Holland J.H. 1998. Emergence. From Chaos to Order. Basic Books.

101. Holling C.S., Gunderson L. H., Ludwig D. 2002. In Quest of a Theory of Adaptive Change. In: Gunderson L.H., Holling C.S. (eds). Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press. USA. 3-24.

102. Holling, C.S. 1998. Two cultures of ecology. Conservation Ecology [online] **2**(2): 4. Available from the Internet. URL: URL: http://www.consecol.org/vol2/iss2/art4/

103. Hubert B. 1994. Modelling pastoral Land-Use Practices. In. Brossier J., de Bonneval L., Landais E. (eds.) System studies in Agriculture and Rural Development. INRA, Paris. 235-258.

104. Hubert B., Girard N., Lasseur J., Bellon S. 1993. Les systèmes d'élevage préalpins. Derrière les pratiques des conceptions modélisables. In : Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, evaluer. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement. 27 ; 352 :385.

105. Hubert B., Ison R., Röling N. 2000. The "problematique" with Respect to Industrialised-Country Agricultures. In: Cow up a Tree. Knowing and Learning for Change in Agriculture Case Studies from Industrialised

Countries. LEARN Group. Cerf M., Gibbon D., Hubert B., Jiggins J., Paine M., Proost J., Röling N. (Eds.) INRA Paris. 13-29

106. IE 2006. Intitut de l'Êlevage. URL: http://www.inst-elevage.asso.fr/

107. IMSM07 2006 International Modeling and Simulation Multiconference 2007 URL: http://www.lsis.org/imsm07/

108. INAC 2007. Exportaciones de carne bovina. URL: http://www.inac.gub.uy/exportacionf.htm

109. Ison R. L. 1993. Changing community attitudes. Rangel. J. 15 (1) 154-166.

110. Ison R. L.;Russell D. 2000. Agricultural Extension and Rural Development. Breaking out traditions. Cambridge University Press. England.

111. Ison R.L., High C., Blackmore C.P., Cerf M. 2000. Theoretical Frameworks for Learning-Based Approaches to Change in Industrialised-Country Agricultures. In: Cow up a Tree. Knowing and Learning for Change in Agriculture Case Studies from Industrialised Countries. LEARN Group. Cerf M., Gibbon D., Hubert B., Jiggins J., Paine M., Proost J., Röling N.(Eds.) INRA Paris.31-54.

112. Janssen M. (Ed.) (2002) Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches. Edward Elgar Publishers.

113. Janssen M.A., Anderies J.M., Walker B.H. 2004 Robust strategies for managing rangelands with multiple stable attractors Journal of Environmental Economics and Management, 2004, vol. 47, issue 1, pages 140-162

114. Jay M., Morad M. 2005 A Critical Appraisal of the Concept of Ecological Modernisation: A Case Study From New Zealand's Dairy Industry. In: Zerger, A. and Argent, R.M. (eds) MODSIM 2005 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia

and New Zealand, December 2005, pp. 2428-2434. ISBN: 0-9758400-2-9. URL: http://www.mssanz.org.au/modsim05/papers/ jay.pdf

115. Jiggins J. 2001. Transforming science into practice. Proceedings of the IXX International Grassland Congress Brazil 2001.1065-1067

116. Jiggins J., Huber B., Collins M. 2000. Globalisation and Technology: the Implications for Learning Processes in Developed Agriculture. In: Cow up a Tree. Knowing and Learning for Change in Agriculture Case Studies from Industrialised Countries. LEARN Group. Cerf M., Gibbon D., Hubert B., Jiggins J., Paine M., Proost J., Röling N.(Eds.) INRA Paris. 69-84

117. Jobbággy E. 2005.Climate and Land –Use Control on Ecosystem Functioning: Challenges and Insights from the South. In: Inter American Institute for Global Change. Annual Report 2003-2004. 17-26

118. Jollivet M., Legay J.M. 2005. Canevas pour une réflexion sur une interdisciplinarité entre sciences de la nature et sciences sociales. Natures Sciences Sociétés, 13, 184-188.

119. Joly P.B., Ducos C. 1993. Les artifices du vivant. Stratégies d'innovation dans les industries de semences. INRA-Economica. Paris.

120. Jouve P. 1994. Approche systémique et formation des agronomes. In: Systems Oriented Research in Agricultural and Rural Development. International Symposium. Montpellier. France, 21-25 November. 834-860.

121. La Propaganda Rural 2005. Hotelería en feedlot: « aumentar 50% la producción del predio y vender la recría a U$S 1 por kilo en pie". Nº 1565. Montevideo. Uruguay. Setiembre 2005. 20-23.

122. Lambin E. 2004. La Terre sur un fil. Le Pommier. Paris.

123. Lambin E. F.; Geist H. J.; Lepers E. 2003. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. Annu. Rev. Environ. Resour. 20:205-41

124. Lambin E.F. & Geist H. (eds) 2006. Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacts. Springer. Berlin Germany 222 pp.

125. Landais E. 1992a. Les trois pôles des systèmes d'élevage. Les Cahiers de la Recherche Développement nº 32.

126. Landais E. 1992b. Principes de modélisation des systèmes d'élevage. INRA. Les cahiers de la Recherche- Développement nº 32 2/1992

127. Landais E., Balent G. 1993. Introduction à l'étude des pratiques d'élevage extensif. In : Landais E. (ed.) Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement. 27. 13 :33.

128. Landais E., Bonnemaire J.1994. Zootechnie et systèmes d'élevage: sur les relations entre l'enseignement supérieur et la recherche. Etnozootechnie Nº 54 109-140

129. Landais E., Deffontaines J.P. avec la collaboration de M. Benoit. 1990. Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. In : Brossier B., Vissac J.L., Le Moigne J.L. (eds). Modélisation systémique et systèmes agraires. 31-64.

130. Laperrière, V. 2004. Modélisation multi-agents du changement de pratiques viticoles. Mémoire de DEA Structures et Dynamiques Spatiales. Université Joseph Fourier, Grenoble, France.

131. Larkin J. H., Simon H.A. 1987. Why a diagram is (sometimes) Worth Ten Thousands Words. Cognitive Science. 11, 65-99.

132. Laterra P. 2004. Sustentabilidad de Ecosistemas pastoriles: una perspectiva adaptativa. In: Saldanha S., Bemhaja M., Moliterno E., Olmos F. (eds) 2004. Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. XX Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical- Grupo Campos. Salto.

133. Latour B. 2001. Le métier de chercheur regard d'un anthropologue. 2e édition revue et corrigée. INRA Editions. Paris 103 pp.

134. Le Moigne J. L. 1990. La modélisation des systèmes complexes. Bordas. Paris.

135. Le Moigne J.L. 1994. La théorie du système général. Théorie de la modélisation. 4ème édition, complétée. PUF. Paris.

136. Le Page C., Bommel P. 2004. Cours de Simulation des systèmes complexes. Cirad. Montpellier. 20Mars-2Avril.

137. Le Page C., Bommel P. 2006. A methodology to building agent-based simulations of common pool resources management: from a conceptual model designed with UML to its implementation in CORMAS. In: Bousquet F.; Trébuil G.; Hardy B. (eds) Companion Modeling and Multi-Agent Systems for Integrated Resource Management in Asia. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 327-350

138. Legay J. M. 1988. Méthodes et modèles dans l'ètude des systèmes complexes. In : Jollivet M (sous la dir. de) : Pour une agriculture diversifiée. Arguments, questions, recherches. L'Harmattan. Paris. 14-24.

139. Legay J. M. 1997. L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode. INRA Editions. Paris. 111 pp.

140. Lemery B., Ingrand S., Dégrange B., Dedieu B. 2004. Agir en situation d'incertitude: le cas des éleveurs de bovins allaitants. Colloque de la SFER Les systèmes de production agricole : performances, évolutions, perspectives (Lille, 18 et 19 novembre 2004)

141. Lesschen, J.P., Verburg P.H. 2005. Statistical methods for analysing the spatial dimension of changes in land use and farming systems – LUCC Report Series 7 Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Project. IV International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP) V. International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP)

142. Liu M. 1992. Présentation de la recherche-action: Définition, déroulement et résultats. Revue Internationale de Systémique. Vol 6, Nº 4, 293-311.

143. Lorenzo F., Paolino C. 2003. La valorización de activos en la ganadería: un enfoque no convencional. In: El campo natural y la empresa ganadera. Instituto Plan Agropecuario. Montevideo.11-22

144. Lossouarn J., 2003. Stratégies dans les filières animales. INRA Prod. Anim., 16 (5), 317-324

145. Lynam T., Stafford-Smith M. 2003. Monitoring in a complex world: seeking slow variables, a scaled focus and speedier learning. In: Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress. Editors: N. Allsopp, A.R. Palmer, S.J. Milton, K.P. Kirkman, G.I.H. Kerley, C.R. Hurt, C.J. Brown Durban, South Africa 26th July-1st August 2003. 617-629.

146. Lynam T.J.P., Dangerfield J.M. 1999. Fractured, incomplete and practically useless: scientific models of southern African rangeland systems. In: Eldridge D., Freudenberger D. (eds) People of the Rangelands. Building the Future. Proceedings of the VI International Rangeland Congress. VI International Rangeland Congress Inc., Townsville, Australia pp 825-831.

147. Machado C. 1973. Historia de los Orientales. Ediciones de la Banda Oriental. Montevideo. 393pp.

148. Malézieux E., Trébuil G., Jaeger M. 2001. Modélisation des agro écosystèmes et aide à la décision. INRA-CIRAD 447p.

149. Manson S.M. 2002. Validation and verification of multi-agent systems. In: Janssen M. (Ed.) Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches. Edward Elgar Publishers. 63-72.

150. March J.G. 1978. Rationalité limitée, ambigüité et ingénierie des choix. In : Décisions et organisations. Les éditions d'organisation (1991). Paris 133 : 162.

151. March J.G. 1994. A primer on Decision Making. How Decisions Happen. Simon & Schuster. USA. 289 pp.

152. Marshall C. 2000. Enterprise Modeling with UML. Designing Successful Software through Business Analysis. Addison Wesley Longman. Inc. Reading, MA, USA. 259 pp.

153. Marshall E., Bonneviale J.R., Francfort I. 1994. Fonctionnement et diagnostic global de l'exploitation agricole. Une méthode interdisciplinaire pour la formation et le développement. ENESAD SED. Dijon. 175p.

154. Martinelli L.A. 2006. Nitrogen dynamics in terrestrial ecosystems. Inter-American Association for Global Change. Training Institute. Sao Paolo. 12 – 18 Agosto.

155. Martínez Alier J., Roca Jusmet J. 2000. Economía Ecológica y Economía Ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Fondo de Cultura Económica. México. 481 pp.

156. Mazoyer M., Roudart L. 2002. Histoire des agricultures du monde. Editions du Seuil. Paris. 699 pp.

157. McAllister R.R.J.; Gordon I.J.; Janssen M.A. 2005. Trust And Cooperation In Natural Resource Management: The Case Of Agistment In Rangelands. In Zerger, A. and Argent, R.M. (eds) MODSIM 2005 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2005, pp. 170-176. ISBN: 0-9758400-2-9. URL: http://www.mssanz.org.au/modsim05/papers/ /mcallister_2.pdf

158. McAllister, R. R. J., Gross J. E, Stokes C. J. 2005b. Rangeland consolidation patterns in Australia: An agent-based modelling approach, CABM-HEMA-SMAGET, Bourg- Saint-Maurice.

159. McCown R.L., Hochman Z., Carberry P.S. 2005. In Search of Effective Simulation-Based Intervention in Farm Management. In Zerger, A. and Argent, R.M. (eds) MODSIM 2005 International Congress on Modelling and

Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2005, pp. 232-238. ISBN: 0-9758400-2-9. URL: http://www.mssanz.org.au/modsim05/papers/mccown.pdf.

160. MGA 1963. Situación económica y social del Uruguay rural. Ministerio de Ganadería y Agricultura. Comisión Honoraria del plan de desarrollo agropecuario. 514 pp.

161. MGAP 2000. Censo General Agropecuario. URL: http://www.mgap.gub.uy/Diea/CENSO2000/censo_general_agropecuario_2000.htm

162. MGAP 2003 b. DIEA Anuario 2003. URL: http://www.mgap.gub.uy/Diea/Anuario2003/Mapas/mapa4cci.jpg

163. MGAP 2003. La ganadería en Uruguay. Contribución a su conocimiento. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Montevideo. Uruguay. 87 pp.

164. MGAP 2005. Dicose Declaración Jurada 2005. Datos por departamento y total URL: http://www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/DatosDJ_2005.htm

a. MGAP 2006. El país productivo y el agro. Asociación de Dirigentes de Marketing. Montevideo. 6 de Octubre. URL: http://www.mgap.gub.uy/Cartelera/Mujica-pdf.pdf

165. Millenium Ecosystem Assesment, 2005. Ecosystems and Human Well-being Synthesis. Island Press, Washington, DC.

166. Morales H. 1996. Les réseaux de dialogue : Décision ou organisation ? L'innovation chez les éleveurs corses des brebis sardes. In : Le Sadoscope Publications 1995. INRA Département Systèmes Agraires et Développement. 154 pp.

167. Morales H. 2002. Más de lo mismo pero distinto en ganadería. El país agropecuario. 27/02/02

168. Morales H., Correa P., Noboa A., Salvarrey L. 2003 Knowing the strategies of the livestock farmers of the NW of Uruguay. In: Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress. Editors: N. Allsopp, A.R. Palmer, S.J. Milton, K.P. Kirkman, G.I.H. Kerley, C.R. Hurt, C.J. Brown Durban, South Africa 26th July-1st August 2003. pp 1857-1859.

169. Morales H., Malaquin I. 2004. Consideraciones a tener en cuenta acerca de la evolución de la producción de carne vacuna en Uruguay**.** 2ª Jornadas Amazónicas. Marajó. Junio.

a. Moran E. F., Orstrom E (eds) 2005. Seeing the forest and the trees: Human-environment interactions in forest ecosystems. MIT Press, Cambridge London.

170. Morin E. 1977. La méthode 1. La nature de la nature. Editions du Seuil. Paris. 399 pp.

171. Morin E. 1980. La méthode. 2. La vie de la vie. Éditions du Seuil. Paris. 470 pp.

172. Morin E.1990. Science avec conscience. Seuil. Paris.

173. Moss S. 2002. Policy analysis from first principles. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 99: 7267-7274.

174. Moss S., Edmonds B. (2005) Towards Good Social Science. Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 8, no. 4 URL: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/13.html

175. Moulin C.H., Ingrand S., Lasseur J., Madelrieuex S., Napoléone M., Pluvinage J., Thenard V. 2004. Comprendre et analyser les changements d'organisation et de conduite de l'élevage dans un ensemble d'exploitation : propositions méthodologiques, Séminaire « transformation des pratiques techniques et flexibilité des systèmes d'élevage », INRA SAD Montpellier, 15 et 16 mars 2004.

176. Mullin J. 1935. Tratado Practico de Ganadería. Cría y Explotación del Ganado Vacuno en Uruguay. Barreiro y Ramos. Mdeo. Uruguay. 574 pp.

177. Napoleone M. 1993. Stratégies d'éleveurs et performances animalesdans des exploitations d'élevage caprin en zone méditerranéenne. In: Landais E. (ed.) Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement. 27. 95-122.

178. Nolan T., Connolly J., Sall D., Cesar J. 2000. Mixed livestock grazing in diverse temperate and semi-arid environments. African Journal of Range & ForageScience 17 (1, 2&3): p. 10-21.

179. O'Reagain P., Mc Keon G., Day K., Ash A. 1999. Managing for temporal variability in extensive rangelands- A perspective from northern Australian. In: Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress. Editors: N. Allsopp, A.R. Palmer, S.J. Milton, K.P. In: Eldridge D., Freudenberger D. (eds) People of the Rangelands. Building the Future. Proceedings of the VI International Rangeland Congress. VI International Rangeland Congress Inc., Townsville, Australia pp 825-831.

180. Paine M.S., Burke C.R., Verkerk G.A., Jolly P.J. 2000 Learning Together about Dairy Cow Fertility Technologies in Relation to Farming Systems in New Zealand. In: Cow up a Tree. Knowing and Learning for Change in Agriculture Case Studies from Industrialised Countries. LEARN Group. Cerf M., Gibbon D., Hubert B., Jiggins J., Paine M., Proost J., Röling N.(Eds.) INRA Paris. 163-174.

181. Parker D.C. Berger Th. Manson M. 2001 Agent-Based Models of Land-Use and Land-Cover Change Report and Review of an International Workshop October 4–7, 2001 Irvine, California, USA Edited by: Parker D.C., Berger T., Manson S.M. URL: http://www.indiana.edu/%7Eact/focus1/ABM_Report6.pdf

182. Paruelo J.M., Piñeiro G., Altesor A.I., Rodríguez C., Osterheld M. 2004. Cambios estructurales y funcionales asociados al pastoreo en los pastizales

del Río de la Plata. In: Saldanha S., Bemhaja M., Moliterno E., Olmos F. (eds) 2004. Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. XX Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical-Grupo Campos. Salto.53-60.

183. Pearson C. J., Ison R. L. 1994. Agronomía de los sistemas pastoriles. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 156 pp.

184. Peixoto C.; Paolino C. 1982. El estancamiento de la producción agropecuaria: análisis de las interpretaciones formuladas a nivel del sector público y de las políticas propuestas para superarlo. In: Anales del Primer Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica. Montevideo Uruguay. Setiembre. 123-166

185. Pereira M. 2002. Manejo y conservación de las pasturas naturales del basalto. Instituto Plan Agropecuario, Servicios Agropecuarios (MGAPBID). Montevideo.

186. Pérez Arrarte C. 1982 La producción, el consumo y el comercio mundial de carne vacuna. In: Anales del Primer Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica. Montevideo Uruguay. Setiembre. 40-74

187. Perez P. 2006. Agents, Icons and Idols. In: Perez P. Batten D. (eds) Complex Science for a Complex World. ANU E Press. Camberra Australia. 335 pp. URL: http://epress.anu.edu.au. 27-56

188. Perez P. Batten D. 2006. Complex Science for a Complex World: An Introduction. In: Perez P. Batten D. (eds) Complex Science for a Complex World. ANU E Press. Camberra Austrália. 3-20. htttp:// epress.anu.edu.au

189. Peyrou J. 2006. La distribución de valor en la cadena cárnica uruguaya.El País Agropecuario. Montevideo. Setiembre. 30-32 URL: http://www.diarioelpais.org.uy

190. Pitrat J. 1993. Penser autrement l'informatique. Hermès. Paris.

191. Popper K. 2002. The Logic of Scientific Discovery. Routledge. London.

192. Popper K. 2005. The poverty of Historicism. Routledge. Cornwall.

193. Ramankutty N., Graumlich L., Achard F., Alves D., Chhabra A., DeFries R.S., Foley J. A., Geist H., Hughton R.A., Goldewijk K.K., Lambin E.F., Millington A., Rasmussen K., Reid R.S., Turner B.L. 2006. Global Land-Cover Change: Recent Progress, Remaining Challenges. In: Lambin E.F., Geist H.J. (eds.) Land Use and Land-Cover Change Local Processes and Global Impacts. Springer. Germany. 222pp.

194. Real D., Labandera C. Mejoramiento genético de leguminosas para mejorar campos de la región de basalto. In: Seminario El campo natural y la empresa ganadera. Instituto Plan Agropecuario. Montevideo-Uruguay. 33-37.

195. Reid R.S., Tomich T.P., Xu J., Geist H., Mather A., DeFries R.S., Liu J., Alves D., Agbola B., Lambin E.F., Chabbra A., Veldkamp T., Kok K., von Noordwijk M., Thomas D., Palm C., Verburg P. 2006. Linking Land-Change Science and Policy: Current Lessons and Future Integration. In: Lambin E.F., Geist H.J. (eds.) Land Use and Land-Cover Change Local Processes and Global Impacts. Springer. Germany.157-171.

196. Reynolds S. Batello C. Baas S. 1999. Perspectives on rangeland management – the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). In: Eldridge D., Freudenberger D. (eds) People of the Rangelands. Building the Future. Proceedings of the VI International Rangeland Congress. VI International Rangeland Congress Inc., Townsville, Australia pp 160-165.

197. Rogers E. M. 1983. Diffusion of Innovations. Third Edition. The Free Press. New York.

198. Röling N. G., Wagemakers M.A.E. 1998. Facilitating Sustainable Agriculture. Participatory Learning and adaptive management in times of environmental uncertainty. Cambridge University Press. UK. 317 pp.

199. Röling N.G. 1994. Interaction between extension services and farmer decision making: New issues and sustainable farming. In: Dent J.B., Mc Gregor M.J. (eds.) Rural Farming and Systems Analysis. European Perspectives. CAB International. London. 280-291.

200. Romera A.J., Morris S.T., Hodgson J., Stirling W.D. 2004. A model for simulating rule-based management of cow–calf systems. Computers and Electronics in Agriculture 42. 67–86

201. Ropella G.E., Railsback S. F., Jackson S. K. 2002. SOFTWARE ENGINEERING CONSIDERATIONS FOR INDIVIDUAL-BASED MODELS. Natural Resource Modeling Volume 15, Number 1

202. Rossengurt B. 1979. Tabla de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo. Universidad de la República. Departamento de Publicaciones y Ediciones. 86pp.

203. Rossi V., Courdin V. 2006**.** La experiencia de la Colonia 19 de Abril, Paysandú. In Construcción de políticas de tierra, colonización y desarrollo en Uruguay. Cap I. Departamento de Publicaciones, UdelaR. 61-69.

204. Rovira J. 1971. Producción de carne con razas bovinas tradicionales. In : Producción y comercialización de carnes. Universidad de la República. Montevideo.

205. Russell D.B., Ison R.L., Gamble D.R., Williams R.K. 1991. Analyse critique de la théorie et de la pratique de la vulgarisation rurale en Australie. Doc. de travail de l'URSAD Versailles-Dijon-Mirecourt. INRA. Versailles.

206. Sala De Touron L. De la Torre N. Rodríguez J.C. 1967. Estructura Económico-Social de la Colonia. Ediciones Pueblos Unidos. Mdeo. Uruguay. 200 pp.

207. Saldanha S., Bemhaja M., Moliterno E., Olmos F. (eds) 2004. Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. XX Reunión

del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical- Grupo Campos. Salto.

208. Schmuller J. 2004. Sams Teach Yourself UML in 24 hours. SAMS Publishing USA

209. Sebillote M. 1990. Deuxième partie.Conséquences pour les démarches d'aide à la décision. In : Brossier J., Vissac B., Le Moigne J.L. (eds) Modélisation Systémique et Système agraire. INRA. Paris. 106-117.

210. Secco J. Pérez Arrarte C. 1975. El ciclo ganadero. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay. 2ª época, Nº 4, Montevideo.

211. Simon H. A. 1983. Reason in Human affairs. Stanford University Press. California. 115 pp.

212. Simon H. A. 1991. Science des systèmes. Sciences de l'artificiel. Afcet systèmes. Paris.

213. Simon H. A. 1992. Information Processing in Computer and Man. In: Egidi M. Marris R. (eds) Economics, Bounded Rationality and the Cognitive Revolution. Edward Elgar. England. 76-102.

214. Sorensen J.T., Kristensen. 1994. Computer models, research, and livestock farming systems. In: Gibon A., Flamant J.C. (eds.). The study of livestock farming systems in a research and development framework. Wageningen Press.391-398.

215. Stafford-Smith M. 2000. Grazing half of Australia: risks and returns to regional futures. In: Emerging Technologies in Agriculture: From ideas to adoption. Proceedings of the Bureau of Rural Sciences Conference. Kingston. 61-72.

216. Street J. 1959. Artigas and the Emancipation of Uruguay. Cambridge University Press.

217. Stuth J.W., Stafford Smith M. 1993. Decision Support for grazing lands: An overview. In: Stuth J., Lyons B.G. (eds). Decision support systems for management of grazing lands. Emerging Issues Man and the Biosphere Series. Vol II Unesco 1:34.

218. Taylor R.E., Field T.G. 1999. Beef Production and Management Decisions. Prentice Hall. New Jersey.

219. Thornton P.K.; Reid R. S.: Krusha R. L. 2003. Adapting to global change in Africa: studying the implications for rangelands. In: Proceedings of the VIIth International Rangelands Congress. Editors: N. Allsopp, A.R. Palmer, S.J. Milton, K.P. Kirkman, G.I.H. Kerley, C.R. Hurt, C.J. Brown Durban, South Africa 26th July-1st August 2003. 1030-1039.

220. UNIT 2001. Sistemas de gestión de la calidad. ISO 9000:2000. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. Montevideo. Uruguay. 96 pp.

221. USDA 2006. URL: http://www.fas.usda.gov

222. Vallerand F. 1994. The contribution of Action-Research to the Organization of Agrarian Systems. In: Dent J.B., McGregor M.J. (eds) Rural and Farming Systems Analysis. European Perspectives. CAB International. London. 320-337.

223. Varela F. J. 1989. Autonomie et Connaissance. Essai sur le Vivant. Editions du Seuil. Paris.

224. Vercherand J. 1989. La Question du développement de l'élevage en Corse. Etudes Rurales. Nº 32. 5-69.

225. Vigorito R. 1971. Evolución y estado actual de la producción de carne en Uruguay. In: Producción y comercialización de carnes. Universidad de la República. Montevideo. 11-62

226. Walker B. Rangelands Livelihood in the 21st Century. In: Grice A.C., Hodgkinson K.C. (eds) Global Rangelands Progress and Prospects. CABI. UK. 253-260.

227. Walter J. W.; Hodgkinson K.C. 1999. Grazing management: new Technologies for old problems. In: Eldridge, D. and Freudenberger, D. (eds) People of the Rangelands. Building the future. Proceedings of the VI International Rangeland Congress Inc., Townsville, Australia, pp 424-430.

228. Weiss G. (ed) 1999. Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. MIT. USA 619 pp

229. Wilson, E.O. 1998. Consilience. The unity of Knowledge. Abacus. London.

Annexe :

Fonctionnement technique des systèmes d'élevage en Uruguay

Adapté de : MGAP 2003. L'élevage en Uruguay. Une contribution à sa connaissance. Direction des Statistiques Agricoles. Ministère de l'Elevage, l'Agriculture et la Pêche. Montevideo. Uruguay. 87 pp.

INTRODUCTION

L'élevage a une longue tradition dans l'histoire du pays en apportant des composants fondamentaux du régime national et de la matière première pour l'industrie de la viande, textile et du cuir, en contribuant de manière importante aux exportations.

Dans cette analyse le centre d'attention sera mis dans les caractéristiques des éleveurs, des exploitations et de la population et des travailleurs liés à l'élevage. C'est un résumé à partir du Recensement Agricole de l'année 2000, que pour l'essentiel reste valable à nos jours.

Puisque l'élevage national se caractérise par une forte association entre l'exploitation de bovins viande et celle d'ovins, on considérera ici ensemble les deux activités.

1. L'ENSEMBLE d'EXPLOITATIONS AVEC BOVINS VIANDE ET/OU OVINS[6]

Le Recensement Agricole 2000 illustre l'importance des exploitations dont la principale recette provient de la production de bovins viande et ovins. Ce sont 32,3 mille exploitations, qui constituent 57% du total recensé et emploient

[6] Lainières

environ 83 mille travailleurs permanents (53% du total). Pour sa part, le total des exploitations qui avaient des bovins viande et ovins durant l'année 2000 selon le Recensement Agricole atteignaient à 46,8 mille (82% du total recensé), avec une surface de 15,7 millions d'hectares (96% du total national).

L'existence de régions spécialisées dans d'autres activités agricoles (comme la production agricole ou forestière, etc..) n'empêche pas que l'élevage viande et laine soit la principale production dans presque tous les endroits du pays.

2. CARACTÉRISATION DU BÉTAIL URUGUAYEN.

a. Aspects généraux

Dans ce travail nous choisissons d'analyser l'élevage national au moyen des exploitations qui ont bétail de viande et/ou ovins dans une surface plus grande à 20 hectares. Il s'agit de 32 mille exploitations qui disposent de 9,3 millions de têtes de bovin viande (99% du total national recensé), 12,8 millions d'ovins (aussi 99% du total) avec une surface de 15s6 millions d'hectares (99% de la surface recensée

Entre les exploitations bovines orientées sur la production de viande, il existe 3,3 mille qui sont laitières, exploitent environ un million d'hectares et disposent un nombre relativement réduit de bovins viande et ovins : 325 mille et 288 mille têtes, respectivement. Ceci est expliqué par une spécialisation importante dans la production de lait et nous proposons d'exclure ces exploitations de l'analyse qui suit parce qu'on ne perd pratiquement rien du point de vue de l'élevage et on évite d'introduire les particularités de la laiterie (proportion d'améliorations de pâturages, dotation de machines, utilisation de suppléments, etc.).

De même, dans ces 32 032 exploitations il existe des activités agricoles différentes à l'élevage à des niveaux significatifs. On a alors écarté les exploitations avec plus de 2 HA de potager, celles de plus de 3 hectares de

maraichage ou fruiticulture, et celles qui n'ont pas de l'activité agricole à titre commercial.

Ainsi ils nous restent 27 116 "exploitations d'élevage" que nous considérerons dorénavant pour analyser l'élevage national, qui n'ont pas laiterie commerciale et seulement d'activités de maraichage ou fruit-viticoles à très petite échelle (proche à l'autoconsommation). Il s'agit par conséquent d'un ensemble d'exploitations que bien qu'ils puissent présenter d'autres activités, les restrictions effectuées permettent de soutenir que pour la plupart elles sont spécialisées en élevage. Tel univers d'élevage compte 14,4 million de hectares (92% de la surface des exploitations avec bétail et 88% de la surface recensée), 8,8 millions de têtes de bovin pour viande (94% du total) et 12,3 million d'ovins (96% du total national)..

Dans ce que suit l'échelle de production des producteurs sera prise en considération selon trois couches : petits (20 à à 200 ha), moyens (200 à à 2.000 ha) et (plus de 2.000 ha). On souligne l'important poids numérique des petits (environ 15 mille et 51%) et la surface réduite qu'ils occupent (9%). Dans l'autre extrémité, de grandes exploitations sont presque 1500 (5%) et représentent 41% de la surface d'élevage ici analysée.

Divers éléments conseillent de désagréger l'ensemble d'exploitations d'élevage et celles d'agriculture-élevage puisque elles montrent des fortes différences entre elles. Celles qui effectuent plus de 5 hectares d'agriculture ont des particularités qui vont au-delà de l'agriculture parce qu'elles sont aussi différenciés dans des importants aspects pour la production d'élevage : ils disposent d'une plus grande proportion de prairies artificielles (12% et 5%, respectivement), cultures fourragères annuelles (4,4% contre 1,1%) et équipements de labourage.

L'élevage se présente donc sous deux aspects : les éleveurs et les agriculteurs-éleveurs. Ces derniers signifient 10% des propriétés et 18% de la surface, avec des particularités productives qui seront vues plus loin, comme

une relation ovin/bovin de 0,8 (près de la moitié que les éleveurs) et une plus grande proportion de bovillons de plus de 2 années face aux vaches (0,58 et 0,44, respectivement).

Ensuite viendra l'information sur le producteur : 1. localisation départementale, 2. sexe et âge, 3. éducation, 4. nationalité, 5. résidence, 6. habitat, 7. téléphone et électricité, 8. présence d'administrateurs, 9. assistance technique, 10. utilisation de registres, 11. présence de fractions non contiguës qui forment l'exploitation, 12. existence d'autres exploitations, 13. forme juridique.

i. Localisation départementale des éleveurs

Les producteurs ruraux qui font de l'élevage sont situés pratiquement dans tout le pays. Sauf Montevideo, pratiquement sans éleveurs, le reste des départements en compte près ou plus d'un millier.

b. Caractéristiques sociales et démographiques des éleveurs

i. Sexe et âge

Le sexe masculin prédomine en agriculture, particulièrement dans le cas des éleveurs. Toutefois, notons que 22% des petits éleveurs sont des femmes. La fréquence est réduite en augmentant la taille, en atteignant à 15% dans les grands producteurs. La distribution par âge des producteurs, souligne que le tronçon d'âge le plus fréquent est celui de 51 à 60 années dans presque toutes les tailles et dans les deux spécialisations productives.

Une estimation de l'âge moyen s'avère proche de la cinquantaine et tend à croître avec la taille de la propriété (de 50 à 53 années). Dans le cas des producteurs éleveur- agricoles l'âge moyen est inférieur de quelques années et elle croît depuis 47 années dans les petites exploitations jusqu'à 50 ans dans les plus grandes.

ii. Éducation

Le niveau éducatif des producteurs augmente avec la taille de l'exploitation. Pour les petits éleveurs l'éducation primaire prédomine (66%), dans les producteurs moyens prédomine l'éducation secondaire (32%) et dans les est grands prédomine l'éducation universitaire (46%). La situation est identiqure dans le milieu rural en général.

iii. Nationalité

La nationalité "uruguayen" est absolument prédominante dans les éleveurs surtout dans les petits (98%). Au fur et à mesure qu'augmente la taille apparaît avec des petites valeurs la nationalité brésilienne (5% dans le cas des grands) et argentine (1%).

iv. Résidence

La résidence des éleveurs est une des variables qui se modifie avec la taille de l'exploitation : les petits vivent dans l'exploitation à 52% des cas, les moyens à 41%, et les grands à seulement 29%. A égale taille, les producteurs agricoles en général résident plus souvent sur l'exploitation : 69%, 55% et 39%, respectivement. La cause est probablement la plus grande complexité de l'activité agricole et ses exigences de proximité s'il n'existe pas de gérance contractée.

v. Propriété de la terre

L'analyse du statut foncier de la propriété dans des exploitations de producteurs de d'élevage montre une prédominance très grande de la propriété : la surface louée croît de 63% chez les petits à 69% chez les moyens et à 76% chefs les grands. La surface en propriété dans des exploitations rurales est inférieure : 50%, 61% et 74% respectivement, dû principalement à l'augmentation de la surface louée (41%, 28% et 18%).

c. Des aspects de l'organisation des exploitations d'élevage

i. Disponibilité du téléphone et de l'électricité sur l'exploitation

La disponibilité de téléphone est aujourd'hui quasi totale, de même que celle d'électricité

ii. Administration d'exploitations d'élevage

Tout comme d'autres variables déjà indiquées, la présence d'administrateur dans des exploitations d'élevage présente une forte variation avec la taille de la propriété. De l'ordre de 6% dans le cas des petits exploitants, 20% pour les moyens et 52% pour les grands 52%. La situatuion est semblable dans le milieu rural pris dans son ensemble.

iii. Assistance technique reçue par des éleveurs

L'assistance technique aux éleveurs présente une forte variation avec l'échelle de production : 14% pour les petits, 40% pour les moyens et 73% pour les grands. Les valeurs sont plus élevées dans l'ensemble du milieu rural : 35%, 66% et 88%.

iv. Des éleveurs qui portent des registres de la gestion

Les registres de production ont une présence croissante au fur et à mesure qu'augmente la taille de producteur : 36%, 69% et 89% dans le cas des grands. Les agriculteurs-éleveurs ont des registres plus fréquemment pour une même échelle.

v. Fractions non contiguës ou morcellement des exploitations

Le morcellement des exploitations d'élevage augmente avec la taille. Les valeurs moyennes sont de 1,4 fractions chez les petits, 1,7 chez les moyens et 2,1 chez les grands. Les valeurs sont légèrement plus grandes pour l'ensemble du monde agricole, 1.7, 2.4 et 3, respectivement.

vi. Autres exploitations administrées par l'éleveur

Plus la taille augmente et plus l'éleveur a une ou plusieurs autres exploitations : 3% chez les petits, 12% chez les moyens et 30% chez les grands. La situation est semblable dans l'ensemble du monde agricole.

vii. Condition juridique des éleveurs

La condition juridique de l'élevage a été classée en cinq catégories : personne physique, société de fait ou succession, société avec contrat légal, dépendance de l'état et autre. La première est largement majoritaire. Sa fréquence diminue d'environ 90% dans le cas des petits producteurs, jusqu'environ 50% dans le cas des grands, du au fait que la forme de société avec contrat légal croît rapidement avec la taille : de 2% chez les petits producteurs à environ à 40% chez les grands. Les dépendances de l'état et d'autres formes de condition juridique sont inférieures à 1%.

d. Des ressources humaines

i. Travailleurs permanents non salariés dans les exploitations d'élevage

"Les travailleurs permanents non salariés" sont principalement l'éleveur et ses parents. Sur un total de 44 mille personnes, 39 mille correspondent aux exploitations d'élevage et 5 mille à des exploitations de polyculture-élevage.

La plupart des travailleurs permanents non salariés se trouve dans les petites exploitations (24 mille pour les éleveurs et 2 mille pour les agriculteurs) et les exploitations moyennes (14 mille pour les éleveurs et un peu plus de 2 mille pour les agriculteurs).

On note l'importance des femmes qui travaillent de manière permanente et sans rémunération dans les exploitations d'élevage, près de 15 mille, la majorité dans de petites exploitations spécialisées. D'autre part, il existe une proportion significative de"producteur ou associé" qui correspond à des femmes.

L'importance du travail familial permanent non rémunéré est réduite en augmentant la surface de l'exploitation. La moyenne de travailleurs permanents non salariés par exploitation diminue de 1.7 à 1 quand augmente la taille des exploitations d'élevage, et de 2.1 à 1.4 dans les exploitations agricoles.

ii. Des travailleurs permanents salariés dans les exploitations d'élevage

Les travailleurs permanents salariés dans les exploitations d'élevage sont 33 ,5 mille, soit 60% du total des 56 mille travailleurs permanents salariés du secteur agricole. On vérifie un poids prédominant des peons ou ouvriers agricoles (22,2 mille), suivi par des administrateurs et/ou des contremaîtres (6,2 mille), dont la grande majorité se trouve dans les exploitations d'élevage. Les universitaires et les techniciens permanents rémunérés sont 1,3 mille et les opérateurs de machines agricoles sont 2,7 mille.

La moyenne de travailleurs permanents salariés selon taille et type d'exploitation d'élevage, augmente fortement en passant de 0,2 dans les petites exploitations à 7.4 dans les grandes (dans les éleveurs) et de 0,4 à 15,3 dans l'ensemble du secteur agricole.

On vérifie aussi la plus grande fréquence des hommes que des femmes. Le nombre de travailleurs permanents rémunérés grandit moins que la surface des exploitations. La quantité d'hectares par travailleur : 377, 479 et 509 dans les exploitations d'élevage et 250, 293 et 299 dans les exploitations agricoles. Il s'agit d'une économie d'échelle en termes de salariés, mais on doit prêter attention au fait que si on ajoute les travailleurs permanents non rémunérés aux non salariés, la tendance est beaucoup plus marquée.

iv. Résidents dans des exploitations d'élevage

Le total de résidents atteint à 127 mille personnes, ce que signifie 67% du total des habitants ruraux.

Le nombre de mineurs montre les grands changements arrivés dans la démographie rurale, avant caractérisée par des nombreuses familles. Il y a seulement 14 mille hommes plus petits de 14 années et 12 mille femmes plus petites de 14 années. On c ompte une moyenne d'un mineur par exploitation.

Un autre élément à souligner est l'important apport des petites exploitations à la population rurale, soit près de la moitié du total de 127 mille résidents dans des exploitations d'élevage.

Les petites exploitations ont en moyenne 4 personnes, les moyennes 3,7 et les grandes 9,5.

3. Des équipements et des améliorations fixes

a. Machines et équipements dans les exploitations d'élevage

Le Recensement a prélevé une information sur les tracteurs, les charrues, et d'autres machines.

Les exploitations d'élevage petites et moyennes ont une fréquence réduite de tracteurs (0,3 et 0,6, respectivement). En revanche, les agriculteurs présentent des valeurs beaucoup plus grandes pour une même échelle. On vérifie aussi que ces dernières disposent de tracteurs d'une plus grande puissance. Le plus souvent, les exploitations d'élevage ne disposent pas d'équipements mais effectuent des tâches au moyen de services sous-traités.

b. Améliorations fixes dans les exploitations d'élevage

L'utilisation de la clôture électrique croît rapidement avec l'échelle dans les exploitations d'élevage (de 27% à 62%) et est toujours présent chez les agriculteurs.

Le nombre de lots (« potreros ») fixes est un important investissement. On en compte 160 mille dans les exploitations d'élevage et 37 mille dans les exploitations agricoles. Son nombre par exploitation croît en augmentant l'échelle (de 3,6 à 23,3) dans les exploitations d'élevage. Pour une même échelle, le nombre de lots est beaucoup plus grand dans les exploitations agricoles (de 6 à 38). Près de la totalité des lots fixes ont en permanence de l'eau pour le bétail.

Le bain d'immersion pour bovins (pour les tiques) tend à être présent dans toutes les grandes exploitations, mais est peu fréquent dans les moyennes et inexistant dans les petites. La situation est semblable arrive avec le bain pour ovins.

La balance de bétail a une fréquence de 0,7 dans de grandes exploitations d'élevage et est presque nulle dans les moyennes ou les petites. Dans les exploitations agricolesulture-élevage la présence est un peu plus grande. Au niveau national, on en compte un peu plus de trois mille.

4. Indicateurs techniques

a. Charge animale par hectare

Selon la taille de l'exploitation la charge moyenne de bovins par hectare dans les exploitations d'élevage est de 0,61, allant de 0,76 tête à 0,49 quand on passe de 20-50 HA à plus de 5000 hectares.

b. Relation ovin/bovin

Dans les exploitations d'élevage le rapport entre ovins et bovins est de 1,5 et présente une tendance constante à la baisse au fur et à mesure qu'augmente la surface des exploitations: de 1,8 à 1,4.

c. Relation bouvillons/vache dans les exploitations d'élevage

Le rapport entre la quantité de de bovillons et de vaches au moment du recensement est indicatrice de la spécialisation à l'engraissement des exploitations. Si nous considérons les bovillons de 2 à 3 ans, la valeur moyenne des exploitations d'élevage atteint à 0,24, avec une tendance croissante en augmentant la surface.. Le rapport avec les seuls bouvillons de plus de 3 ans, la valeur moyenne des exploitations d'élevage est de 0,2 avec une croissance soutenue avec la surface.

Ce qui est exposé quantifie la manière dans laquelle les exploitations agricole- d'élevage sont plus dédiées à l'engraissement et terminent des bovillons plus jeunes.

d. Amélioration fourragère dans les exploitations d'élevage

Il est de 10°% dans les petites exploitations et de 20% dans les grandes.

Dans les exploitations d'élevage la surface améliorée totale varie peu avec l'augmentation de la surface.

En augmentant la surface de l'exploitation, on note une croissance de la proportion d'assolements fourragers et une réduction des prairies.

e. Prairies artificielles « permanents »

On peut observer que dans les exploitations mixtes, agriculture-élevage, une grande majorité d'exploitations dispose de prairies artificielles « permanentes ». Dans les exploitations d'élevage, la fréquence est 29% chez les petites, 38% chez les moyennes et 57% chez les grandes.

Lréalisation de réserves fourragères augmente avec la taille : 9% dans les petites, 10% dans les moyennes et 16% dans les grandes. Les niveaux sont beaucoup plus grands dans les exploitations mixtes, (47%, 55% et 54%, respectivement).

La réalisation de réserves de prairie sous forme d'ensilage est rare dans les exploitations d'élevage (moins de 2%).