



HAL
open science

Modéliser, partager, réinterroger. Une expérience participative pour accompagner les reconceptions de systèmes d'élevage

Lucie Gouttenoire

► **To cite this version:**

Lucie Gouttenoire. Modéliser, partager, réinterroger. Une expérience participative pour accompagner les reconceptions de systèmes d'élevage. Sciences du Vivant [q-bio]. AgroParisTech, 2010. Français. NNT: . tel-02822703

HAL Id: tel-02822703

<https://hal.inrae.fr/tel-02822703>

Submitted on 6 Jun 2020

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.



Doctorat ParisTech

THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech)

Spécialité : Zootechnie des Systèmes d'Élevage

présentée et soutenue publiquement par

Lucie GOUTTENOIRE

le 10 décembre 2010

Modéliser, partager, réinterroger.

**Une expérience participative
pour accompagner les reconceptions de systèmes d'élevage**

Directeur de thèse : **Stéphane INGRAND**
Co-encadrement de la thèse : **Sylvie COURNUT**

Jury

M. Jean LOSSOUARN	Professeur, UMR SADAPT, AgroParisTech	Président
M. Patrick d'AQUINO	Directeur de Recherche, UPR GREEN, CIRAD	Rapporteur
M. Charles-Henri MOULIN	Enseignant Chercheur, UMR ERRC, Montpellier SupAgro	Rapporteur
Mme Ika DARNHOFER	Assistant Professor, Institute of Agricultural and Forestry Economics, BOKU	Examinatrice
Mme Sylvie COURNUT	Ingénieur de Recherche, UMR Métafort, VetAgro Sup	Examinatrice
M. Stéphane INGRAND	Ingénieur de Recherche, UMR Métafort, INRA	Examinateur

« Innover, ce n'est pas avoir une nouvelle idée, c'est arrêter d'avoir une vieille idée. »

Edwin Herbert Land, inventeur

Remerciements

Il y a trois ans, je recevais un courriel de Stéphane Ingrand qui m'annonçait que le financement venait d'être obtenu, et que je n'avais en quelque sorte plus qu'à faire mes valises pour Clermont-Ferrand. Je m'en souviens très bien. Quelques jours plus tard, c'était au tour de Sylvie Cournut de me faire part de son enthousiasme. Je m'en souviens très bien aussi ! Et aussi d'avoir éprouvé une grande satisfaction, suivie d'une vague angoisse mêlée d'impatience. La thèse était lancée, le pacte était scellé ! Ma nouvelle mission consistait désormais à mener à bien ce projet dans l'initiation duquel j'avais mis beaucoup de cœur, d'espoirs et d'énergie, et pour lequel j'avais eu la chance de trouver des interlocuteurs tout aussi motivés que moi.

Il y a trois jours – dimanche dernier, donc –, lovée dans mon canapé, l'ordinateur sur les genoux et sirotant une énième tasse de thé bien infusé, j'apportais le point-presque-final de la conclusion générale de ma thèse. Sylvie et Stéphane étaient là, par ordinateurs et internet interposés, à me transmettre leurs derniers commentaires et encouragements. La thèse était en voie d'être achevée, le soulagement perceptible, ainsi qu'un brin de fierté à peine dissimulé ! Projet mené à son terme, mission accomplie ! Et toute une histoire à raconter.

Quoiqu'on en dise, une thèse, ce n'est pas toujours un long calvaire fait de doutes, de remises en question et d'incompréhensions. Je ne prétends pas que ces difficultés-là n'existent pas, je dis simplement qu'une thèse, ça peut aussi et avant tout être une jolie histoire. La mienne l'a été. Aussi je voudrais remercier très chaleureusement toutes les personnes qui m'ont permis d'écrire cette belle histoire et qui ont contribué à la façonner, eux aussi, chacun à sa façon.

L'histoire commence donc il y a trois ans, par de premiers échanges avec Sylvie, par un intérêt exprimé par Stéphane pour le projet, et plus généralement par un enthousiasme « métaphorique » à l'idée d'accueillir un nouveau projet, une nouvelle doctorante et de nouvelles thématiques. J'ai cru comprendre qu'avant mon arrivée, Etienne Josien et Benoît Dedieu, qui étaient alors respectivement directeur d'UMR et responsable d'équipe, ont particulièrement appuyé le montage de ce dossier... Je les en remercie très sincèrement !

Trois ans plus tard, ce sont Charles-Henri Moulin, Patrick d'Aquino, Ika Darnhofer et Jean Lossouarn qui s'ajoutent aux personnages de l'histoire. Tous les quatre seront membres de mon jury de thèse, et les deux premiers en seront les rapporteurs. Je vous remercie tous les quatre de l'intérêt que vous avez témoigné pour mon travail en acceptant d'en être les évaluateurs. Et j'espère sincèrement que son contenu vous intéressera !

Entre le début et la fin de la thèse, toute une période durant laquelle le « joyeux trio » fait des siennes ! Je veux bien entendu parler de mes deux encadrants et de moi-même. Sylvie, Stéphane, sachez-le, je ne suis pas peu fière de ce que nous avons réussi à faire ensemble. Il y a bien sûr ce manuscrit, il y a bien sûr les articles, les participations aux colloques, les ateliers participatifs conduits ensemble, les réunions brainstormantes... Mais je crois qu'il y a aussi tout autre chose. Il y a aussi le fait d'avoir appris à nous connaître, à nous jauger et à nous écouter... Jusqu'à ce que la coopération devienne ce qu'elle est aujourd'hui. J'en suis d'autant plus fière que tout n'a pas forcément toujours coulé de source... Merci à vous deux de m'avoir aidée à baisser ma garde et à m'ouvrir davantage aux

échanges, conseils et autres commentaires qui font le cœur même du métier de chercheur. Notre collaboration n'aura pas toujours été un long fleuve tranquille, mais elle n'a jamais manqué de vie et j'en suis ravie !

Durant toute la durée de la thèse, le joyeux trio aura été richement entouré de toute une foultitude de personnages secondaires, mais non moins importants. Je pense en particulier aux membres de mon comité de thèse : Marianne Cerf, Jean-Louis Fiorelli, Christine Fourichon, Florence Garcia et Nathalie Girard, sans qui ma thèse aurait vraisemblablement reposé sur trois terrains, deux stages, trois espèces animales et quatre pays ! Plus sérieusement, j'ai beaucoup apprécié votre sens des réalités, vos remarques constructives, vos capacités à lire et à écouter avec la plus grande attention, et à suggérer sans imposer. Nous ne nous sommes vus que trois fois, mais vous pouvez être certains que, par des mises en garde progressivement intégrées, par des petites idées qui cheminent, et par une confiance en soi qui grandit, votre influence sur le contenu de ma thèse est loin d'être négligeable !

Une mention spéciale pour Nathalie Girard, qui m'a soufflé l'idée de la cartographie causale, dont le lecteur comprendra l'importance dans cette thèse. Puisque j'en suis aux cartes causales, j'aimerais aussi remercier le petit groupe « PerfEA » de VetAgro Sup, Ambroise Garnier, Mathieu Capitaine et Philippe Jeanneaux, grâce auquel j'ai pu discuter localement de cartographie causale, plus particulièrement avec Ambroise, et rencontrer Yann Chabin à Montpellier, pour qui la cartographie causale est un thème de recherche central. Ces échanges m'auront permis de prendre davantage de recul sur l'utilisation de la cartographie causale que je fais dans ma thèse, en cernant mieux d'autres types d'usages possibles.

Je remercie aussi les animateurs et les participants des formations et ateliers auxquels j'ai pris part durant ma thèse et qui m'auront permis d'élargir le champ de mes réflexions, notamment sur les démarches participatives. Je pense en particulier à une formation à la modélisation d'accompagnement organisée par le collectif ComMod et suivie dès le tout début de ma thèse, et aux ateliers du SAD sur les recherches participatives qui ont eu lieu en 2009, co-animés par Marianne Cerf et Pascal Béguin. Enfin, je souhaite remercier toute la petite équipe des Journées des Doctorants du SAD (et les doctorants !) auxquelles j'ai participé chaque année avec assiduité et plaisir : Bernadette Leclerc, Patrick Steyaert, Laurent Hazard, Cécile Fiorelli, Gilles Martel, Cyril Agreil et Françoise Maxime. Merci pour ces moments réflexifs et conviviaux ! Ces journées m'ont grandement aidée à mieux situer, argumenter (assumer ?) les principaux choix de ma thèse, en particulier grâce à l'exercice du « récit », animé dans mon cas par Patrick Steyaert. L'exercice se voulait révélateur ; je peux témoigner qu'il l'a été !

Localement, le groupe d'animation transversale sur les recherches participatives de l'UMR Métafort a été un autre collectif au sein duquel je pense que ma thèse a beaucoup progressé. Je voudrais remercier ici Sylvie Lardon, Marie Houdart, Marie Taverne, Nathalie Hostiou et Sylvie Cournut de m'avoir invitée à rejoindre leur petite troupe ! Travailler avec vous fut un plaisir, vraiment !

Evidemment, ma thèse n'aurait pas lieu d'être sans la participation des éleveurs bio et en conversion du Pilat avec qui j'ai eu le plaisir de travailler. Qu'ils en soient ici tous remerciés ! Marie-Andrée Arnaud, Emmanuel Berger, Boris Bathie, Georges Bouchet, Emile Boudarel, Alexandra Chanal, Nicolas Chaudier, Marie-Thérèse Chomat, Jacques Collard, Daniel Dumond, Alain Jourdat, Jacques Jourjon, Michel Legat, Richard Martin, René Ollagnon, Gilbert Patouillard, Gilbert Pucéat, Claire Robin, Jean-

Luc Rouchouze, Irène Valour, Cécile Vialla, tous ont contribué, d'une manière ou d'une autre, au bon déroulement de ma thèse, que ce soit en participant à une enquête, en assistant à une réunion ou bien en prenant part aux ateliers de modélisation participative, et parfois même en s'abonnant aux trois ! J'adresse un remerciement tout particulier aux dix éleveurs qui ont bien voulu se prêter au jeu des ateliers de modélisation participative.

Merci aussi aux « acteurs institutionnels locaux » pour leur enthousiasme, leur aide dans la mise en place de mon dispositif de terrain et le portage du projet auprès des éleveurs. Je cite ici Michel Jabrin (PNR du Pilat), Jean-Louis Lapoute (CA 42), Jean-Paul Picquendar et Pascal Jacoud (Sodiaal Union), Xavier Cros et Yves Odouard (comité de développement) et Matthieu Debrosse (COVEL). Du côté agricole, j'adresse ici un clin d'œil à mon père, André Gouttenoire, éleveur laitier, pour les séances briefing-débriefing de mes phases de terrain, ainsi que pour les nombreuses discussions que nous avons eues au sujet de ma thèse ! Je remercie également les participants au projet CasDar « Montagne Bio », animé par Anne-Charlotte Dockès, grâce à qui j'ai pu acquérir une vision plus précise des réalités de l'accompagnement des conversions à l'Agriculture Biologique. Nous avons pu également, dans le cadre de ce projet, avoir des échanges très intéressants sur la méthode mise en œuvre dans ma thèse. Merci en particulier aux participants du « groupe Massif Central », Jean-Luc Reuillon, Jean-Louis Lapoute, Régine Tendille, Monique Laurent, Isabelle Boisdon et Mathieu Capitaine, avec lesquels nous avons pu échanger sur notre « terrain commun ».

Enfin, en dehors des grandes idées qui font la science et en dehors de mon dispositif de terrain, ma thèse s'est aussi faite d'un quotidien généralement très agréable, de ceux qui vous donnent envie de vous lever le matin ! Ainsi, j'ai beaucoup apprécié de côtoyer les membres de l'UMR Métafort, et en particulier ceux de l'équipe Sélect, dans laquelle, comme son nom ne l'indique pas, les échanges se font très simplement, d'une manière toujours respectueuse et détendue ! Merci à tous. Bénéficiant d'un double encadrement pour ma thèse, j'ai également bénéficié d'une double localisation, avec un bureau à VetAgro Sup et un bureau à l'INRA. J'ai ainsi pu m'insérer dans la vie de deux collectifs différents. A VetAgro Sup, je remercie en particulier les membres du département « Agricultures et Espaces » pour leur sympathie et leur accueil. J'aurais du mal à citer tous les stagiaires, thésards et CDD qui ont séjourné un jour ou l'autre dans « mon coin de couloir » durant ces trois années, mais j'ai une pensée sincère pour eux, dont la bonne humeur aura été bien appréciable. Une petite pensée particulière pour Hui Ling, qui aura été là du début jusqu'à la fin ! A l'INRA, j'ai apprécié les discussions professionnelles stimulantes avec Xavier, Cécile et Nathalie, et plus généralement les moments de détente avec toute l'équipe : Benoît, Cécile, Claudine, Jean-Yves, Nathalie, Stéphane, Xavier, ainsi que toutes les « personnes de passage ». Et merci à Cécile pour sa relecture de mon chapitre I ! Merci enfin à Sandrine Lagoutte pour la mise en page, et à Jacques Pitavy pour l'impression de ce document.

Evidemment, je remercie aussi ma famille et mes amis qui m'ont toujours aidée à aborder mon travail de thèse de manière équilibrée. Et c'est important !

Il y a trois ans, la perspective de mener à bien *mon* projet de recherche, de soutenir un jour *ma* thèse et de soupeser et feuilleter *mon* manuscrit figurait en bonne place parmi mes motivations à m'engager dans un travail de thèse. Aujourd'hui, je ne renie pas cet aspect. Je crois cependant qu'il y a trois ans, j'étais loin d'imaginer aussi nettement qu'aujourd'hui à quel point le « je » utilisé dans ce manuscrit serait empreint de petits morceaux de vous tous. Alors merci.

Valorisation du travail de thèse

Publications dans des revues à comité de lecture

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted a) Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review, *Animal*. **(Chapitre III)**

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted b) Participatory modelling within farmer groups: an innovative way to support the process of redesigning livestock farming systems, *Agronomy for Sustainable Development*. **(Chapitre V)**

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted c) Participatory modelling within farmer groups: a way for researchers to build more integrated models of livestock farming systems, *Agronomy for Sustainable Development*. **(Chapitre VI)**

Houdart M., Taverne M., **Gouttenoire L.**, Lardon S., Hostiou N., Cournut S. (soumis) Faciliter la réflexivité et les échanges sur les projets de recherche participative : proposition d'une grille d'analyse, *Natures Sciences Sociétés*. **(Annexe 6)**

Communications orales dans des congrès

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (2010) Building causal maps of livestock farming systems using a participatory method with dairy farmers, in: I. Darnhofer, M. Grötzer (Eds.), 9th European IFSA Symposium: Building sustainable rural futures, The added value of systems approaches in times of change and uncertainty Universität für Bodenkultur, Vienna (Austria), pp. 444-452. **(Annexe 3)**

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (2010) Supporting conversion processes to organic farming with models built in a participatory way with dairy farmers, in: EAAP (Ed.) 61. Annual EAAP Meeting, Wageningen Academic Publisher, Heraklion, Crete Island (Greece), p. 327.

Lardon S., Houdart M., Cournut S., **Gouttenoire L.**, Hostiou N., Taverne M. (2010) Recherches participatives sur les exploitations agricoles et les territoires : des démarches innovantes, ISDA 2010, Montpellier (France). **(Annexe 7)**

Poster dans un congrès

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (2010) Autonomie fourragère et gestion sanitaire dans les élevages bovins laitiers biologiques : pas de modèle unique, in: INRA, IE (Eds.), 17. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Institut de l'Elevage, Paris (France), à paraître. **(Annexe 5)**

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	19
------------------------------------	-----------

CHAPITRE I – De l’injonction d’innover en agriculture à une question de recherche en zootechne des systèmes d’élevage – Définition du problème	25
---	-----------

A. DEVELOPPEMENT DURABLE, AGROECOLOGIE ET INNOVATIONS SYSTEMIQUES EN AGRICULTURE	27
1. LE DEVELOPPEMENT DURABLE : UNE QUESTION D’INTENTION	27
2. L’AGROECOLOGIE : DES APPROCHES SYSTEMIQUES POUR CONTRIBUER AU DEVELOPPEMENT DURABLE DE L’AGRICULTURE	28
a. <i>Quelques définitions</i>	28
b. <i>La contribution de l’agroécologie à l’innovation peine à s’imposer</i>	29
c. <i>Les atouts de l’agroécologie pour contribuer au développement durable</i>	31
B. QUELLE CONTRIBUTION DE LA ZOOTECHNIE DES SYSTEMES D’ELEVAGE AUX INNOVATIONS SYSTEMIQUES EN ELEVAGE ?	32
1. UNE DISCIPLINE SYSTEMIQUE	32
2. LA PROPOSITION DE CADRES D’ANALYSE POUR COMPRENDRE ET ACCOMPAGNER LES EVOLUTIONS DES SYSTEMES D’ELEVAGE	35
3. QUELQUES PISTES POUR AMELIORER LA CONTRIBUTION DE LA ZOOTECHNIE DES SYSTEMES D’ELEVAGE A L’EMERGENCE D’INNOVATIONS SYSTEMIQUES EN ELEVAGE	39
a. <i>Augmenter le potentiel d’innovation de la discipline en renouvelant ses cadres d’analyse par l’initiation de travaux en mode « recherche d’exploration »</i>	39
b. <i>Resserrer les liens entre l’objectif de comprendre le fonctionnement des systèmes d’élevage et celui d’accompagner leurs évolutions dans l’optique d’une plus grande durabilité</i>	40
1. <i>Des outils d’aide à la décision peu utilisés</i>	40
2. <i>Des analyses en ferme qui privilégient la compréhension du passé pour accompagner le futur</i>	41
C. IDENTIFICATION DE MA QUESTION DE RECHERCHE	42
1. CONCEVOIR PLUTOT QUE DECOUVRIR	42
2. CONCEVOIR A PARTIR DE SITUATIONS REELLES PLUTOT QUE CONCEVOIR IN SILICO	43
3. ACCOMPAGNER L’INNOVATION PLUTOT QUE LA PRESCRIRE	44
4. EN GUISE DE BILAN	45

CHAPITRE II – Les démarches participatives : une voie prometteuse pour répondre à ma question – Définition d’une stratégie de recherche	47
--	-----------

A. ELEMENTS DE POSITIONNEMENT BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES RECHERCHES PARTICIPATIVES ET LA MODELISATION PARTICIPATIVE	51
1. LES RECHERCHES PARTICIPATIVES	51
2. DIVERSITE DES STATUTS DONNES AUX ACTEURS EN MODELISATION PARTICIPATIVE : QUELQUES EXEMPLES	56
B. FORMALISATION DE L’APPROCHE PARTICIPATIVE MISE EN ŒUVRE DANS MA THESE	59
1. SUR LE POLE DE L’ACTION : STIMULER, PAR LA MODELISATION ET LE TRAVAIL DE GROUPE, LA REFLEXION DES ELEVEURS SUR LES CHANGEMENTS DANS LESQUELS ILS SONT ENGAGES	60

2.	SUR LE POLE DES CONNAISSANCES : PARTIR DE REPRESENTATIONS D'ÉLEVEURS ET EXPLORER DES QUESTIONS D'INTEGRATION DE POINTS DE VUE DISCIPLINAIRES, D'ECHELLES DE TEMPS ET DE SOUS-SYSTEMES.....	63
C.	ORGANISATION DU MANUSCRIT	65

CHAPITRE III – Synthèse bibliographique sur les modèles de systèmes d'élevage disponibles dans la littérature.....	67
---	-----------

A.	INTRODUCTION.....	69
B.	MODELLING AS A TOOL TO REDESIGN LIVESTOCK FARMING SYSTEMS: A LITERATURE REVIEW	72
1.	INTRODUCTION.....	73
2.	EXPLORING THE EXISTING MODELS OF LIVESTOCK FARMING SYSTEMS	74
	<i>a. Criteria for selecting models</i>	74
	<i>b. Data analysis</i>	75
	<i>c. Building a typology</i>	78
3.	THREE MAIN WAYS OF SUPPORTING CHANGES IN LIVESTOCK FARMING USING MODELS	78
	<i>a. 'Simulating according to a set of parameters'</i>	79
	<i>b. 'Finding the economically optimal solution'</i>	80
	<i>c. 'Action model to simulate the system's dynamics'</i>	81
4.	SOME EMERGING MODALITIES TO OVERCOME NEW MODELLING CHALLENGES.....	83
5.	INTERESTS AND LIMITS OF THE THREE MAIN TYPES TO SUPPORT FARMERS IN REDESIGNING THEIR WHOLE LIVESTOCK FARMING SYSTEMS	85
6.	CONCLUSION.....	88
7.	ACKNOWLEDGEMENTS.....	88
8.	REFERENCES.....	88

CHAPITRE IV – Conception et mise en œuvre d'une démarche de modélisation participative avec des éleveurs convertis et en cours de conversion à l'Agriculture Biologique dans le Parc Naturel Régional du Pilat (42)	97
--	-----------

A.	CHOIX DU TERRAIN : DES CONVERSIONS A L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE DANS LE PARC NATUREL REGIONAL DU PILAT (42).....	99
B.	UN PROJET EN PARTENARIAT AVEC LES ACTEURS LOCAUX DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE	100
C.	L'ITINERAIRE DE MODELISATION PARTICIPATIVE	103
1.	DES ENQUETES INDIVIDUELLES POUR FAIRE CONNAISSANCE ET POUR PRECISER LES THEMATIQUES D'INTERET POUR LES ELEVEURS	103
2.	DES ATELIERS PARTICIPATIFS POUR CONSTRUIRE LES CARTES CAUSALES.....	104
	<i>a. Une première phase d'ateliers pour faire exprimer aux éleveurs des items intégrables ultérieurement dans les cartes causales</i>	104
	<i>b. La deuxième phase d'ateliers pour faire exprimer des liens entre items et aboutir à des « morceaux » de cartes causales</i>	105
	<i>c. Agrégation des différents « morceaux » pour former une carte causale unique par groupe d'éleveurs</i>	107
3.	UN RETOUR AUX ELEVEURS ET AUX PARTENAIRES.....	107

CHAPITRE V – Les résultats sur le pôle de l’action : le processus de modélisation participative stimule les réflexions des éleveurs sur le fonctionnement de leurs systèmes d’élevage.....109

A. RESUME	111
B. PARTICIPATORY MODELLING WITHIN FARMER GROUPS: AN INNOVATIVE WAY TO SUPPORT THE PROCESS OF REDESIGNING LIVESTOCK FARMING SYSTEMS	112
1. INTRODUCTION.....	113
2. MATERIALS AND METHODS	114
<i>a. Study area.....</i>	<i>114</i>
<i>b. The modelling methodology.....</i>	<i>114</i>
1. <i>Causal mapping as a modelling tool</i>	<i>114</i>
2. <i>The methodological approach.....</i>	<i>115</i>
<i>c. Analyzing the causal maps.....</i>	<i>116</i>
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	117
<i>a. Group mapping fosters individual thinking.....</i>	<i>117</i>
<i>b. Modelling helps participants better structure issues and problems.....</i>	<i>119</i>
<i>c. Analyzing and comparing map structures can foster collective thinking</i>	<i>121</i>
4. CONCLUSION.....	124
5. ACKNOWLEDGEMENTS.....	124
6. REFERENCES.....	124

CHAPITRE VI – Les résultats sur le pôle des connaissances : le contenu des cartes causales construites avec les éleveurs apporte de nouvelles perspectives aux modélisateurs du fonctionnement des systèmes d’élevage127

A. RESUME	129
B. PARTICIPATORY MODELLING WITHIN FARMER GROUPS: A WAY FOR RESEARCHERS TO BUILD MORE INTEGRATED MODELS OF LIVESTOCK FARMING SYSTEMS	130
1. INTRODUCTION.....	131
2. MATERIALS AND METHODS	132
<i>a. Two causal maps built with and by dairy farmers</i>	<i>132</i>
<i>b. Comparing the causal maps with other models of livestock farming systems</i>	<i>133</i>
1. <i>Characterising item diversity in the maps</i>	<i>133</i>
2. <i>Clustering the maps.....</i>	<i>134</i>
3. <i>Analysing the clusters with criteria ‘viewpoint’ and ‘subsystem’</i>	<i>135</i>
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	136
<i>a. A wide diversity of subsystems, disciplinary viewpoints and time scales</i>	<i>136</i>
<i>b. The two causal maps described as collections of clusters</i>	<i>138</i>
<i>c. Challenging models of livestock farming systems.....</i>	<i>140</i>
1. <i>Biotechnical clusters that intimately associate herd operation and forage system; productive and sanitary viewpoints</i>	<i>140</i>
2. <i>Novel links between farm configuration and management and cows’ fecundity</i>	<i>143</i>
4. CONCLUSION.....	144
5. ACKNOWLEDGEMENTS.....	145
6. REFERENCES.....	145

CHAPITRE VII – Discussion générale.....	147
A. INTRODUCTION.....	149
B. DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS SUR LE POLE DE L’ACTION	151
1. RECONCEVOIR LES SYSTEMES D’ELEVAGE POUR « PRODUIRE SANS AMMONITRATE ».....	151
2. L’IMPORTANCE DE LA MOTIVATION DES ELEVEURS POUR FAVORISER LE TRAVAIL DE REFLEXION COLLECTIVE.....	154
3. CE QUE LES ELEVEURS RETIRENT DE LEUR PARTICIPATION	157
a. « <i>Les paysans ont besoin de ce genre de réunions</i> ».....	157
b. « <i>La solution c’est d’y réfléchir !</i> »	161
4. DES PISTES POUR LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ?.....	162
C. DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS SUR LE POLE DES CONNAISSANCES.....	164
1. SUR LES SAVOIRS ET SAVOIR-FAIRE DE LA ZOOTECHE DES SYSTEMES D’ELEVAGE MOBILISES DANS UNE TELLE DEMARCHE.....	164
2. DES CONTENUS DE MODELES DEFINIS PAR LES ELEVEURS EUX-MEMES.....	166
3. PERSPECTIVES DE RECHERCHE ISSUES DE L’ANALYSE DU CONTENU DES CARTES CAUSALES CONSTRUITES AVEC LES ELEVEURS...168	
D. RETOUR REFLEXIF SUR LA DEMARCHE MISE EN ŒUVRE.....	170
1. SUR LA DYNAMIQUE DU PROJET ET LES COMPETENCES EN JEU.....	170
2. SUR LES CHOIX METHODOLOGIQUES REALISES, A REPLACER AU SEIN D’UN SYSTEME « PRATICIEN-METHODES- CADRES THEORIQUES-SITUATION ».....	172
CONCLUSION GENERALE	177
REFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	183
ANNEXES	195

Liste des Figures

Figure I.1. Trois points de vue sur les systèmes d'élevage. Source : (Landais et Bonnemaire, 1996). .	34
Figure I.2. Une représentation du fonctionnement des systèmes d'élevage reposant sur le couplage entre deux modèles complémentaires. Source : (Osty et Landais, 1991).....	36
Figure I.3. Des cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage à l'accompagnement du développement agricole : deux voies méthodologiques privilégiées pour la zootechnie des systèmes d'élevage en mode « recherche d'exploitation ».	37
Figure II.1. Schéma du dispositif de thèse.	66
Figure IV.1. Schéma des grandes étapes d'interaction avec les éleveurs et les partenaires locaux.	102
Figure IV.2. Schéma du processus d'exploration support de la modélisation : l'ovale central représente l'item initiateur ; d'autres items sont ajoutés progressivement en fonction des relations de causalité dans lesquelles sont impliqués les différents items énoncés. Ce schéma présente une structure parfaitement symétrique et régulière, mais dans la pratique chaque item est connecté à un nombre indéterminé d'items influençant et d'items influencés, et il peut également y avoir des structures circulaires. Source : (Cossette, 2003).	107
Figure V.1. Individual contributions in group mapping enhance collective knowledge on a common problem. Excerpt from a causal map built by one group of farmers.	118
Figure V.2. Group mapping makes it possible to explore the implications of individual specificities and the associated tradeoffs. Excerpt from a causal map built by one group of farmers .	118
Figure V.3. Modelling makes it possible to identify vicious circles and think about solutions for breaking them. Excerpt from a causal map built by one group of farmers.....	120
Figure V.4. Modelling makes it possible to identify regulatory loops and think about solutions for reinforcing the positive ones. Excerpt from a causal map built by one group of farmers .	121
Figure V.5. Analyzing map structure makes it possible to identify similarities and differences between the two groups, to be discussed with all participants. Most central items in the two maps, plus the ratios number of in-arrows to total number of in-arrows plus out-arrows. Analyses were performed using <i>Decision Explorer</i> software.	122
Figure VI.1. Representative items of cluster No. 1 in map 1 and their interrelationships.	141
Figure VI.2. Representative items of cluster No. 2 in map 2 and their interrelationships.	141
Figure VI.3. Cluster No. 2 of map 1 shows links between 'good fecundity' and the farm management and configuration.	143
Figure VII.1. Un modèle des influences qui ont façonné les approches systémiques contemporaines, et de leurs différentes filiations. Source : (Ison, 2010).	149
Figure VII.2. « Systems as ontologies » vs. « systems as epistemologies ». Source : (Ison, 2010).	150

Liste des tableaux

Tableau I.1. Ingénierie génétique et ingénierie agroécologique vues comme deux paradigmes technologiques différents. Source : (Vanloqueren et Baret, 2009).....	29
Tableau I.2. Les déterminants de l'innovation dans les systèmes de recherche agricole qui introduisent un déséquilibre entre les ingénieries génétique et agroécologique. Source : (Vanloqueren et Baret, 2009).	30
Tableau I.3. Comparaison des quatre contributions possibles (Meynard et al., 2006) du chercheur à la conception de systèmes agricoles innovants.....	46
Tableau II.1. Différents types de relations entre agriculteurs et chercheurs lors de démarches participatives, formalisés selon l'échelle de Biggs (1989). Source : (Lilja et Bellon, 2008).	51
Tableau II.2. Trois prototypes pour le développement d'innovations et leurs attributs. Source : (Probst et al., 2003).	54
Table III.1. Analysis grid.	76
Table III.2. Distribution of the models among the different modalities of criteria 'Contribution to change' and 'Decision'	78
Table III.3. Distributions of modalities within each type of model.....	83
Table III.4. Synthesis of the main characteristics of each type.....	85
Table III.5. Models belonging to the three main types.....	87
Tableau IV.1. Questions posées dans les deux groupes lors des premiers ateliers pour faire exprimer des items aux éleveurs au moyen de la technique du métaplan (Schnelle, 1979).	105
Tableau IV.2. Les items sélectionnés pour chacun des deux groupes pour initier le processus de cartographie causale lors de la deuxième phase d'ateliers.....	106
Table VI.1. Items used in each group to initiate the participatory modelling process.....	133
Table VI.2. Modalities defined for criteria 'viewpoint' and 'subsystem' to characterise livestock farming system models in a literature review. Source: (Gouttenoire et al., submitted a).....	134
Table VI.3. Some tools used to analyse a causal map with the <i>Decision Explorer</i> software.	135
Table VI.4. Characterising the items in the two maps according to criteria 'viewpoint' and 'subsystem'. Modalities retained and distribution of the items of the two maps within these modalities.	137
Table VI.5. Representative items of each cluster in the first group's map.....	139
Table VI.6. Representative items of each cluster in the second group's map.....	140
Tableau VII.1. Une grille d'analyse pour les projets de recherche participative en agriculture. Source : (Neef et Neubert, 2010).....	173

Liste des encadrés

Encadré II.1. Définition d'une carte causale.	61
Encadré VII.1. Extrait de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. L'accent est mis sur l'importance du travail de groupe pour les conversions à l'Agriculture Biologique.	160
Encadré VII.2. Extrait de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. Les éleveurs expliquent qu'au-delà des solutions toutes faites, c'est réfléchir qui permet de trouver ses propres solutions.	161
Encadré VII.3. Extrait de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. L'idée développée par les éleveurs est que les discussions sont nécessaires pour faire émerger de nouvelles idées, même si un travail de réappropriation personnelle est nécessaire par la suite.	162
Encadré VII.4. Extraits de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. Le discours des éleveurs met l'accent sur le fait de partir de ses propres représentations plutôt que de se voir imposer les représentations d'autrui.	167
Encadré VII.5. Extrait de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. Les éleveurs insistent sur le fait qu'avec la méthode de la cartographie causale, les points de vue de chacun ont été pris en compte de manière équilibrée.	167

Liste des abréviations

AB	Agriculture Biologique
AOC	Appellation d'Origine Contrôlée
ARDAB	Association Rhône et Loire pour le Développement de l'Agriculture Biologique
ARDI	Acteurs Ressources Dynamiques Interactions (méthode de recherche, Etienne et al., 2008)
BTS	Brevet de Technicien Supérieur
CA 42	Chambre d'Agriculture de la Loire
CasDar	Compte d'Affectation Spéciale « Développement Agricole et Rural », géré par la Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche (DGER) du ministère de l'agriculture
ComMod	« Companion Modelling » ou « Modélisation d'Accompagnement » (courant de recherche, Antona et al., 2005)
COVEL	Convention Vétérinaires Eleveurs ; la COVEL est un groupement conventionné vétérinaires-éleveurs localisé à Saint-Genest-Malifaux (42)
EAAP	European Association for Animal Production (ou FEZ en français)
EARL	Exploitation Agricole à Responsabilité Limitée
ESR	input Efficiency, input Substitution, system Redesign (modèle de recherche, Hill et McRae, 1995)
FEVEC	Fédération des Eleveurs et Vétérinaires en Convention
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FEZ	Fédération Européenne de Zootechnie (ou EAAP en anglais)
GAEC	Groupement Agricole d'Exploitation en Commun
IAASTD	International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development
IFIP	Institut de la Filière Porcine
IFSA	International Farming System Association
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INSEE-RP 1999	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques – Recensement de la Population 1999
ISDA	Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food (colloque ayant eu lieu à Montpellier en juin 2010)
LFS	Livestock Farming Systems (c'est une commission de la FEZ, ou EAAP en anglais)
Métafort	Mutations des activités, des espaces et des formes d'organisation dans les territoires ruraux (Métafort est l'UMR à laquelle je suis affiliée)
PAC	Politique Agricole Commune
PDD	Plan de Développement Durable
PNR	Parc Naturel Régional
SAD	Sciences pour l'Action et le Développement (c'est le département de recherche de l'INRA auquel l'UMR Métafort est affiliée)
SAU	Surface Agricole Utile
Sélect	Systèmes d'ELEvage, Coordinations, Territoires (c'est l'équipe de l'UMR Métafort à laquelle je suis affiliée)
SODIAAL	Entreprise agroalimentaire et premier groupe coopératif laitier français
UMR	Unité Mixte de Recherche
VIVEA	Fonds pour la Formation des Entrepreneurs du Vivant
WCED	World Commission on Environment and Development

INTRODUCTION GENERALE

Le développement de l'élevage dans le monde fait l'objet de nombreux débats. Dans un rapport au titre évocateur de « Livestock's long shadow » publié en 2006 par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le secteur de l'élevage a en effet été sévèrement pointé du doigt pour sa contribution au changement climatique : la part de l'élevage dans les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle planétaire y a été estimée à 18 %, soit une contribution supérieure à celle du secteur des transports (Steinfeld et al., 2006). Suite à la publication de ce rapport, les réactions des médias ne se sont pas fait attendre. Ainsi pouvait-on lire dans le quotidien *Le Monde* du 4 décembre 2006 : « Manger de la viande nuit à l'environnement. C'est la conclusion à laquelle parvient l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) qui a rendu public, mercredi 29 novembre, un rapport consacré à l'impact écologique de l'élevage. » (Dupont, 2006).

Une crucifixion de l'élevage ? Pas exactement. Les auteurs du rapport de la FAO reconnaissent que l'élevage, en dépit de ses lourds impacts environnementaux à l'échelle mondiale, demeure un secteur d'importance politique et sociale considérable, dont les évolutions sont donc à considérer avec attention. En effet, bien que ne représentant que 1,5 % du Produit Intérieur Brut mondial, l'importance du maintien des systèmes d'élevage dans le monde n'est pas à négliger, car l'élevage permet d'une part de répondre à des enjeux de production de protéines pour nourrir, en accord avec certaines de ses habitudes de consommation, une planète à la démographie exponentielle, et d'autre part il contribue à la subsistance de populations vivant dans des zones très pauvres, valorisées uniquement grâce à la présence de petits cheptels capables de transformer de faibles ressources végétales en produits de grande valeur protéique, comme le lait, les œufs ou encore la viande. Un milliard de personnes seraient concernées par cette dernière situation (Steinfeld et al., 2006).

Dans les pays dits du « Nord », si l'élevage ne se raisonne plus en des termes de survie des populations, les enjeux économiques, sociaux et environnementaux associés ne sont pas à négliger non plus et ce, qu'il s'agisse de systèmes d'élevage de type « intensif » ou de type « extensif ».

Par exemple, la logique concurrentielle qui prévaut pour la production porcine européenne a conduit dès les années 1960 à une concentration des activités porcines dans des régions bénéficiant de forts avantages concurrentiels, comme la Bretagne. L'intensification et la spécialisation de la production porcine qui ont résulté de cette dynamique ont permis de développer dans cette région des services performants d'appui technique et commercial aux éleveurs, et une organisation puissante de la représentation professionnelle. Une filière efficace s'est développée autour de l'activité de production, fournissant aliments et animaux reproducteurs, et assurant une bonne commercialisation de la production en aval des activités de l'industrie d'abattage-découpe (IFIP, 2008). Cette dynamique, associée à l'intensification de la production laitière, a largement contribué au développement économique de la Bretagne, et la contribution actuelle de l'élevage à l'emploi y reste importante : sans même compter les emplois « hors production » liés à l'élevage (industries d'amont, d'aval et encadrement), l'emploi agricole occupe 7 % des actifs bretons, soit 2 fois plus qu'au niveau national (source : INSEE – RP 1999). Néanmoins, la Bretagne et les autres bassins de production porcine du Nord de l'Europe sont concernés par d'importants problèmes environnementaux, comme ceux relatifs à la qualité de l'eau, liés à une trop grande concentration et intensification des activités agricoles qui a conduit dès les années 1980 à la mise en place de réglementations nationales et communautaires (par exemple la directive « Nitrates » en 1991) bloquant en France le développement de l'élevage dans certaines zones, dites « Zones d'Excédent

Structurel », et obligeant à mettre en place dans ces mêmes zones des systèmes coûteux de traitement ou de transfert des effluents d'élevage. Au-delà, la contestation sociale de cette organisation « industrielle » de la production se fait grandissante, en réponse à des nuisances directes comme les odeurs au voisinage des exploitations, ou bien au nom de conceptions politiques ou philosophiques, faisant intervenir par exemple des questions de bien-être animal (Rieu, 2006).

A l'opposé, dans les régions subissant des contraintes géographiques, topographiques et agronomiques ne permettant pas l'intensification de l'élevage, comme certaines régions méditerranéennes du Sud de l'Europe, la présence et le maintien d'une activité d'élevage minimale sont nécessaires pour conserver un tissu rural suffisamment dense permettant de freiner la désertification des territoires ruraux et de lutter contre la fermeture des milieux naturels, les dynamiques d'embroussaillage et les incendies qui peuvent y être associés. Néanmoins, l'évolution des contraintes pesant sur l'activité d'élevage n'est pas toujours favorable à une bonne gestion des milieux naturels, même si elle permet de maintenir la présence de l'élevage dans ces régions défavorisées. Dans les Préalpes de Digne par exemple, l'augmentation de la taille des troupeaux ovins rend difficile une bonne gestion des milieux naturels : des troupeaux plus petits et plus nombreux seraient plus efficaces, pour un même effectif de cheptel global, que des troupeaux atteignant 500 à plus de 1 000 brebis, qui laissent de vastes zones sous pâturées, tout en provoquant localement des problèmes de surpâturage (Bouju, 2000). L'augmentation de la taille des troupeaux est néanmoins une tendance difficilement renversable car elle résulte de la conjonction de tout un ensemble de facteurs : initialement il s'est agi de la libération de foncier du fait de l'exode rural qui a permis une extension des cultures et des parcours et en conséquence l'alimentation d'un troupeau de taille plus importante, puis l'augmentation de la taille des troupeaux est devenue davantage une adaptation pour assurer la viabilité économique des élevages, dans un contexte extensif caractérisé par un très faible produit par animal et bénéficiant d'un système de primes proportionnelles aux effectifs du troupeau (Bouju, *ibid.*). Dans les Cévennes gardoises, la présence d'anciennes terrasses a bloqué cette tendance à l'augmentation de la taille des troupeaux, car dans de telles conditions, d'après les éleveurs, les déplacements des troupeaux ne peuvent être organisés correctement au-delà d'environ 250 brebis (Pailleux et Dedieu, 2010). Mais les revenus de l'activité d'élevage ne sont alors pas toujours considérés comme suffisants par les éleveurs, qui pratiquent donc la pluriactivité pour s'assurer de compléments de revenu. Par ailleurs, la bonne gestion des ressources composites et diversifiées de ces milieux *via* une pratique maîtrisée et assumée du gardiennage requière des savoir-faire particuliers mais aussi une acceptation d'un certain mode de vie auquel les jeunes générations peuvent avoir du mal à adhérer (Pailleux et Dedieu, *ibid.*).

Qu'il s'agisse de systèmes intensifs ou extensifs, l'élevage apparaît donc localement et globalement comme porteur de questions brûlantes sur les conditions de son maintien qui permettraient tout à la fois de limiter les nuisances et de maximiser les services rendus sur chacun des trois volets économique, social et environnemental du développement durable. A l'appui de telles illustrations, on comprend bien que le débat sur le développement de l'élevage dans le monde ne saurait se réduire à des questions très simplificatrices telles que : « continuer à manger de la viande ? », ou encore : « condamner l'élevage dans sa globalité ? », questions qu'on a pu voir posées dans les médias suite à des interprétations trop hâtives de certaines conclusions du rapport *Livestock's long shadow* (Steinfeld et al., 2006). L'élevage mondial ne saurait se réduire à une contribution au changement climatique, aussi importante soit-elle, d'une part parce que l'élevage est multiforme, et d'autre part parce qu'il est porteur de nombreux autres enjeux.

La dichotomie introduite plus haut entre les systèmes intensifs et les systèmes extensifs peut par ailleurs apparaître réductrice ou caricaturale. Elle l'est sans doute. Toute une palette de situations intermédiaires existe et la variété des conditions de production dans différentes régions du monde est telle qu'elle rend factice tout débat décontextualisé portant par exemple sur les avantages comparés des systèmes intensifs et des systèmes extensifs. A chaque région ses contraintes, ses particularités, son identité, ses difficultés, ses questions. A chaque région ses solutions à inventer, donc. Et aussi sans doute à chaque région son degré d'intensification ?

La dichotomie « intensif-extensif » a pourtant longtemps structuré les débats sur le développement de l'agriculture dans le monde, et les structure sans doute encore largement. C'est par exemple essentiellement de ce débat dont il est question lorsqu'il s'agit de réaliser des arbitrages entre le premier et le deuxième pilier de la Politique Agricole Commune européenne (PAC). Ainsi, par exemple, l'analyse des conséquences des décisions françaises relatives à l'application des mesures issues du bilan de santé de la PAC (2009) est-elle structurée sous une forme « gagnants – perdants » qui oppose des catégories clairement marquées par la dichotomie « intensif-extensif » : « exploitations extensives d'herbivores », « exploitations de grandes cultures » et « exploitations ayant une production intensive de bovins » (Chatellier et Guyomard, 2010). C'est encore ce même débat « intensif vs. extensif » qui a pu conduire, d'un point de vue scientifique, la Fédération Européenne de Zootechnie à organiser cette année lors de son congrès annuel une session de réflexion sur « les relations entre l'intensité de la production et la durabilité des systèmes d'élevage » dont une des conclusions a été justement qu'il fallait prendre le problème de manière plus globale qu'une simple caractérisation de relations duales entre l'intensité de la production d'une part et un résultat particulier ayant trait à la durabilité de l'élevage d'autre part (par exemple les émissions de gaz à effet de serre, la contribution de l'élevage à la biodiversité, le revenu des agriculteurs...) (EAAP, 2010). Le problème central est ici la disponibilité et la concurrence sur les surfaces, l'intensif étant définissable sur différents registres : travail, surface, capital.

Dans un contexte de l'élevage caractérisé à la fois par une complexification des enjeux locaux en des termes économiques, sociaux et environnementaux, et, à l'échelle mondiale, par une croissance démographique forte associée à une montée en puissance des préoccupations d'ordre environnemental, et plus largement des préoccupations liées à la notion d'un « développement durable de la planète », il y a sans doute de nouvelles formes d'élevage à inventer, dépassant cette dichotomie « intensif-extensif » pour ouvrir sur des solutions innovantes, localement adaptées et en phase avec la nouvelle donne de l'élevage dans le monde.

Quelle peut être la contribution des sciences agronomiques au sens large à un tel objectif ?

Une évaluation internationale « des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement » a été menée durant plus de quatre ans, initiée en 2002 par la Banque Mondiale et la FAO. Elle a impliqué plus de 400 experts internationaux dont l'objectif était de déterminer l'impact des connaissances, des sciences et des technologies agricoles passées, présentes et à venir pour : « réduire la faim et la pauvreté, améliorer les moyens de subsistance des ruraux et la santé humaine, et participer à un développement équitable et socialement, écologiquement et économiquement rationnel » (IAASTD, 2008).

Einstein disait : « You cannot solve current problems with current thinking. Current problems are the result of current thinking. » Les conclusions de l'IAASTD sont similaires : « Business as usual is not an

option ». C'est en tout cas en ces termes qu'en juillet 2010, Hans R. Herren, co-président de l'IAASTD, résumait la ligne directrice des résultats de cette évaluation internationale devant un public de chercheurs spécialistes des systèmes agricoles réunis lors d'un congrès (congrès de l' « International Farming Systems Association ») (Herren, 2010). Plus précisément, H.R. Herren parle de transitions radicales et de changements de paradigme nécessaires pour aller vers une agriculture plus durable dont les évolutions seraient guidées par des objectifs de multifonctionnalité et par des approches plus systémiques.

En un mot, il s'agit d'innover dans la façon de conduire les recherches dans les sciences agronomiques, pour pouvoir innover à terme en élevage et en agriculture, d'une manière qui favorise le développement durable.

Ma thèse doit être vue comme une contribution à cet objectif, dans le cadre de la discipline « zootechnie des systèmes d'élevage ».

CHAPITRE I

**De l'injonction d'innover en agriculture
à une question de recherche
en zootechnie des systèmes d'élevage**

Définition du problème

A. Développement durable, agroécologie et innovations systémiques en agriculture

Dans cette section, j'argumente que les leçons tirées du modèle productiviste, alliées à la nécessité de prendre en compte les enjeux du développement durable, plaident pour le déploiement d'approches systémiques dans les sciences agronomiques. Des efforts particuliers restent néanmoins à développer pour renforcer la contribution de telles approches à la création d'innovations agricoles dites « systémiques ».

1. Le développement durable : une question d'intention

Il existe de très nombreuses manières de définir le développement durable, dont la plus célèbre est sans doute celle du rapport Brundtland (WCED, 1987) : « Le développement durable est un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : (i) le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, (ii) l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. »

Sans entrer dans le détail des controverses qui existent autour de la notion de « développement durable », je note qu'en dépit d'une certaine ambiguïté de la définition et d'un flou relatif aux éléments concrets à mettre en œuvre pour « œuvrer en faveur du développement durable », cette définition a le mérite de pointer la nécessité, lorsqu'on traite de développement, de dépasser des approches économiques de court terme pour se préoccuper également d'approches sociales et écologiques, et incite à prendre en considération les impacts de nos choix actuels sur le long terme.

Suivant Gibon et al. (1999), je considère que la simple existence de l'expression « développement durable » est bénéfique car elle incite à clarifier les dimensions éthiques des activités de développement et aussi, comme je le justifierai dans le paragraphe suivant, des activités de recherche. A l'instar des notions de liberté ou d'égalité, la durabilité ne se présente pas comme un état prédéfini à atteindre, mais comme une question à se poser continuellement en vue d'engager des changements constructifs et bénéfiques (Gibon et al., *ibid*). Par l'idée d'une intentionnalité en faveur du développement durable, et celle d'un processus continu plutôt que d'un état prédéfini à atteindre, cette approche du concept de « développement durable » rejoint celle proposée par Eksvärd (2009, page 19) : « The *meaning* of sustainable development that is used in this thesis is as follows: the *learning processes* of man to live life in a way systemically supportive to humans, the human activity systems and the natural systems, and the carrying through of the transitions needed for a continued sustainability process. The human *intention* of working for a viable and healthy world (...) is seen as an important part of sustainable development. »

Il y a dans les deux conceptions, dans celle d'Eksvärd comme dans celle de Gibon et al., l'idée d'une intention humaine présidant à la mise en œuvre d'actions de développement en faveur de la durabilité. Les sciences agronomiques, en tant que « sciences systémiques » au sens de Alrøe et Kristensen (2002), c'est-à-dire en tant que sciences influençant leur propre domaine d'étude, en

l'occurrence ici l'agriculture, ne sont pas neutres en des termes de développement. Pour s'en convaincre, il suffit de considérer par exemple l'impact des recherches conduites à l'INRA, organisme créé en 1946 pour répondre à une demande sociale pressante, celle de « nourrir la France » (Guillou, 2006), sur la productivité et la modernisation agricoles en France au cours de la deuxième moitié du vingtième siècle. Le chercheur en sciences agronomiques a donc un rôle clé à jouer sur le développement de l'agriculture et il détient une certaine capacité à engager des changements, qui peuvent devenir constructifs et favorables au développement durable dès lors qu'il en a l'*intention*, ce qui engage donc sa responsabilité.

2. L'agroécologie : des approches systémiques pour contribuer au développement durable de l'agriculture

a. Quelques définitions

L'agriculture est sans conteste un domaine d'activités complexes, pour lequel on peut facilement identifier, en première approximation, trois grandes lignes de complexité : les organisations spatiales, les temporalités, et le pilotage par des êtres humains (Hubert, 2008). Les interrelations sont nombreuses, d'autant plus dans un univers mondialisé où le local est intimement lié au global. Dans un tel contexte, les sciences agronomiques, qui ont donc pour vocation à améliorer les systèmes agricoles, gagnent à le faire en adoptant des approches systémiques, ces dernières étant particulièrement adaptées pour traiter de la complexité.

De la biologie aux mathématiques, en passant par la philosophie, l'anthropologie, l'informatique ou les sciences agronomiques, les approches systémiques concernent de nombreuses disciplines et évoluent au sein de courants variés. Leur point commun reste d'analyser les objets ou les situations qu'elles étudient comme des *systèmes*, un système pouvant être défini comme « une totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité » (De Saussure, 1931, cité par Sauvans, 2006). Les éléments constitutifs du système lui confèrent ainsi des propriétés qui ne sauraient être déduites de leur analyse séparée, qu'on appelle *propriétés émergentes*. En d'autres termes, il s'agit ici d'affirmer que *le tout est plus que la somme de ses parties* ; une équipe, par exemple, ne saurait être réduite à une simple collection d'individus. Un système est caractérisé par une hiérarchie : il comporte différents sous-systèmes qui interagissent en son sein, et il exprime un objectif sur l'environnement dans lequel lui-même s'insère, qui peut à son tour être vu comme un nouveau système, plus englobant. Les limites d'un système sont définies par rapport à son objectif : est inclus dans le système tout ce qui participe à la cohérence de son organisation, grâce à laquelle l'objectif du système peut être exprimé.

Mettre en œuvre des approches systémiques permet donc de développer un regard sur les interactions existantes au sein des objets et des situations qui nous entourent. C'est le parti pris adopté par l'« agroécologie » dans le domaine de l'agriculture.

Dans la littérature, le terme « agroécologie » revêt une diversité importante de conceptions. Ce terme désigne à la fois une discipline scientifique, un mouvement ou une pratique agricole (Wezel et al., 2009). Les définitions qui s'y rattachent sont nombreuses, et quand l'« agroécologie » est vue comme une discipline scientifique, ses objets peuvent couvrir une large variété d'échelles, de la

parcelle aux chaînes d'approvisionnement alimentaire en passant pas l'exploitation agricole (Wezel et al., *ibid*). Une définition fréquemment citée, en particulier par les chercheurs dont les objets sont définis à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation agricole, est la suivante : « l'agroécologie est l'application de la science écologique à l'analyse, la conception et la gestion d'agroécosystèmes durables » (Altieri, 1995, cité par Vanloqueren et Baret, 2009). Je retiens pour ma part un champ plus large pour l'agroécologie, englobant l'ensemble des approches systémiques visant à contribuer au développement durable en agriculture. J'y inclus les approches françaises de l'agronomie systémique et de la zootechnie des systèmes d'élevage, bien qu'elles revendiquent peu l'usage de ce terme, qui semble largement dépendant du pays considéré. La France privilégie en effet largement l'utilisation du terme « agroécologie » pour qualifier un type de pratiques agricoles et, dans une moindre mesure, un mouvement, plutôt que pour parler d'une discipline scientifique (Wezel et al., 2009). Ces auteurs insistent cependant sur le fait que les approches de l'agronomie systémique qui y sont pratiquées partagent de fait un bon nombre de principes avec l'agroécologie telle que définie par Altieri : les approches systémiques, l'intégration de dimensions non-productives et d'aspects sociaux comme l'analyse des pratiques et des comportements des agriculteurs. Je formule la même remarque pour la zootechnie des systèmes d'élevage, discipline de cette thèse.

b. La contribution de l'agroécologie à l'innovation peine à s'imposer

Comme je l'ai évoqué dans l'introduction générale, le contexte actuel de l'élevage et plus largement de l'agriculture est tel qu'une injonction à innover¹ en agriculture se fait de plus en plus pressante. Les innovations agricoles que l'agroécologie contribue à faire émerger sont des innovations de type « systémique », c'est-à-dire des nouvelles formes d'organisation dans les systèmes agricoles, les systèmes agricoles pouvant être définis à différents niveaux. Les innovations systémiques sont définies par opposition aux innovations génétiques (par exemple de nouveaux génotypes animaux ou végétaux) et aux innovations technologiques (par exemple de nouveaux outils pour calculer les rations des animaux d'élevage ou les doses d'engrais à appliquer dans les champs) (Meynard et al., 2006). Ces différentes catégories d'innovations ne reposent pas toutes sur les mêmes paradigmes technologiques. Ainsi, sous ses formes les plus récentes matérialisées par les plantes transgéniques, les innovations génétiques reposent sur l'« ingénierie génétique », alors que les innovations systémiques reposent sur l'agroécologie, appelée « ingénierie agroécologique » par Vanloqueren et Baret (2009), par souci d'homogénéité par rapport à l'appellation « ingénierie génétique ». L'ingénierie génétique et l'ingénierie agroécologique sont ainsi vues par Vanloqueren et Baret (*ibid.*) comme deux paradigmes technologiques différents (Tableau I.1).

Technological paradigms	Genetic engineering	Agroecological engineering
Basic definition	Deliberate modification of the characteristics of an organism by the manipulation of its genetic material	Application of ecological science to the study, design and management of sustainable agroecosystems
Implicit objective	Engineering plants: modify plants to our best advantage by making them productive in adverse conditions or by designing them to fit new objectives	Engineering systems: improve the structure of an agricultural system to make every part work well; rely on ecological interactions and synergisms for soil fertility, productivity and crop protection
Scientific paradigm underlying the technological paradigm	Reductionism	Ecology and holism
Examples of subtrajectories progressing along the technological paradigm	Bt insect resistant plants, herbicide-tolerant plants, virus-resistant plants etc.	Biological control, cultivar mixtures, agroforestry, habitat management techniques etc.

Tableau I.1. Ingénierie génétique et ingénierie agroécologique vues comme deux paradigmes technologiques différents. Source : (Vanloqueren et Baret, 2009).

¹ A ce stade de la réflexion, je définis une innovation comme une invention qui a trouvé une application dans un milieu donné. Cette définition sera précisée dans le cours de ce manuscrit.

Ces deux approches de la recherche agronomique ont émergé sensiblement à la même époque, à partir du début des années 1970, et pouvaient alors être considérées comme deux voies également prometteuses pour contribuer à l'innovation en agriculture. Force est de constater toutefois que l'ingénierie génétique a eu une influence nettement plus importante sur les systèmes de recherche agricole que l'ingénierie agroécologique (Vanloqueren et Baret, *ibid.*). Sur la base d'une analyse des déterminants majeurs de l'innovation dans les systèmes de recherche agricole actuels (Tableau I.2), Vanloqueren et Baret (*ibid.*) montrent en effet que l'ingénierie génétique et l'ingénierie agroécologique n'ont structurellement pas les mêmes chances d'influencer les systèmes de recherche agricoles, au détriment de l'ingénierie agroécologique.

Categories	Subcategories	Determinants of innovation
(1) Agricultural science policies	Research orientations	Focus on growth, competitiveness and biotechnologies
	Relationships between public & private sectors	Public-private partnerships Public-private division of innovative labour
(2) Private sector	Influence of lobbies	Imbalance in the power of lobbies
	Media	The media channel public opinion towards a single paradigm
(3) Public sector	Research orientations	Focus on biotechnologies and importance of patents
	Cultural and cognitive routines (Values and world views of scientists)	Assumptions on current and future agricultural systems Assumptions on past agricultural systems Assumptions on the nature and value of innovations
	Organization within research systems (rules of the game)	Views of complexity and framing of agricultural research Assessment of the performance of agricultural innovations Specialisation vs. interdisciplinarity 'Publish or perish' Technology transfer mission: patents, spin-offs and extension

Tableau I.2. Les déterminants de l'innovation dans les systèmes de recherche agricole qui introduisent un déséquilibre entre les ingénieries génétique et agroécologique. Source : (Vanloqueren et Baret, 2009).

Dans un tel contexte, démultiplier les innovations systémiques en agriculture au moyen d'actions ciblées de la recherche agronomique n'est pas un objectif trivial, car les régimes de production de connaissances sont tels que des effets de verrouillage existent qui bloquent le développement de l'agroécologie ; Vanloqueren et Baret (*ibid.*) précisent que des interventions publiques seraient nécessaires pour lever ces verrouillages.

Plusieurs initiatives récentes vont justement dans le sens d'un encouragement de l'agroécologie et des innovations systémiques. Il y a tout d'abord les conclusions du rapport IAASTD (IAASTD, 2008) évoqué dans l'introduction générale, qui incitent à « innover de manière innovante » en recherche, en préconisant justement la mise en place d'approches plus holistiques, telles que celles déployées dans le paradigme technologique actuellement « défavorisé » que (Vanloqueren et Baret, 2009) nomment « ingénierie agroécologique ». Il y a aussi l'INRA qui, en 2006, a proposé un plan d'action permettant d'accroître la contribution de l'Institut à la « conception de systèmes agricoles innovants » (Meynard et al., 2006).

Produire des innovations systémiques en élevage ne relève pas encore de routines de recherche bien établies. Quiconque prétend poursuivre cet objectif ne se situe pas dans le « business as usual » proscrit par Herren (2010). Mais ce n'est de toute évidence pas la seule raison qui motive l'engouement actuel d'un nombre croissant de scientifiques pour l'agroécologie et les innovations systémiques, et ce n'est pas non plus la seule raison qui me motive personnellement à inscrire ma thèse dans ce courant. Dans les paragraphes suivants, je montre que les approches de l'agroécologie sont favorables au développement durable.

c. Les atouts de l'agroécologie pour contribuer au développement durable

Au sein de systèmes complexes comme les systèmes agricoles, un changement à un niveau donné peut conduire à des répercussions non anticipées sur l'ensemble du système et sur son environnement. Des analyses systémiques préalables à l'implémentation des changements peuvent aider à anticiper de telles répercussions, potentiellement néfastes. Dans la pratique, de telles approches systémiques n'ont pas toujours été mises en œuvre. Je ne m'étendrai pas sur certains effets néfastes du « modèle productiviste », qui, incitant à concentrer les efforts de recherche sur l'augmentation de la productivité agricole, a pu conduire à négliger certaines conséquences des modifications engagées dans les systèmes sur des dimensions autres que la production. Je citerai simplement quelques exemples, à titre illustratif : la diminution générale de la fertilité des troupeaux laitiers en réponse à l'augmentation de la production laitière moyenne par vache, les conséquences environnementales de l'intensification des productions animales dans certaines régions, ou encore la contestation par les citoyens de certaines pratiques jugées néfastes au bien-être animal.

Les leçons tirées de ce modèle productiviste incitent à davantage d'approches systémiques. Adopter des approches systémiques dans les sciences agronomiques permet en effet de se donner les moyens, en refusant de découper les problèmes, de considérer les impacts sur le long terme, et sur l'environnement par exemple, des modifications qu'en tant que chercheurs, nous pouvons introduire dans les systèmes agricoles. Cela permet donc d'assumer une part de responsabilité dans le développement de l'agriculture, et de prendre part de façon constructive au développement durable.

Au-delà, développer des approches agroécologiques permet également de nouveaux regards sur les interactions qui s'expriment au sein des systèmes agricoles. Ces nouveaux regards sont susceptibles de déboucher sur des innovations, systémiques par construction, pour lesquelles les liens entre les systèmes d'activités humaines et les écosystèmes anthropisés sont d'emblée considérés, dans l'optique d'une plus grande durabilité. (Vanloqueren et Baret, 2009) citent plusieurs exemples d'innovations systémiques qui ont ainsi pu découler de l'ingénierie agroécologique, en s'appuyant plus particulièrement sur les productions végétales : les systèmes agroforestiers, les mélanges de cultivars pour lutter contre les mauvaises herbes et les maladies, des principes de gestion des rotations et des intercultures, des systèmes de polyculture élevage, ou encore des méthodes de lutte biologique contre les ravageurs des cultures.

Enfin, les approches systémiques, agroécologiques ou non, présentent aussi l'intérêt de favoriser la réflexivité des chercheurs sur leurs activités, ce qui est susceptible d'accroître leur responsabilisation par rapport aux processus du développement durable. En effet, tout chercheur habitué à analyser les objets et les situations comme des systèmes sera en théorie plus enclin à acquérir une réflexivité sur ses processus de production de connaissances car il sera capable de les analyser en termes de « systèmes cognitifs » (Bawden, 2010). Selon cet auteur, les systèmes cognitifs sont organisés en trois niveaux hiérarchiques, du moins englobant au plus englobant (sous-système, système, environnement) : (i) niveau de la cognition : à propos de quoi est-ce que je cherche à développer des connaissances ? ; (ii) niveau de la méta-cognition : quelles sont les activités cognitives que je mets en œuvre pour engendrer de la production de connaissances ? ; (iii) niveau de la cognition épistémique : quelles sont les influences de mes valeurs et croyances épistémiques particulières sur mes processus de production de connaissances ?

Dès lors qu'on reconnaît un rôle aux valeurs dans l'activité scientifique, l'objectivité comme critère traditionnel de mesure de la qualité de la science devient inadaptée. Alrøe et Kristensen (2002) proposent de lui substituer un critère d'« objectivité réflexive » associé à un critère de pertinence. L'objectivité réflexive consiste à inclure dans les communications scientifiques le contexte cognitif des recherches, qui comprend à la fois des dimensions sociales, intentionnelles et observationnelles. Les auteurs soulignent qu'une telle posture demande au chercheur d'être capable d'endosser alternativement un point de vue d'acteur engagé dans ses recherches, et un point de vue d'observateur détaché qui prend du recul sur ses pratiques de recherche, pour pouvoir répondre à la question suivante : « Qu'est-ce que je fais quand je fais ce que je fais comme je le fais ? » (Ison, 2010).

Bawden (2010) propose, à partir de l'étude de tels systèmes cognitifs, d'ajouter la question suivante : « Comment est-ce que je transforme toute cette connaissance, produite à tous les niveaux, en une action efficace et responsable, là aussi à tous les niveaux ? ». Le fait d'associer, par une réflexivité accrue, production de connaissances d'une part et action efficace et responsable sur la science et la réalité d'autre part me semble bien convenir, par l'idée d'une responsabilisation, aux nouveaux objectifs de la science émanant d'une intention de développement durable.

B. Quelle contribution de la zootechnie des systèmes d'élevage aux innovations systémiques en élevage ?

Dans cette partie, je montre que :

- Les approches fondamentalement systémiques de la zootechnie des systèmes d'élevage en font une discipline de choix pour contribuer à favoriser les innovations systémiques en élevage.
- La formalisation de cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage est une approche phare de la discipline qui lui permet d'atteindre ses objectifs historiques d'action et de lien au terrain, et sur laquelle il sera pertinent de s'appuyer pour ce travail de thèse.
- Actuellement, la discipline présente néanmoins deux limites principales qu'il faudra dépasser pour favoriser sa contribution aux innovations systémiques : (i) un fonctionnement en mode « recherche d'exploitation » qui bloque les représentations innovantes, et (ii) un fossé qui tend à se creuser entre les objectifs de « comprendre » et d'« accompagner ».

1. Une discipline systémique

De manière générale, la zootechnie est définie comme « une science de nature biologique, ayant pour objet la recherche et la démonstration des lois générales qui régissent le fonctionnement des animaux domestiques et dont l'application permet la meilleure utilisation pour satisfaire les besoins de l'homme » (Guyomarc'h et al., 2007). Cette discipline peut se décliner en plusieurs branches. La zootechnie des systèmes d'élevage, n'est, parmi les branches proposées par Guyomarc'h et al. (ibid.), ni de la « zootechnie générale » (acquisition de connaissances générales sur les processus biologiques au niveau de l'animal – reproduction, nutrition, croissance, lactation... –), ni de la « zootechnie comparée » (démarche comparative de zootechnie générale appliquée à différentes espèces animales). Elle s'apparente davantage à l'« approche globale » (« approche systémique, avec

une distinction des systèmes opérant et décisionnel ») et elle a des applications en « zootechnie spéciale » (acquisition de savoirs et savoir-faire permettant l'amélioration de performances individuelles et collectives, le niveau d'application étant le troupeau et ses différentes spéculations, considérés dans leurs milieux de vie) (Guyomarc'h et al., *ibid.*).

La zootechnie des systèmes d'élevage ainsi positionnée est portée en Europe par la communauté Livestock Farming Systems (LFS) de la Fédération Européenne de Zootechnie (FEZ). En France, elle est représentée majoritairement par les zootechniciens du département Sciences pour l'Action et le Développement (SAD) de l'INRA. Cette discipline se donne la complexité des systèmes pour spécialité, l'élevage étant le domaine d'application (Gibon, 2008). L'approche systémique est donc clairement revendiquée, et les travaux de Le Moigne (1978) sur la théorie du système général font partie des bases théoriques initiales. Initialement tout au moins, la discipline pouvait être vue comme appartenant au mouvement international des « farming systems approaches » initié au milieu des années 1970. Ce mouvement réunissait alors un ensemble de chercheurs partageant les deux grands principes suivants : « (i) that development of relevant and viable technology for small farmers must be grounded in a full knowledge of the existing farm system, and (ii) that technology should be evaluated not solely in terms of its technical performance, but in terms of its conformity to the goals, needs and socio-economic circumstances of the targeted small farm system, as well » (Merrill-Sands, 1986).

L'échelle considérée en zootechnie des systèmes d'élevage est préférentiellement celle de l'exploitation agricole. L'objet de recherche est le système d'élevage, que Landais (1987) définit comme : « un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé par l'homme en vue de valoriser des ressources par l'intermédiaire d'animaux domestiques pour obtenir des productions variées (lait, viande, laine, travail, fumure) ou pour répondre à d'autres objectifs ». Selon Landais et Bonnemaire (1996), il est possible d'endosser plusieurs types de points de vue sur un même système d'élevage, suivant l'objectif que l'on poursuit. Ainsi, le point de vue zootechnique consistera principalement à analyser les processus entrant en jeu dans l'élaboration de la performance animale, et s'intéressera plus particulièrement aux objectifs de production du système ou tout autre objectif pouvant influencer les performances animales. Le point de vue économique s'attachera à l'élaboration de la performance économique et considérera en priorité les objectifs d'ordre économique de l'éleveur ; et le point de vue géographique s'attachera davantage à l'élaboration de la performance territoriale (Figure I.1). Bonnemaire et Osty (2004) proposent d'adjoindre un point de vue sociétal (configurations sociales et métiers) aux trois points de vue précédemment décrits.

Enfin, il me semble important de noter que la discipline met traditionnellement l'accent, en plus de la complexité, sur la diversité des systèmes d'élevage, et le pilotage par l'Homme. Elle est également caractérisée par des emprunts assez fréquents de concepts et méthodes à d'autres disciplines, qui présentent l'avantage de renouveler les concepts de la discipline par des apports exogènes. Sans prétendre à l'exhaustivité, je note par exemple que la discipline a connu des avancées importantes pour modéliser le sous-système décisionnel en s'appuyant sur certains concepts utilisés en agronomie et en sciences de gestion, comme le modèle d'action (Sebillotte et Soler, 1990), ou encore la notion d'ateliers de production (Coléno, 2002). Les sciences de gestion jouent également un rôle important dans la discipline pour traiter de flexibilité (Astigarraga et al., 2008). Des emprunts sont également faits à l'ingénierie des connaissances pour l'action, permettant de formaliser des représentations d'experts agricoles (Girard, 1995; Madelrieux, 2004), à la sociologie pour étudier les

trajectoires et rapports aux changements des éleveurs (Dedieu et Ingrand, 2010), à l'ergonomie pour modéliser le système d'information des éleveurs (Magne, 2007) et le système de travail (Madelrieux, 2004), ou encore à la psychodynamique du travail pour aborder les rationalités subjectives des éleveurs au travail (Fiorelli, 2010).

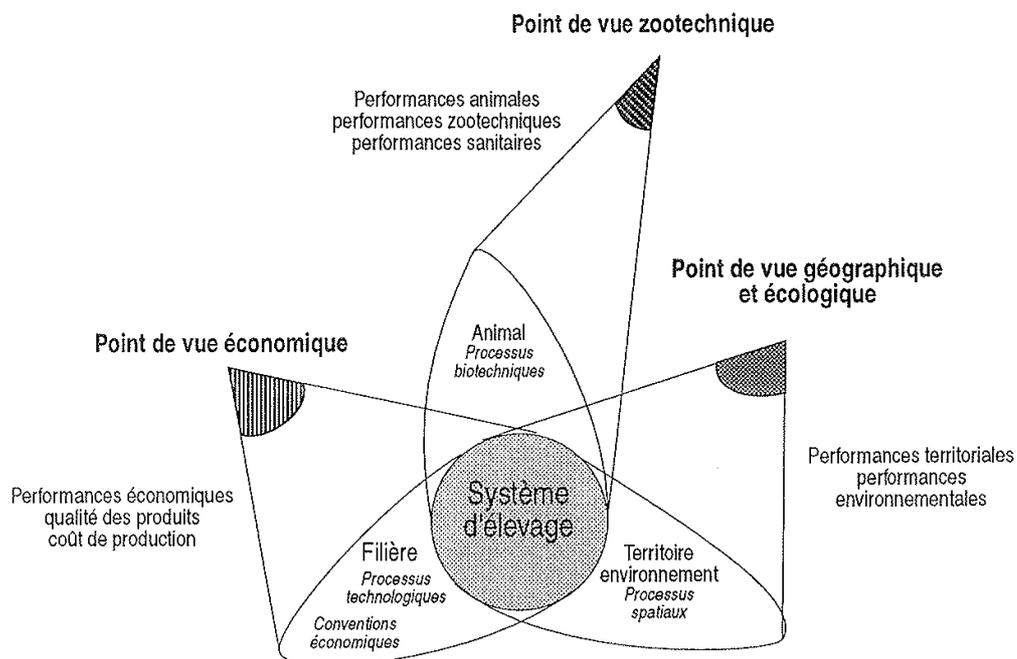


Figure I.1. Trois points de vue sur les systèmes d'élevage. Source : (Landais et Bonnemaire, 1996).

Il est aussi intéressant de souligner ici les proximités qui existent entre le contexte qui a conduit il y a trente ans à la création de la discipline et le contexte actuel qui motive la réalisation de ma thèse. Dans les deux cas, une complexification des enjeux de l'élevage conduit à une nouvelle interrogation sur les liens entre production de connaissances par la recherche d'une part et questions de développement agricole posées sur le terrain d'autre part. Dans les deux cas également, une crise des rapports entre science et société est latente, et la contestation par la société de certaines formes de l'activité d'élevage se fait grandissante. Ce questionnement initié au milieu des années 1980 s'est accru dans le contexte actuel par la montée en puissance, à l'échelle mondiale, des préoccupations environnementales face à la menace du changement climatique, et, plus généralement, des préoccupations liées à la perspective d'un développement durable de la planète. Dans les deux cas, adopter des approches systémiques et resserrer les liens entre production de connaissances d'une part et accompagnement de l'évolution des systèmes agricoles vers de nouvelles formes d'organisation plus en phase avec les nouveaux enjeux sont vues comme des voies pertinentes. Une différence importante est que, dans le deuxième cas, l'acuité du problème a atteint des dimensions telles qu'une injonction à la rupture avec le « modèle » de développement antérieur se fait de plus en plus pressante, qui n'existait pas auparavant, et qui incite à des transformations plus en profondeur, tant dans les approches scientifiques que dans le fonctionnement des systèmes d'élevage.

Dans les paragraphes qui suivent, je présente les solutions proposées jusqu'ici par la discipline pour organiser une connexion entre la création de connaissances sur le fonctionnement des systèmes d'élevage et l'accompagnement de leurs évolutions dans un sens jugé favorable (section I.B.2). J'analyse ensuite les limites de ces solutions dans le contexte actuel et je propose des pistes permettant de les lever (section I.B.3).

2. La proposition de cadres d'analyse pour comprendre et accompagner les évolutions des systèmes d'élevage

Dès lors que je prétends contribuer à l'*innovation*, soit à l'émergence d'inventions qui *trouvent des applications dans des milieux donnés*, le lien entre les activités de recherche et les milieux concernés directement par les innovations à produire (les milieux agricoles) me paraît d'une importance cruciale. Dans cette partie, je défends l'idée que dans la discipline, cette connexion s'articule majoritairement autour d'une activité de modélisation conceptuelle ou, pour reprendre une expression fréquemment utilisée dans la discipline, autour d'une activité de « création/renouvellement de cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage ».

Je développe ci-dessous l'argumentation qui me permet d'aboutir à cette conclusion. Les exemples choisis reposeront tous sur des travaux de la communauté française des zootechniciens des systèmes d'élevage ; ils permettront ainsi d'exploiter la cohérence d'ensemble qui peut exister au sein d'une telle communauté.

La modélisation fait partie des démarches privilégiées dans les approches systémiques dès lors qu'elle permet de rendre compte de la complexité des systèmes étudiés et des interrelations entre les éléments qui les structurent (Legay, 1997). Je retiens pour le terme « modèle » le sens d'une représentation finalisée de la réalité : « To an observer B, an object A* is a model of an object A to the extent that B can use A* to answer questions that interest him about A » (Minsky, 1968). Lorsque j'évoque les modèles, je fais tout aussi bien référence à des modèles conceptuels qu'à des modèles informatisés.

Deux modèles conceptuels sont principalement utilisés dans la discipline pour structurer les investigations sur les systèmes d'élevage. Le premier résulte de la définition proposée par Landais (1987) et consiste à considérer le système d'élevage comme structuré autour des trois pôles que constituent l'Homme, les animaux et les ressources. Un second cadre résulte d'un focus sur le pôle humain et conduit à distinguer un sous-système biotechnique, comprenant les pôles « animaux » et « ressources » de la définition précédente, et un sous-système décisionnel, correspondant aux processus d'élaboration des décisions par l'Homme. Les pratiques d'élevage constituent les liaisons matérielles entre ces deux sous-systèmes, et des flux d'informations peuvent également relier ces deux sous-systèmes, de manière immatérielle (Figure I.2). Ce schéma proposé initialement par Osty et Landais (1991) a été largement réutilisé depuis, et il constitue une base théorique et méthodologique commune pour différents chercheurs européens travaillant sur les systèmes d'élevage (Gibon et al., 1999). En outre, il aide à comprendre l'importance majeure accordée aux pratiques d'élevage dans les investigations des zootechniciens des systèmes d'élevage.

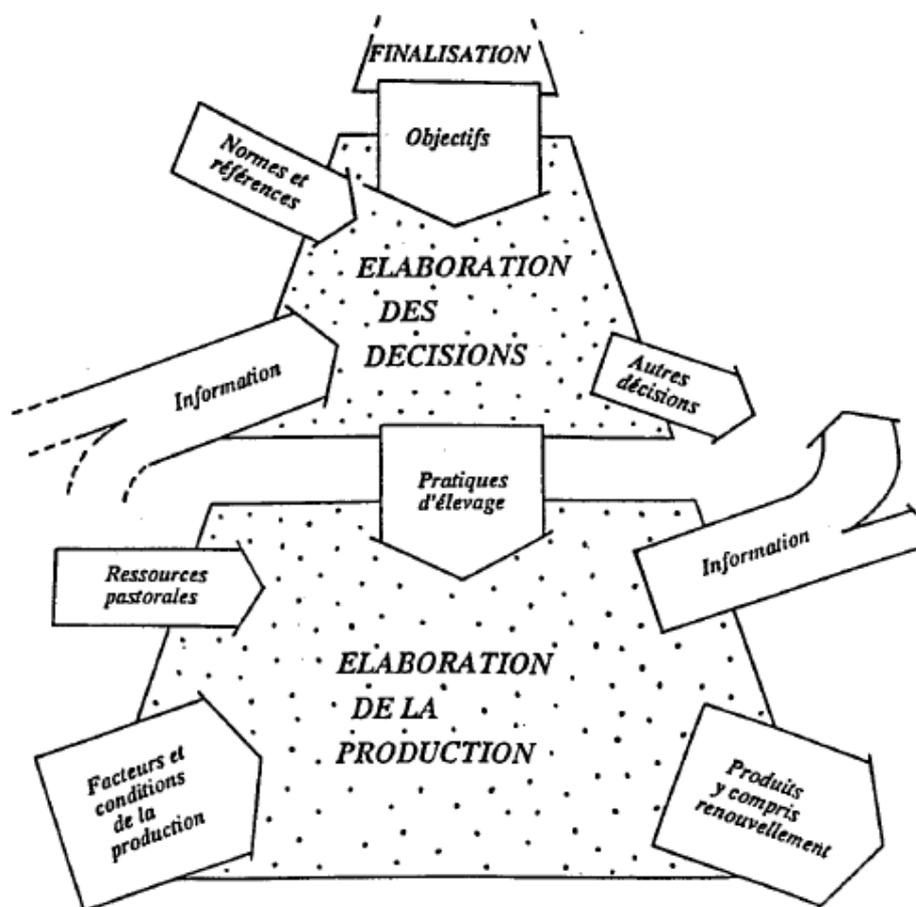


Figure I.2. Une représentation du fonctionnement des systèmes d'élevage reposant sur le couplage entre deux modèles complémentaires. Source : (Osty et Landais, 1991).

En dehors de ces bases communes pour la discipline, de nombreux concepts et outils sont régulièrement conçus pour répondre à des questions plus spécifiques concernant les systèmes d'élevage. Ainsi, à titre d'exemples, pour analyser le fonctionnement d'un troupeau (Moulin, 1993), des concepts tels que flux (Lasseur, 2004), calibres (Girard et Lasseur, 1997), ou cycles de production de lot (Cournut et Dedieu, 2004) peuvent aider à rendre compte de l'organisation de sessions de reproduction en élevage ovin ; des schémas d'allotement aident à mieux analyser le fonctionnement des troupeaux en élevage bovin allaitant (Ingrand et Dedieu, 1996). Concernant le pôle des ressources, le concept de « saisons pratiques » (Bellon et al., 1999) par exemple permet d'analyser l'utilisation temporelle d'un territoire d'exploitation en fonction des besoins de différentes catégories d'animaux à différentes périodes. De ce concept ont pu découler des outils de conseil, fondés sur « l'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation » (Moulin et al., 2001). Enfin, sur le pôle humain, différents cadres de représentation ont été produits pour analyser l'organisation du travail dans les exploitations d'élevage avec comme finalités opérationnelles d'une part d'accompagner les éleveurs dans leurs réflexions sur les évolutions de leurs systèmes d'exploitation et d'autre part d'évaluer les conséquences de changements techniques sur l'organisation du travail. Il en est ainsi de la méthode Bilan Travail (Dedieu et al., 1999) qui quantifie les différents travaux

relatifs aux animaux et aux surfaces par catégorie de main-d'œuvre, et du modèle Atelage (Madelrieux et al., 2006), qui représente l'organisation du travail comme un enchaînement de périodes aux enjeux et caractéristiques d'association tâches - travailleurs différentes et mobilisant le concept de « formes d'organisation quotidiennes ».

Ainsi, la zootechnie des systèmes d'élevage capitalise un ensemble de modèles conceptuels et de concepts, que je regroupe sous l'appellation « cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage », et qui sont ensuite susceptibles d'être déclinés sous la forme de méthodes et outils. Cet ensemble de cadres d'analyse est alimenté et questionné en permanence par deux voies principales, complémentaires, et souvent non disjointes, qui ont constitué jusqu'ici des orientations privilégiées de la discipline, avec l'expérimentation de long terme (Dedieu et al., 2008a), troisième orientation que je n'évoquerai pas ici. Ces deux voies sont l'analyse de la diversité des pratiques d'élevage sur le terrain et la création de simulateurs du fonctionnement des systèmes d'élevage. Sur la Figure I.3, je représente comment ces deux voies sont reliées à la création et au renouvellement des cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage d'une part, et comment elles interagissent d'autre part avec les méthodes du développement agricole. Je ne prétends pas ici représenter toutes les retombées opérationnelles de la discipline : je sélectionne celles qui seront utiles pour raisonner le dispositif de ma thèse.

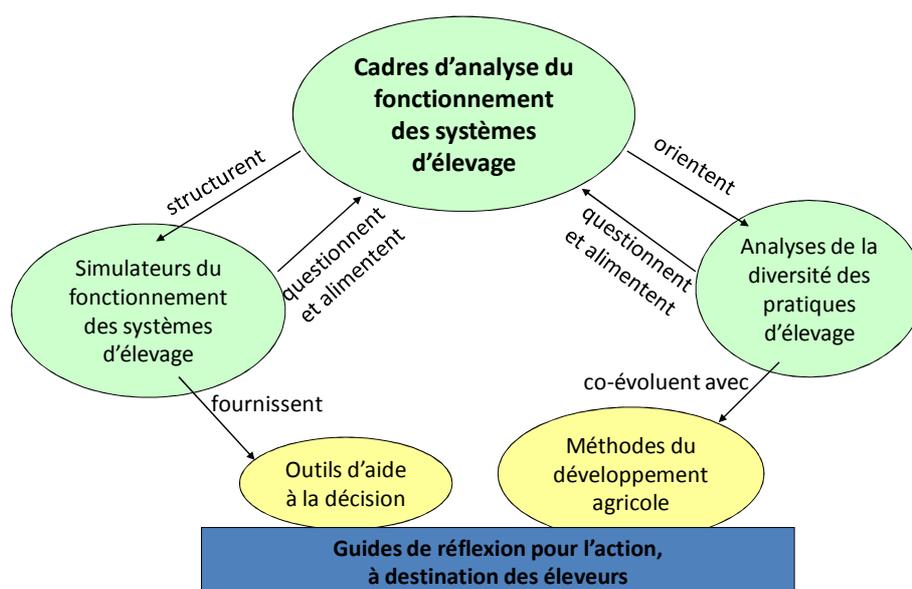


Figure I.3. Des cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage à l'accompagnement du développement agricole : deux voies méthodologiques privilégiées pour la zootechnie des systèmes d'élevage en mode « recherche d'exploitation ».

La première voie repose sur le développement et le déploiement de méthodes de suivis, enquêtes et typologies, fondées sur l'analyse des pratiques d'élevage, et permettant de révéler la diversité des fonctionnements des systèmes d'élevage. Ces méthodes d'analyse de la diversité, lorsqu'elles sont

mises en œuvre sur le terrain, sont orientées par les cadres d'analyse disponibles à ce moment-là. Par exemple, les questions posées lors d'une enquête visant à mieux connaître les systèmes d'élevage sur un territoire donné s'inspirent largement des concepts à disposition pour comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage. En retour, par une meilleure connaissance des réalités et des questions du terrain, de nouveaux concepts et modèles conceptuels peuvent émerger. Ainsi, par exemple, c'est par le biais d'un travail de suivi dans des exploitations agricoles que Magne (2007) propose une nouvelle formalisation du triangle « Homme-Animal-Ressources » proposé par Landais (1987), plus orientée sur le système d'information des éleveurs, et aboutissant à un trièdre « Eleveur – Ressources informationnelles – Domaines d'élevage – Situations de gestion ». En termes de lien au développement, les méthodologies d'investigation en ferme mobilisées en zootechnie des systèmes d'élevage co-évoluent avec les méthodes déployées par les instituts de développement agricole. Ainsi, Dedieu et al. (2008a) expriment les évolutions du développement agricole dans les termes suivants : « On est (...) passé d'une logique de transfert des connaissances et techniques produites par la recherche vers les agriculteurs « applicateurs », à une logique de production de connaissances sur la diversité et la complexité de l'élevage d'une part, et d'autre part sur la recherche de voies d'amélioration des résultats ou d'accompagnement des mutations des exploitations faisant référence à ce niveau de cohérence qu'est le système d'élevage ». Les réseaux d'élevage pour le conseil et la prospective de l'Institut de l'Élevage (Delaveau et al., 1999) sont une bonne illustration de cette co-évolution des idées sur les systèmes d'élevage entre recherche et développement. Selon Delaveau et al. (ibid.), « l'objectif des réseaux d'élevage est de décrire sous forme de références globales différents équilibres possibles localement en matière d'exploitation ».

La deuxième voie consiste à créer des simulateurs du fonctionnement des systèmes d'élevage. Il s'agit d'explorer de façon virtuelle l'effet de changements de conduites ou la sensibilité du comportement des systèmes à des aléas (climat, baisse brutale de fertilité du troupeau, variation des prix...) (Dedieu et al., 2008a). Cette dynamique d'implémentation informatique de modèles représentant des systèmes agricoles s'insère dans une dynamique internationale de large ampleur, qui concerne différents types de systèmes et différentes disciplines, et, à l'INRA par exemple, plusieurs départements de recherche. Les modèles de systèmes d'élevage publiés dans la littérature internationale peuvent ainsi concerner plusieurs disciplines (zootechnie, économie, épidémiologie...) et revêtir des enjeux de nature variée. Les modèles implémentés de la discipline « zootechnie des systèmes d'élevage », ils sont structurés par les concepts et modèles conceptuels capitalisés au sein de la discipline. Ainsi, par exemple, pour créer un simulateur du fonctionnement de troupeaux ovins conduits selon la formule du « trois agnelages en deux ans », Cournut et Dedieu (2004) utilisent le concept de « flux », formalisé par Lasseur (2004) à partir d'analyses de terrain, pour rendre compte des mouvements d'animaux entre différentes sessions de reproduction. En retour, l'implémentation par Cournut et Dedieu (2004) d'un outil informatique a nécessité la formalisation d'un nouveau concept évoquant une entité de gestion pour l'éleveur et permettant de structurer la mise à plat des différents flux d'animaux. Ce nouveau concept est le « cycle de production de lot », qui à son tour a pu alimenter de nouveaux simulateurs, en élevage bovin allaitant (Ingrand et al., 2003), en élevage bovin laitier (Cournut et al., 2008), en élevage porcin (Martel et al., 2008) et en élevage caprin laitier (Puillet, 2010). Ces simulateurs peuvent être guidés par différentes finalités. Certains sont des modèles de recherche visant à mieux comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage et permettent notamment de construire de nouveaux concepts, comme le modèle proposé par Cournut et Dedieu (2004). D'autres sont construits pour donner des éléments de réponse à des questions de

développement précises, comme le modèle développé par Martel et al. (2008) pour répondre à des enjeux d'organisation du travail dans les exploitations porcines. Les simulateurs pourraient aussi, en théorie servir de support à la construction de systèmes d'aide à la décision directement utilisables par des éleveurs et/ou leurs conseillers. Je reviendrai sur ce point dans la partie suivante.

En guise de bilan, et comme synthétisé sur le schéma de la Figure I.3, la création et l'application de cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage, *via* l'implémentation de simulateurs d'une part, et l'application de méthodes d'analyse de la diversité des pratiques d'élevage d'autre part, permet, en plus de mieux comprendre et analyser le fonctionnement des systèmes d'élevage, de fournir des méthodes et outils permettant d'accompagner le développement agricole. En cohérence avec le projet initial de la discipline, les méthodes déployées permettent bel et bien d'organiser une connexion entre les deux objectifs que sont « comprendre » et « accompagner » l'évolution des systèmes d'élevage. Pour ma thèse, je retiens donc l'idée de participer à cette activité de création / renouvellement de cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage.

Je propose toutefois d'améliorer le fonctionnement représenté sur la Figure I.3 en vue de renforcer la contribution potentielle de la discipline à la création d'innovations systémiques. Pour cela j'analyse certaines limites du schéma actuel et je propose deux pistes pour les lever : (i) augmenter le potentiel d'innovation de la discipline en renouvelant ses cadres de représentation par l'initiation de travaux en mode « recherche d'exploration » ; (ii) resserrer les liens entre l'objectif de comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage et celui d'accompagner leurs évolutions dans l'optique d'une plus grande durabilité. C'est l'objet de la section suivante.

3. Quelques pistes pour améliorer la contribution de la zootechnie des systèmes d'élevage à l'émergence d'innovations systémiques en élevage

a. Augmenter le potentiel d'innovation de la discipline en renouvelant ses cadres d'analyse par l'initiation de travaux en mode « recherche d'exploration »

« Exploitation » et « exploration » sont des concepts qui ont été introduits par March (1991) (cité par Meynard et al., 2006), puis repris par Callon (2001; 2002, cité par Meynard et al., 2006), pour qualifier la recherche. La recherche d'exploitation joue la carte la plus sûre et souvent très productive de l'approfondissement de thématiques et de cadres conceptuels dont la validité est reconnue, alors que la recherche d'exploration vise à ouvrir de nouvelles pistes encore peu connues et incertaines, à renouveler les questions de recherche, les critères d'évaluation, et éventuellement les méthodologies produites (Meynard et al., *ibid.*). Typiquement, le fonctionnement représenté sur la Figure I.3 relève d'une recherche d'exploitation tant qu'aucun élément nouveau par rapport à ceux présentés sur la figure n'est introduit pour renouveler en profondeur les cadres d'analyse. En effet, la Figure I.3 rend compte d'un système dans lequel les nouveaux cadres d'analyse sont formés sur la base des mêmes méthodes que celles qui ont contribué à former les anciens et, de surcroît, en ayant recours à ces mêmes anciens cadres pour pouvoir mettre en œuvre les méthodes. Un tel fonctionnement n'est guère propice à un renouvellement en profondeur des cadres d'analyse de la discipline. Or, selon Landais et Bonnemaire (1996), « les modifications des représentations accompagnent toujours (annoncent, expliquent ou justifient) les comportements innovants ». Pour qui cherche à favoriser les innovations systémiques en élevage, il y a donc un intérêt certain à

modifier les méthodologies de production des cadres d'analyse de la discipline en vue de modifier certaines représentations de manière significative, favorisant ainsi l'émergence des « comportements innovants » auxquels font référence Landais et Bonnemaire (ibid.). La recherche d'exploration apparaît alors comme tout à fait appropriée, en particulier quand les résultats et l'utilité sociale de la recherche d'exploitation sont contestés et que son potentiel socio-économique s'épuise (Meynard et al., 2006). Dans un contexte où le développement de l'élevage dans le monde suscite de telles interrogations, notamment en des termes environnementaux, que l'exigence d'innovation se fait de plus en plus pressante, nous sommes bien dans ce type de situation qui appelle un engagement dans la recherche d'exploration.

A ce stade, il me semble utile de rappeler que le fonctionnement représenté à la Figure I.3 relève avant tout d'une schématisation visant à exposer des tendances générales. Des démarches du type « recherche d'exploration » ont déjà été mises en œuvre dans la discipline, qui ont permis de renouveler ses cadres d'analyse plus largement qu'en mode « recherche d'exploitation ». Ainsi, le recours à des concepts et méthodes provenant d'autres disciplines (évoqué dans la section I.B.1) est une démarche allant dans ce sens. Mon propos est ici de reconnaître le caractère bénéfique de telles démarches et de proposer de les encourager, voire d'approfondir encore leur caractère exploratoire.

Renouveler les cadres d'analyse des systèmes d'élevage capitalisés par la discipline en s'intéressant aux représentations des éleveurs plutôt qu'à celles d'autres disciplines est une autre option pour favoriser la recherche d'exploration. Darré et al. (2004) proposent ainsi, en mobilisant des outils de la socio-anthropologie, d'accéder aux représentations sociales des éleveurs au sein de groupes professionnels localisés. Ces représentations, qu'ils nomment « formes de connaissances des éleveurs », sont obtenues par des analyses de discours. Ce travail sur les formes de connaissances a permis par exemple de formaliser le concept de « flux » (Lasseur, 2004), cité plus haut (section I.B.2), pour évoquer les mouvements d'animaux entre différentes sessions de reproduction en élevage ovin, et qui a pu largement inspirer par la suite d'autres travaux de la discipline (Girard et Lasseur, 1997 ; Cournut et Dedieu, 2004).

Construire de nouveaux cadres de représentation des systèmes d'élevage de manière participative avec des éleveurs intéressés par cette démarche plutôt que procéder à une « extraction » de leurs représentations est encore une autre option pour la recherche d'exploration qui, à ma connaissance, n'a jamais été testée dans la discipline. C'est l'option que je retiendrai pour ma thèse, et que je justifierai dans le chapitre II.

b. Resserrer les liens entre l'objectif de comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage et celui d'accompagner leurs évolutions dans l'optique d'une plus grande durabilité

1. Des outils d'aide à la décision peu utilisés

La plupart des modèles du fonctionnement des systèmes d'élevage construits en zootechnie des systèmes d'élevage sont utilisés comme des outils de recherche qui aident à mieux comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage, et/ou qui donnent des pistes pour répondre à certaines questions de développement, comme, pour citer quelques exemples, l'amélioration des conditions de travail des éleveurs (Martel et al., 2008), la gestion de troupeaux caprins (Puillet, 2010), ou encore

les moyens d'agir en faveur de la biodiversité (Sabatier, 2010). A ma connaissance, aucun simulateur produit au sein de la discipline n'est véritablement utilisé directement par les éleveurs et/ou leurs conseillers. Ce n'est pas un problème en soi dès lors que d'autres objectifs sont assignés et atteints par les simulateurs, mais cela peut le devenir si l'aide à la décision devient la justification principale de la construction des simulateurs et que, dans les faits, ces derniers ne sont pas utilisés sur le terrain. La question est d'autant plus importante dans une discipline qui fonde son projet sur des objectifs d'action et de lien au terrain (cf. section I.B.1), et donc d'accompagnement des transformations des systèmes d'élevage.

Par ailleurs, en agronomie, il a été observé que les modèles de systèmes de culture construits pour fournir des outils d'aide à la décision aux agriculteurs et à leurs conseillers ont dans les faits été peu utilisés par leurs destinataires (McCown, 2002). Les analyses de ces échecs réalisées par ce dernier auteur convergent vers l'idée d'une redéfinition à instruire des liens entre chercheurs, conseillers et éleveurs, qui pourrait par exemple se traduire par de nouvelles relations du type « mutual understanding » par lesquelles la reconnaissance et le respect pour des manières différentes de voir le monde seraient privilégiés par rapport à des principes d'éducation et de persuasion des agriculteurs. Avec une telle posture, des perspectives sont ouvertes pour co-crédier des connaissances en tirant parti des avantages comparatifs des connaissances scientifiques et pratiques ; l'intervention ne consisterait plus à prescrire des actions mais à faciliter des apprentissages sur les situations d'action (McCown, *ibid.*). Depuis lors, d'autres auteurs ont effectivement mis en place des recherches permettant d'explorer des postures d'aide à la décision (de Turckheim et al., 2009) alternatives à la prescription (Magne, 2007 ; Cerf et al., 2008 ; Woodward et al., 2008). Une telle perspective me paraît intéressante dans le sens où elle peut contribuer à resserrer les liens entre recherche et action.

2. Des analyses en ferme qui privilégient la compréhension du passé pour accompagner le futur

S'agissant de la deuxième voie méthodologique qui lie classiquement les concepts de la discipline à des questions de développement de l'élevage, à savoir les analyses en ferme de la diversité des pratiques d'élevage (Figure I.3), un courant actuel en voie d'expansion est orienté sur l'analyse des capacités d'adaptation des élevages sur le long terme (Dedieu et al., 2008b). Les questions de durabilité des systèmes d'élevage orientent en effet largement les investigations actuelles sur les moyens qu'ont les éleveurs de « tenir sur le long terme », et des propriétés telles que la flexibilité, la robustesse ou les capacités d'adaptation des systèmes d'élevage font actuellement l'objet d'une attention grandissante (Ingrand, 2009 ; Dedieu et Ingrand, 2010). Ces propriétés peuvent être vues comme émergentes dans la mesure où elles dépendent conjointement, par exemple, du système d'élevage et de ses caractéristiques biotechniques et structurelles, de l'environnement du système (par exemple les filières de production dans lesquelles il s'insère (Lossouarn, 1994)) et, au niveau du sous-système décisionnel, des capacités de l'éleveur à mobiliser des ressources externes (Darnhofer et al., 2010). Cette orientation sur les propriétés émergentes des systèmes, sans remettre en cause le schéma présenté sur la Figure I.3, réinterroge assez fortement certains aspects de la discipline dans la mesure où elle tend à faire endosser l'approche « complex adaptive systems » qui se démarque de l'approche traditionnelle « farming systems » notamment par une prise en compte affinée du temps (on quitte les régimes stationnaires pour considérer des systèmes « constamment en mouvement ») et des co-évolutions qui ont lieu entre le système et son environnement, générant des

apprentissages et des adaptations de part et d'autre (Darnhofer et al., *ibid*). Le parti pris méthodologique retenu au sein de cette approche est souvent d'analyser les trajectoires des éleveurs sur le long terme, leurs « chemins pour durer ». En d'autres termes il s'agit de comprendre le passé pour accompagner le futur (Moulin et al., 2008). La question des liens entre les connaissances acquises sur les trajectoires du passé et l'accompagnement des systèmes dans leurs évolutions présentes et à venir est encore peu formalisée. N'y a-t-il pas un risque de rester dans une démarche d'exploitation plutôt que d'exploration (cf. section I.B.3.a) ? Mettre les acquis de la discipline « zootechnie des systèmes d'élevage » au service de la conception de méthodes pour accompagner directement les transformations actuelles en intégrant les éleveurs dans le processus est la démarche que je défends dans ma thèse.

C. Identification de ma question de recherche

Dans cette partie, je propose de partir du problème général de la conception d'innovations systémiques à l'échelle de l'exploitation agricole, pour arriver à la formulation d'une question de recherche traitable dans le cadre d'une thèse en zootechnie des systèmes d'élevage, en m'inspirant de ce que je retiens des paragraphes précédents. Pour ce faire, je m'appuie sur les quatre types de contributions possibles du chercheur à la conception de systèmes agricoles innovants identifiés par Meynard et al. (2006) sur la base des recherches menées « à l'INRA et dans ses équivalents internationaux » (Tableau I.3). Je précise en les argumentant les choix que j'opère et qui me conduisent à préférer l'un de ces quatre types. J'aboutis ensuite à la formulation de la question de recherche de cette thèse.

1. Concevoir plutôt que Découvrir

Dans les activités de recherche, une distinction utile peut être opérée entre les activités, méthodes et pratiques qui visent à « faire advenir ce qui n'existe pas encore », et celles dont l'objectif est d'« identifier ce qui existe déjà mais qu'on ne comprend pas, ou mal ». Dans le premier cas l'activité relève de la « conception » ; dans le deuxième cas il s'agit de « découverte » (Simon, 1999, cité par Béguin et al., 2009).

Reprenant les énoncés proposés par Meynard et al. (2006) (Tableau I.3), l'intention première est clairement la conception dans les énoncés (i) et (iii) (conception de systèmes pour (i) ; conception d'outils et méthodes pour (iii)), la découverte pour l'énoncé (iv), et un mélange de découverte et de conception pour l'énoncé (ii).

J'ai défendu dans la partie précédente sur la zootechnie des systèmes d'élevage (section I.B.3.b.2) qu'une focalisation sur la dimension « comprendre » de l'activité de recherche – et donc, pour reprendre le vocabulaire instauré dans cette partie, une focalisation sur la dimension « découvrir » par rapport à la dimension « concevoir » – présentait des risques d'affaiblissement du lien à l'action, ce qui s'avère problématique dès lors que la discipline fonde son projet sur, entre autres, des objectifs d'action et de lien au terrain.

Je choisis donc d'orienter ma thèse sur la dimension « conception » plutôt que sur la dimension « découverte ». Il convient dès lors d'observer plus en détails les différentes options qui existent

pour une activité de « conception », en identifiant par exemple les différences de posture qui existent entre les énoncés (i), (ii) et (iii) du Tableau I.3, qui relèvent tous de la conception en recherche.

2. Concevoir à partir de situations réelles plutôt que concevoir *in silico*

Pour, à terme, travailler à la conception de systèmes innovants en se focalisant sur la dimension « conception » plutôt que sur la dimension « découverte », il est possible d'adopter deux postures : soit inventer des systèmes agricoles en rupture par rapport à l'existant (énoncé (i)), soit travailler à partir de situations réelles existant sur le terrain (énoncés (ii) et (iii)) (Tableau I.3).

L'innovation en agriculture peut être définie comme un ensemble de processus conduisant à la création et à l'inscription de nouveautés dans des milieux socio-économiques donnés (Goulet et al., 2008). Deux dimensions sont mises en évidence par cette définition : la création de nouveautés, ou invention, et l'inscription dans des milieux socio-économiques donnés, ou implémentation des inventions sur le terrain.

La première posture présente des avantages en termes d'invention : l'éloignement des réalités du terrain est recherchée et assumée, car considérée comme propice à l'inventivité de chercheurs, puisque ces derniers ne sont alors pas influencés par des partenaires de terrain (Meynard et al., 2006). Il en résulte des inventions en rupture par rapport à l'existant.

A l'inverse, si les nouveautés qu'elle fait émerger sont moins « en rupture » par rapport à l'existant, la deuxième posture présente l'avantage de favoriser l'inscription de ces nouveautés dans les milieux socio-économiques. En effet, travailler à partir de situations réelles en vue de les modifier et de les améliorer permet de prendre de l'avance, par rapport à la première posture, sur la question de l'implémentation des inventions sur les territoires, puisque les avancées opérées par les chercheurs sont déjà situées dans des milieux socio-économiques donnés.

Des travaux récents de conception de systèmes porcins innovants aux Pays-Bas, s'appuyant sur différentes compositions de groupes de conception (certains étant composés uniquement de chercheurs ; d'autres intégrant des acteurs de terrain), montrent par ailleurs que la participation d'acteurs de terrain ne s'oppose pas à la production d'idées innovantes : l'hétérogénéité des groupes de conception semble au contraire être un bon catalyseur pour la mise en place d'actions innovantes sur le terrain (Van Eijk et al., 2010), nuanciant ainsi l'idée selon laquelle la créativité serait plus importante lorsque le chercheur n'interagit pas avec les partenaires de terrain.

Le concept de « redesign » (Bellon et al., 2007), que je traduis en français par « reconception », permet de distinguer, parmi l'ensemble des activités de conception de systèmes agricoles innovants, celles qui partent de situations réelles (les activités de « redesign ») de celles qui utilisent des approches *in silico*. Les activités de reconception impliquent à la fois une évaluation des systèmes existants et la formalisation d'objectifs explicites guidant les changements, *in itinere* (Bellon et al., *ibid.*). Pour évoquer le terme de « redesign », ces derniers auteurs font également référence à la lettre « R » du modèle ESR de Hill et MacRae (1995). Ce modèle identifie trois types d'approches pour gérer les transitions des systèmes agricoles vers plus de durabilité. La lettre « E » correspond à « input Efficiency » et fait référence à une utilisation des intrants chimiques de synthèse dans des conditions qui maximisent leur efficacité, permettant ainsi de limiter les quantités utilisées. La lettre

S correspond à « input Substitution » et correspond par exemple, dans le cadre d'une conversion à l'Agriculture Biologique, au remplacement des intrants chimiques de synthèse par des produits naturels remplissant les mêmes fonctions. Enfin, la lettre R correspond à « system Redesign » et désigne des situations de reconception en profondeur des systèmes qui impliquent de mettre en question les équilibres au sein du système, en s'appuyant sur les principes de l'agroécologie, de manière à garantir fertilité, productivité et propriétés de résilience du système. Il s'agit bien dans ce dernier cas de concevoir de nouveaux systèmes à partir de systèmes existants, en orientant la dynamique en faveur de la durabilité.

En raison d'une part de la tradition d'ancrage aux situations de terrain qui existe en zootechnie des systèmes d'élevage, et en raison d'autre part d'une plus grande sensibilité de ma part pour les intérêts de la deuxième posture, je choisis dans cette thèse de concevoir à partir de situations réelles plutôt que de concevoir *in silico*. Dans la suite de ce manuscrit, j'utiliserai le terme de « reconception », car il permet de spécifier un choix important que je fais pour contribuer à la conception de systèmes agricoles innovants. De plus, la connotation « développement durable » qu'il porte, de par son utilisation au sein du modèle ESR (Hill et MacRae, 1995), convient bien à ma problématique.

3. Accompagner l'innovation plutôt que la prescrire

Si la définition de l'innovation proposée pour l'agriculture par Goulet et al. (2008) et énoncée dans le paragraphe précédent (I.C.2) met l'accent sur la distinction entre processus d'invention et processus d'inscription sur les territoires, des auteurs comme Nonaka et Takeuchi (1997) insistent sur l'existence de processus actifs et itératifs au sein des organisations (au sens large, entreprises par exemple) conduisant au changement. En particulier, ils s'intéressent à la manière dont la connaissance se crée au sein des organisations à partir d'un processus dynamique d'interactions sociales et de va-et-vient entre des types de connaissances tacites et explicites, et ils établissent clairement un lien entre cette création de connaissance, les apprentissages dans les organisations et les changements qui en résultent.

L'accent est ainsi mis sur la dimension complexe et collective de l'innovation. Il s'agit de dépasser un schéma linéaire de l'innovation dans lequel certains conçoivent une invention que d'autres mettent en œuvre en pratique pour en faire une innovation, comme pouvait le résumer la devise formulée en 1932 pour l'exposition universelle de Chicago : « la science découvre, l'industrie applique, l'Homme se soumet » (Béguin et Cerf, 2009). Un tel schéma linéaire de l'innovation incite à des démarches de recherche-développement du type « top-down », dont l'efficacité n'est pas toujours à la hauteur des espérances, ce qui peut constituer une motivation pour mettre en place des démarches participatives visant à lever certaines de ces difficultés (Karl, 2000 ; Cambell et Salagrama, 2001 ; Brunori et al., 2008). Dans ces derniers cas, on reconnaît aux acteurs une légitimité et une capacité à contribuer à l'innovation. Le chercheur n'est plus le seul légitime pour prescrire des changements ; il participe à des dynamiques d'innovation collectives. Il s'agit alors d'accompagner l'innovation plutôt que d'en être le seul concepteur.

S'agissant de l'intitulé (ii) du Tableau I.3, le chercheur adopte un rôle de référent. Parce qu'il maîtrise un certain nombre d'outils, de diagnostic agronomique ou zootechnique par exemple (Doré, 2000 ; van de Ven et al., 2003), c'est lui qui évalue les systèmes mis en place par les acteurs, qui prescrit

éventuellement des améliorations, et qui décide s'il est pertinent ou non de les promouvoir dans d'autres milieux. Dans l'intitulé (iii) (Tableau 1.3), le rôle décisionnel du chercheur dans les dynamiques de l'innovation est nettement moins important : il propose des outils et méthodes pour accompagner les acteurs dans des processus d'innovation, ces derniers étant les décideurs ultimes des évolutions qui les concernent. Ainsi, cette posture présente des avantages indéniables en termes d'« empowerment », car elle fournit aux acteurs des outils les aidant à mieux maîtriser les évolutions qui les concernent. Cette problématique de l'empowerment est très présente dans bon nombre de travaux de recherche-développement orientés par une philosophie « participative » (Chambers et al., 1989 ; Scoones et Thompson, 1994 ; Albaladejo et Casabianca, 1997 ; Antona et al., 2005 ; Scoones et Thompson, 2009 ; Faure et al., 2010). Je reviendrai plus en détails sur ces travaux dans le chapitre II.

Il me semble intéressant de souligner que dans les cas où on adopte une posture prescriptive sur les situations (intitulé (ii)), on œuvre directement à la conception de *systèmes*, alors que lorsqu'on vise l'accompagnement des dynamiques innovantes, on œuvre avant tout à la conception de *méthodes et d'outils*.

Pour cette thèse, je retiens l'option de l'accompagnement plutôt que de la prescription, et donc la conception de méthodes et outils plutôt que la conception directe de nouveaux systèmes.

4. En guise de bilan

Parce que je choisis :

- De concevoir plutôt que de découvrir ;
- De travailler à partir de situations réelles et donc de me placer dans des dynamiques de reconception de systèmes existants ;
- D'accompagner l'innovation plutôt que de la prescrire...

L'approche que je choisis pour cette thèse relève de l'intitulé (iii) du Tableau 1.3 : « proposer aux acteurs des outils et méthodes pour améliorer leurs propres systèmes, ou leur permettant d'évaluer l'intérêt potentiel, pour leur propre situation, de systèmes innovants exogènes » (Meynard et al., 2006).

Ce choix ne dit rien du type d'accompagnement qui sera opéré. En effet, le chercheur peut occuper toute une gamme de positions dans les dynamiques d'innovation, depuis le « chercheur maïeuticien » qui aide autrui à conceptualiser ses connaissances, celui qui oriente les possibles envisagés en les « donnant à voir », ou encore celui qui se réclame acteur-auteur du changement (Béguin et Cerf, 2009). De tels choix relèvent de la stratégie de recherche, qui sera exposée dans le chapitre II.

	(i) être à l'origine de l'invention de nouveaux systèmes, en rupture par rapport à l'existant	(ii) identifier, analyser, améliorer et promouvoir des systèmes innovants imaginés par des acteurs de terrain	(iii) proposer aux acteurs des outils et méthodes pour améliorer leurs propres systèmes, ou leur permettant d'évaluer l'intérêt potentiel, pour leur propre situation, de systèmes innovants exogènes	(iv) mettre en évidence les conditions (économiques, sociales, organisationnelles, réglementaires...) favorables à l'émergence ou à l'appropriation de systèmes innovants par les acteurs
Concevoir vs. découvrir	Concevoir	Concevoir + Découvrir	Concevoir	Découvrir
Concevoir des systèmes à partir de situations réelles vs. <i>in silico</i>	<i>In silico</i>	A partir de situations réelles	A partir de situations réelles	Sans objet
Accompagner une réflexion vs. Prescrire des solutions	Sans objet	Prescrire	Accompagner	Sans objet

Tableau I.3. Comparaison des quatre contributions possibles (Meynard et al., 2006) du chercheur à la conception de systèmes agricoles innovants.

Par contre, les choix opérés jusqu'à présent permettent maintenant de formuler la question de recherche de cette thèse, qui doit être vue comme une manière de contribuer au traitement du problème général suivant : « Comment favoriser les innovations systémiques en élevage ? ».

Je rappelle donc les délimitations opérées jusqu'ici :

- L'inscription en zootechnie des systèmes d'élevage me fait envisager les innovations systémiques à l'échelle de l'exploitation agricole (section I.B.1).
- La *modélisation conceptuelle du fonctionnement des systèmes d'élevage* (autrement appelée « création/renouvellement de cadres d'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage ») est une approche phare de la discipline sur laquelle je m'appuierai pour cette thèse (section I.B.2).
- Je privilégie la dimension « concevoir » de l'activité de recherche à la dimension « découvrir » (section I.C.1), ce qui me fait envisager la modélisation comme *un outil au service de l'action* plutôt que comme un outil au service d'une meilleure compréhension du fonctionnement des systèmes d'élevage.
- Il s'agira de *reconception* de systèmes plutôt que des dynamiques de conception *in silico* (section I.C.2).
- L'action considérée ici, qu'appuiera donc le travail de modélisation, consiste à *accompagner des dynamiques d'innovation* plutôt qu'à prescrire des innovations (section I.C.3). Il en découle que les *éleveurs* seront considérés dans cette thèse comme les acteurs principaux des dynamiques de reconception de leurs systèmes d'élevage.

De ces cinq points découle la reformulation de la question initiale en une question de recherche pour la discipline « zootechnie des systèmes d'élevage », dont l'énoncé est le suivant :

Comment modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour accompagner les éleveurs dans des processus de reconception de leurs systèmes d'élevage ?

CHAPITRE II

**Les démarches participatives :
une voie prometteuse
pour répondre à ma question**

Définition d'une stratégie de recherche

Dans ce chapitre, je présente comment je passe de ma question de recherche à l'élaboration d'une stratégie pour la traiter. Pour rappel, ma question de recherche est la suivante : « Comment modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour accompagner les éleveurs dans des processus de reconception de leurs systèmes d'élevage ? ».

Deux enjeux ont été identifiés pour accroître la contribution potentielle de la discipline « zootechnie des systèmes d'élevage » à l'émergence d'innovations systémiques en élevage (section I.B.3) : (i) resserrer les liens entre l'objectif de comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage et celui d'accompagner leurs évolutions dans l'optique d'une plus grande durabilité ; (ii) augmenter le potentiel d'innovation de la discipline en renouvelant ses cadres d'analyse par l'initiation de travaux en mode « recherche d'exploration ». La stratégie retenue pour cette thèse devra permettre de proposer des pistes à la discipline pour progresser sur chacun de ces deux enjeux.

Pour mettre en place la stratégie de recherche, je pars des deux constats suivants :

- (1) Il existe de nombreux modèles de systèmes d'élevage publiés dans la littérature internationale et proposés dans différentes disciplines. Tous, en s'intéressant et en produisant des connaissances sur les dynamiques des systèmes d'élevage, participent d'une manière ou d'une autre à l'accompagnement des changements en élevage. Mais cette idée n'est généralement pas explicitée, car chaque modèle est bâti selon des objectifs propres et ceux-ci ne sont en général pas directement ceux de l'accompagnement des changements dans les systèmes d'élevage. Il n'en demeure pas moins que ces modèles portent potentiellement en eux des clés pour répondre à la question de recherche de cette thèse et que dans tous les cas, analyser leur contenu au regard de la question posée apparaît comme un état de l'art indispensable à cette thèse.

- (2) Dans de nombreux domaines, un nombre croissant de projets de recherche reposent sur la participation, à des degrés divers, d'acteurs de terrain à différentes étapes. Ces recherches dites « participatives » concernent une large variété d'approches et de courants, et le terme lui-même utilisé pour les évoquer peut sensiblement varier : « recherches participatives » (Chambers et al., 1989 ; Scoones et Thompson, 1994 ; Scoones et Thompson, 2009), « recherche action » (Albaladejo et Casabianca, 1997), « recherche action en partenariat » (Faure et al., 2010), « recherches partenariales » (Béguin et Cerf, 2009), pour ne citer que quelques exemples. Béguin et Cerf (ibid.) proposent une caractérisation intéressante de ces recherches qui permet de cerner les lignes directrices communes existant en leur sein : « Deux aspects caractérisent ces recherches. Le premier est qu'on s'y interroge sur les rapports de composition entre les dynamiques de transformation et d'évolution des configurations de vie et de travail, et des dynamiques de production des connaissances dans les milieux de recherche. La seconde caractéristique est que, pour tenter d'articuler ces deux plans, chercheurs et non-chercheurs s'associent pour mieux fonder les connaissances produites et pour conduire le changement. » La première caractéristique évoquée met clairement l'accent sur l'interrogation des liens entre production de connaissances par la recherche et évolution des systèmes d'activités réels. Il semble donc y avoir matière, par la mise en œuvre de telles recherches, à resserrer les liens entre les objectifs de « comprendre » et d'« accompagner » affichés par la zootechnie des systèmes d'élevage. De plus, ces recherches participatives présentent les trois intérêts majeurs suivants, qui ne sont pas à négliger dans l'optique d'une contribution à l'innovation et au

développement durable : (i) des intérêts fonctionnels, augmentant l'efficacité des programmes de recherche-développement en améliorant la qualité de leur accueil par les acteurs de terrain ; (ii) des intérêts en termes d' « empowerment » des acteurs : il s'agit là, en impliquant les acteurs, en particulier les acteurs « marginalisés », de les aider à mieux maîtriser les évolutions qui les concernent ; (iii) des intérêts scientifiques et philosophiques : la participation permet d'interagir avec des formes de connaissances d'acteurs qui peuvent se révéler complémentaires aux connaissances produites par la science (Cambell et Salagrama, 2001). Le point (iii) donne des perspectives pour renouveler certains cadres d'analyse scientifiques en les confrontant à des formes de connaissances d'acteurs, ce qui peut servir le deuxième enjeu de la thèse évoqué plus haut, concernant l'initiation de travaux en mode « recherche d'exploration ».

Les démarches participatives paraissent donc prometteuses pour répondre à ma question de recherche et progresser sur chacun des deux enjeux avancés. Or, à ma connaissance au moment de l'élaboration de la stratégie de recherche, dans le domaine de la modélisation des systèmes d'élevage, il n'existait que peu d'expériences fondées sur de telles approches participatives. Cette hypothèse restait toutefois à confirmer par une revue de la littérature.

Compte tenu des éléments qui précèdent, j'ai donc décidé, en termes de stratégie de recherche, d'explorer la « piste participative » pour mettre en place et piloter mon dispositif de terrain, en me donnant toutefois les moyens de comparer cette piste avec les approches de modélisation des systèmes d'élevage déployées jusqu'ici, afin de pouvoir nourrir l'une et l'autre. Mon dispositif de thèse repose donc sur une analyse des modèles de systèmes d'élevage disponibles dans la littérature, sur la construction d'une démarche de modélisation participative, sur son analyse et sur la comparaison des modèles obtenus avec ceux de la littérature. Le choix de la modélisation participative mérite à ce stade d'être étayé et la démarche participative retenue formalisée. Ce sont les objectifs de ce chapitre.

A. Éléments de positionnement bibliographique sur les recherches participatives et la modélisation participative

1. Les recherches participatives

De nombreuses études typologiques ont été réalisées pour tenter de formaliser différentes approches de la « participation ». En particulier, plusieurs « échelles de la participation » ont été proposées, permettant de mesurer un certain « degré » de participation des acteurs. Arnstein (1969) semble avoir été la première à proposer une échelle de la participation citoyenne sur un continuum allant de la fourniture d'informations, qu'elle qualifie de manipulation, jusqu'au contrôle par les citoyens. De nombreuses autres « échelles » ont suivi (Reed, 2008). En particulier, l'échelle proposée par Biggs (1989, cité par Probst et al., 2003 ; Lilja et Bellon, 2008 ; Reed, 2008) est sans doute l'une des plus utilisées (Reed, 2008) : elle distingue quatre degrés de participation différents, nommés respectivement, du plus faible au plus intense degré de participation, en gardant les termes anglais initiaux : "contractual", "consultative", "collaborative" et "collegiate" (Tableau II.1).

Contractual	Consultative	Collaborative	Collegial
Farmers' land and services are hired or borrowed, e.g. the researcher contracts with the farmer to provide specific types of land	There is a 'doctor-patient' relationship: researchers consult farmers, diagnose their problems, and try to find solutions	Researchers and farmers are partners in the research process and continually collaborate in activities	Researchers actively encourage the informal R&D system in rural areas

Tableau II.1. Différents types de relations entre agriculteurs et chercheurs lors de démarches participatives, formalisés selon l'échelle de Biggs (1989). Source : (Lilja et Bellon, 2008).

Néanmoins, on ne saurait réduire la diversité des « approches participatives » ayant pu être mises en œuvre jusqu'ici sur la simple base d'un degré de participation. Premièrement, la métaphore d'une échelle pour faire état de différents degrés de participation induit l'idée qu'une participation très intense des acteurs, située sur les plus hauts barreaux de l'échelle, doit être vue comme un idéal vers lequel tendre. Or, certains auteurs soulignent que plus que le degré de participation, c'est l'adéquation entre l'approche mise en œuvre et les objectifs poursuivis qui fait la qualité de la recherche (Lilja et Bellon, 2008). Par ailleurs, un degré de participation est difficile à qualifier dans l'absolu ; il peut s'avérer plus pertinent de décrire qui fait quoi et à quelle étape, car les activités auxquelles les acteurs peuvent participer sont potentiellement variées (par exemple : fournir des informations, porter l'action, construire des produits avec les chercheurs, donner son avis (Houdart et al., soumis)) et il apparaît parfois délicat de hiérarchiser des activités de nature variée en fonction d'un « degré de participation ». Par ailleurs, en plus des difficultés existant pour le caractériser, le degré de participation peut varier également en fonction des étapes du projet et des groupes d'acteurs considérés. Dès lors, on peut interroger la pertinence d'attribuer un degré de participation à un projet de recherche dans sa globalité, sans détailler les étapes du projet ni les groupes d'acteurs considérés (Houdart et al., *ibid.*).

Enfin et surtout, le participatif n'est pas une simple question de « méthode » qu'on appliquerait de façon plus ou moins « intense », indépendamment du projet de recherche et de ses objectifs pour, par exemple, acquérir une certaine légitimité auprès d'acteurs de terrain, augmenter l'efficacité

d'une action, ou encore répondre à un certain « effet de mode » susceptible d'attirer des financements. Cambell et Salagrama (2001) notent qu'il existe une confusion fréquente, dans le domaine de la participation, entre « approches » et « méthodes ». Une approche correspond à un système de principes et de méthodes (Chambers, 1998, cité par Cambell et Salagrama, 2001) ; les méthodes ne sont que des outils pour faire vivre des approches, et différentes approches peuvent porter différentes philosophies de la participation, induisant une diversité dans les projets participatifs qu'on ne saurait réduire à l'analyse d'un simple critère d'« intensité » de la participation. Ainsi, comprendre la diversité des approches de la participation nécessite de prendre en compte de nombreux facteurs qui font système, formant des approches cohérentes. Reed (2008) liste par exemple, sur la base d'une revue bibliographique, différents facteurs qui peuvent être pris en compte pour établir des typologies de la participation, qu'il classe en quatre catégories : (i) le degré de participation, évoqué plus haut ; (ii) la nature de la participation selon la direction des flux communicationnels : qui donne de l'information à qui, qui va chercher l'information, etc. ; (iii) la vision de la participation par les chercheurs, distinguant essentiellement une vision normative (empowerment...) et une vision pragmatique (augmentation de l'efficacité des actions menées...) ; (iv) les objectifs de la participation. Les typologies citées par Reed (ibid.) ne s'appuient chacune que sur l'un ou l'autre de ces quatre facteurs, et Reed n'évoque aucune approche multicritères conduite au sein d'une même étude. Récemment, des combinaisons de facteurs plus complètes ont pu être proposées sous la forme de grilles permettant de mieux appréhender les cohérences des différentes approches de la participation, chaque grille ayant des objectifs et des domaines d'application propres (Probst et al., 2003 ; Cerf et al., 2008 ; Neef et Neubert, 2010 ; Houdart et al., soumis). Le travail proposé par Probst et al. (2003) présente ici l'avantage de situer différentes approches historiques de la participation, dans le domaine de la gestion des ressources naturelles (incluant les recherches sur les systèmes agricoles), au sein de différents « prototypes » bâtis en fonction de la liste de critères suivante : (i) postulats épistémologiques, croyances et valeurs ; (ii) objectifs des recherches ; (iii) type de participation (en reprenant l'échelle de Biggs (Tableau II.1)) ; (iv) acteurs impliqués ; (v) rôle des acteurs locaux extérieurs à la recherche (par exemple agents de développement...) ; (vi) types de procédures mises en œuvre sur le terrain ; (vii) méthodes de recherche déployées. Ainsi, Probst et al. (ibid.), sur la base des approches existantes et de combinaisons de ces sept critères, distinguent trois prototypes pour qualifier différentes approches de la participation en recherche (Tableau II.2).

Le premier prototype correspond à l'approche classique du « transfert de technologie ». Le succès de telles approches, particulièrement adoptées après la deuxième guerre mondiale dans le cadre par exemple de la révolution verte des « pays en voie de développement » et des « pays les moins avancés » a rencontré de nombreuses limites dans les années 1970, les innovations proposées n'étant pas toujours adoptées, en particulier par les petits paysans vivant dans des régions aux conditions extrêmement variables et ne disposant que de possibilités limitées pour contrôler les différents facteurs de production agricole (Probst et al., ibid.). C'est en partie en réponse à de telles difficultés que le mouvement international « farming systems approaches », évoqué dans la section I.B.1, a été initié. Au sein de ce mouvement, il s'est donc agi d'introduire une certaine participation des agriculteurs dans la recherche (du type contractuelle ou consultative) afin de mieux connaître leurs systèmes agricoles et leur proposer ainsi des technologies plus adaptées. Probst et al. (2003) mettent ainsi en garde sur le fait que, contrairement à ce qui est communément admis, les approches du type « transfert de technologie » et les approches dites « participatives » ne sont pas toujours antithétiques. En effet, certaines approches participatives peuvent être vues comme une

extension des approches « transfert de technologie » : il s'agit d'obtenir de l'information en provenance des éleveurs et de l'incorporer dans la recherche scientifique pour mieux cibler les besoins des populations et pouvoir adapter les technologies à divulguer, sans remettre en cause le paradigme initial (Probst et al., *ibid.*).

Le deuxième prototype est intitulé « Farmer First » (Tableau II.2), en référence à un courant de recherche du même nom initié dans le milieu des années 1980 (Chambers et al., 1989), réinterrogeant le mouvement « transfert de technologie », et poursuivi par de nouvelles investigations : « Beyond Farmer First » (Scoones et Thompson, 1994), et, plus récemment, « Farmer First Revisited » (Scoones et Thompson, 2009). Les approches relevant de la famille « Farmer First » ont en commun d'associer les agriculteurs à la création, aux tests et aux évaluations de technologies visant à favoriser le développement durable. La visée principale de ces approches est de parvenir à la génération et l'adoption de nouvelles technologies par de petits paysans, leur permettant d'augmenter revenu et productivité. Néanmoins, dans ces approches, on reste sur un paradigme positiviste, avec une vision uniforme d'un progrès fourni par la science et les connaissances qu'elle génère. Le rôle des chercheurs est de collecter des informations, de transmettre des connaissances aux acteurs ruraux, de fournir des options technologiques, de planifier et de gérer les interventions de recherche. Les agriculteurs répondent aux questions et sont impliqués dans la planification et dans des essais en ferme (Probst et al., 2003).

Enfin, le troisième prototype (Tableau II.2) repose quant à lui sur un paradigme constructiviste. Des courants comme celui de la « recherche action » (Albaladejo et Casabianca, 1997), ou de la « recherche action en partenariat » (Faure et al., 2010), peuvent généralement y être associés. Au sein de ce prototype, des connaissances sont développées grâce à une réflexion critique et des apprentissages par expérience menés à l'occasion d'une implication des chercheurs dans des processus de changement conduits et initiés dans des milieux de vie réels. Probst et al. (2003) soulignent quatre avantages associés à ces approches : (i) des connaissances pratiques et des solutions directement utilisables par les acteurs engagés dans les processus de changement peuvent être développées ; (ii) en influençant directement les processus de construction d'une réalité sociale partagée, ces approches augmentent les chances de voir émerger des changements de comportement des acteurs ; (iii) les capacités d'expérimentation et de gestion adaptative des acteurs peuvent être développées ; (iv) enfin, des connaissances scientifiques sont générées sur les liens action-réaction et sur les facteurs pouvant influencer les processus de changement dans des contextes réels d'action. Ce dernier point repose sur l'idée que l'implication dans les situations d'action est une option pertinente pour mieux comprendre comment le changement peut être conduit : « If you want to know how things really work, just try to change them » (Lewin, 1946, cité par Probst et al., 2003).

Assumptions, values and beliefs	Transfer of Technology <ul style="list-style-type: none"> innovation seen as a result of a linear process by which scientific knowledge is applied in practice (positivist perspective) homogenous environmental and social systems in which the innovation is of equal relevance to all, where innovations diffuse from 'innovative' farmers to other farmers. modernistic development perspective 	Farmer First <ul style="list-style-type: none"> recognition that farmers have something to contribute to innovation development a 'stock' of local knowledge available for assimilation and incorporation into research common goals, interests and power among 'farmers' and 'communities' 	Learning and Action Research <ul style="list-style-type: none"> innovation the outcome of a mutual learning process between actors with complementary contributions (constructivist perspective) inequitable discontinuous interactions and differentiated interests, power, access to resources between 'actors' and 'networks' 'democratized' research process through broad-based stakeholder involvement (political and social agenda)
Objectives and Challenges	provision and marketing of 'best' technology for widespread adoption (e.g. for national food security, economic growth, natural resource conservation)	provision of wider choices of technologies (basket of options) for resource-poor farmers in complex and diverse environments; finding locally adapted solutions	enhancing adaptive management capacity, emancipation, and social capital at local level Building of stakeholder platforms for negotiations and learning processes strategic research on NRM processes
Types of participation	contractual – consultative	consultative – collaborative	collaborative – collegiate
Actors and Stakeholders	(national) research, public sector extension, individual / 'innovative' farmers	research / extension, 'farmers', communities	multiplicity of local and external stakeholders (e.g. farmers – men/women, research, NGOs, public and private sector, policy makers etc.)
Role of External Actors	development and transfer of messages and technologies	information collector of rural people's knowledge, planner and manager of research intervention more recently facilitator, initiator, catalyst (provider of principles, formal research methods, basket of choices)	facilitator, initiator, catalyst, provider of occasions and methodological support, visible actor/stakeholder in process learning and action ('new professionalism') supporter of farmer-led research
Role of Local Actors	beneficiaries, target group; reactive respondent, provider of labour/land for on-farm research	reactive respondent or active participant	creative investigator, active participant and partner in the process of learning and action
Procedures	<ul style="list-style-type: none"> outsiders analyse needs and priorities static plan, rapid and widespread implementation 'fixed menu' linear, clearly defined stages of research external intermittent evaluation 	<ul style="list-style-type: none"> farmers analyse needs and priorities facilitated by outsiders 'menu à la carte' farmer involvement in planning, implementation and/or evaluation of technologies 	<ul style="list-style-type: none"> iterative loops of action and reflection in a collective learning process evolving plan, adaptive management, internal continuous PM&E collaborative work requiring dialogue, negotiation and conflict mediation between interest groups
Research methods	hard systems research (AEA, FSR, RRA)	mainly formal research methods, FSR, RRA, GA, PRA, FPR, PTD	soft systems learning and action research, stakeholder analysis, PAR, FPR, informal farmer experimentation, comparative case studies

Tableau II.2. Trois prototypes pour le développement d'innovations et leurs attributs.
Source : (Probst et al., 2003).

Je souligne ici que les trois types proposés par Probst et al. (ibid.) doivent être vus comme des prototypes pouvant éventuellement guider une réflexion et pas comme un ensemble fini de « manières de faire » parmi lesquelles tout chercheur entreprenant un projet de recherche impliquant des acteurs devrait choisir.

Probst et al. (ibid.) suggèrent que les postulats épistémiques (positivisme vs. constructivisme) sur lesquels reposent les démarches de recherche participative sont un élément clé à analyser pour comprendre les différences entre les grandes approches de la participation, par exemple les différences entre le prototype « Farmer First » (fondé sur une perspective positiviste) et le prototype « Learning and Action Research » (fondé sur une perspective constructiviste). Voiniv et Bousquet (2010) parlent quant à eux d'un « débat récurrent » en modélisation participative à propos de ces deux perspectives, sans explorer véritablement ce que ce débat implique. Pourtant, une bonne compréhension de la différence entre ces deux perspectives et leurs implications, alliée à un positionnement clair des chercheurs, est cruciale pour permettre à chacun de mieux comprendre, en termes de production de connaissances, « ce qu'il fait quand il fait ce qu'il fait comme il le fait » (Ison, 2010). Il en va de la responsabilisation du chercheur par rapport à son objectif de production de connaissances. Je propose donc ici quelques rappels sur les différences entre positivisme et constructivisme.

Traditionnellement, la science repose sur une épistémologie positiviste : son objectif est de s'approcher toujours plus de la « réalité objective des choses ». Avec une épistémologie constructiviste, la réalité n'est plus vue comme extérieure et indépendante de l'observateur humain, mais comme socialement construite et émergeant d'interactions au sein de communautés humaines (Jiggins et Röling, 1997). Les deux auteurs soulignent qu'endosser une épistémologie constructiviste ne revient pas à nier l'existence d'un monde tangible et « réel », mais à affirmer que la connaissance humaine n'est pas une projection objective de ce monde « réel » sur l'esprit mais une création active faite d'apprentissages par l'expérience, de normes, de valeurs, et d'arrangements sociaux. Les avancées de la science font l'objet d'accords entre personnes ; la science est donc l'une des activités par lesquelles une réalité est socialement construite (Jiggins et Röling, ibid.).

Ces manières différentes d'envisager la science entraînent des modes d'investigation différents sur les objets et les situations, à tel point que certains auteurs peuvent être amenés à opposer la « recherche de mode I » (positiviste) à la « recherche de mode II » (constructiviste) (Gibbons et al., 1994, cités par Barré, 2004). En gestion des ressources naturelles, les expressions « first paradigm » (positiviste) et « second paradigm » (constructiviste) sont fréquemment utilisées (Jiggins et Röling, 1997). De nombreux philosophes, scientifiques et praticiens ont contribué à l'émergence des idées à l'origine du second paradigme, parmi lesquels, dès la fin des années 1960, David Berlo à l'Université du Michigan, et, plus récemment, des auteurs comme Sriskandarajah et al. (1989), Bawden et Packam (1991), Russell et Ison (1991), à « Hawkesbury School », actuellement University of Western Sydney (cités par Jiggins et Röling, ibid.).

Dans le cadre de ma thèse, j'adopterai une perspective constructiviste. Ce choix sera étayé dans la section II.B.

2. Diversité des statuts donnés aux acteurs en modélisation participative : quelques exemples

Le choix que j'ai fait d'utiliser la modélisation comme un outil pour accompagner les éleveurs dans leurs processus de changement nécessite de considérer la littérature existante sur l'usage de la modélisation pour accompagner les acteurs dans différents changements. Au-delà de la synthèse bibliographique réalisée sur les modèles de systèmes d'élevage publiés dans la littérature internationale (chapitre III), il y a de la matière à explorer dans d'autres domaines que celui de l'élevage. En effet, les modèles de systèmes d'élevage publiés jusqu'à présent se révèlent peu concernés par la thématique de la modélisation participative (chapitre III), mais dans d'autres domaines, comme l'agronomie ou la gestion des ressources naturelles, cette thématique fait l'objet de développements nettement plus importants.

Je propose de considérer ici des distinctions entre différents types de « modélisation participative » en fonction des places respectives accordées aux représentations scientifiques et aux représentations des acteurs dans le processus de modélisation.

Voiniv et Bousquet (2010) ont réalisé une synthèse bibliographique de différentes approches de modélisation participative. Parmi ces approches, le courant « companion modelling », ou « modélisation d'accompagnement » en français, est caractérisé par des démarches particulières concernant la gestion de ressources naturelles et est fréquemment cité lorsqu'il est question de modélisation participative. Il s'agit d'une branche créée dans le milieu des années 1990 par des chercheurs du Cirad (France), et qui concentre son activité autour de processus participatifs impliquant à la fois l'usage de jeux de rôles et de modélisation multi-agents. Les chercheurs portant ce courant ont proposé une charte pour la « modélisation d'accompagnement », contenant un ensemble de principes qu'ils appliquent dans leurs activités de recherche, par exemple : « (i) accepter comme légitimes et prendre en compte des points de vue éventuellement contradictoires, (ii) organiser une remise en cause obligatoire de chaque nouvel élément introduit dans la démarche, (iii) se confronter, à chaque cycle, à des éléments extérieurs nouveaux » (Antona et al., 2005).

Dans ce courant de « modélisation d'accompagnement », le statut des représentations scientifiques par rapport aux représentations des acteurs est variable. Ainsi, par exemple, dans l'expérience « Lingmuteychu » sur la gestion conflictuelle de stocks d'eau d'irrigation dans une région du Bhoutan (Gurung et al., 2006), ce sont les chercheurs eux-mêmes qui établissent un modèle conceptuel de la situation de gestion, sur la base de leur compréhension du problème issue d'un travail préalable d'enquêtes, de bibliographie et d'interrogation d'experts. Ce modèle conceptuel sert de base à la création d'un jeu de rôles. Différentes sessions de ce jeu sont ensuite organisées avec les acteurs locaux. Un modèle de simulation multi-agents est construit pour tester différents scénarios ayant émergé lors de ces sessions et de nouvelles sessions de jeux de rôles sont proposées pour mettre en place de manière concertée un comité local de gestion de l'eau, sur la base des informations ayant émergé des travaux précédents (sessions de jeux de rôles et simulations conduites par les chercheurs). La démarche d'accompagnement ainsi mise en œuvre répond à deux grands types de fonctions : (i) une fonction d'éducation, visant, par les jeux de rôles, à aider les acteurs à mieux comprendre la complexité du système étudié, (ii) une fonction d'aide à la négociation et à la résolution de conflits, permettant aux différents acteurs d'échanger dans un cadre apaisé et de

mieux comprendre et prendre en compte les points de vue et contraintes de chacun. Dans cette expérience, les représentations propres des acteurs sur ce qui fait problème ne sont pas du tout explorées : ce sont les chercheurs qui bâtissent le modèle conceptuel, et le retour des acteurs sur celui-ci se limite à apprécier globalement si « les choses se passent de cette manière dans la réalité ».

Dans d'autres cas de « modélisation d'accompagnement », les connaissances scientifiques sont vues comme une ressource pour l'action mise à la disposition d'acteurs qui structurent eux-mêmes leur propre problème en bâtissant un modèle conceptuel de la situation en jeu, et décident ensuite s'il est pertinent ou non d'utiliser les connaissances scientifiques à disposition et si oui lesquelles. Les scientifiques s'accordent également parfois le droit de modifier le modèle conceptuel si cela leur paraît pertinent, en soumettant systématiquement leurs propositions aux acteurs qui sont alors libres de les accepter ou de les refuser. C'est le cas par exemple dans le projet « Caux-Opération » sur la gestion du ruissellement érosif dans le pays de Caux (Souchère et al., 2009). Un premier modèle conceptuel de la situation est construit avec les acteurs, durant différents ateliers, en utilisant la méthode ARDI (Etienne et al., 2008). Les questions posées par les chercheurs sont : Qui sont les acteurs principaux concernés par la gestion de l'érosion dans ce territoire ? Quelles sont les principales ressources du territoire ? Quelles sont les principales dynamiques écologiques en jeu, et comment sont-elles influencées par les acteurs ? Comment chaque acteur utilise-t-il les ressources désirées et modifie-t-il les processus d'érosion ? Sur la base du travail de modélisation conceptuelle réalisé avec les acteurs durant les ateliers, les chercheurs construisent un jeu de rôles utilisant un modèle de simulation multi-agents. Cette construction se fait de manière interactive, avec des propositions venant à la fois des chercheurs et des acteurs. Un modèle scientifique préexistant est proposé par les scientifiques et accepté par les acteurs pour modéliser certains processus biophysiques en jeu dans la situation à problème ; c'est en l'occurrence un modèle qui quantifie l'érosion des sols suite à un événement pluvieux qui est intégré dans le modèle multi-agents. Au final, le modèle multi-agents obtenu peut être vu comme un hybride de représentations scientifiques et de représentations d'acteurs, co-construit donc facilement appropriable par les acteurs comme par les scientifiques. La finalité d'une telle construction reste de mieux comprendre la réalité objective de la situation étudiée : l'adéquation entre le modèle et la réalité reste un critère très utilisé pour évaluer la qualité du modèle. Le modèle finalement obtenu est alors utilisé avec d'autres acteurs, *via* des jeux de rôles, de la même manière que pour le projet « Lingmuteychu » décrit ci-dessus, pour répondre à deux objectifs : (i) aider les acteurs à mieux comprendre la réalité complexe de la situation dans laquelle ils sont impliqués, (ii) faciliter des processus de concertation entre acteurs pour améliorer collectivement la situation, le modèle constituant alors un outil d'aide à la décision capable d'évaluer scientifiquement la valeur de différents scénarios par rapport aux attentes des différents acteurs.

Dans certaines approches de ce type qui s'appuient sur des représentations d'acteurs pour enrichir et mieux fonder le modèle de la situation problématique, les tensions relevées par Voiniv et Bousquet (2010) entre la volonté d'une part d'être « neutre » par rapport au point de vue des acteurs et la « nécessité » d'autre part de « préserver la qualité scientifique » peuvent révéler des conflits de posture non résolus entre d'une part la volonté de s'engager dans une perspective constructiviste invitant à considérer comme légitimes différentes « visions du monde » et d'autre part une « tentation positiviste » tendant à attribuer une valeur supérieure aux représentations scientifiques, vues comme plus proches de « la réalité du monde ».

Enfin, il existe des expériences de modélisation d'accompagnement entièrement fondées sur des représentations d'acteurs, qui ne font jamais intervenir le point de vue des experts scientifiques sur la situation en question (D'Aquino et al., 2003). Les postulats mobilisés pour raisonner l'intervention des chercheurs sur le terrain sont alors très différents des deux exemples évoqués plus haut (Lingmuteychu et Caux-Opération) : il ne s'agit pas de se donner les moyens d'aboutir à « la meilleure décision » possible pour la situation à problème, en tenant compte entre autres de tous les critères dont les experts scientifiques sont familiers, l'impact des décisions sur l'environnement par exemple. Au contraire, il s'agit de considérer que les processus de décision des acteurs de terrain sont fondamentalement continus, itératifs et incrémentaux, et donc d'envisager une aide à la décision qui tienne compte de ces caractéristiques, même si c'est au détriment de la précision des évaluations *ex ante* que pourraient offrir des expertises scientifiques. En d'autres termes, il s'agit d'aider les acteurs, en leur fournissant des « supports de médiation », à s'engager dans des processus menant à des décisions « moins imparfaites », même si, d'un point de vue d'expert, les modèles à partir desquels les acteurs réfléchissent peuvent s'avérer insatisfaisants ou incomplets (D'Aquino et al., *ibid.*). Ainsi, l'expérience « SelfCormas » menée au Sénégal (D'Aquino et al., *ibid.*) a consisté en la construction et l'utilisation pilotées par les acteurs eux-mêmes d'un jeu de rôles et d'un modèle multi-agents favorisant la concertation autour d'une problématique d'utilisation de l'espace. Le travail préliminaire de conception par les chercheurs a été réduit à son minimum : les séances participatives ont été initiées par deux questions posées par les chercheurs aux acteurs : (i) Qui sont les acteurs concernés par ce problème ?, (ii) Quels sont les besoins de chaque acteur pour assurer la subsistance de son foyer ? Sur cette première base, les acteurs ont conçu progressivement des cartes, des calendriers et autres schémas pour mieux analyser le problème, puis, pour progresser dans leur réflexion, ils ont utilisé les outils « jeux de rôles », « modélisation multi-agents » et « systèmes d'information géographique » que l'équipe de recherche tenait à leur disposition avec le support technique nécessaire à leur utilisation, tout en restant neutre sur le contenu des représentations proposées par les acteurs. Les chercheurs ont proposé ces outils aux acteurs car ils étaient pertinents pour la situation étudiée (D'Aquino et al., *ibid.*). Cette pertinence est à privilégier par rapport à un choix orienté uniquement sur les outils que maîtrisent le mieux les chercheurs engagés dans le projet (Voiniv et Bousquet, 2010). Deux ans après les premiers ateliers participatifs au Sénégal, des décisions discutées durant le processus de modélisation participative avaient été appliquées concrètement sur le terrain (D'Aquino et al., 2003). Dans ce projet, la posture est clairement de type constructiviste : l'adéquation entre le modèle et la réalité n'est plus au centre des préoccupations ; ce sont les processus d'apprentissage dans lesquels les acteurs sont engagés qui deviennent centraux et qui permettent un changement constructif, tel que visé par les exigences d'un développement durable. La capacité des acteurs à maîtriser les évolutions qui les concernent (« empowerment ») est clairement travaillée. Des projets de ce type permettent en outre de créer et de valoriser des connaissances sur les moyens de faciliter l'action collective dans les territoires. Les représentations des acteurs sont formalisées sous différents supports qui sont utilisés pour faire avancer le processus de réflexion collective. Dans le cadre du projet SelfCormas, ces représentations ne sont toutefois pas valorisées scientifiquement en tant que telles.

Pour la zootechnie des systèmes d'élevage qui fonde son activité sur la construction et l'utilisation de cadres d'analyse de son objet d'étude (cf. section I.B.2), des représentations bâties par des acteurs comme celles produites dans le cadre du projet SelfCormas peuvent être vues comme de nouvelles

manières d'analyser et de comprendre les systèmes, apportant un point de vue inédit susceptible de favoriser les innovations dans la discipline et dans les milieux de vie.

Dans les projets de modélisation d'accompagnement, deux objectifs sont en général poursuivis simultanément, bien que l'un ou l'autre ait souvent une place privilégiée : (i) la connaissance des environnements complexes ; (ii) l'accompagnement des processus de décision collective en situation complexe. Toutefois, rien ne dit qu'une méthode adaptée pour l'un de ces deux objectifs soit pertinente pour l'autre (Antona et al., 2005). Il convient donc, si on prétend œuvrer en faveur de ces deux objectifs en leur assignant une importance équivalente, de bien réfléchir à la méthode déployée, afin qu'elle puisse présenter des intérêts au regard de chacun des deux objectifs. Jusqu'à aujourd'hui, le courant de la « modélisation d'accompagnement » concerne exclusivement des applications en gestion des ressources naturelles. Cette unicité des problématiques traitées permet de développer une expérience de l'usage d'outils particulièrement adaptés à ces problématiques, comme les jeux de rôles ou la simulation multi-agents. Néanmoins, ces outils ne sont pas forcément les plus adaptés dans un cas de transposition de certains principes de modélisation d'accompagnement à un autre domaine d'application. Explorer les outils mobilisés dans les démarches de modélisation participative mises en œuvre dans d'autres domaines peut donc être une démarche intéressante. Elle m'a conduit à retenir la cartographie causale (encadré II.1), utilisée notamment en sciences de gestion, comme outil de modélisation pour mon dispositif de thèse. Ce choix sera étayé dans la section suivante (section II.B).

La présentation d'un ensemble d'expériences de « modélisation participative » que je viens de proposer ne se voulait pas exhaustive. Il s'agissait plutôt d'illustrer certaines des questions qui peuvent se poser dès lors qu'on a pour projet de mener une action de recherche participative, par exemple le statut des représentations des acteurs par rapport aux représentations scientifiques, les types de connaissances valorisables scientifiquement, les modalités de validation des représentations construites, les méthodologies à déployer, etc. C'est en tout cas un ensemble de questions que je me suis posées pour construire la cohérence de l'approche de ma thèse ; elles sont donc structurantes des principaux choix effectués, que je me propose d'exposer dans la section suivante.

B. Formalisation de l'approche participative mise en œuvre dans ma thèse

Pour ma thèse, j'adopte une approche constructiviste qui consiste à faire bâtir des modèles à des élèves en situation de reconception de leur système d'élevage, à partir de leurs propres représentations.

Des éléments bibliographiques me permettent de supposer qu'une telle approche présentera des intérêts à la fois sur le pôle de l'action et sur le pôle des connaissances. Sur le pôle de l'action, la démarche mise en œuvre est susceptible d'accompagner les élèves dans leurs dynamiques de reconception. Sur le pôle des connaissances, les représentations construites avec les élèves seront de nature à réinterroger et enrichir les modèles de systèmes d'élevage disponibles dans la littérature. Le premier point permettra de resserrer les liens entre l'objectif de comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage et celui d'accompagner leurs évolutions dans l'optique d'une plus grande durabilité, et le deuxième point permettra d'augmenter le potentiel d'innovation de la discipline en

renouvelant ses cadres d'analyse, répondant ainsi aux deux grands enjeux de cette thèse rappelés dans l'introduction de ce chapitre.

Dans les deux sections qui suivent, j'expose les éléments bibliographiques qui étayent les deux hypothèses énoncées ci-dessus, et je précise certains choix méthodologiques faits pour optimiser la mise en œuvre de ma stratégie.

1. Sur le pôle de l'action : stimuler, par la modélisation et le travail de groupe, la réflexion des élèves sur les changements dans lesquels ils sont engagés

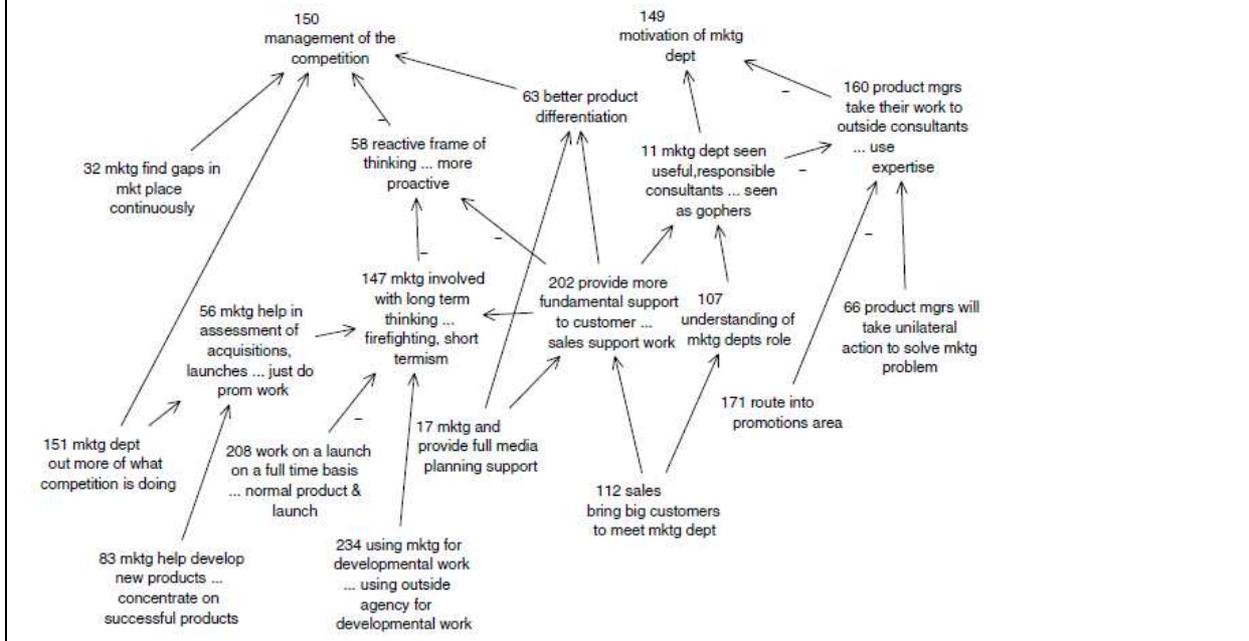
Faire construire des représentations aux acteurs correspond pour le chercheur à endosser un rôle de « chercheur maïeuticien » qui aide autrui à conceptualiser ses connaissances (Béguin et Cerf, 2009), ou tout au moins ses « visions du monde ». Cette posture a déjà été expérimentée dans des domaines très divers et fait la preuve d'un support efficace pour favoriser la réflexivité des acteurs. Ainsi, pour prendre quelques exemples, (Cossette, 2003) fait expliciter et formalise des « visions stratégiques » de dirigeants d'entreprise sous la forme de cartes causales (encadré II.1) qui deviennent un support pour analyser et réinterroger ces visions. La visée est clairement constructiviste, comme l'explique Cossette (ibid.) : « Cette perspective met l'accent sur les représentations que les individus se donnent de leur réalité plutôt que sur la réalité « objective », c'est-à-dire la réalité telle qu'elle serait vraiment. C'est le système référentiel de l'individu qui devient le centre d'intérêt. Dans cette optique, le chercheur va éviter d'imposer un cadre de référence *a priori*, c'est-à-dire de soumettre les sujets à des tests ou à des questionnaires, épreuves dans lesquelles les réponses sont classifiées dans des catégories prédéterminées. Il va plutôt chercher à rendre explicite la construction subjective que l'individu réalise de sa propre réalité, en présumant que c'est à partir d'elle qu'il interprète les événements, qu'il prend des décisions et qu'il agit. ». La cartographie causale est dans ce cas utilisée dans une perspective instrumentale. C'est dans cette même perspective que de nombreux consultants s'en emparent pour fournir une aide à la décision et à la négociation dans les entreprises cherchant à résoudre des problèmes d'ordre stratégique ou organisationnel (Chabin, 2001). Selon Eden et al. (1979, cités par Chabin, 2001), les managers ne sont pas pleinement conscients des processus mentaux mobilisés dans leur démarche décisionnelle, ainsi, toute méthode susceptible de les aider à prendre conscience et à organiser leur propre pensée est intéressante.

Les démarches de modélisation d'accompagnement (Antona et al., 2005) présentées plus haut (section II.A.2) sont plus ou moins fondées sur les mêmes principes : toutes utilisent des activités de modélisation et donc de formalisation, représentation, ou encore mise à plat, qui permettent aux acteurs de mieux comprendre et structurer leurs problèmes, ce qui est un préalable nécessaire à la réflexion et à l'action. Des démarches comme celles de D'Aquino et al. (2003) se rapprochent encore plus de celles de Cossette (2003) et de Chabin (2001) dans la mesure où, fondées sur des approches constructivistes, ce sont les représentations propres des acteurs qu'elles mobilisent pour faciliter la réflexivité, rendant la réflexion plus facilement appropriable par les acteurs.

Une carte cognitive est définie comme : « une représentation graphique de la représentation mentale que le chercheur (ou le consultant) se fait d'un ensemble de représentations discursives énoncées par un sujet (ou un groupe de sujets) à partir de ses propres représentations cognitives à propos d'un objet particulier » (Cossette et Audet, 1992). Bien que « carte cognitive » et « carte causale » soient souvent confondues, les cartes causales ne représentent qu'un type particulier de carte cognitive, le plus répandu, qui met l'accent sur des relations de type cause/effet ou moyen/fin dans les représentations des sujets (Girard, 2006).

Graphiquement, une carte causale se compose d'un ensemble d'items², représentés par quelques mots, et de flèches reliant ces items entre eux. La réalisation graphique d'une carte causale repose sur le principe suivant : une flèche part d'un item « influençant » pour pointer sur un item « influencé ». Il peut y avoir autant de flèches arrivant sur un item et partant de celui-ci que nécessaire. Les flèches à double sens sont possibles. Chaque flèche est accompagnée d'un signe « + » (souvent omis) ou d'un signe « - », traduisant respectivement une relation positive ou négative entre les deux items qu'elle relie. Si la relation est positive, les deux items varieront dans le même sens ; si elle est négative, ils varieront en sens opposé, par exemple, dans le cas de variables quantifiables et continues (ce qui n'est pas toujours le cas), une augmentation de l'item influençant conduira à une diminution de l'item influencé. Il est possible qu'un item « s'auto-influence » par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs autres items ; c'est le cas pour tout item faisant partie d'une boucle, i.e. une chaîne fermée d'items reliés entre eux par des flèches orientées dans un même sens.

Un extrait de carte causale est donné ci-dessous (source : (Eden, 2004)). Le symbole « ... » à l'intérieur d'un item se lit « plutôt que », et exprime un item structuré en deux pôles contrastés.



Encadré II.1. Définition d'une carte causale.

² Dans la littérature sur la cartographie causale, les « items » sont souvent dénommés « concepts » ou encore « nœuds ». J'utilise le terme « item » car le terme « concept » me paraît porteur d'une signification qui dépasse l'usage que j'en ferai, potentiellement source de malentendus. Quant au terme « nœud », il me paraît à l'opposé trop lié aux analyses techniques qu'on peut effectuer sur la base de la structure formée, au sein d'une carte, par les réseaux de « nœuds » et de liens entre nœuds.

Une autre caractéristique des travaux de modélisation d'accompagnement dans leur ensemble, qui permet de stimuler la réflexivité des acteurs, est qu'ils sont fondés sur des approches collectives. Certes les problèmes qu'ils traitent (i.e. gestion des ressources naturelles) sont de nature à concerner des ensembles d'acteurs, il n'en demeure pas moins que l'accompagnement pourrait être pensé de manière individuelle. Or, ce n'est pas le cas. Au contraire, la posture d'accompagnement est largement fondée sur des échanges entre acteurs qui mènent à mieux comprendre les positions et attentes de chacun et permettent à chacun de mieux réfléchir en vue de construire des solutions constructives pour l'avenir. Certains usages de la cartographie causale s'appuient également sur des configurations de groupe. Par exemple, la construction de la carte peut se faire de manière interactive au sein d'un groupe de personnes impliquées dans des projets d'ingénierie et de construction pour lesquels des dysfonctionnements majeurs ont été observés (Ackermann et Eden, 2005). Dans de tels cas, la construction collective de la carte permet entre autres aux sujets : (i) de mieux prendre conscience de la complexité de la situation et de se rassurer en relativisant, par l'analyse systémique, les responsabilités individuelles, (ii) de mieux analyser les raisons de l'échec, et d'en garder une « mémoire organisationnelle » sous la forme de cartes causales (Ackermann et Eden, *ibid.*).

Concernant les objets qui m'intéressent plus particulièrement, à savoir les systèmes agricoles, bien qu'ils soient pilotés par un seul acteur (un agriculteur), ou tout au moins par un collectif réduit d'agriculteurs dans le cas d'exploitations non individuelles, certains travaux visant à accompagner les transformations de ces systèmes se basent également sur des approches collectives, invitant différents agriculteurs à échanger sur la base de leurs expériences respectives (Sulpice et al., 2005 ; Goulet et al., 2008 ; Eksvärd, 2009 ; Vaarst et al., 2010). Il s'agit dans ces cas aussi de stimuler les réflexions sur le fonctionnement des systèmes agricoles, en partant du principe que les agriculteurs, même s'ils travaillent sur des exploitations différentes, peuvent avoir des questions, réflexions et préoccupations qui se recoupent, et peuvent donc s'enrichir mutuellement. La modélisation n'est pas particulièrement utilisée dans ces expériences : il s'agit de mettre en place des « groupes d'échanges de pratiques » sur des sujets divers (Sulpice et al., 2005; Goulet et al., 2008), des ateliers pour progresser sur des questions de santé animale en agriculture conventionnelle (Sulpice et al., 2005), ou en agriculture biologique (Vaarst et al., 2010), ou encore de mettre en place une réflexion collective sur du long terme (plusieurs années) avec un même groupe d'agriculteurs, portant sur des questions du type : « What can I, and we together, do to create a more sustainable production and lifestyle? », cette dernière question ayant été formulée par les agriculteurs du groupe au début du processus (Eksvärd, 2009). De telles dynamiques sont génératrices d'apprentissages de divers ordres pour les participants, et ces apprentissages contribuent clairement à l'« empowerment » dans la mesure où les nouveaux savoirs sont fondés sur les expériences et situations de chacun, et sont directement liés à des questions d'action (Vaarst et al., 2010). Par ailleurs, (Goulet et al., 2008) soulignent que les innovations agricoles issues du terrain ont souvent une dimension collective forte : les agriculteurs bénéficient souvent de leur appartenance à différents groupes professionnels (Coopératives d'Utilisation du Matériel Agricole, bureaux de différents organismes agricoles, voisinage...) pour découvrir de nouvelles expériences mises en œuvre sur d'autres fermes et s'en saisir dans le cadre de leur propre ferme en les adaptant à leurs propres idées et contraintes. Faire réfléchir les agriculteurs au sein de groupes locaux apparaît donc comme pertinent pour stimuler les réflexions et remises en question et conduire à des changements innovants.

En conclusion, je retiens l'idée d'une part de faire construire des représentations à des éleveurs pour les aider à mieux comprendre et structurer la situation dans laquelle ils sont engagés, et d'autre part, d'organiser cette construction de manière collective, afin d'ajouter les échanges entre pairs comme un facteur supplémentaire favorisant la réflexivité et l'émergence de nouvelles idées.

2. Sur le pôle des connaissances : partir de représentations d'éleveurs et explorer des questions d'intégration de points de vue disciplinaires, d'échelles de temps et de sous-systèmes

Des travaux antérieurs tendent à montrer que des approches consistant à faire construire aux éleveurs leurs propres représentations sont pertinentes pour réinterroger les modèles de la discipline. Par exemple, Darré et al. (2004) montrent que les agriculteurs appartenant à un même groupe professionnel localisé ont en commun des « formes de connaissances » structurées différemment de la connaissance scientifique, pouvant aider les chercheurs à mieux comprendre les raisons des pratiques des agriculteurs. Les formes de connaissances sont présentées par Darré et al. (2004) comme des représentations *sociales* : il s'agit d'un fond commun de représentations partagées par les membres d'un groupe, à partir desquelles chaque individu peut développer des représentations plus individuelles spécifiant sa position dans le groupe. Pour reprendre un vocabulaire familier aux agronomes et zootechniciens, les formes de connaissances ne sont pas des « règles d'action » : pour Darré et al. (ibid.), il est délicat de parler de règles d'action en partant de questions du type « pourquoi faites-vous ça ? », car ce qui est évident dans l'action peut être difficile à traduire avec des mots, ce qui rend la fiabilité des réponses à de telles questions discutable. Les formes de connaissances ne sont pas non plus des « façons de raisonner » : les processus de raisonnement sont des phénomènes individuels et de formes relativement universelles, qui se produisent « dans les grottes que nous avons dans la tête » et qui relèvent pour l'essentiel d'un domaine de la psychologie, la psychologie cognitive. Ces processus individuels portent sur des objets qui sont le produit de constructions sociales : ce dont traitent les études sur les formes de connaissance (Darré et al., ibid.).

Ainsi, il existe donc des objets, ou des façons de représenter le monde, propres à des groupes d'agriculteurs qui s'avèrent structurellement différentes des représentations construites par les scientifiques, par exemple les cadres d'analyse bâtis par les zootechniciens des systèmes d'élevage.

Hoffmann et al. (2007) insistent quant à eux sur le fait que les agriculteurs sont eux-mêmes capables, en autonomie par rapport à la recherche, de produire des connaissances utiles pour leur action au quotidien et d'innover, idée également développée par Hocdé (1998) ou Kummer et al. (2008) par exemple. Pour illustrer cette idée, Hoffmann et al. (2007) prennent les exemples de la sélection animale et végétale, de la création de nouveaux systèmes de production, d'innovations sur le matériel agricole et d'innovations sociales. Ces auteurs expliquent toutefois que les « systèmes de recherche » des agriculteurs sont fondés sur une épistémologie, des méthodes et des pratiques très différentes de celles de la « recherche professionnelle », mais qu'il ne serait pas forcément pertinent de chercher à gommer ces différences de manière à ce qu'agriculteurs et chercheurs puissent travailler en collaboration. Au contraire, il peut être avantageux de chercher à valoriser ces différences dans la mesure où les deux approches de la « recherche » et de l'innovation comportent chacune leurs propres avantages. Contrairement aux chercheurs, les agriculteurs vivent et travaillent dans leurs fermes : ils ont donc plus de temps à consacrer aux observations. Ces observations sont

pour partie intentionnelles, c'est-à-dire qu'elles visent à répondre à des questions que les agriculteurs se posent consciemment, et pour partie non intentionnelles : les objets peuvent être vus sans être observés, ce qui constitue un avantage certain en termes d'apprentissage par l'expérience, puisque, selon Norretranders (1994, cité par Hoffmann et al., 2007), environ 11 millions de bits sont envoyés chaque seconde par les sens au cerveau, parmi lesquels 40 seulement sont constitutifs de processus conscients. Ainsi, il y a fort à parier que les connaissances tacites (Nonaka et Takeuchi, 1997) des agriculteurs sur leurs systèmes puissent constituer des apports tout à fait intéressants et complémentaires à ceux de la science, à condition de favoriser leur explicitation (Hoffmann et al., 2007). A l'opposé, les systèmes de « recherche professionnelle » présentent l'avantage, par exemple, de réinterroger les connaissances qu'ils produisent par rapport à des domaines de validité plus larges.

Ainsi, des connaissances de types divers peuvent être présentes chez les agriculteurs d'une part, chez les chercheurs d'autre part. Il a été montré que leur combinaison de manière synergique pouvait aboutir à l'émergence de nouvelles connaissances agronomiques (Girard et Navarrete, 2005). En partant de deux études de cas, l'une portant sur les connaissances scientifiques et expertes ayant trait à la culture du safran et l'autre à celle de la truffe, les auteurs mettent en évidence quatre modes de synergie possibles entre connaissances scientifiques et connaissances expertes : (i) traduire des connaissances empiriques en questions scientifiques pertinentes pour l'action ; (ii) combiner connaissances heuristiques des producteurs et connaissances agronomiques sur les mécanismes biologiques sous-jacents ; (iii) relier les indicateurs des producteurs à des paramètres agronomiques reproductibles ; (iv) organiser une analogie entre cultures sur la base d'arguments scientifiques.

Dans le domaine de la gestion des ressources naturelles, Prell et al. (2007) proposent une autre manière d'organiser des synergies entre connaissances d'acteurs et connaissances scientifiques. Il s'agit de progresser sur l'intégration de différents points de vue disciplinaires autour d'un même objet en tirant profit de la vision intégrée qu'ont les acteurs de cet objet. Ces auteurs insistent sur le principe de construire une représentation de la situation à gérer sur la base de la représentation qu'en ont les acteurs. La carte causale ainsi construite avec les acteurs fait ensuite figure de guide pour positionner les connaissances scientifiques existantes et mieux les articuler, permettant d'aboutir à la construction d'un simulateur intégrant des aspects biophysiques et socioéconomiques de manière pertinente par rapport à l'action car construite avec les acteurs de terrain.

D'après Alrøe et Kristensen (2002), l'action, les représentations et la perception sont étroitement reliées les unes aux autres dans tout système cognitif, qu'il s'agisse des systèmes cognitifs des acteurs ou des systèmes cognitifs des chercheurs. Ainsi, des acteurs confrontés à une situation complexe et devant en tenir compte dans leur action quotidienne développent plus facilement une vision intégrée du problème que des chercheurs dont l'action principale consiste à comprendre une seule partie du système et avec un point de vue disciplinaire donné. En conclusion, comme expérimenté par Prell et al. (2007) ci-dessus, une modélisation à partir de représentations d'acteurs peut conduire les chercheurs à progresser en termes d'intégration de connaissances de divers ordres, sur différents sous-systèmes et/ou provenant de disciplines différentes.

Ce dernier point est particulièrement intéressant pour ma thèse, dans la mesure où, par la synthèse bibliographique réalisée sur les modèles de systèmes d'élevage publiés, j'ai pu montrer que pour

mieux répondre à ma question de recherche, il faut intégrer différents sous-systèmes du système d'élevage, différents points de vue disciplinaires et différentes échelles de temps (chapitre III). Par ailleurs, la zootechnie des systèmes d'élevage a, depuis sa naissance, une tradition forte d'intégration de connaissances de différents ordres. Il conviendra donc pour moi de tirer profit des représentations bâties par les éleveurs en termes d'intégration dans les modèles de différentes composantes des systèmes étudiés.

Pour ce faire, j'utiliserai comme Prell et al. (2007) la cartographie causale (encadré II.1), qui me paraît être un outil particulièrement adapté pour traiter ces questions d'intégration. La cartographie causale est alors utilisée dans sa deuxième orientation décrite par Chabin (2001, page 198) (la première étant l'aide à l'exploration des idées, à la négociation et à la décision) : « elle constitue un outil pour les chercheurs intéressés par la connaissance subjective des acteurs et a pour but de faire prendre conscience et de donner un sens à des données verbales ou écrites de façon plus pertinente que ne l'auraient fait d'autres techniques à leur disposition ». Chabin (ibid.) insiste en effet sur le fait que les cartes causales présentent des avantages notables par rapport aux analyses de contenu de discours car elles permettent d'analyser des liens entre items et donc de rendre compte de la structure des relations entre « concepts » contenus dans un discours ou un texte, ce que ne peuvent faire les analyses de contenu, qui restent essentiellement dans des procédures de dénombrement.

Par ailleurs, un autre avantage des cartes causales est qu'elles reposent sur l'usage du « langage naturel » (Cossette et Audet, 1992), et donc ne nécessitent pas d'opérer des pré-formatages par des concepts de la zootechnie des systèmes d'élevage par exemple. Les cartes causales sont en effet des outils de modélisation conceptuelle souples : les informations qui y sont entrées n'ont pas à être retravaillées pour entrer dans des catégories prédéterminées et bien définies (du type entités de gestion, indicateurs, objets...). En ce sens, elles limitent la perte d'informations souvent entraînée par le filtre de la modélisation conceptuelle (Juristo et Moreno, 2000).

C. Organisation du manuscrit

Si je récapitule ce qui a été écrit jusqu'à maintenant, je peux construire un schéma synthétique du dispositif de thèse (Figure II.1).

Deux types d'acteurs principaux sont à considérer : les chercheurs en zootechnie des systèmes d'élevage, discipline dans laquelle s'inscrit cette thèse, et les éleveurs, pilotes des objets étudiés par la discipline, i.e. les systèmes d'élevage, et initiateurs et acteurs de processus de reconception.

Dans la partie I.B, j'ai montré que les chercheurs de la discipline détenaient des connaissances sur les systèmes d'élevage, des méthodes et des savoir-faire pour représenter leur fonctionnement. Dans le chapitre III, nous verrons cependant que s'ils visent à accompagner les éleveurs dans des processus de reconception au moyen de l'« outil modélisation », les zootechniciens des systèmes d'élevage gagneraient à progresser en termes d'intégration de différents sous-systèmes, de différentes disciplines et de différentes échelles de temps.

Les éleveurs de leur côté détiennent des formes de connaissances originales sur leurs systèmes d'élevage, et vraisemblablement plus intégrées que les connaissances des scientifiques sur les

mêmes objets (partie II.B.2). Ils tireraient par ailleurs vraisemblablement profit d'une stimulation de leur réflexion sur le fonctionnement de leurs systèmes d'élevage, afin de les guider dans l'action (partie II.B.1).

Ce cadre général étant posé, la démarche mise en place pour finalement répondre à ma question de recherche : « Comment modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour accompagner les éleveurs dans des processus de reconception de leurs systèmes d'élevage ? » peut être décomposée en trois étapes successives :

- Réaliser une synthèse bibliographique sur les modèles de systèmes d'élevage publiés dans la littérature (chapitre III) ;
- Construire et tester une méthode de modélisation participative du fonctionnement des systèmes d'élevage sur la base de travaux en petits groupes d'éleveurs en utilisant la cartographie causale (chapitre IV) ;
- Analyser en quoi l'application de cette méthodologie permet de stimuler la réflexion des éleveurs sur le fonctionnement de leurs systèmes d'élevage dans un contexte de reconception (chapitre V) ;
- Analyser en quoi les modèles obtenus par l'application de cette méthodologie sont de nature à réinterroger les modèles de la discipline et à fournir des pistes pour une meilleure intégration de différents sous-systèmes, points de vue disciplinaires et échelles de temps dans les modèles (chapitre VI).

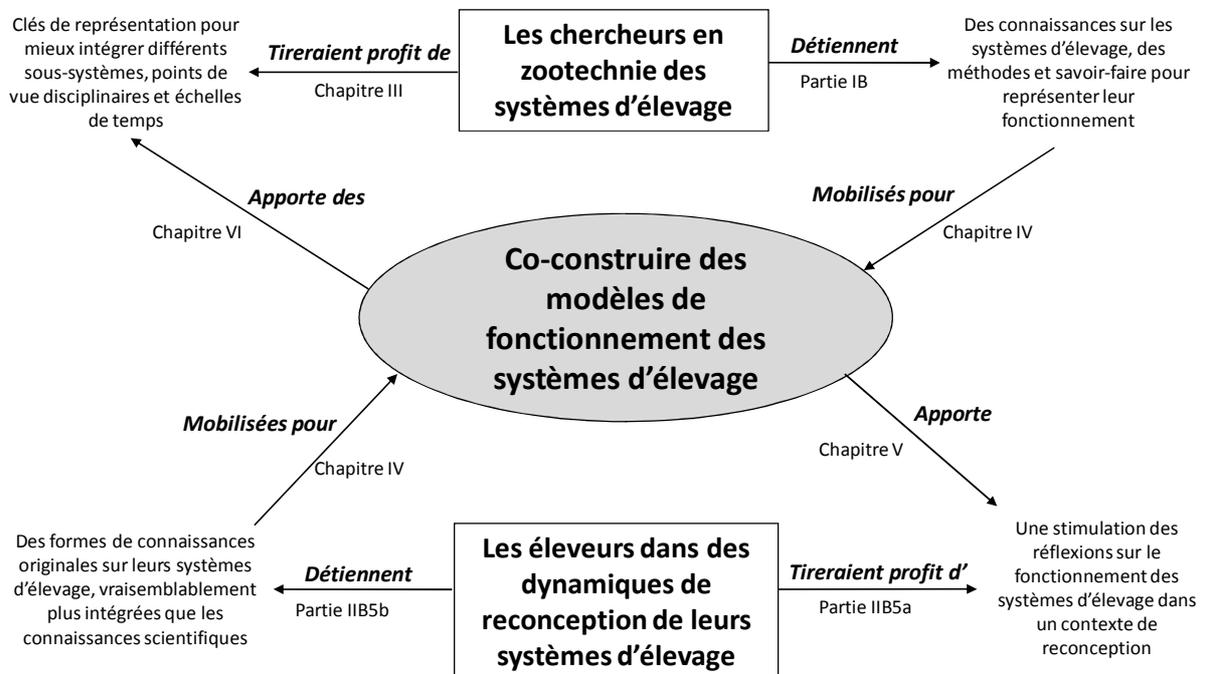


Figure II.1. Schéma du dispositif de thèse.

CHAPITRE III

**Synthèse bibliographique sur les modèles
de systèmes d'élevage disponibles
dans la littérature**

A. Introduction

Ce chapitre repose sur l'article suivant, soumis à la revue *Animal* :

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted a) Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review, *Animal*.

Dans cet article, je réalise un état de l'art des modèles de systèmes d'élevage disponibles dans la littérature afin d'identifier et expliciter leurs intérêts et leurs limites, en relation avec ma question de recherche, à savoir la question de l'accompagnement des éleveurs dans des processus de reconception complète de leurs systèmes d'élevage.

La base de modèles analysée (n=79) est constituée de tous les modèles de systèmes d'élevage publiés en anglais ou en français entre 2000 et mi-2009 dans des revues répertoriées dans le *Journal of Citations Report*. Des modèles de toutes disciplines sont considérés (zootechnie, agronomie, économie, épidémiologie...) dans la mesure où ils sont construits à l'échelle de l'exploitation agricole, ou à une échelle infra mais qui continue à mettre en jeu l'éleveur comme décideur au sein du système représenté. Ainsi, les modèles de systèmes fourragers, de fonctionnement de troupeau ou encore les modèles de gestion des matières organiques au sein de l'exploitation agricole ont été retenus, au même titre que les modèles conçus à l'échelle de l'exploitation agricole.

Afin de mettre en lien ces modèles avec la question de l'accompagnement des éleveurs dans des processus de reconception de leurs systèmes d'élevage, j'ai relevé pour chacun d'eux :

- (i) Ce qui est représenté dans le modèle :
Est-ce tout le système ou seulement une partie ? Sa dynamique est-elle représentée sur du court terme ou sur du long terme ? Le point de vue principal du modèle est-il productif ? économique ? autre ? Y a-t-il plusieurs points de vue endossés au sein du même modèle ?
- (ii) L'utilisation envisagée du modèle pour accompagner des évolutions :
Qui est censé utiliser le modèle ? (chercheurs ? conseillers ? éleveurs ?) Comment ? (en explorant des possibles ? en trouvant la meilleure solution pour répondre à des conditions données ? autre option ?) Quel type de support est utilisé ? (modèle de simulation ? modèle d'optimisation ? modèle conceptuel ?)
- (iii) La manière dont les décisions des éleveurs sont représentées dans le modèle, et la manière dont les éleveurs et experts agricoles sont mobilisés (ou non) dans le processus de construction du modèle.

Ce travail a permis de mettre en évidence trois grands types de modèles en lien avec l'accompagnement du changement en élevage, qui concernent en tout 84 % des 79 modèles :

- (i) Dans le premier type (n=39), les modèles simulent dynamiquement le système en fonction de différentes options de gestion. Les décisions de l'éleveur sont représentées comme le choix d'un ensemble de valeurs de paramètres associés à des règles de décision prédéfinies. De tels modèles permettent de simuler assez facilement sur le temps long et d'endosser différents points de vue disciplinaires. Par contre, ils ne sont que très rarement conçus en impliquant des éleveurs *via* des enquêtes en exploitation par exemple, ce qui peut les rendre difficilement appropriables et pas toujours adaptés aux questions que les éleveurs se posent.

- (ii) Les 15 modèles du deuxième type permettent d'optimiser une liste d'activités à l'échelle de l'exploitation et de la campagne agricole de manière à maximiser le revenu de l'éleveur. De tels outils ne permettent ni d'accompagner la transition vers ce nouveau fonctionnement optimal, ni d'en prévoir les conséquences sur le long terme. De plus, de type « boîte noire », ils n'offrent pas de possibilités d'apprentissage à leurs utilisateurs.
- (iii) Le troisième type (n=12) rassemble des modèles qui simulent dynamiquement des systèmes d'élevage dont la gestion est supposée être guidée à tout moment par les objectifs généraux de l'éleveur, qu'il convient de formaliser. Bien qu'adoptant un point de vue plus compréhensif sur les systèmes d'élevage, ces modèles présentent des difficultés pour articuler différentes échelles de temps, différents points de vue disciplinaires et différents sous-systèmes, ce qui limite leur intérêt potentiel en tant qu'outils d'accompagnement des reconceptions.

Ainsi, aucun de ces trois grands types de modèles ne réunit parfaitement les quatre conditions qui permettraient de répondre au mieux à la question de ma thèse, à savoir être capable de modéliser: (i) à l'échelle de l'exploitation agricole, (ii) en tenant compte du long terme, (iii) d'une manière qui permette de considérer des changements profonds qui nécessitent de repenser les cohérences au sein du système, (iv) et de raisonner en des termes qui soient pertinents pour la prise de décision des éleveurs. Vouloir réunir ces quatre conditions nécessite de progresser sur l'intégration de différents sous-systèmes, de différentes échelles de temps et de différents points de vue disciplinaires au sein du même modèle.

Les thématiques récentes de la durabilité, de l'innovation et du participatif sont peu abordées au sein des trois grands types de modèles présentés ci-dessus : elles font plutôt l'objet de travaux d'exploration dans certains des 13 modèles qui ne sont pas classés dans les trois grandes types ci-dessus. La diversité des modalités des variables décrivant ces modèles ne permet par ailleurs pas de définir de profils particuliers.

Concernant la participation d'éleveurs et d'experts agricoles au processus de modélisation, si la réalisation d'enquêtes en exploitations et d'entretiens avec des experts agricoles est une pratique courante pour enrichir les modèles (au moins au sein des deuxième et troisième types de modèles décrits ci-dessus), la participation de ces acteurs non-chercheurs ne structure véritablement le modèle que dans trois cas sur les 79 étudiés (Bosma et al., 2006 ; Madelrieux et al., 2006 ; van Calker et al., 2007). Je parle de « structurer » le modèle dans les cas où on ne part pas de cadres d'analyse préexistants du fonctionnement des systèmes d'élevage pour initier le processus de modélisation. Ainsi, Vayssieres et al. (2007) mettent en œuvre, pour construire leur modèle, des méthodes qui impliquent fortement les éleveurs (immersion dans les fermes, réunions, visites), mais la structure du modèle construit, GAMEDE, repose fortement sur des cadres d'analyse préexistants, en l'occurrence le « modèle d'action » (Sebillotte et Soler, 1990) et une ontologie des systèmes de production agricoles (Martin-Clouaire et Rellier, 2000).

Dans le modèle de van Calker et al. (2007), l'objectif de la participation était de définir un ensemble d'indicateurs sur l'état de santé des éleveurs et la durabilité sociale des systèmes d'élevage. Des experts de différents domaines et divers représentants de la société ont été mobilisés, mais aucun éleveur n'a participé à ce travail. Au contraire, les agriculteurs étaient la cible principale du programme participatif conduit pour construire le modèle de Bosma et al. (2006). Mais ce modèle ne

représente pas véritablement le fonctionnement d'un système d'élevage : il permet de répondre à un problème plus précis, à savoir comprendre dans quelles circonstances les agriculteurs du delta du Mekong choisissent d'intégrer une activité aquacole à leur système agricole. Le seul modèle construit de manière participative qui a trait au fonctionnement des systèmes d'élevage est celui de Madelrieux et al. (2006). Ce modèle conceptuel permet de formaliser certaines cohérences dans le fonctionnement du système, en l'occurrence l'organisation du travail. Cependant, les acteurs ayant participé à ce travail de co-construction de modèle ont été des experts du travail en élevage, et non des éleveurs. Ainsi, à ma connaissance, aucun modèle de fonctionnement de systèmes d'élevage n'a été jusqu'ici véritablement structuré par la participation d'éleveurs.

En guise de bilan par rapport à la dynamique de mon projet de thèse, le travail présenté dans l'article qui va suivre m'a permis :

- *de montrer qu'effectivement, les modèles de systèmes d'élevage publiés dans la littérature internationale ne sont réellement structurés par la participation d'acteurs de terrain que dans de très rares cas, confirmant l'intuition initiale énoncée dans l'introduction du chapitre II ;*
- *de montrer que les principales approches existantes pour accompagner les changements en élevage présentent toutes des limites pour répondre à la question particulière de la thèse, à savoir l'accompagnement des éleveurs dans des processus de reconception de leurs systèmes d'élevage, incitant à développer de nouvelles approches de modélisation pour mieux répondre à cet objectif ;*
- *de préciser ce qu'il serait bon d'améliorer dans le contenu des modèles pour mieux répondre à la question posée par la thèse : une meilleure intégration dans les modèles de différents sous-systèmes, de différentes échelles de temps et de différents points de vue disciplinaires, le tout à l'échelle du système d'élevage ;*
- *de mieux connaître le contenu des modèles de systèmes d'élevage publiés dans la littérature internationale, permettant de les comparer avec les modèles construits avec les éleveurs et résultant de l'exploration de la « piste participative » (chapitre VI).*

B. Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review

L. Gouttenoire^{1,2,3,4}, S. Cournot^{2,1,3,4}, S. Ingrand^{1,2,3,4}

¹INRA, UMR Métafort, 63100 Clermont-Ferrand, France

²Clermont Université, VetAgro Sup, UMR 1273, BP 10448, 63000 Clermont-Ferrand, France

³AgroParisTech, UMR 1273, BP 90054, 63172 Aubière, France

⁴Cemagref, UMR 1273, BP 50085, 63172 Aubière, France

Corresponding author: Lucie Gouttenoire. E-mail: lucie.gouttenoire@clermont.inra.fr

Article submitted to *Animal*.

Abstract – Livestock farming has recently come under close scrutiny, in response especially to environmental issues. Farmers may want to redesign their livestock farming systems in depth to improve their sustainability. Assuming that modelling can be a relevant tool to address such systemic changes, we sought to answer the following question: ‘How can livestock farming systems be modelled to help farmers redesign their whole farming systems?’. To this end we made a literature review of all the models of livestock farming systems published from 2000 to mid-2009 ($n = 79$). We used an analysis grid based on three considerations: (i) system definition, (ii) the intended use of the model, and (iii) the way in which farmers’ decision-making processes were represented and how agricultural experts and farmers were involved in the modelling processes. Consistent rationales in approaches to supporting changes in livestock farming were identified in three different groups of models, covering 83% of the whole set. These could be defined according to: (i) the way in which farmers’ decisions were represented, and (ii) the model’s type of contribution to supporting changes. The first type gathered models that dynamically simulated the system according to different management options; the farmers’ decision-making processes are assumed to consist in choosing certain values for management factors. Such models allow long-term simulations and endorse different disciplinary viewpoints, but the farmers are weakly involved in their design. Models of the second type can indicate the best combination of farm activities under given constraints, provided the farmers’ objectives are profit maximisation. However, when used to support redesigning processes, they address neither how to implement the optimal solution, nor its long-term consequences. Models of the third type enable users to dynamically simulate different options for the farming system, the management of which is assumed to be planned according to the farmers’ general objectives. Though more comprehensive, these models do not easily integrate different disciplinary viewpoints and different subsystems, which limits their usefulness as support tools for redesigning processes. Finally, we concluded about what specific requirements should be for modelling approaches if farmers were to be supported in redesigning their whole livestock farming systems using models.

Keywords Livestock farming systems; Modelling; Support tools; Innovative process; Redesign

Implications This review analyses the strengths and weaknesses of published models of livestock farming systems to support farmers in redesigning their whole systems. It is a first step towards building more efficient tools to help farmers to switch towards more sustainable livestock farming systems.

1. Introduction

Livestock farming has recently come under close scrutiny, in response especially to environmental issues (Steinfeld *et al.*, 2006). There is increasing societal pressure for more sustainable livestock practices, prompting, for example, the European Common Agricultural Policy to impose penalties for environmentally damaging practices, along with incentives for more sustainable ones. Parallel to ongoing technological and structural development, which has caused a substantial rise in productivity for half a century, but which is also partly responsible for the current sustainability problems, there is a countertrend towards a more natural, sustainable and locally based agriculture (Alrøe and Kristensen, 2002).

In response, stockbreeders may decide to convert their systems to new forms of operation that they judge more sustainable. In this case they are faced with what we can call 'systemic innovation', by contrast with 'genetic innovation' (e.g. new animal or plant genotypes) and 'technological innovation' (e.g. new tools to calculate animal diets or fertiliser levels) (Meynard *et al.*, 2006). Systemic, technological and genetic innovations are based on different technological paradigms that have not all been equally successful in influencing agricultural research; they have favoured genetic engineering but disfavoured agroecological engineering, which is conducive to systemic innovation (Vanloqueren and Baret, 2009). However, systemic innovation has recently been encouraged by various institutions and expert panels. For example, since 2006 the French National Institute for Agronomic Research has significantly developed its research effort on designing innovative farming systems (Meynard *et al.*, 2006). More recently, the International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development has recommended a reorientation of agricultural science and technology towards more holistic approaches, after a 4-year process involving over 400 international experts (IAASTD, 2008).

Undertaking systemic innovation by switching to new forms of operation in farming systems requires certain transition processes. In converting to organic farming for instance, such transition processes, the importance of which is often minimised in the literature, would benefit from being addressed in terms of system redesign (Bellon *et al.*, 2007) rather than in terms of simple input substitution (Lamine and Bellon, 2009). A more holistic view of the farming system's operation may serve that purpose (Niggli, 1999).

Systemic modelling can be seen as a relevant way of addressing such holistic questions. To study crop systems as well as livestock farming systems, systemic modelling has proved an efficient tool to gain an understanding of how the systems operate, to identify knowledge gaps, to predict evolution, and to assist the systems' managers in their decision processes (Malézieux *et al.*, 2002). In the domain of crop systems, systemic modelling has been significantly investigated for the purpose of designing innovative farming systems, either alone or combined with other research methodologies such as experimenting and/or prototyping (Kropff *et al.*, 2001; Sterk *et al.*, 2007; Jeuffroy *et al.*, 2008). As regards livestock farming systems, research effort to combine systemic modelling with designing or redesigning innovative farming systems has been less intense than for crop systems (Novak, 2008).

Here we consider the following question: 'How can livestock farming systems be modelled to help farmers redesign their whole farming systems?'. We thus consider the farmers as the persons to be supported, sometimes via their advisers, and the process to be supported to be the redesigning of a

whole farming system. We will therefore focus on one particular way of supporting changes in livestock farming practice, although others could be considered, such as supporting agricultural policy-makers' decisions (Bontkes and Van Keulen, 2003).

There are many existing models designed to represent the operation of livestock farming systems (Gibon *et al.*, 1999; Dedieu *et al.*, 2008), but to our knowledge, none of them was explicitly built to support farmers in redesigning their whole system. However, all of them produce knowledge about the operation of livestock farming systems, including dynamic aspects, and they are often presented as contributions to supporting changes in livestock farming practice.

Livestock modelling concerns systems defined by different boundaries, from an animal to a production unit or even a whole farm. These systems can be analysed from different disciplinary viewpoints, resulting in different ways of analysing and supporting the changes. The targeted users may differ between models, and there can be different ways of conceiving an intervention intended to support actors, so that it is possible to formalise different typologies of models according to the way they operate as support tools (Girard and Hubert, 1999; Keating and Mc Cown, 2001). The hypotheses made about the farmers' decision-making processes can also vary greatly among models, as described by Mathieu (2004) with a focus on crop systems. Lastly, the place given to the targeted users in the design process of the model can vary among models, from no actors' involvement to a participation that dictates the very structure of the model. Also, there is an increasing concern in the agricultural sciences about the users' participation, which can make the models more appropriate (Newman *et al.*, 2000; Mc Cown, 2002; Woodward *et al.*, 2008; Cerf *et al.*, 2008).

Our objective here is to draw up a state of the art for the existing livestock farming system models in order to answer the following question: 'How can livestock farming systems be modelled to help farmers redesign their whole farming systems?'. The analysis first focuses on the different ways of addressing the question of supporting changes in livestock farming and on their inherent consistencies. These ways will then be discussed so as to highlight their respective strengths and weaknesses in answering the specific question of supporting farmers in redesigning their farming systems.

2. Exploring the existing models of livestock farming systems

We have based our literature review on a selection of 79 models of livestock farming systems published between 2000 and mid-2009. After defining our selection criteria, we will describe the grid devised to analyse each model, and how we finally defined our typology of models for the purpose of gaining a better understanding of the different modelling rationales to support changes in livestock farming.

a. Criteria for selecting models

A livestock farming system is a set of dynamically interacting entities managed by humans to make use of resources via domestic animals to obtain various outputs (milk, meat, wool, work, organic matter) or to serve some other goals (Landais, 1987). In accordance with this definition, we chose models from the literature according to the following criteria:

- (i) The model had to explicitly represent the system as managed by the human: models representing only biotechnical phenomena were excluded.
- (ii) The model had to deal explicitly with farm animals: models which only referred to crop systems, or in which the 'animal part' was poorly defined (Keating *et al.*, 2003), were excluded.

Livestock farming systems can be defined with different boundaries (Landais, 1987), from production units within the farm (Coléno, 2002) to communities of farmers making use of a common pool of resources over a given territory (Badini *et al.*, 2007). We decided to focus on models designed at the farm level or at the following sublevels: forage system models (Andrieu *et al.*, 2007), herd models (Cournut and Dedieu, 2004), and animal waste management models (Guerrin, 2001). The last three types were selected even though they did not address the whole farm level because the management of such subsystems has direct consequences for the operation of the whole farm system. Models designed to answer questions asked at scales larger than the whole farm were removed from the collection, as these processes involved many decision makers. Such broader questions might be, for example, collectively managing rangelands (Janssen *et al.*, 2000), defining breeding objectives for a local breed (Rewe *et al.*, 2006), or designing preventive strategies at the territory scale to control the spread of a veterinary disease (Hopp *et al.*, 2003).

A 'model' can be broadly defined as a finalised representation of reality (Legay, 1997). Both conceptual (i.e. theoretical) and implemented (i.e. software-integrated) models were considered for this analysis, as both can be used to support changes in livestock farming. Statistical models were judged to be beyond our present scope.

We selected one publication per model, i.e. we paid special attention to avoid taking several publications presenting the same model. When submodels were published separately from the whole published model of which they were a part, they were retained in our collection only if some characteristics of the submodels, according to our analysis grid, differed significantly from those of the whole model. This was the case for the models presented by van Calker *et al.* (2004) and van Calker *et al.* (2007), which were submodels of another published model (van Calker *et al.*, 2008). When available, publications presenting the model were preferred to those aimed at evaluating or simply using a previously published model. Publications had to be in journals referenced in the *Journal of Citations Report*, written in English or French, and published between 2000 and mid-2009. We aimed to be exhaustive in the list of models matching all our selection criteria.

b. Data analysis

We devised a grid to analyse how each model addressed the question of supporting changes in livestock farming practice, according to three considerations:

- (i) What is the modelled system? This is the result of modellers' choices to answer a particular question as relevantly as possible. We decided to define the system on the basis of its boundaries, the time scale associated with the phenomena to be analysed, and the types of viewpoints on the system. For example, four possible viewpoints on a livestock farming system were suggested by Bonnemaire and Osty (2004): biotechnical, economic and technological, ecological and geographical, and societal. We decided to define one main

viewpoint per analysed model, and we also assessed whether the model allowed more than one viewpoint.

- (ii) How is the model intended to be used? As support is more a matter of process than of content, the type of use of the model is essential to understanding how the model can contribute to supporting changes in livestock farming. We therefore needed to define the model's final users; the general type of the model, i.e. whether it is a conceptual or an implemented model, and in the second case what kind of implemented model it is, and finally the type of contribution the model can make to the question of change (Does it enable the user to compare different options for the system? To find the best solution? To understand the system better?).
- (iii) How do the modellers consider the farmers' decision-making processes and their involvement in the modelling process? If farmers are to be supported, the support process will differ according to the hypotheses made by the modellers about the farmers' decision-making processes. Such hypotheses had therefore to be investigated for our analysis. We also considered the different ways of integrating farmers' viewpoints in the modelling processes, as we assumed that this factor provided relevant information about the modellers' rationale for supporting changes in livestock farming.

The analysis grid we obtained was composed of nine criteria, with two to six modalities per criterion (see Table III.1). The modalities were not defined *a priori* using existing typologies: they were iteratively defined as the literature was read. All 78 models were characterised according to these nine criteria.

Table III.1. Analysis grid.

a. What is the modelled system?

Criterion	Modality	Description
Boundaries What are the boundaries of the represented system?	Forage	Forage system
	Om	Organic matter management system
	Herd	Herd system
	Farm	Farm system as a whole
Time What is the time scale associated with the phenomena to be analysed?	Year	Annual campaign
	Pluriyear	Several years: more than 1 and less than 10
	Decades	Some decades
Viewpoint What is the main viewpoint on the system?	Prod	Production
	Eco	Economy
	San	Animal health
	Enviro	Environment
	Sustain	Sustainability as a whole
	Soc Sustain	Social sustainability
Number of viewpoints Is there more than one viewpoint?	Work	Work
	Mono	No
	Pluri	Yes

b. How is the model intended to be used?

Criterion	Modality	Description
Users Who are the model's targeted end-users?	Res	Researchers are the only end-users and there is no direct explicit connection with an extension problem.
	Ext	Farmers and/or extensionists are the targeted end-users.
	Res for Ext	Both researchers, political actors and extensionists can use the model and there is a direct explicit connexion with an extension problem.
Model's type What is the model's general type?	Conc	A conceptual model
	Simu	A simulation model
	Opt	An optimisation model
Contribution to change What kind of contribution does the model bring to the question of supporting changes?	What if	Tests different options for the system and makes it possible to compare their consequences.
	Best	Finds the optimised combination of activities to serve one or more goals in given circumstances.
	Understanding	Makes it possible to formalise and understand the consistencies of a particular system.
	Cond Innov	Makes it possible to formalise the conditions that guarantee the success of implementing a given exogenous innovation in a particular system.

c. How do the modellers consider the farmers' decision-making processes and their implication in the modelling process?

Criterion	Modality	Description of represented decisional behaviour
Decision How do the modellers represent the farmers' decision-making processes?	Param	Farmers do not question the consistencies of their system and manage their farms by choosing some values associated with predefined operating rules.
	Optim eco	Farmers manage their systems so as to maximise their incomes.
	Optim sustain	Farmers manage their systems so as to maximise their farms' sustainability.
	Action model	Farmers formalise certain goals that they translate into a plan and a set of decision rules.
	Subsist	Farmers manage their systems so as to ensure the livelihood of their families.
	Consistencies	Farmers implement particular consistencies in their respective farming systems. No hypothesis is made to understand what structures such consistencies. The model aims at representing such consistencies.
Participation How do non-scientist actors participate in the modelling process?	Null	No participation
	Enriches	Actors' participation enriches the model
	Structures	Actors' participation structures the model

c. Building a typology

We sought to identify different modelling rationales concerning the question of supporting changes in livestock farming. To that end, data was handled both with visual (Bertin, 1977) and quantitative methods, i.e. characterizing nominal variables by the modalities of other nominal variables. These analyses identified the criterion 'Decision' of our grid (see Table III.1) as giving a strong structure to the different modelling rationales.

Although intimately linked to the criterion 'Decision' (see Table III.2), the criterion 'Contribution to change' (see Table III.1 for its description) was also taken into account to formalise and describe our different types of 'modelling rationales'. The greater importance assigned to this criterion compared with others stemmed from its close relationship to the question we wanted to answer via this typology: how do the different models of livestock farming systems address the question of supporting changes in livestock farming? Defining our different types of models partly by defining the type of contribution made to the question of supporting changes appeared to us as a relevant way to formalise intelligible types to address our question. Our typology was therefore based on combinations of modalities of criterion 'Decision' and criterion 'Contribution to change'.

3. Three main ways of supporting changes in livestock farming using models

Table III.2 shows that 66 models (84 % of the whole collection) were distributed among three different combinations of modalities concerning the criteria 'Decision' and 'Contribution to change'. The remaining 13 models were distributed among nine other different combinations. To characterize the modelling rationales within each of these three types of models, the distributions among modalities of the remaining criteria listed in Table III.1 are given for each type in Table III.3. Table III.4 shows the most representative traits of each of these three contrasting types.

Table III.2. Distribution of the models among the different modalities of criteria 'Contribution to change' and 'Decision'.

		Modalities for criterion 'Decision'				TOTAL
		Best	Understanding	Cond Innov	What if	
Modalities for criterion 'Contribution to change'	Action model	2 (Chardon <i>et al.</i> , 2008; Tittonel <i>et al.</i> , 2007)	3 (Aubry <i>et al.</i> , 2006; Ingrand <i>et al.</i> , 2003; Meot <i>et al.</i> , 2003)	0	12 (C)	17
	Consistencies	0	1 (Madelrieux <i>et al.</i> , 2006)	0	1 (Bosma <i>et al.</i> , 2006)	2
	Optim sustain	1 (van Calker <i>et al.</i> , 2008)	0	0	0	1
	Optim eco	15 (B)	0	1 (Beukes <i>et al.</i> , 2002)	0	16
	Param	1 (Hary, 2004)	0	1 (Guevara <i>et al.</i> , 2003)	39 (A)	41
	Subsist	0	0	0	2 (Cabrera <i>et al.</i> , 2005a; Thornton <i>et al.</i> , 2003)	2
	TOTAL	19	4	2	54	79

See Table III.1 for the descriptions of the criteria and modalities.

A: type 'Simulating according to a set of parameters'; **B:** type 'Finding the economically optimal solution'; **C:** type 'Action model to simulate the system's dynamics'.

a. *'Simulating according to a set of parameters'*

Combination A in Table III.2 is the most widely represented combination of modalities concerning the criteria 'Decision' and 'Contribution to change'. In the 39 corresponding models (Table III.5), the consistencies of the farming system are represented in a fixed way. The represented decisional behaviour is that of farmers who do not question the consistencies of their systems and who manage their farm by choosing certain values associated with predefined operating rules, as an operator turns dials to calibrate a machine (see modality 'Param' for criterion 'Decision' in Table III.1). For example, in Villalba *et al.* (2006), the model, designed at the herd scale, represents a beef cattle system to assess the effects on production and reproduction of a feeding restriction in winter. The reproduction process is represented by a single breeding period during which a bull is present in the batch of cows, and all cows are assumed to be fed the same diet in the same quantities. Therefore, farmers' choices are represented by certain values of management factors, for example entry and exit dates of the male in the group, number and type of feeds (concentrated, dry forage or green forage) and the daily supply of dry matter.

These models belonging to combination A also all contribute to the question of supporting changes by testing different options for the system and comparing their consequences (see modality 'What if' for criterion 'Contribution to change' in Table III.1). Taking the same example as above (Villalba *et al.*, 2006), the model enables the user to test different types of winter feeding restriction and compare their consequences for production and reproduction.

Consistent with the 'What if' criterion, all models belonging to the type 'Simulating according to a set of parameters', except one (Van de Ven, 2003), are simulation models. Van de Ven's model (2003) is a conceptual model that uses concepts in production ecology to analyse and design production systems. Although this model is conceptual, the way it can be used fits the 'What if' criterion well: some production conditions are explored and their results are analysed according to the production ecology concepts. For example, this makes it possible to explore the relationships between N application rate, net herbage yield, milk production and nitrate loss for various grassland utilisation methods in dairy farming in the Netherlands (from zero grazing to day+night grazing). The 'Param' criterion also applies well to this model, as it is assumed that 'an optimum management regime is practised', leading to 'the potential production situation for animal production', while the particular conditions of that optimum regime are beyond the scope of the analysis.

About 50 % of such models are designed at the farm scale and the remaining 50 % at the herd scale, which is significantly different from the whole collection of models, where the herd scale is less widely represented. The larger proportion of models designed at the herd scale can be analysed jointly with the fact that there also is a larger proportion of models adopting a sanitary viewpoint. All the models adopting a sanitary viewpoint belong to the 'Simulating according to a set of parameters' type, and except for that of Stacey *et al.* (2007), which was designed at the farm scale, they were all designed at the herd scale. For example, in Viet *et al.* (2004), the herd model BVDSim makes it possible to simulate the spread of the bovine viral-diarrhoea virus (BVDV) within a dairy herd, while taking into account herd management factors that influence BVDV spread, such as movements of animals between different subgroups of the whole herd.

Apart from this sanitary viewpoint, the 'Simulating according to a set of parameters' type can be characterized by a wide diversity of other possible viewpoints on the system. The model's main focus

can also be production, the environment, economy, or sustainability. These models make it possible to assess different systems externally according to their main viewpoints. The targeted users of such models can be researchers only, for example when assessing stability, resilience and sustainability of a given pasture-based beef production system (Kaine and Tozer, 2005), or researchers, extensionists and political actors, which is often the case with the environmental viewpoint: for example, greenhouse gas emissions can be modelled and compared between organic and conventional systems (Kustermann *et al.*, 2008). Such models may also be conceived as decision support tools for farmers, especially when the main viewpoint is productive (Diaz-Solis *et al.*, 2003; Pla *et al.*, 2003) or economic (Schaik *et al.*, 2001; Bush *et al.*, 2008).

Models of this type were less often conceived at the year scale than in the whole collection of models. They consequently more often concern longer time scales (from several years to decades). For instance, the model from Scott and Cacho (2000) simulates the economic impact of investing in pasture fertiliser in the long-term (25 years), taking into account both the benefits on grass production and the constraints of family expenditure. The 'Simulating according to a set of parameters' models were also more frequently conceived with no form of participation of non-scientist actors than the whole collection of models.

b. 'Finding the economically optimal solution'

Combination B in Table III.2 is represented by 15 publications, listed in Table III.5. In these, the represented decisional behaviour is based on an economic rationale. The decision-making processes are simplified by assuming that farmers seek an economically optimal solution to a set of constraints (see modality 'Optim eco' for criterion 'Decision' in Table III.1). The models contribute to the question of supporting changes by finding the optimal combination of activities that serves one or more goals in given circumstances (see modality 'Best' for criterion 'Contribution to change' in Table III.1). All of these models are based on optimisation techniques, such as classical linear programming methods, as for example in Van Calker *et al.* (2004), Veysset *et al.* (2005) or Crosson *et al.* (2006). The model can also contain an optimisation module coupled with simulation modules, as is the case for instance for the Dynamic North Florida Dairy farm model (DyNoFlo dairy) (Cabrera *et al.*, 2005), or for a model that compares two different modalities of beef cow-calf production systems in Japan: specialised systems, and integrated systems with sugarcane production, each modality being economically optimised (Gradiz *et al.*, 2007).

To take a standard example of the 'Finding the economically optimal solution' type, the Opt'INRA model (Veysset *et al.*, 2005) makes it possible to optimise the follow-up of farmers' decisions, so as to maximise their incomes, given certain political (CAP) and farm constraints (structure, labour, buildings): allocation of the available area for cash crops or fodder area, herd size and livestock feed requirement satisfaction, grain sold or home-consumed as animal feed and type of animals to be sold.

The great majority of the models of this type focus on economy as a priority, the final aim being to optimise an economic objective function. Two models take a different position. The first one (Van Calker *et al.* 2007) focuses as a priority on social sustainability and on worker physical health. The purpose of the corresponding publication was to describe certain indicators of worker physical health and of social sustainability that had been selected for incorporation into an existing linear programming model (Van Calker *et al.*, 2004). This pioneer work relied on an intense participation of

experts and stakeholders who suggested the attributes to be translated into indicators and who ranked them (Van Calker *et al.*, 2007). This model is therefore the one in the group which is structured by non-scientist actors' participation. The second model in the group that is not purely focused on economy is the DyNoFlo dairy model (Cabrera *et al.*, 2005), in which the optimisation module can deal with either an economic or an environmental objective function.

More than half of the models of this type allow the users to adopt more than one viewpoint on the system, by assessing the values of some 'non-economic' indicators for each economically optimised solution. The 'non-economic' indicators are either environmental or productive. For example, in Pacini *et al.* (2004), these indicators include nitrogen leaching, soil erosion, surface water balance, herbaceous plant biodiversity, hedge length and manure surplus.

The 'finding the economically optimal solution' type contains models that are more often designed at the farm scale and at the year scale than in the whole collection of models. Typically, the goal of such models is to optimise a list of activities designed at the farm scale for a given year.

In half of these models, non-scientist actors' participation enriches the model's structure. For instance, the Opt'INRA model (Veysset *et al.*, 2005) was built with a deep knowledge of the suckler farms of Central France acquired through the participation of nearly 90 Charolais farmers in a monitoring process carried out for more than 20 years. This monitoring made it possible to list all the existing activities in the area, to state the constraints and to determine the coefficients for the construction of Opt'INRA.

The 'finding the economically optimal solution' models are intended to be used in a wide variety of situations. They can be designed as standard decision support tools to be used by advisors to discuss the decisions to be made with farmers (Stonehouse *et al.*, 2002; Cabrera *et al.*, 2005; Castelan-Ortega *et al.*, 2005; Veysset *et al.*, 2005; Crosson *et al.*, 2006). They may also be conceived as tools for a participatory discussion among stakeholders of agricultural development questions in different production contexts (Bernet *et al.*, 2001), or as prospective tools to support policy-making (Pacini *et al.*, 2004). They may also be used as research tools to gain a better understanding of farmers' behaviour: for example to explore why Brazilian beef farmers, assumed to be guided by economic rationales, tend to practice overgrazing even though it can compromise pasture perennity (Costa and Rehman, 2005).

c. 'Action model to simulate the system's dynamics'

Combination C in Table III.2 is represented by 12 publications, listed in Table III.5. In these, the represented decisional behaviour is largely based on intention and planning. The decision-making processes are assumed to follow the farmers' 'action model' described by Sebillotte and Soler (1990): they require one or more guiding objectives to be defined by the farmer, as well as a plan and a set of decision rules (see modality 'Action model' for criterion 'Decision' in Table III.1). For example, in the Management and Productivity of Sow Herd (MaProSH) model (Martel *et al.*, 2008), the productive performance, the periodic task event distribution and the capacity to maintain a minimum number of sows at farrowing are considered to be the farmers' objectives. The strategic decisions to serve those objectives are the type of batch farrowing system, the duration of lactation, the scheduling of periodic tasks and the maintenance of a minimum number of sows at farrowing. Tactical decision rules concern the rules for the culling of sows at each step of the reproductive cycle.

The other characteristic of such models is that they contribute to accompany changes by making it possible to test different options for the system and compare them (see modality 'Best' for criterion 'Contribution to change' in Table III.1). In the latter example (Martel *et al.*, 2008), the MaProSH model makes it possible to represent the herd dynamics and performance and to predict the number of events workers will have to deal with according to the farmer's strategy, especially the batch farrowing system. In consistence with this type of modality for accompanying change, every model belonging to the group 'Action model to simulate the system's dynamics' is a simulation model.

Models of this type can be designed at different scales. The distribution is well balanced between whole-farm models, forage system models (Coléno *et al.*, 2002; Andrieu *et al.*, 2007), herd models (Cournut and Dedieu, 2004; Rotz *et al.*, 2005; Martel *et al.*, 2008) and models of organic matter management system (Guerrin, 2001; Hélias *et al.*, 2008), with a slightly higher proportion of whole farm models. The time scale considered is the year scale in more than half of the models of this type. Except for the model of Romera *et al.* (2004), every model designed at the farm scale (Cros *et al.*, 2001; Hervé *et al.*, 2002; Vayssières *et al.*, 2007; Jouven and Baumont, 2008) or at the forage system scale (Coléno *et al.*, 2002; Andrieu *et al.*, 2007) concerns the temporal scale of an annual campaign. The model of Romera *et al.* (2004) simulates the operation of the farm by decision rules entered by the user to study the long-term dynamics (30 years) of complete cow-calf production systems in Argentina. Models of organic matter management systems (Guerrin, 2001; Hélias *et al.*, 2008) represent phenomena associated with a pluriannual time scale, and herd models can concern either one year when focusing on feeding strategies (Rotz *et al.*, 2005), or many years when focusing on reproduction management (more than 20 years) (Cournut and Dedieu, 2004).

Every model of the type 'Action model to simulate the system's dynamics' focuses as a priority on a productive viewpoint, except for the MaProSH model (Martel *et al.*, 2008), which also focuses on the farmer's work organisation. In half of the models, the participation of non-scientist actors, especially farmers, in the design of the model enriches its structure. Such participation is often useful to obtain a better representation of the decisional subsystem of the livestock farming system. For instance, in Vayssières *et al.* (2007) the decisional subsystem of a whole-farm model was built according to a multi-step, multi-tool methodology mixing the following methods involving farmers: immersion, visits and meetings. The biotechnical subsystem of this whole-farm model was more classically built on the basis of already existing models and some new implementations by researchers. More frequently, the decision rules implemented in the model can be defined with the help of agricultural experts and on the basis of on-farm surveys. For instance, experts from research institutes and extension services and surveys of three beef suckler farms representative of the local systems helped to build the whole-farm simulation model SEBIEN (Jouven and Baumont, 2008).

One third of the 'Action model to simulate the system's dynamics' models are research models aimed at a better understanding of farm operations and their consequences (Hervé *et al.*, 2002; Cournut and Dedieu, 2004; Rotz *et al.*, 2005; Andrieu *et al.*, 2007). Two models of this type can be used as decision support tools (Guerrin, 2001; Hélias *et al.*, 2008). Although they were not designed to be used directly by farmers and their advisors, the remaining models were built to address well-identified extension problems, e.g. trade-offs between production and floristic diversity (Jouven and Baumont, 2008), or work organisation (Martel *et al.*, 2008).

Table III.3. Distributions of modalities within each type of model.

Criterion	Modality	Type of model		
		Simulating according to a set of parameters <i>n</i> = 39	Finding the economically optimal solution <i>n</i> = 15	Action model to simulate the system's dynamics <i>n</i> = 12
Boundaries	Forage	2 %	0 %	17 %
	Om	0 %	7 %	17 %
	Herd	49 %	0 %	25 %
	Farm	49 %	93 %	41 %
Time	Year	31 %	86 %	58 %
	Pluriyear	41 %	7 %	25 %
	Decades	28 %	7 %	17 %
Viewpoint	Prod	39 %	0 %	92 %
	Eco	15 %	86 %	0 %
	San	28 %	0 %	0 %
	Enviro	13 %	7 %	0 %
	Sustain	5 %	0 %	0 %
	Soc sustain	0 %	7 %	0 %
	Work	0 %	0 %	8 %
Number of viewpoints	Mono	64 %	43 %	58 %
	Pluri	36 %	57 %	42 %
Users	Res	13 %	7 %	33 %
	Ext	10 %	27 %	17 %
	Res for Ext	77 %	66 %	50 %
Model's type	Conc	3 %	0 %	0 %
	Simu	97 %	0 %	100 %
	Opt	0 %	100 %	0 %
Participation	Null	80 %	46 %	50 %
	Enriches	20 %	47 %	50 %
	Structures	0 %	7 %	0 %

See Table III.1 for the descriptions of the criteria and modalities.

4. Some emerging modalities to overcome new modelling challenges

Three main types of modelling rationales have been identified concerning the question of supporting changes in livestock farming. All the models that belong to a given type share some common traits, so that they form a consistent group with similar modelling objectives and characteristic combinations of modalities.

A limited number of well-established modalities for each of our criteria listed in Table III.1 are therefore largely represented within the three main types. However, some other modalities occur, although they are less widely represented in the whole collection of models, and even less in the three main types. Nevertheless, some of them are promising insofar as they are closely linked to new

challenges of agricultural research and development, such as sustainability, innovation and participation.

For example, models concerned by one or several modalities linked to sustainability as a whole or to social sustainability are relatively scarce. Three models have their main focus on social sustainability (Thornton *et al.*, 2003; Cabrera *et al.*, 2005a; Van Calker *et al.*, 2007) (modality 'Soc Sustain' of criterion 'Viewpoint'), of which two represent the decision-making processes as guided by the objective of ensuring the livelihood of the family (modality 'Subsist' of criterion 'Decision') (Thornton *et al.*, 2003; Cabrera *et al.*, 2005a). Out of the 79 models of the whole collection, four models focus as a priority on sustainability as a whole, i.e. address social, economic and environmental questions (Kaine and Tozer, 2005; Bosma *et al.*, 2006; Del Prado and Scholefield, 2008; Van Calker *et al.*, 2008) (modality 'Sustain' of criterion 'Viewpoint'). Last, the model of Van Calker *et al.* (2008) optimises the livestock farming system so as to maximise its overall sustainability (modality 'Optim sustain' of criterion 'Decision').

Concerning the type of contribution the model brings to the question of change (criterion 'Contribution to change'), the modalities 'What if' and 'Best' have been largely explored and they form the basis of our three main types of models. Two other modalities were nevertheless identified in our collection of models. The first one consists in defining the conditions that would make it profitable to implement an external innovation (modality 'Cond Innov'), and it concerns two models. In Beukes *et al.* (2002), the external innovation is a multi-camp infrastructure for the South-African rangelands, whereby most of the available forage within a camp is removed non-selectively, so as to create an environmental buffer of forage reserves outside the camps. The corresponding model simulates the economic merits of such an investment and enables the user to estimate the economically optimal number of camps. In Guevara *et al.* (2003), the innovation to be tested is fodder shrub plantations as a supplement for goat production in Argentina. The corresponding model can assess both the biotechnical benefits and the establishment costs of the investment in different situations.

The other original way of contributing to the question of change is represented by the modality 'Understanding' of the criterion 'Contribution to change', and it concerns four models (Ingrand *et al.*, 2003; Meot *et al.*, 2003; Aubry *et al.*, 2006; Madelrieux *et al.*, 2006). In these models, supporting changes is made possible by eliciting some understanding of the system's operation while using a comprehensive viewpoint on the system. These four models belong to the five conceptual models of the whole collection, the fifth being the model of Van de Ven (2003) discussed above. The conceptual structures of these four models themselves make it possible to gain a better understanding of the systems considered. Such structures may also be used for further implementation to build simulators, which can be a deliberate prospect (Ingrand *et al.*, 2003; Aubry *et al.*, 2006) or not (Meot *et al.*, 2003; Madelrieux *et al.*, 2006). In the latter case, the conceptual model is in itself sufficient to serve all the modellers' objectives.

The latter model (Madelrieux *et al.*, 2006) is also original insofar as it is concerned by the scarce modality 'Consistencies' of the criterion 'Decision'. It aims at formalising certain system consistencies, in this case work organisation, but without referring to any planning activity that would serve formalised objectives, as is the case for the modality 'Action model', characteristic of our third type of modelling rationales (the 'Action model to simulate the system's dynamics' type). The

consistencies are rendered intelligible by an *ex post* viewpoint on the strategic pattern of the farm as already experienced by Girard and Hubert (1999).

A strong participation of experts is observed for such models concerned by the modality 'Consistencies' (Bosma *et al.*, 2006; Madelrieux *et al.*, 2006). To be able to represent the specific consistencies of given farming systems, a strong involvement of farmers (Bosma *et al.*, 2006) or agricultural experts (Madelrieux *et al.*, 2006) is necessary to support the modelling process. Consequently, in these cases, actors' participation does not only enrich the model (modality 'Enriches' of criterion 'Participation'), but it truly structures it (modality 'Structures'). The latter modality is scarce, being represented by only three models (Bosma *et al.*, 2006; Madelrieux *et al.*, 2006; Van Calker *et al.*, 2007). Some arguments (Cambell and Salagrama, 2001) nevertheless suggest that participatory approaches could: (i) increase the efficiency and effectiveness in research and development, (ii) empower local actors, (iii) make it possible to explore the understanding of knowledge and knowledge systems between formal science and indigenous culture and to foster greater interaction between them.

5. Interests and limits of the three main types to support farmers in redesigning their whole livestock farming systems

In our third section, three types of models were described to show how each type can contribute to supporting changes in livestock farming. In this fifth section, we want more precisely to examine the question of supporting farmers in the redesigning of their livestock farming systems. Our analysis of the strengths and weaknesses of each of the three types for supporting redesigning processes will be based on the data presented in Table III.4.

Table III.4. Synthesis of the main characteristics of each type.

	Boundaries	Time	Viewpoint	Participation
Simulating according to a set of parameters (<i>n</i> = 39)	49 % Farm 49 % Herd	31 % Year 41 % Pluriyear 28 % Decades	39 % Prod 28 % San 15 % Eco 13 % Enviro	80 % Null
Finding the economically optimal solution (<i>n</i> = 15)	93 % Farm*	86 % Year	86 % Eco	46 % Null 47 % Enriches
Action model to simulate the system's dynamics (<i>n</i> = 12)	41 % Farm 25 % Herd 17 % Om 17 % Forage	58 % Year 25 % Pluriyear 17 % Decades	92 % Prod	50 % Null 50 % Enriches

*Reading key: 93 % of the models in the type 'Finding the economically optimal solution' are concerned by the modality 'Farm' of the criterion 'Boundaries'.

See Table III.1 for the descriptions of the criteria and modalities.

When redesigning a livestock farming system, a farmer needs to question the consistencies of the whole system. Supporting this redesign process using models would therefore as a priority require models built at the farm scale. Within our third type of model ('Action model to simulate the system's dynamics'), the models quite often represent subsystems of the whole farm system: herd, forage system, or organic matter management system. When conceived at the farm scale, except for the model of Romera *et al.* (2004), these models always result from the aggregation of submodels conceived to answer questions asked at a smaller scale than the farm scale, sometimes combined with new implementations. This fact questions the relevance of the final aggregated model as a sound support for a discussion of the redesigning of the whole system. The management questions to be addressed concern the whole system more often than its constituent parts, which argues for prioritising realism and relevance rather than the precision offered by numerous existing submodels (Guerrin, 2007). Partly as a consequence of such difficulties in designing integrated models at the farm scale, models that properly represent crop-livestock interactions are few, although many farming systems worldwide revolve around such interactions (Thornton and Herrero, 2001).

Conversely, the models of the second type ('Finding the economically optimal solution') most often operate at the farm scale. They make it possible to formulate the best configuration of a system to serve the farmers' objectives in a given set of constraints, provided that the farmers' objectives can be summarised by the idea of profit maximising. However, although the hypothesis of profit maximising has proved its operational efficiency by giving the users of the models a better understanding of some aspects of farmers' behaviour, or supporting proposals for changes for the farmers in a counselling perspective, its non-reality has been pointed out by some authors, who suggest that an economic rationale may not be the only one that influences farmers' action (Fiorelli *et al.*, 2007). The 'optimal' nature of the proposed solution therefore needs to be qualified, as also the farmers' willingness to receive such prescriptive decision support (Magne and Ingrand, 2004). Outside these considerations, such tools do not address the question of how to reach this 'optimal' solution, nor do they predict the long-term consequences of implementing the recommended combination of activities. Furthermore, they can be seen as 'black boxes' that deliver the 'best' solution without helping the user to understand why that solution should be the best, which offers no learning perspective, unlike simulation models (Guerrin, 2007, page 24).

As it implies in-depth changes, redesigning a livestock farming system requires questioning the long-term operation of the new system, to ensure its sustainability. Within the 'Simulating according to a set of parameters' type, as numerous simplifications are made concerning the farmers' decision-making processes, the resulting decreased complexity of the model makes simulation at the farm scale and in the long term quite easy compared with the 'Action model to simulate the system's dynamics' type. The framework of the 'farmer's action model' (Sebillotte and Soler, 1990) was initially conceived to represent decision-making processes during an annual agricultural campaign in the context of crop systems: further theoretical elements are needed to represent longer term strategies at the farm scale, although some models of this type still use this 'action model' framework to simulate the system operation for several years up to some decades.

Despite its strength for easy simulation at the farm scale and in the long term, the 'Simulating according to a set of parameters' type presents two important weaknesses. First, as the represented decisional behaviour is that of farmers who do not question the consistencies of their systems, the leeway for new practices and consistencies to be tested is restricted. What can be tested are new

values of management factors or new modalities of isolated practices. Such tests do not make it possible to truly question the system's consistencies, as would be required for redesigning the farming system. Second, of the three types, the 'Simulating according to a set of parameters' type presents the lowest degree of farmers' participation in the modelling process. There is more farmers' participation in the other two types, but given the scarcity of the highest modality of participation (modality 'Structures' of criterion 'Participation'), the situation could be improved in these two types also.

Models belonging to the 'Simulating according to a set of parameters' type make it possible to assess the livestock farming systems from different viewpoints: economy, production, animal health, the environment, or sustainability. However, these viewpoints are generally not mixed within the same model. Furthermore, they do not necessarily match what the farmers would themselves want to assess in order to decide what changes to implement in their systems: the vision of the system endorsed by the model is external to that of the farmers. By contrast, within the 'Action model to simulate the system's dynamics' type, the representation focuses on the farmers' own general objectives and on the different ways of serving them. However, such general objectives are characterised by focusing on a productive viewpoint, and exceptionally on work organisation. No model of this type makes it possible to focus on economy, animal health, the environment or sustainability, even though these can be real matters of concern for the farmers.

Table III.5. Models belonging to the three main types.

Combination of modalities	Combination A: 'Param' * 'What if'	Combination B: 'Optim eco' * 'Best'	Combination C: 'Action model' * 'What if'
Type	Simulating according to a set of parameters	Finding the economically optimal solution	Action model to simulate the system's dynamics
List of the models	Berthiaume <i>et al.</i> , 2005; Beukes <i>et al.</i> , 2008; Bush <i>et al.</i> , 2008; Buysse <i>et al.</i> , 2005; Del Prado and Scholefield, 2008; Diaz-Solis <i>et al.</i> , 2003; Diaz-Solis <i>et al.</i> , 2006; Donkor <i>et al.</i> , 2007; Evans <i>et al.</i> , 2007; Ezanno, 2005; Fitzgerald <i>et al.</i> , 2005; Groenendaal <i>et al.</i> , 2005; Groot <i>et al.</i> , 2003; Gunn <i>et al.</i> , 2004; Johnson <i>et al.</i> , 2008; Kaine and Tozer, 2005; Kuhdal <i>et al.</i> , 2007; Kustermann <i>et al.</i> , 2008; Lesnoff <i>et al.</i> , 2004; Lurette <i>et al.</i> , 2008; Mateus-Pinilla <i>et al.</i> , 2002; Matthews <i>et al.</i> , 2006; Modin-Edman <i>et al.</i> , 2007; Ostergaard <i>et al.</i> , 2000; Parsons <i>et al.</i> , 2001; Pfister <i>et al.</i> , 2005; Pla <i>et al.</i> , 2003; Pouillot <i>et al.</i> , 2004; Roughsedge <i>et al.</i> , 2003; Sabatier <i>et al.</i> , 2004; Schaik <i>et al.</i> , 2001; Scott and Cacho, 2000; Shalloo <i>et al.</i> , 2004; Smith <i>et al.</i> , 2009; Stacey <i>et al.</i> , 2007; Tess and Kolstad, 2000; Van de Ven <i>et al.</i> , 2003; Viet <i>et al.</i> , 2004; Villalba <i>et al.</i> , 2006.	Bernet <i>et al.</i> , 2001; Cabrera <i>et al.</i> , 2005b; Castelan-Ortega <i>et al.</i> , 2003; Costa and Rehman, 2005; Crosson <i>et al.</i> , 2006; Giasson <i>et al.</i> , 2003; Gradiz <i>et al.</i> , 2007; Louhichi <i>et al.</i> , 2004; Pacini <i>et al.</i> , 2004; Skonhofs, 2008; Stonehouse <i>et al.</i> , 2002; Stoorvogel <i>et al.</i> , 2004; Van Calker <i>et al.</i> , 2004; Van Calker <i>et al.</i> , 2007; Veysset <i>et al.</i> , 2005.	Andrieu <i>et al.</i> , 2007; Coléno <i>et al.</i> , 2002; Cournut and Dedieu, 2004; Cros <i>et al.</i> , 2001; Guerrin, 2001; Helias <i>et al.</i> , 2008; Herve <i>et al.</i> , 2002; Jouven and Baumont, 2008; Martel <i>et al.</i> , 2008; Romera <i>et al.</i> , 2004; Rotz <i>et al.</i> , 2005; Vayssieres <i>et al.</i> , 2007.

See Table III.1 for the descriptions of the modalities.

6. Conclusion

Three main kinds of modelling rationales have been identified for supporting changes in livestock farming practice. For each one, the models present some common traits that are consistent with the modelling objectives within the group. Outside these three main types, some original modalities of modelling livestock farming systems have been devised to address the current challenges of sustainability, innovation and participation. These modalities have not yet become as well-established as the modelling modalities of the three main types.

In the models from our database, the following four conditions are never all perfectly met, as they were not specifically conceived for supporting redesign processes of livestock farming systems: (i) modelling at the farm scale, (ii) addressing the long-term perspective, (iii) considering in-depth changes that require questioning the system's consistencies, (iv) including terms that are relevant for the farmers to decide. Meeting these four conditions would require progress in integrating different time scales, different subsystems and different viewpoints within the same model.

As a prospect, we advocate including farmers in the conceptual modelling process, using a participatory approach. We hypothesize that such a participatory modelling process would make it possible to achieve better integration of all the constitutive parts of the farming systems. Also, the tools that could be derived from these conceptual models would probably be more appropriable by the farmers. To better support the farmers in their redesign processes, such conceptual models should be conceived at the farm scale and take the long term into account. No *a priori* hypothesis should be made concerning the farmers' decision-making processes, except that each farming system comprises specific consistencies. Such consistencies should be represented by the conceptual models so as to gain a better understanding of the operation of the livestock farming systems. The viewpoints on the system should be those that appear relevant to farmers to redesign their systems optimally. Such a modelling project would require a large methodological investment but would probably be of great interest to help farmers to switch towards more sustainable livestock farming systems.

7. Acknowledgements

The authors thank Thomas Pacaud (ENITA, Clermont-Ferrand) for his preliminary work on collecting models.

8. References

- Alrøe HF and Kristensen ES 2002. Towards a systemic research methodology in agriculture: Rethinking the role of values in science. *Agriculture and Human Values* 19, 3-23.
- Andrieu N, Poix C, Josien E and Duru M 2007. Simulation of forage management strategies considering farm-level diversity: Example of dairy farms in the Auvergne. *Computers and Electronics in Agriculture* 55, 36-48.
- Aubry C, Paillat JM and Guerrin F 2006. A conceptual representation of animal waste management at the farm scale: The case of the Reunion Island. *Agricultural Systems* 88, 294-315.
- Badini O, Stockle CO, Jones JW, Nelson R, Kodio A and Keita M 2007. A simulation-based analysis of productivity and soil carbon in response to time-controlled rotational grazing in the West African Sahel region. *Agricultural Systems* 94, 87-96.

- Bellon S, Bockstaller C, Fauriel J, Geniaux G and Lamine C 2007. To design or to redesign: how can indicators contribute. In *Farming Systems Design 2007: An International Symposium on Methodologies on Integrated Analysis on Farm Production Systems*, Pavia, pp. 133-134.
- Bernet T, Ortiz O, Estrada RD, Quiroz R and Swinton SM 2001. Tailoring agricultural extension to different production contexts: a user-friendly farm-household model to improve decision-making for participatory research. *Agricultural Systems* 69, 183-198.
- Berthiaume P, Bigras-Poulin M and Rousseau AN 2005. Dynamic simulation model of nitrogen fluxes in pig housing and outdoor storage facilities. *Biosystems Engineering* 92, 453-467.
- Bertin J 1977. *La graphique et le traitement graphique de l'information*. Flammarion, Paris.
- Beukes P, Cowling RM and Higgins SI 2002. An ecological economic simulation model of a non-selective grazing system in the Nama Karoo. *Ecological Economics* 42, 221-242.
- Beukes PC, Palliser CC, Macdonald KA, Lancaster JAS, Levy G, Thorrold BS and Wastney ME 2008. Evaluation of a whole-farm model for pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science* 91, 2353-2360.
- Bonnemaire J and Osty P-L 2004. Approche systémique des systèmes d'élevage : quelques avancées et enjeux de recherche, *C.R. Acad. Agric. Fr.* 90, 1-29.
- Bontkes TS and van Keulen H 2003. Modelling the dynamics of agricultural development at farm and regional level. *Agricultural Systems* 76, 379-396.
- Bosma RH, Phong LT, Kaymak U, Van den Berg J, Udo HMJ, Van Mensvoort MEF and Tri LQ 2006. Assessing and modelling farmers' decision-making on integrating aquaculture into agriculture in the Mekong Delta. *Njas-Wageningen Journal of Life Sciences* 53, 281-300.
- Bush RD, Windsor PA, Toribio JA and Webster SR 2008. Financial modelling of the potential cost of ovine Johne's disease and the benefit of vaccinating sheep flocks in southern New South Wales. *Australian Veterinary Journal* 86, 398-403.
- Buyse J, Van Huylenbroeck G, Vanslembrouck I and Vanrolleghem P 2005. Simulating the influence of management decisions on the nutrient balance of dairy farms. *Agricultural Systems* 86, 333-348.
- Cabrera VE, Hildebrand PE and Jones JW 2005a. Modelling the effect of household composition on the welfare of limited-resource farmers in Coastal Canete, Peru. *Agricultural Systems* 86, 207-222.
- Cabrera VE, Breuer NE, Hildebrand PE and Letson D 2005b. The dynamic North Florida dairy farm model: a user-friendly computerized tool for increasing profits while minimizing N leaching under varying climatic conditions. *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 286-308.
- Cambell J and Salagrama V 2001. New approaches to participation in fisheries research. Report of the ad hoc Working Party on Participatory Research Methods. Advisory Committee on Fisheries Research (ACFR), Second Session; FAO, Rome.
- Castelan-Ortega OA, Fawcett RH, Arriaga-Jordan C and Herrero M 2003. A decision support system for smallholder campesino maize-cattle production systems of the Toluca Valley in Central Mexico. Part I - Integrating biological and socio-economic models into a holistic system. *Agricultural Systems* 75, 1-21.
- Cerf M, Mathieu A, Béguin P and Thiery O 2008. A collective analysis of co-design projects. In 8th European IFSA Symposium, Empowerment of the rural actors: a renewal of farming systems perspectives, Clermont-Ferrand, pp. 1-6.

- Chardon X, Raison C, Le Gall A, Morvan T and Faverdin P 2008. Fumigene: a model to study the impact of management rules and constraints on agricultural waste allocation at the farm level. *Journal of Agricultural Science* 146, 521-539.
- Coléno F 2002. Une représentation des systèmes de production agricoles par ateliers. *Cahiers de l'agriculture* 11, 221-225.
- Coléno FC, Duru M and Soler LG 2002. A simulation model of a dairy forage system to evaluate feeding management strategies with spring rotational grazing. *Grass and Forage Science* 57, 312-321.
- Costa FP and Rehman T 2005. Unravelling the rationale of 'overgrazing' and stocking rates in the beef production systems of central Brazil using a bi-criteria compromise programming model. *Agricultural Systems* 83, 277-295.
- Cournut S and Dedieu B 2004. A discrete events simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years. *Animal Research* 53, 383-403.
- Cros MJ, Duru M, Garcia F and Martin-Clouaire R 2001. Simulating rotational grazing management. *Environment International* 27, 139-145.
- Crosson P, O'Kiely P, O'Mara FP and Wallace M 2006. The development of a mathematical model to investigate Irish beef production systems. *Agricultural Systems* 89, 349-370
- Dedieu B, Faverdin P, Dourmad J-Y and Gibon A 2008. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. *INRA Productions Animales* 21, 15-58.
- Del Prado A and Scholefield D 2008. Use of SIMSDAIRY modelling framework system to compare the scope on the sustainability of a dairy farm of animal and plant genetic-based improvements with management-based changes. *Journal of Agricultural Science* 146, 195-211.
- Diaz-Solis H, Kothmann MM, Hamilton WT and Grant WE 2003. A simple ecological sustainability simulator (SESS) for stocking rate management on semi-arid grazinglands. *Agricultural Systems* 76, 655-680.
- Diaz-Solis H, Kothmann MM, Grant WE and De Luna-Villarreal R 2006. Use of irrigated pastures in semi-arid grazinglands: A dynamic model for stocking rate decisions. *Agricultural Systems* 88, 316-331.
- Donkor NT, Hudson RJ and Bork EW 2007. Simulation and quantification of pasture condition and animal performance on boreal grasslands in Alberta. *Agricultural Systems* 93, 229-251.
- Evans JR, Sperow M, D'Souza GE and Rayburn EB 2007. Stochastic simulation of pasture-raised beef production systems and implications for the Appalachian cow-calf sector. *Journal of Sustainable Agriculture* 30, 27-51.
- Ezanno P 2005. Dynamics of a tropical cattle herd in a variable environment: a modelling approach in order to identify the target period and animals on which concentrating management efforts to improve productivity. *Ecological Modelling* 188, 470-482.
- Fiorelli C, Dedieu B and Pailleux JY 2007. Explaining diversity of livestock-farming management strategies of multiple-job holders: importance of level of production objectives and role of farming in the household. *Animal* 1, 1209-1218.
- Fitzgerald JB, Brereton AJ and Holden NM 2005. Assessment of regional variation in climate on the management of dairy cow systems in Ireland using a simulation model. *Grass and Forage Science* 60, 283-296.

- Giasson E, Bryant RB and Bills NL 2003. Optimization of phosphorus index and costs of manure management on a New York dairy farm. *Agronomy Journal* 95, 987-993.
- Gibon A, Sibbald AR, Flamant JC, Lhoste P, Revilla R, Rubino R and Sørensen JT 1999. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science* 61, 121-137.
- Girard N and Hubert B 1999. Modelling expert knowledge with knowledge-based systems to design decision aids: the example of a knowledge-based model on grazing management. *Agricultural Systems* 59, 123-144.
- Gradiz L, Sugimoto A, Ujihara K, Fukuhara S, Kahi AK and Hirooka H 2007. Beef cow-calf production system integrated with sugarcane production: simulation model development and application in Japan. *Agricultural Systems* 94, 750-762.
- Groenendaal H, Nielen M, Jalvingh AW, Horst SH, Galligan DT and Hesselink JW 2002. A simulation of Johne's disease control. *Preventive Veterinary Medicine* 54, 225-245.
- Groot JCJ, Rossing WAH, Lantinga EA and Keulen Hv 2003. Exploring the potential for improved internal nutrient cycling in dairy farming systems, using an eco-mathematical model. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 51, 165-194.
- Guerrin F 2001. MAGMA: a simulation model to help manage animal wastes at the farm level. *Computers and Electronics in Agriculture* 33, 35-54.
- Guerrin F 2007. Représentation des connaissances pour la décision et l'action. Habilitation à Diriger des Recherches, Université de la Réunion.
- Guevara JC, Silva Colomer JH, Estevez OR and Paez JA 2003. Simulation of the economic feasibility of fodder shrub plantations as a supplement for goat production in the north-eastern plain of Mendoza, Argentina. *Journal of Arid Environments* 53, 85-98.
- Gunn GJ, Stott AW and Humphry RW 2004. Modelling and costing BVD outbreaks in beef herds. *Veterinary Journal* 167, 143-149.
- Hary I 2004. Derivation of steady state herd productivity using stage-structured population models and mathematical programming. *Agricultural Systems* 81, 133-152.
- Helias A, Guerrin F and Steyer JP 2008. Using timed automata and model-checking to simulate material flow in agricultural production systems - application to animal waste management. *Computers and Electronics in Agriculture* 63, 183-192.
- Herve D, Genin D and Migueis J 2002. A modelling approach for analysis of agro pastoral activity at the one-farm level. *Agricultural Systems* 71, 187-206.
- Hopp P, Webb CR, Jarp J 2003. Monte Carlo simulation of surveillance strategies for scrapie in Norwegian sheep. *Preventive Veterinary Medicine* 61, 103-125.
- IAASTD 2008. Executive Summary of the Synthesis Report of the International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD). Available on: <http://www.agassessment.org>.
- Ingrand S, Cournut S, Dedieu B and Antheaume F 2003. Modelling beef herd management decisions. *INRA Productions Animales* 16, 263-270.
- Janssen MA, Walker BH, Langridge J and Abel N 2000. An adaptive agent model for analysing co-evolution of management and policies in a complex rangeland system. *Ecological Modelling* 131, 249-268.

- Jeuffroy MH, Bergez JE, David C, Flénet F, Gate P, Loyce C, Maupas F, Meynard JM, Reau R and Surleau C 2008. Utilisation des modèles pour l'aide à la conception et à l'évaluation d'innovations techniques en production végétales: bilan et perspectives. In *Systèmes de culture innovants et durables: Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?* (eds. R Reau and T Doré), pp. 109-128, Educagri Editions, Dijon.
- Johnson IR, Chapman DF, Snow VO, Eckard RJ, Parsons AJ, Lambert MG and Cullen BR 2008. DairyMod and EcoMod: biophysical pasture-simulation models for Australia and new Zealand. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, 621-631.
- Jouven M and Baumont R 2008. Simulating grassland utilization in beef suckler systems to investigate the trade-offs between production and floristic diversity. *Agricultural Systems*, 96, 260-272.
- Kaine GW and Tozer PR 2005. Stability, resilience and sustainability in pasture-based grazing systems. *Agricultural Systems* 83, 27-48.
- Keating BA and McCown RL 2001. Advances in farming systems analysis and intervention. *Agricultural Systems* 70, 555-579.
- Keating BA, Carberry PS, Hammer GL, Probert ME, Robertson MJ, Holzworth D, Huth NI, Hargreaves JNG, Meinke H, Hochman Z, McLean G, Verburg K, Snow V, Dimes JP, Silburn M, Wang E, Brown S, Bristow KL, Asseng S, Chapman S, McCown RL, Freebairn DM and Smith CJ 2003. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy* 18, 267-288.
- Kropff MJ, Bouma J and Jones JW 2001. Systems approaches for the design of sustainable agro-ecosystems. *Agricultural Systems* 70, 369-393.
- Kudahl AB, Ostergaard S, Sorensen JT and Nielsen SS 2007. A stochastic model simulating paratuberculosis in a dairy herd. *Preventive Veterinary Medicine* 78, 97-117.
- Kustermann B, Kainz M and Hulsbergen KJ 2008. Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23, 38-52.
- Lamine C and Bellon S 2009. Conversion to organic farming: a multidimensional research object at the crossroads of agricultural and social sciences. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 97-112.
- Landais É 1987. Recherches sur les systèmes d'élevage : Questions et perspectives, Document de travail de l'URSAID Versailles-Dijon-Mirecourt, Versailles, INRA.
- Legay JM 1997. L'expérience et le modèle : Un discours sur la méthode. INRA Editions, Paris.
- Lesnoff M, Laval G, Bonnet P and Workalemahu A 2004. A mathematical model of contagious bovine pleuropneumonia (CBPP) within-herd outbreaks for economic evaluation of local control strategies: an illustration from a mixed crop-livestock system in Ethiopian highlands. *Animal Research* 53, 429-438.
- Louhichi K, Alary V and Grimaud P 2004. A dynamic model to analyse the bio-technical and socio-economic interactions in dairy farming systems on the Reunion Island. *Animal Research* 53, 363-382.
- Lurette A, Belloc C, Touzeau S, Hoch T, Ezanno P, Seegers H and Fourichon C 2008. Modelling Salmonella spread within a farrow-to-finish pig herd. *Veterinary Research* 39.
- Madelrieux S, Dedieu B and Dobremez L 2006. ATELAGE: modelling to qualify work organisation in livestock farming systems. *INRA Productions Animales* 19, 47-58.

- Magne MA, Ingrand S, 2004. Advising beef-cattle farmers: Problem-finding rather than problem-solving. Characterization of advice practices in Creuse. *Journal of Agricultural Education and Extension* 10, 181-192.
- Malézieux E, Trébuil G, Trébuil M and Jaeger M 2001. Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision. Editions Quae, Montpellier.
- Martel G, Dedieu B and Dourmad JY 2008. Simulation of sow herd dynamics with emphasis on performance and distribution of periodic task events. *Journal of Agricultural Science* 146, 365-380.
- Mateus-Pinilla NE, Hannon B and Weigel RM 2002. A computer simulation of the prevention of the transmission of *Toxoplasma gondii* on pig farms using a feline *T. gondii* vaccine. *Preventive Veterinary Medicine* 55, 17-36.
- Mathieu A 2004. Questions et modèles agronomiques pour l'étude des pratiques : éléments sur l'état des recherches. In *Le sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes* (eds. JP Darré, A Mathieu and J Lasseur), pp. 39-52, Institut national de la recherche agronomique, Paris.
- Matthews KB, Wright IA, Buchan K, Davies DA and Schwarz G 2006. Assessing the options for upland livestock systems under CAP reform: developing and applying a livestock systems model within whole-farm systems analysis. *Agricultural Systems* 90, 32-61.
- McCown RL 2002. Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agricultural Systems* 74, 179-220.
- Meot A, Hubert B and Lasseur J 2003. Organisation of the pastoral territory and grazing management: joint modelling of grazing management practices and plant cover dynamics. *Agricultural Systems* 76, 115-139.
- Meynard JM, Aggeri F, Coulon JB and Habib R 2006. Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Working group report, September 2006.
- Modin-Edman AK, Oborn I and Sverdrup H 2007. FARMFLOW - a dynamic model for phosphorus mass flow, simulating conventional and organic management of a Swedish dairy farm. *Agricultural Systems* 94, 431-444.
- Newman S, Lynch T and Plummer AA 2000. Success and failure of decision support systems: Learning as we go. *Journal of Animal Science* 77, 1-12.
- Niggli U 1999. Holistic approaches in organic farming research and development: a general overview. In *Research methodologies in organic farming, Proceedings of the first SREN Workshop on Research Methodologies in Organic Farming*, FAO and FiBL, pp. 33-40.
- Novak S 2008. Méthodes de conception de systèmes de production innovants à l'échelle de l'exploitation agricole. Synthèse bibliographique. Solphy expertise, sous la direction de P.Y. Le Gal, P. Dugué et G. Faure, 63p.
- Ostergaard S, Sorensen JT and Kristensen AR 2000. A stochastic model simulating the feeding-health-production complex in a dairy herd. *Journal of Dairy Science* 83, 721-733.
- Pacini C, Wossink A, Giesen G and Huirne R 2004. Ecological-economic modelling to support multi-objective policy making: a farming systems approach implemented for Tuscany. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 102, 349-364.
- Parsons DJ, Armstrong AC, Turnpenny JR, Matthews AM, Cooper K and Clark JA 2001. Integrated models of livestock systems for climate change studies. 1. Grazing systems. *Global Change Biology* 7, 93-112.

- Pfister F, Bader HP, Scheidegger R and Baccini P 2005. Dynamic modelling of resource management for farming systems. *Agricultural Systems* 86, 1-28.
- Pla LM, Pomar C and Pomar J 2003. A Markov decision sow model representing the productive lifespan of herd sows. *Agricultural Systems* 76, 253-272.
- Pouillot R, Dufour B and Durand B 2004. A deterministic and stochastic simulation model for intra-herd paratuberculosis transmission. *Veterinary Research* 35, 53-68.
- Rewe TO, Indetie D, Ojango JMK and Kahi AK 2006. Breeding objectives for the Boran breed in Kenya: model development and application to pasture-based production systems. *Animal Science Journal* 77, 163-177.
- Romera AJ, Morris ST, Hodgson J, Stirling WD and Woodward SJR 2004. A model for simulating rule-based management of cow-calf systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 42, 67-86.
- Rotz CA, Buckmaster DR and Comerford JW 2005. A beef herd model for simulating feed intake, animal performance, and manure excretion in farm systems. *Journal of Animal Science* 83, 231-242.
- Roughsedge T, Amer PR and Simm G 2003. A bio-economic model for the evaluation of breeds and mating systems in beef production enterprises. *Animal Science* 77, 403-416.
- Sabatier P, Durand B, Dubois MA, Ducrot C, Calavas D and Wielle Avd 2004. Multiscale modelling of scrapie epidemiology: I. Herd level: a discrete model of disease transmission in a sheep flock. *Ecological Modelling* 180, 233-252.
- Schaik Gv, Nielen M and Dijkhuizen AA 2001. An economic model for on-farm decision support of management to prevent infectious disease introduction into dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine* 51, 289-305.
- Scott JM and Cacho O 2000. Modelling the long-term effects on farm net worth of investments in pasture fertilizer under constraints of family expenditure. *Agricultural Systems* 63, 195-209.
- Sebillotte M and Soler LG 1990. Les processus de decision des agriculteurs. In *Seminaire du Departement de Recherches sur les Systemes Agraires et le Developpement* (eds. J Brossier, B Vissac and JL Le Moigne), pp. 93-117, INRA, Paris.
- Shalloo L, Dillon P, Rath M and Wallace M 2004. Description and validation of the Moorepark dairy system model. *Journal of Dairy Science* 87, 1945-1959.
- Skonhoft A 2008. Sheep as capital goods and farmers as portfolio managers: a bioeconomic model of Scandinavian sheep farming. *Agricultural Economics* 38, 193-200.
- Smith RL, Sanderson MW, Renter DG, Larson RL and White BJ 2009. A stochastic model to assess the risk of introduction of bovine viral diarrhoea virus to beef cow-calf herds. *Preventive Veterinary Medicine* 88, 101-108.
- Stacey KF, Parsons DJ, Christiansen KH and Burton CH 2007. Assessing the effect of interventions on the risk of cattle and sheep carrying *Escherichia coli* O157 : H7 to the abattoir using a stochastic model. *Preventive Veterinary Medicine* 79, 32-45.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M and De Haan C 2006. *Livestock's long shadow, Environmental issues and options*. FAO, Rome.
- Sterk B, van Ittersum MK, Leeuwis C and Wijnands FG 2007. Prototyping and farm system modelling - Partners on the road towards more sustainable farm systems? *European Journal of Agronomy* 26, 401-409.

- Stonehouse DP, Vos GWd and Weersink A 2002. Livestock manure systems for swine finishing enterprises. *Agricultural Systems* 73, 279-296.
- Stoorvogel JJ, Antle JM, Crissman CC and Bowen W 2004. The tradeoff analysis model: integrated bio-physical and economic modeling of agricultural production systems. *Agricultural Systems* 80, 43-66.
- Tess MW and Kolstad BW 2000. Simulation of cow-calf production systems in a range environment: I. Model development. *Journal of Animal Science* 78, 1159-1169.
- Thornton PK and Herrero M 2001. Integrated crop-livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. *Agricultural Systems* 70, 581-602.
- Thornton PK, Galvin KA and Boone RB 2003. An agro-pastoral household model for the rangelands of East Africa. *Agricultural Systems* 76, 601-622.
- Tittonell P, Wijk MTv, Rufino MC, Vrugt JA and Giller KE 2007. Analysing trade-offs in resource and labour allocation by smallholder farmers using inverse modelling techniques: a case-study from Kakamega district, western Kenya. *Agricultural Systems* 95, 76-95.
- van Calker KJ, Berentsen PBM, de Boer IMJ, Giesen GWJ and Huirne RBM 2004. An LP-model to analyse economic and ecological sustainability on Dutch dairy farms: model presentation and application for experimental farm "de Marke". *Agricultural Systems* 82, 139-160.
- van Calker KJ, Berentsen PBM, Boer IJMd, Giesen GWJ and Huirne RBM 2007. Modelling worker physical health and societal sustainability at farm level: an application to conventional and organic dairy farming. *Agricultural Systems* 94, 205-219.
- van Calker KJ, Berentsen PBM, Giesen GWJ and Huirne RBM 2008. Maximising sustainability of Dutch dairy farming systems for different stakeholders: A modelling approach. *Ecological Economics* 65, 407-419.
- van de Ven GWJ, de Ridder N, van Keulen H and van Ittersum MK 2003. Concepts in production ecology for analysis and design of animal and plant-animal production systems. *Agricultural Systems* 76, 507-525.
- Vanloqueren G and Baret PV 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy* 38, 971-983.
- Vayssieres J, Lecomte P, Guerrin F and Nidumolu UB 2007. Modelling farmers' action: decision rules capture methodology and formalisation structure: a case of biomass flow operations in dairy farms of a tropical island. *Animal* 1, 716-733.
- Veysset P, Bebin D and Lherm M 2005. Adaptation to Agenda 2000 (CAP reform) and optimisation of the farming system of French suckler cattle farms in the Charolais area: a model-based study. *Agricultural Systems* 83, 179-202.
- Viet AF, Fourichon C, Seegers H, Jacob C and Guihenneuc-Jouyaux C 2004. A model of the spread of the bovine viral-diarrhoea virus within a dairy herd. *Preventive Veterinary Medicine* 63, 211-236.
- Villalba D, Casasus I, Sanz A, Bernues A, Estany J and Revilla R 2006. Stochastic simulation of mountain beef cattle systems. *Agricultural Systems* 89, 414-434.
- Woodward SJR., Romera AJ, Beskow WB, Lovatt SJ 2008. Better simulation modelling to support farming systems innovation: review and synthesis. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51, 235-252.

CHAPITRE IV

**Conception et mise en œuvre
d'une démarche de modélisation
participative avec des éleveurs convertis et
en cours de conversion
à l'Agriculture Biologique
dans le Parc Naturel Régional du Pilat (42)**

A. Choix du terrain : des conversions à l'Agriculture Biologique dans le Parc Naturel Régional du Pilat (42)

L'application de ma stratégie de recherche exposée dans la section II.B consiste à concevoir et tester sur le terrain une démarche participative aboutissant à faire construire des cartes causales représentant le fonctionnement de systèmes d'élevage à des groupes d'éleveurs en situation de reconception de leurs systèmes d'élevage. Je cherchais donc un terrain sur lequel existaient localement des dynamiques collectives de changement en cours concernant les systèmes d'élevage.

Deux terrains potentiels avaient été identifiés dans un premier temps. Il m'était possible de travailler avec : (i) des éleveurs auvergnats produisant du fromage sous Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) et contraints à modifier le fonctionnement de leurs systèmes d'élevage suite à la révision des cahiers des charges des AOC, impliquant notamment la suppression des ensilages ; (ii) des éleveurs laitiers se convertissant à l'Agriculture Biologique (AB) dans le Parc Naturel Régional (PNR) du Pilat (Loire) et dans ses environs immédiats (Haute-Loire).

S'agissant du premier terrain, monter un dispositif autour de la thématique des AOC fromagères est rapidement apparu difficile car, dans les cas des AOC Saint Nectaire et Cantal, la période de la thèse coïncidait avec la fin d'une longue période de révision des cahiers des charges, avec de gros enjeux, et les acteurs concernés, fatigués par ce travail de révision, n'auraient vraisemblablement « pas [été] partants pour relancer une action sur ce sujet précis » (J.B. Coulon, juin 2008, communication personnelle). Dans le cas du Pilat et des conversions à l'AB, les acteurs et éleveurs contactés sur place se sont par contre montrés très réactifs et intéressés par mon projet de thèse, d'autant plus que les dynamiques de changement étaient initiées par les éleveurs eux-mêmes, et non contraintes par les exigences d'un cahier des charges, perçues comme externes.

J'ai ainsi rapidement décidé de construire mon dispositif de thèse autour des dynamiques de conversion à l'AB dans le PNR du Pilat. Ce terrain présentait de plus l'avantage de comporter des éleveurs qui avaient déjà accompli et surmonté cette transition, ainsi que des éleveurs qui démarraient leur conversion au moment de la mise en place de mon dispositif de thèse et pouvaient donc *a priori* être partants pour une réflexion autour du fonctionnement de leurs systèmes d'élevage et pour des échanges avec leurs pairs (convertis et en cours de conversion).

Le terrain du Pilat présente en effet la configuration suivante en termes de dynamiques de conversion à l'AB :

- En 1998, une douzaine d'éleveurs laitiers s'interrogent, en collaboration avec le PNR dans le cadre de Plans de Développement Durable (PDD), sur des moyens de produire plus durables. Ils identifient l'AB comme une voie pertinente. La coopérative laitière SODIAAL présente sur le secteur et disposant d'une usine à proximité immédiate, décide alors de soutenir ce mouvement d'éleveurs regroupés géographiquement en ouvrant une ligne de production biologique et en s'engageant à collecter et à valoriser en circuit biologique le lait produit sur ces exploitations. Une première vague de conversions s'engage alors, formée par la douzaine de personnes initialement impliquées dans les réflexions, à laquelle s'ajoute, dans les deux années qui suivent, quelques autres éleveurs.

- A l'automne 2007, SODIAAL décide, en réponse à l'augmentation de la demande, de multiplier par trois sa collecte de lait biologique sur le secteur. La coopérative met alors en place une politique incitative garantissant un soutien technique et financier aux éleveurs s'engageant dans une conversion à l'AB. Une bonne quinzaine d'éleveurs s'engage alors entre 2008 et 2009.

B. Un projet en partenariat avec les acteurs locaux du développement agricole

Mon projet a fortement reposé sur un partenariat avec les acteurs institutionnels locaux concernés à divers titres par les conversions à l'AB : le PNR du Pilat, la Chambre d'Agriculture de la Loire, la coopérative laitière SODIAAL, le groupement local des producteurs biologiques : l'ARDAB, le groupement local d'éleveurs et vétérinaires en convention : la COVEL, le comité de développement agricole du Haut-Pilat, et à un niveau moins local, l'Institut de l'Élevage.

Comme l'existence de ce partenariat explique un certain nombre des choix que j'ai faits durant la mise en œuvre de mon dispositif de terrain, et comme il a eu un impact positif sur la participation des éleveurs, il me semble important d'explicitier ici en quoi ce partenariat a consisté et quelles ont été ses implications en termes de conception du dispositif.

Ses grandes étapes sont retracées sur la Figure IV.1, qui schématise l'ensemble du dispositif de terrain depuis les premières prises de contact jusqu'à la restitution finale.

Le partenariat a été initié en juin 2008 par une première prise de contact avec le chargé de mission agriculture du PNR du Pilat qui s'est montré très intéressé par mon projet de thèse et qui m'a envoyé une liste de tous les partenaires institutionnels qu'il convenait d'après lui que je contacte si je souhaitais organiser un dispositif de recherche autour des conversions à l'AB dans le Pilat. D'après lui, il existait sur ce terrain de bonnes dynamiques d'échanges entre éleveurs et institutionnels locaux concernés par les conversions à l'AB, et toute action sur ce thème gagnait donc à être portée à la connaissance de tous les acteurs concernés, dans un souci de transparence et afin de n'oublier personne.

J'ai alors rédigé un document synthétique à destination des acteurs indiqués (annexe 1), afin de leur présenter dans un premier temps mon projet par écrit. Une semaine ou deux après cet envoi, j'ai appelé chacune des personnes concernées pour discuter de mon projet de vive voix. Tous ont paru intéressés, mais l'animateur, le président et un membre du comité de développement agricole m'ont fait remonter qu'ils craignaient que mon projet soit trop théorique et trop éloigné des préoccupations locales des éleveurs. L'idée d'organiser une réunion pour en parler et tenter de trouver des points de convergence entre mes objectifs de recherche et les préoccupations locales a donc été avancée.

Au cours de cette réunion de négociation-lancement du dispositif (septembre 2008), à laquelle ont participé des représentants de tous les organismes locaux contactés (voir la liste en annexe 1), ainsi que mes encadrants (Sylvie Cournut et Stéphane Ingrand) et moi-même, l'autonomie fourragère et la gestion sanitaire ont été identifiées comme des thématiques d'intérêt pour le dispositif. Ces deux thématiques ont en effet été présentées par les acteurs comme correspondant à des préoccupations

locales fortes, et de mon côté, elles faisaient sens pour un questionnement sur la reconception de systèmes d'élevage et se présentaient comme des thématiques pertinentes pour la zootechnie des systèmes d'élevage. Nous avons ainsi trouvé un point de convergence entre les préoccupations locales et mes objectifs de recherche. Les participants à cette réunion ont alors rapidement exprimé leur accord pour le lancement de mon dispositif de terrain qui, d'après eux, allait dans le sens de l'effort de développement engagé localement en faveur de l'AB, et il a été convenu qu'une partie au moins de mon dispositif devrait traiter des thématiques de l'autonomie fourragère et de la gestion sanitaire.

Lors de cette réunion, j'avais exprimé mon intention d'organiser des ateliers participatifs réunissant des petits groupes d'éleveurs. Les participants m'ont alors conseillé, afin de rassembler un nombre suffisant d'éleveurs, de réaliser des enquêtes individuelles au préalable afin de faire connaissance avec les éleveurs et d'augmenter la probabilité qu'ils acceptent de se déplacer pour les ateliers participatifs. L'idée a alors été soumise que ces enquêtes pourraient être une bonne occasion pour commencer à aborder les thématiques de l'autonomie fourragère et de la gestion sanitaire : je pourrais collecter de premières informations à ce sujet, puis les restituer à tous, dans une optique « donnant-donnant » par rapport aux éleveurs, avant de poursuivre sur les ateliers participatifs.

Des engagements ont par ailleurs été pris pour m'aider à réunir un nombre suffisant d'éleveurs susceptibles de participer aux ateliers de modélisation participative : l'animateur du comité de développement local a proposé de rédiger un court article présentant mon projet dans le journal de cet organisme, destiné aux éleveurs, dans lequel il inciterait à participer : « une bonne occasion d'échanger avec son voisin ! ». Le technicien de la coopérative laitière en charge de l'AB m'a quant à lui proposé de lui faire passer un poster présentant mon projet, qu'il afficherait lors d'une journée « fermes ouvertes » organisée par la coopérative et réunissant la plupart des éleveurs biologiques et intéressés par l'AB dans la région (annexe 2). Enfin, le comité de développement et la coopérative ont accepté d'apposer leur logo sur les courriers que j'ai envoyés aux éleveurs pour leur présenter ma démarche et les inviter dans un premier temps à participer à une enquête.

En contrepartie, je me suis engagée à informer régulièrement du déroulement de ma démarche et à restituer mes résultats à l'ensemble des personnes concernées : les résultats de mes enquêtes préliminaires à propos de l'autonomie fourragère et de la gestion sanitaire dans un premier temps, puis les résultats de l'ensemble du dispositif de thèse.

Enfin, ce travail en partenariat avec des représentants de divers instituts, notamment la Chambre d'Agriculture et l'Institut de l'Élevage, m'a permis par la suite d'être intégrée dans un projet CasDar, « Montagne-Bio » (Dockès, 2009), et d'échanger dans ce cadre avec des conseillers agricoles sur la méthode mise en œuvre dans le cadre de ma thèse. J'évoquerai ces interactions dans la discussion générale de ce manuscrit (section VII.B.4).

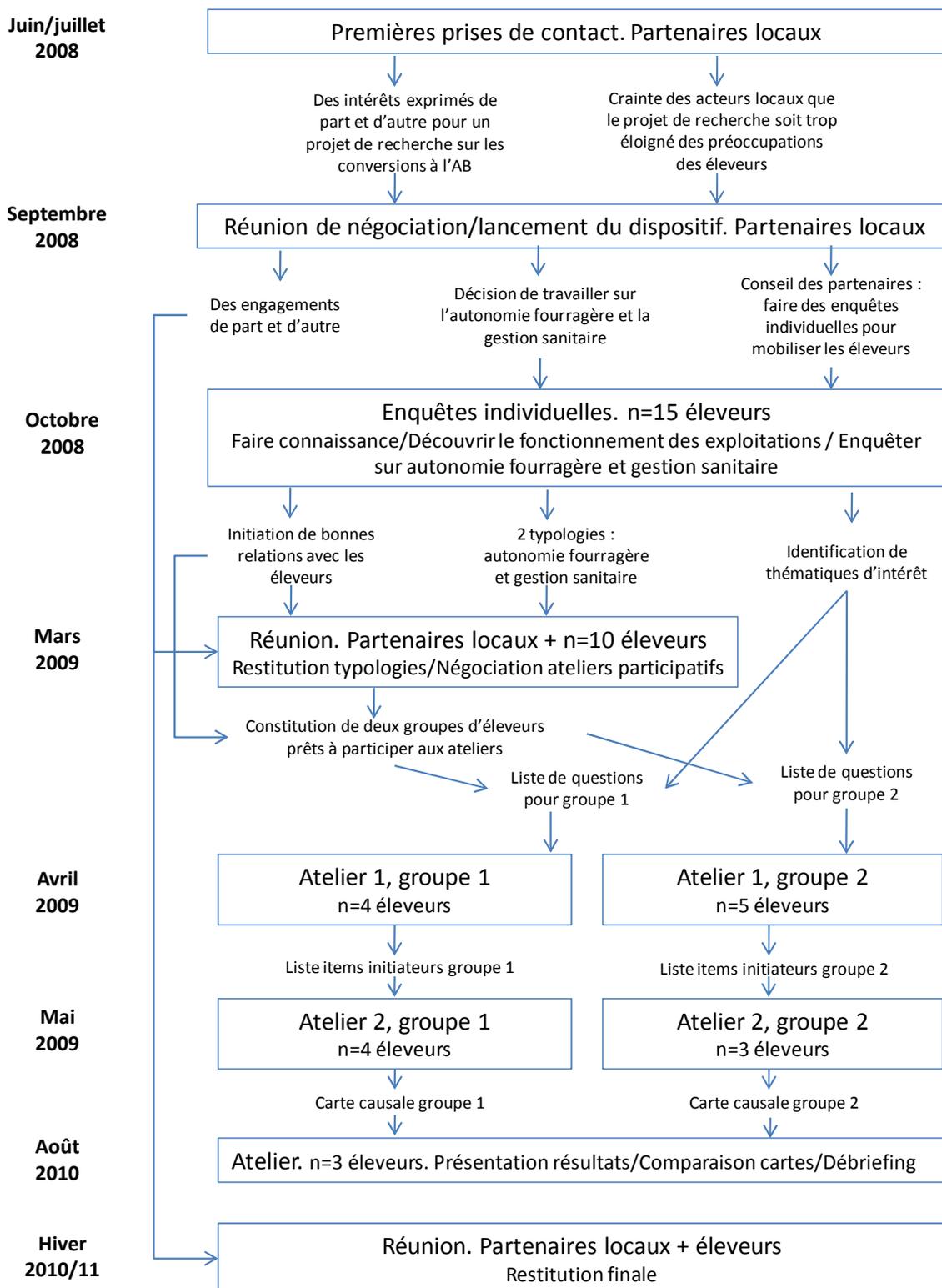


Figure IV.1. Schéma des grandes étapes d'interaction avec les éleveurs et les partenaires locaux.

C. L'itinéraire de modélisation participative

Les interactions avec les éleveurs aboutissant à la construction de cartes causales (encadré II.1) peuvent être décomposées en deux grandes étapes (Figure IV.1) : (i) des enquêtes individuelles, (ii) des ateliers participatifs visant à construire les cartes causales en deux temps : faire exprimer une première liste d'items à intégrer dans les cartes causales, puis construire les cartes à partir de cette première liste.

Cet itinéraire de modélisation participative a fait l'objet cette année d'une communication à un colloque international (annexe 3).

Des réunions d'évaluation à froid et de restitution ont été organisées par la suite.

1. Des enquêtes individuelles pour faire connaissance et pour préciser les thématiques d'intérêt pour les éleveurs

La première étape de mon dispositif de terrain, au-delà de la phase de prise de contact et de lancement, a consisté à réaliser des enquêtes chez 15 exploitants volontaires. Ces enquêtes avaient pour objectif premier de faire connaissance avec les éleveurs susceptibles de prendre part aux ateliers participatifs ultérieurs, et ainsi d'initier de bonnes relations de travail avec eux. Elles devaient également permettre, en accord avec les décisions prises lors de la réunion de septembre 2008 (Figure IV.1), de collecter de premières informations sur l'autonomie fourragère et la gestion sanitaire.

S'agissant plus directement de mon projet de modélisation participative, ces enquêtes visaient aussi à me donner un aperçu du fonctionnement des systèmes des éleveurs concernés, en vue de mieux comprendre les difficultés et questions qui se posaient à eux, de manière à pouvoir proposer des entrées concrètes pertinentes pour initier ultérieurement le processus de modélisation participative. Je souhaitais en effet, pour deux raisons, organiser le travail de groupe avec les éleveurs en partant de questions concrètes susceptibles de les interpeller directement. La première raison était de faciliter les discussions et par le même biais le processus de modélisation, en proposant des sujets propices aux échanges. La seconde raison était que ce choix permet d'ancrer le discours des éleveurs dans le domaine du concret, des pratiques et de leurs conséquences, limitant ainsi un écueil parfois relevé lors de la construction de cartes causales : des difficultés à dépasser la théorie affichée pour accéder aux théories effectivement utilisées par les acteurs (Girard, 2006).

Cette première étape des enquêtes m'a donc permis de dresser, grâce à l'expertise acquise, une liste de thématiques qui me semblaient poser à chaque fois question à plusieurs éleveurs parmi les 15 éleveurs enquêtés, et pour lesquelles je présentais qu'elles pourraient être utilisées de manière efficace pour enclencher les discussions lors des ateliers participatifs. Cette liste de thématiques me permettait d'affiner et de compléter les deux grandes questions d'intérêt définies initialement : l'autonomie fourragère et la gestion sanitaire.

Dès les premières étapes de la mise en place de mon dispositif de terrain, j'ai insisté sur le « volontariat » comme critère de sélection des éleveurs participants : j'ai d'abord envoyé un courrier à tous les éleveurs laitiers convertis ou en cours de conversion à l'AB dans la zone de collecte étudiée

(n=33), qui leur présentait ma démarche et leur demandait de me retourner un coupon réponse sur lequel ils devaient indiquer s'ils étaient intéressés ou non par ma démarche et par une première rencontre avec moi au cours d'une enquête à leur domicile. J'ai reçu une vingtaine de coupons réponse, parmi lesquels 15 portaient une réponse positive. Par la suite, pour la participation à mes enquêtes, je n'ai donc plus sollicité que ces 15 éleveurs, me garantissant ainsi d'un certain niveau de motivation de leur part pour le travail que je proposais.

Durant les enquêtes, j'ai également insisté auprès de chacun éleveur sur le fait qu'ils étaient libres de participer ou non aux ateliers participatifs qui suivraient. J'ai en effet tenu compte de la remarque de Vaarst et al. (2010) sur l'importance de la motivation des éleveurs dans un travail de groupe : une personne présente peu motivée suffit à déstabiliser toute une dynamique collective.

Je donne ici quelques chiffres concernant les exploitations enquêtées en octobre 2008, car ils permettent de donner un aperçu global des structures des exploitations des éleveurs avec lesquels j'ai mené le processus de modélisation participative. Une description plus précise de ces exploitations est proposée en annexe 4.

14 exploitations parmi les 15 enquêtées sont situées en zone de montagne entre 600 et 1400 m d'altitude. 12 sont des exploitations individuelles (dont 4 avec conjointe collaboratrice), 2 sont des EARL, et 1 est un GAEC père-fils avec conjointe collaboratrice. 7 exploitations se sont converties à l'AB en 1998, 1999 ou 2000 ; 7 ont débuté leur conversion en 2008 ou en 2009 ; et une exploitation fonctionne selon les principes de l'AB depuis 1975 (qui n'a pas pris part aux ateliers de modélisation participative).

12 exploitations sur les 15 sont entièrement spécialisées en production laitière, la Montbéliarde étant la race la plus largement représentée. Les structures des 15 exploitations sont relativement homogènes : les SAU sont comprises entre 27 et 82 ha, et entre 34 et 55 ha pour 12 exploitations sur les 15. Les quotas laitiers sont compris entre 80 000 et 273 000 L.

2. Des ateliers participatifs pour construire les cartes causales

Ma méthode pour construire les cartes causales avec les éleveurs durant les ateliers participatifs s'est décomposée en deux étapes :

a. Une première phase d'ateliers pour faire exprimer aux éleveurs des items intégrables ultérieurement dans les cartes causales

A l'issue de la réunion de mars 2008 (Figure IV.1), deux groupes d'éleveurs prêts à participer aux ateliers participatifs ont été constitués. La composition des groupes a été déterminée par les éleveurs eux-mêmes, principalement sur la base des proximités géographiques et sans doute aussi des affinités. La seule règle que j'imposais était une répartition équilibrée au sein des deux groupes entre les éleveurs convertis à l'AB depuis dix ans et les éleveurs en cours de conversion.

Une fois ces deux groupes constitués, j'ai donc sélectionné, pour chacun d'entre eux, certaines des thématiques que j'avais identifiées lors des enquêtes, et je les ai reformulées sous la forme de questions ouvertes pour qu'elles puissent être le support de la réalisation de métaplans (Schnelle, 1979). Le choix des thématiques retenues s'est fait en fonction de ma connaissance des participants de chaque groupe, de telle sorte que je n'ai pas retenu les mêmes questions dans chacun des deux

groupes (Tableau IV.1). L'objectif était de stimuler au maximum les discussions au sein du groupe. Par exemple, pour le premier groupe, j'ai choisi les thématiques de l'ensilage et du logement car il existait au sein de ce groupe une diversité de postures par rapport à ces deux thématiques, et plusieurs éleveurs m'avaient exprimé une volonté de changement. S'agissant de l'ensilage, un éleveur souhaitait réduire son utilisation, un autre souhaitait le supprimer, deux autres n'en avaient jamais utilisé. S'agissant du logement, un éleveur souhaitait passer d'une étable entravée à une stabulation à logettes, les autres disposant d'une étable entravée (dont l'éleveur n'était pas satisfait), de logettes (après avoir connu l'étable entravée) et d'une stabulation libre avec aire paillée. Ces deux thématiques (ensilage et logement), se prêtaient donc à mon avis particulièrement bien à l'échange au sein de ce groupe, ce qui s'est effectivement vérifié par la suite.

Groupe 1	Groupe 2
L'ensilage dans votre exploitation, qu'est-ce que ça vous évoque ?	La répartition des vêlages, qu'est-ce que ça vous évoque ?
Etable entravée, ça veut dire quoi pour vous ?	Les prairies temporaires, ça veut dire quoi pour vous ?
	Les boiteries, qu'est-ce que ça vous évoque ?
	Le séchage en grange, ça veut dire quoi pour vous ?

Tableau IV.1. Questions posées dans les deux groupes lors des premiers ateliers pour faire exprimer des items aux éleveurs au moyen de la technique du métaplan (Schnelle, 1979).

Une fois ces questions formulées, j'ai organisé deux ateliers participatifs d'une demi-journée chacun : un atelier par groupe d'éleveurs. Durant ces ateliers, j'ai invité les éleveurs à répondre aux questions que je leur avais préparées, selon la technique du métaplan (Schnelle, 1979) : chaque éleveur devait remplir individuellement 3 à 4 post-it pour chaque question, avec une idée par post-it. Ensuite, les éleveurs ont été invités à mettre leurs post-it en commun, à les lire à haute voix et à discuter de leurs éventuels désaccords. Enfin, les post-it ont été classés sur un plan par les éleveurs, en fonction des proximités thématiques qu'ils voyaient entre les différentes idées.

Quatre questions ont été posées au deuxième groupe, car je m'étais rendue compte lors de l'atelier avec le premier groupe que nous disposions de suffisamment de temps pour traiter plus de deux thématiques.

Après les réunions et à partir des métaplans obtenus, j'ai repris toutes les idées qui avaient émergé sous la forme de listes d'items (une liste par groupe d'éleveurs) qui pourraient être utilisés pour construire les cartes causales : soit j'ai repris telles quelles les formulations proposées par les éleveurs, soit, là où c'était nécessaire, je les ai reformulées légèrement pour qu'elles puissent apparaître comme des causes et/ou conséquences potentielles d'autres items, à intégrer dans des cartes causales.

b. La deuxième phase d'ateliers pour faire exprimer des liens entre items et aboutir à des « morceaux » de cartes causales

Pour chaque groupe d'éleveurs, j'ai sélectionné cinq items parmi les listes d'items constituées lors de l'étape précédente (Tableau IV.2). Comme ils devaient faire office de « noyaux de modélisation », ces cinq items « initiateurs » ont été choisis de manière à ce qu'ils soient thématiquement aussi éloignés que possible les uns des autres, afin de couvrir un maximum d'aspects du fonctionnement des systèmes d'élevage lors du processus de modélisation participative.

Groupe 1	Groupe 2
Animaux en bonne santé	Rendements des prairies élevés
Investissements lourds	Empreinte écologique positive
Réussite aléatoire des récoltes	Reproduction maîtrisée
Bonne image de marque	Lait produit à moindre coût
Bien-être de l'éleveur	Herbe récoltée jeune

Tableau IV.2. Les items sélectionnés pour chacun des deux groupes pour initier le processus de cartographie causale lors de la deuxième phase d'ateliers.

J'ai ensuite organisé un deuxième atelier participatif pour chaque groupe d'éleveurs, d'une demi-journée chacun. Lors de la constitution définitive des deux listes d'éleveurs qui participeraient aux ateliers de modélisation participative, j'avais précisé que j'attendais un engagement de chaque éleveur sur une participation aux *deux* ateliers de son groupe. Ainsi, j'avais cherché à maximiser les possibilités de travailler avec deux groupes stables de personnes motivées, en privilégiant ce dernier aspect sur l'effectif des participants. Finalement, cet objectif a été atteint avec les éleveurs du premier groupe : les quatre éleveurs du groupe ont tous participé aux deux ateliers qui leur étaient dédiés. Par contre, s'agissant du deuxième groupe qui comptait en tout six personnes intéressées, il n'a pas été possible de fixer des dates qui convenaient à tous : cinq éleveurs ont participé au premier atelier, parmi lesquels deux seulement ont pris part au deuxième atelier, avec le sixième éleveur qui n'avait pas participé au premier atelier.

Durant cette deuxième phase d'ateliers, chaque item initiateur a fait l'objet d'un travail reposant sur le principe des grilles d'exploration systématique de Cossette (2003) (Figure IV.2). J'ai commencé par écrire les cinq items initiateurs au centre de cinq feuilles séparées. Ensuite, j'ai pris la première feuille et j'ai demandé aux éleveurs quelles étaient, d'après eux, les causes de l'item central, puis ses conséquences. Au fur et à mesure de leurs réponses, je notais systématiquement sur la feuille les nouveaux items qu'ils énonçaient, en les reliant à l'item central au moyen de flèches pour exprimer les relations de causalité qu'ils m'indiquaient. Je demandais régulièrement aux éleveurs si ce que j'écrivais reflétait bien ce qu'ils venaient de dire. Quand les éleveurs n'étaient pas d'accord entre eux sur un point particulier, ils devaient discuter jusqu'à ce qu'ils soient en mesure de proposer de nouvelles formulations qui les satisfassent tous. Chaque nouvel item introduit devait faire à nouveau l'objet d'une exploration systématique : « Quelles en sont les causes ? Quelles en sont les conséquences ? ». Le processus prenait fin pour une feuille de papier donnée dès lors que tous les éleveurs étaient satisfaits de son contenu et ne voyaient rien de particulier à ajouter. Nous passions alors à la feuille suivante et ainsi de suite jusqu'à avoir épuisé les cinq feuilles correspondant aux cinq items initiateurs. Les éleveurs étaient libres d'utiliser un même item autant de fois qu'ils le souhaitaient, plusieurs fois par feuille et sur différentes feuilles si nécessaire. Généralement, lorsqu'ils utilisaient un item pour la deuxième ou pour la troisième fois, ils s'en rendaient compte et le faisaient remarquer à vive voix : « là on rejoint ce qu'on disait tout à l'heure », suggérant que les liens entre les différentes parties de la carte en cours de construction présentaient véritablement un sens pour eux.

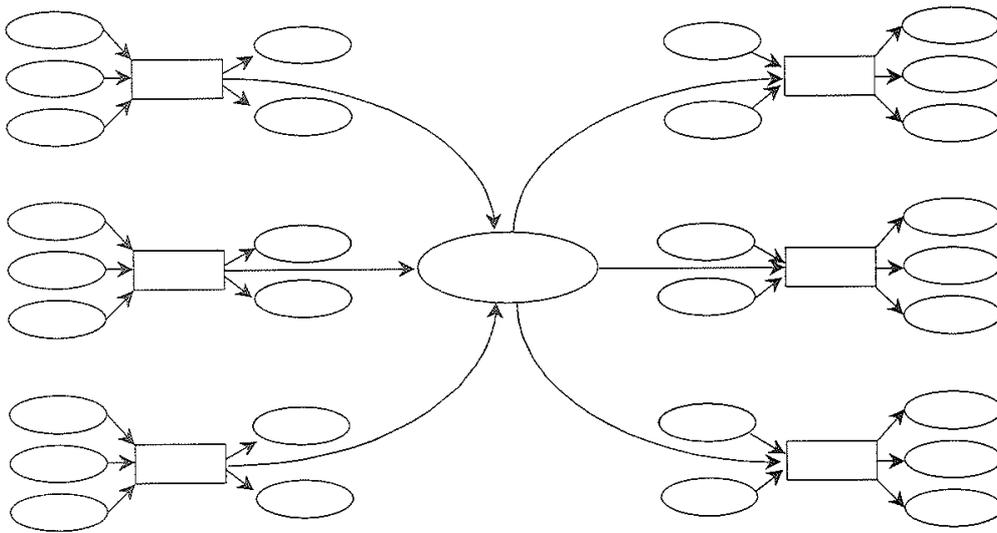


Figure IV.2. Schéma du processus d'exploration support de la modélisation : l'ovale central représente l'item initiateur ; d'autres items sont ajoutés progressivement en fonction des relations de causalité dans lesquelles sont impliqués les différents items énoncés. Ce schéma présente une structure parfaitement symétrique et régulière, mais dans la pratique chaque item est connecté à un nombre indéterminé d'items influençant et d'items influencés, et il peut également y avoir des structures circulaires. Source : (Cossette, 2003).

c. Agrégation des différents « morceaux » pour former une carte causale unique par groupe d'élèves

Après chacun de ces deux derniers ateliers, j'ai agrégé les cartes formées à partir des items notés sur les différentes feuilles de papier de manière à ne plus former qu'une seule carte causale par groupe d'élèves. Cette agrégation a reposé sur l'identification des items qui apparaissaient à plusieurs endroits sur différentes feuilles de papier. A l'issue de ce processus d'agrégation, j'avais donc obtenu deux constructions différentes pour chaque groupe, que j'appelle respectivement « la carte causale du premier groupe » et « la carte causale du deuxième groupe ». La carte causale du premier groupe comporte 178 items et 304 relations entre items, et la carte causale du deuxième groupe comporte 128 items et 181 relations entre items.

3. Un retour aux élèves et aux partenaires

Après avoir analysé le processus de cartographie causale conduit avec les élèves (chapitre V) et le contenu des cartes obtenues (chapitre VI), j'ai organisé un dernier atelier avec des élèves, en août 2010 (Figure IV.1). Cet atelier avait pour objectifs : (i) de tester un support de discussion construit sur la base d'éléments de comparaison entre les cartes construites par les deux groupes d'élèves (cf. chapitre V), (ii) de présenter et discuter les résultats obtenus avec les élèves, (iii) de réaliser une évaluation à froid des ateliers de modélisation participative et de ce qu'en retirent les élèves.

Enfin, une restitution générale des résultats de ma thèse sera organisée durant l'hiver 2010-2011, à laquelle j'inviterai l'ensemble des élèves du secteur concernés par l'AB et l'ensemble des partenaires institutionnels.

CHAPITRE V

Les résultats sur le pôle de l'action :

**Le processus de modélisation participative
stimule les réflexions des éleveurs
sur le fonctionnement
de leurs systèmes d'élevage**

A. Résumé

Ce chapitre repose sur l'article suivant, soumis à la revue *Agronomy for Sustainable Development* :

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted b) Participatory modelling within farmer groups: an innovative way to support the process of redesigning livestock farming systems, *Agronomy for Sustainable Development*.

Dans ce chapitre, je teste l'hypothèse selon laquelle le processus de modélisation participative en petits groupes d'éleveurs, conduit avec les éleveurs bio et en conversion bio dans le Pilat suivant la méthode décrite dans le chapitre IV, permet d'accompagner les éleveurs dans les processus de reconception de leurs systèmes d'élevage.

Pour ce faire, j'analyse le contenu des cartes causales construites avec les éleveurs, qui ont permis, en tant qu'objets intermédiaires (Vinck, 1999), de garder trace des échanges en plus d'en constituer le support durant les ateliers participatifs. Ainsi, l'analyse du contenu des cartes me permet de qualifier en quoi le processus de modélisation participative a permis de stimuler les réflexions des éleveurs sur le fonctionnement de leurs systèmes d'élevage.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- (i) Les cartes causales construites avec les éleveurs rassemblent des contributions à la fois collectives et individuelles sur des thématiques d'intérêt commun comme, par exemple, la gestion des adventices. Ainsi, chaque éleveur peut accroître ses connaissances sur différents sujets problématiques en découvrant ce qu'en savent les autres participants.
- (ii) Certains extraits des cartes causales permettent aux participants de mieux positionner leurs différentes stratégies par rapport à celles des autres éleveurs.
- (iii) Le processus de formalisation permet d'identifier des cercles vicieux et des boucles de régulation dans le fonctionnement des systèmes d'élevage. Ces boucles étant identifiées, les éleveurs peuvent ensuite réfléchir à des solutions pour résoudre les cercles vicieux et pour renforcer les régulations qui présentent un intérêt pour le fonctionnement du système d'élevage.
- (iv) L'analyse *a posteriori* des structures des cartes causales construites avec les éleveurs a permis d'identifier des ressemblances et des différences entre les productions des deux groupes, qui peuvent ensuite être discutées avec l'ensemble des éleveurs, pour stimuler davantage leurs réflexions.

B. Participatory modelling within farmer groups: an innovative way to support the process of redesigning livestock farming systems

L. GOUTTENOIRE^{a,b,c,d*}, S. COURNUT^{b,a,c,d}, S. INGRANDA^{a,b,c,d}

a INRA, UMR Métafort, F-63100 CLERMONT-FERRAND

b Clermont Université, VetAgro Sup, UMR 1273, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND

c AgroParisTech, UMR 1273, BP 90054, F-63172 AUBIERE

d Cemagref, UMR 1273, BP 50085, F-63172 AUBIERE

* Corresponding author: lucie.gouttenoire@clermont.inra.fr

Article submitted to *Agronomy for Sustainable Development*.

Abstract – To improve sustainability, farmers may want to redesign their livestock farming systems in depth. Supporting them in such processes requires methodological research. Here, we propose a methodology based on the hypothesis that participatory modelling of livestock farming systems involving groups of farmers facing the same redesign issue will support their redesign processes. Working participatively with farmers, we built two causal maps of livestock farming system operation. Each map was built by one specific group of five farmers. Each group was constituted by both converting and converted farmers to organic farming. Converting to organic farming was considered as one example of redesign process. Then, we analyzed the content of the maps to qualify how the modelling process supported the redesign process. This is the first time that the very structure of livestock farming system operation models has been defined by groups of farmers. We found that these models contained both collective and individual contributions on common problems like weed management, making it possible to enhance each participant's knowledge on different topics. In addition, some of the elements present in the maps helped the participants better position their strategies within a range of possibilities. Furthermore, the formalizing process made it possible to identify vicious circles and regulatory loops in livestock farming system operation. Farmers were then able to think about solutions for breaking these vicious circles and reinforcing the positive loops. Finally, analysis of the map structures surfaced similarities and differences in the representations built by the two groups of farmers, which could then be discussed with all the participating farmers as a way to foster collective thinking. Taken together, these insights offer a basis for revisiting existing methodologies in both livestock farming systems research and agricultural extension as a way forward towards greater farmer empowerment.

Keywords Livestock farming systems; Modelling; Participation; Redesign; Support tools; Causal mapping

1. Introduction

Livestock farming has recently come under close scrutiny, especially in response to environmental issues (Steinfeld et al., 2006). There is increasing societal pressure for more sustainable livestock practices. In response, stockbreeders may decide to convert their systems to new forms of operation that they judge more sustainable, in which case they face what we call 'systemic innovation'. 'Systemic innovation' contrasts with 'genetic innovation' such as new animal or plant genotypes, and with 'technological innovation' such as new tools to calculate animal diets or fertilizer levels (Meynard et al., 2006). Systemic, genetic and technological innovations are based on different technological paradigms that have had different impacts on shaping agricultural research, which disfavoured systemic innovation (Vanloqueren and Baret, 2009). However, more recently, systemic innovation has been significantly encouraged by organizations such as the French National Institute for Agricultural Research (Meynard et al., 2006) and the International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development, which after a four-year process involving over 400 international experts has recommended a reorientation of agricultural science and technology towards more holistic approaches (IAASTD, 2008).

Undertaking systemic innovation by switching to new forms of operation in farming systems entails certain transition processes. In converting to organic farming for instance, such transition processes, the importance of which is often minimized in the literature, would benefit from being addressed in terms of system redesign rather than in terms of simple input substitution (Lamine and Bellon, 2009). This could be achieved by adopting a more holistic view of farming system operations, through approaches such as system modelling. A 'model' can be broadly defined as a finalized representation of reality (Legay, 1997). It can be either conceptual, i.e. theoretical, or implemented, i.e. software-integrated. In the study of farming systems, modelling has proved an efficient tool for gaining an understanding of how systems operate, identifying knowledge gaps, predicting evolution, and assisting system managers in their decision processes (Malézieux et al., 2001).

A preliminary study based on a literature review of all the livestock farming system models published from 2000 to mid-2009 showed that the main current modelling rationales supporting changes in livestock farming did not fully meet the objective of supporting farmers in their system redesign processes (Gouttenoire et al., submitted). This preliminary study also suggested that implementing participatory modelling projects with farmers could help meet this challenge. Involving stakeholders guarantees better use of decision support systems (McCown, 2002; Cerf et al., 2008), and having farmers participate makes it possible to tap into their forms of knowledge (Darré et al., 2004) which can be usefully added to scientific knowledge to address specific questions (Girard and Navarrete, 2005; Hoffmann et al., 2007).

This paper proposes a methodology based on the hypothesis that participatory modelling of livestock farming systems involving groups of farmers facing the same redesign issue will support their redesign processes. In an upcoming paper, we will analyze how this participatory approach can also challenge and enrich scientists' models of livestock farming systems.

We begin by describing the study area, participatory modelling methodology and method of analysis used, before moving on to explain, illustrate and discuss how this modelling process can support farmers in the process of integrally redesigning their livestock farming systems.

2. Materials and methods

a. Study area

The study area is located in the Pilat region (Regional Natural Park, eastern Massif Central, France), where 12 dairy cattle farmers chose to convert to organic farming in the late nineties. Their milk plant decided to support them and to launch an organic milk line. Ten years later, in 2007, the milk plant wanted to increase its organic production and therefore encouraged local milk producers to convert to organic farming by providing financial and technical support. The project interested about 15-20 conventional farmers who began their conversion to organic farming in 2007 or 2008, precisely at the time we wanted to implement a participatory modelling project. To us, this study area was of particular interest for three different reasons. First, farmers, local extensionists and the milk plant were clearly involved in collective dynamics and expressed a strong willingness to exchange ideas on the organic project. In particular, farmers converting to organic farming were highly interested in discussing with the farmers who had accomplished their conversion ten years before. Second, converting to organic farming can easily be seen as a redesign process that questions the very fabric of livestock farming system. Third, the transition processes to be accomplished were oriented towards more sustainability. We therefore initiated a partnership with the milk plant and the local extensionists who then supported our project until a sufficient number of voluntary farmers opted in for us to launch our programme.

b. The modelling methodology

The aim of our methodology was to build conceptual models of the operation of livestock farming systems through a participatory approach involving farmers concerned by the same redesign issue, i.e. converting to organic farming.

1. Causal mapping as a modelling tool

We chose to use cognitive mapping, specifically causal mapping, as a modelling tool. A cognitive map is a 'graphic representation of a set of discursive representations made by a subject with regard to an object in the context of a particular interaction. It is the work of a researcher who constructs a graphical representation of a discourse uttered or written by a subject' (Cossette and Audet, 1992). A causal map is a cognitive map based on formalizing causal relationships (cause/consequence or means/goal) uttered by one or several subjects. Causal maps are built using the subjects' natural language (Cossette and Audet, *ibid.*), which prevents researchers from formatting the model according to their own representations, thus making participation more meaningful. Furthermore, as causal maps represent the modelled system as a set of items and causal relationships between items, they are useful for systemic analysis – an advantage when more holistic approaches are to be implemented. Finally, as they are based on causal relationships, they are particularly valuable for examining different changes and their consequences for livestock farming systems, which is useful as support to redesign processes. Extracts of the causal maps obtained in our study are given in Figs.1, 2, 3 and 4.

The core of our modelling methodology was a series of two participatory workshops during which farmers built causal maps of livestock farming system operation. Nevertheless, preliminary work was required to prepare these workshops, implementing the entire methodological approach described

below. The methodological principles underpinning this approach, as well as some of its difficulties, originalities and interests, are described in more detail in (Gouttenoire et al., 2010).

2. *The methodological approach*

A series of individual on-farm surveys was carried out on the 15 voluntary farmers in our study area who signalled their interest in our participatory programme by sending back a coupon in reply to a letter we had addressed to all the farmers concerned by organic farming in our study area (n=33). These surveys made it possible to identify 'practical issues' that were meaningful for the farmers, and initiate a good working relationship with them. 'Practical issues' did not necessarily mean technical and short-term issues: 'grass silage' and 'livestock building and long-term investing' are two examples of the practical issues identified via the surveys. Then, at a meeting bringing together farmers, local extensionists and a representative of the milk plant, the information collected during the surveys was presented and the farmers were officially invited to participate in the workshops, the principles of which were explained to them during the meeting. At the end of the meeting, two groups of respectively four and six voluntary farmers had been formed to participate in two successive workshops per group. The two groups were formed on the basis of geographical proximity of the participants' farms, so as to facilitate workshop logistics. In addition, each group had to be constituted by both converting and converted farmers.

We then led the participatory workshops in two different steps. The first step aimed at having the farmers express possible items for the causal maps. This step took place during workshops that lasted one half-day. One session was organized for each group of farmers. The Méta-plan technique (Schnelle, 1979) was used for brainstorming the practical questions identified via the surveys. During each session, the group of farmers was asked at least two open questions previously shortlisted as being of particular interest to the farmers who formed the group. 'Silage on your farm: what does it mean for you?', or 'Calving patterns: what does it conjure up for you?' are two examples of such questions. For each question, each farmer was invited to write down ideas on three to four different memo slips, with one idea per slip. All the slips were then read out loud by voluntary farmers, potential disagreements were discussed, and the slips were stuck on a board so as to form different groups of slips carrying what farmers saw as similar ideas. After the workshop, and on the basis of this display, we formalized a list of all the different ideas that appeared during the workshop, for instance 'healthy animals', 'heavy investment' or 'low ecological footprint'. The farmers' ideas were either kept 'as written' or, where necessary, they were slightly reworded by us so as to appear as potential causes and/or consequences to be further integrated as items into a causal map.

The second step aimed at adding new items and formalizing the links between items, so as to build the causal maps. This step took place during another series of half-day workshops, with one session organized per group of farmers. For each group, we had chosen five different ideas from the group's list of ideas formulated as potential causes or consequences, as explained above. As we intended them to operate as modelling kernels, these five items were topically as different as possible. We systematically explored each of them with the farmers by filling in five different grids. Each of these five different items was written in the centre of a separate sheet of paper. We took the first sheet and then asked the group to tell us all the factors that could influence and be influenced by the item written in the centre. We used the sheet to write down what the farmers said and to draw connective arrows, making sure we repeatedly checked with the farmers whether they agreed with

what we wrote down. An arrow started from an influencing factor and pointed to an influenced factor. If there was any disagreement within the group of farmers, then before we wrote down details, we asked the farmers to discuss the matter until they arrived at a consensus on the point in question. The farmers were told they could use the same factor on the same sheet and on different sheets as many times as they found necessary. Once this exercise was finished for the item written in the centre of the sheet, we repeated the same task with each of the secondary items that appeared around the item in the centre, and so on until the farmers were satisfied with their grid. We then filled in the second grid the same way, then the third, and so on.

Finally, after the workshops, we aggregated the different grids built by the two groups of farmers to create one single causal map per group. This aggregation step was based on the items that appeared on several grids. For most of these items, when for example they were used a second or a third time, the farmers spontaneously noticed that they had already been written for another topic. One map contains 178 items and 304 links whereas the other map contains 128 items and 181 links.

c. Analyzing the causal maps

We considered the two maps obtained as intermediary objects (Vinck, 1999): they constituted both a support tool to foster discussions between farmers and a way to keep track of the exchanges. Our strategy was therefore to analyze the content of the two maps to illustrate how the modelling process made it possible to support strategic thinking on the redesign issue.

Three different media were exploited to carry out this analysis. First, the different sheets of paper on which the maps had been drawn during the workshops were useful to visualize the successive topics that had been spontaneously raised by the farmers. Many of these topics were actually easy to locate on the sheets as groups of spatially close and strongly interrelated items. Second, all workshops had been audio-recorded to keep track of 'who said what and when'. These records also made it possible for an external observer to listen to the recordings while looking at the sheets in order to critically analyze and validate the way we translated the farmers' discourses into causal maps. Third, although the sheets of paper and the audio records were useful to keep track of a linear vision of what happened during the workshops, they did not allow us to gain an integrated view of the maps built with the farmers. This is why we used the analysis tools offered by the *Decision Explorer* software (Eden, 2004) as a third analysis medium. The analyses carried out using this software are based on the topography of the causal map, i.e. the structure formed by the different links between items. We used this software to identify the loops in our maps as well as the most central items. Central items have a high structural significance, as they are both directly and indirectly linked to many other items. The software can calculate a centrality score for every item in a causal map: each item directly linked to the item in question is given a weight of 1, items in the next layer out are given a weight of $\frac{1}{2}$, the next layer is given a weight of $\frac{1}{3}$, and so on until the seventh level. Finally, the factors are added up to give the centrality score. The more central the item, the more significant its place in the map. For each of the most central items in the maps, we calculated the ratio of the number of in-arrows to total number of in-arrows plus out-arrows (direct links). These ratios give some indication on the item's 'function' in the model: a high ratio indicates that an item is considered to be an output, i.e. a result expected by the group of farmers (either a positive or a negative result), whereas a low ratio is associated with items considered to be inputs, i.e. options for the system or elements of context. A value around 0.5 is associated with items considered to be

both inputs and outputs. The systemic nature of the causal maps is clearly visible through such items that represent both objectives and means for the livestock farming system.

3. Results and discussion

Benefits of our participatory modelling methodology for the participating farmers were found at three different levels: (i) group mapping fosters individual thinking, (ii) modelling helps participants better structure issues and problems, (iii) analyzing and comparing the map structures can foster collective thinking. This next section describes, illustrates and discusses each of these three points.

a. Group mapping fosters individual thinking

Analyzing the sheets of paper on which we built the causal maps during the workshops and listening to the audio records made it possible to identify topics on which collective analysis largely enriched individual viewpoints. For example, weed management appeared to be an important concern for farmers, as organic specifications ban the use of herbicides. This topic was clearly represented in the first group's causal map, along with some control methods and some consequences of weeds (see Fig.V.1). Although some control methods were known and expressed by all the farmers in the group, such as using a weeder harrow or cutting brush, others were only evoked by a single participant. On the basis of personal experience, one participant, Mrs C., told the others that kale as a preceding crop had a positive impact on weeds. She explained how she casually discovered this fact by observing that in a same field and during the same year, triticale was less infested by weed where kale was the preceding crop compared to places where maize was the preceding crop. Another participant, Mr B., warned the group against the negative impact of burning, which he claimed gives more air to the weeds that proliferate afterwards. These two contributions from Mrs C. and Mr B. led to interesting discussions within the group and to new knowledge for every farmer. The same kind of complementarities between collective and individual knowledge can be found for animal health and alternative medicines (not shown).

Group mapping also raises farmer awareness on the specificities of their objectives and strategies compared with other farmers and their consequences. For example, Mr P. affirmed that his personality was self-oriented. The mapping process made it possible to explore the consequences of such a trait as well as the tradeoffs Mr P. had to face (see Fig.V.2). As shown in the map, in the farmers' opinion, persons with a self-oriented personality will tend to avoid both associating with other people and organizing their harvesting tasks collectively, which may carry too many constraints. However, associating with other people may make it possible to free up weekends from time to time, as well as to make economies of scale. Nevertheless, self-oriented people will see the objective of being their own bosses as a priority. Buying a round baler or building a barn hay drying system will therefore appear to be a good solution for eliminating a number of work organization constraints. In contrast, other farmers like to be involved in collective harvesting tasks and wish to keep them as such. Collective analysis gives more meaning to everyone's action: Mr P. and all other participants can question their own position within a range of possibilities, which we assume to be a good way to foster individual strategic thinking.

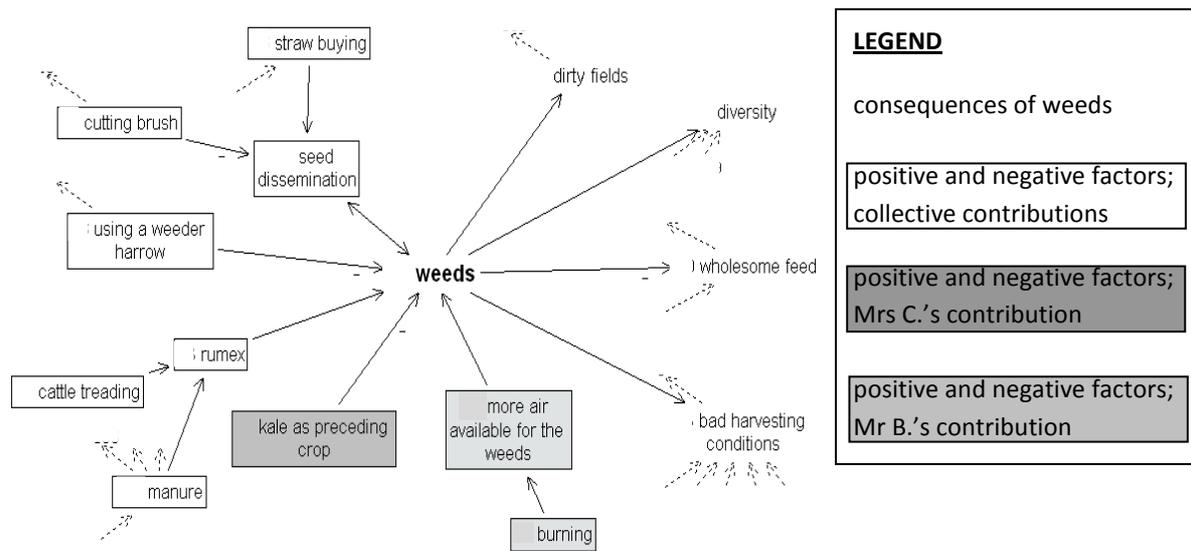


Figure V.1. Individual contributions in group mapping enhance collective knowledge on a common problem. Excerpt from a causal map built by one group of farmers.

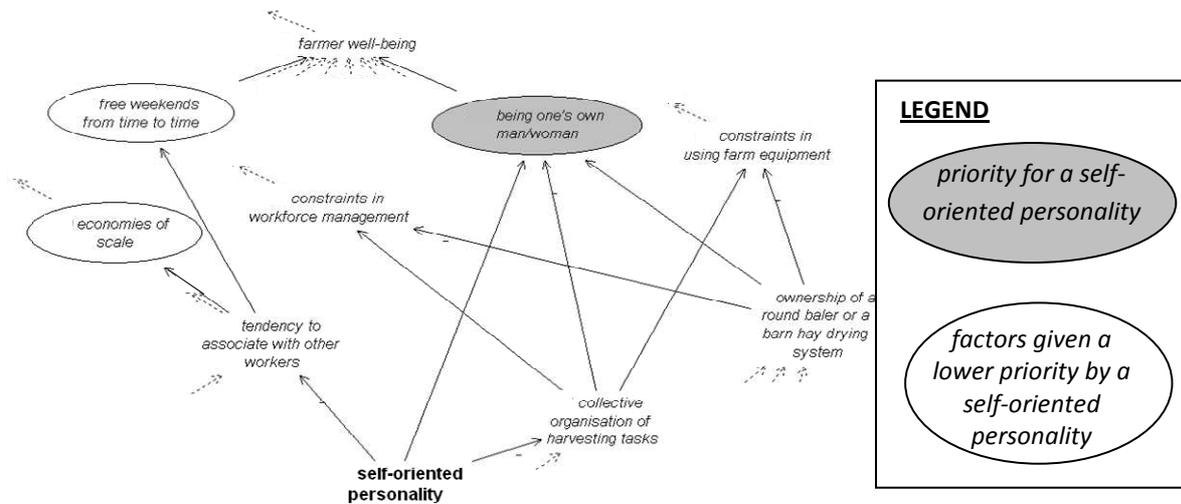


Figure V.2. Group mapping makes it possible to explore the implications of individual specificities and the associated tradeoffs. Excerpt from a causal map built by one group of farmers.

There are models of livestock farming systems built by scientists that have been used (Bernet et al., 2001) or even modified and enriched (Vayssières et al., 2007; Cabrera et al., 2008) in a participatory way involving stakeholders such as farmers, but to our knowledge, until mid-2009, there had been no attempts to build conceptual models of livestock farming system operation solely on the basis of farmers' participation, i.e. without using any model or concept previously created by scientists (Gouttenoire et al., submitted). Causal maps of livestock farming systems have recently been built

with farmers in New Zealand, but this work was essentially based on individual mapping and driven from a cognitive perspective: the authors' purpose was to gain knowledge of how farmers see their farm as a system (Fairweather and Hunt, 2009). In the work presented in this paper, we did not endorse this kind of cognitive perspective, preferring to build representations that make it possible to foster self-reflection within different groups of farmers.

Other domains have substantially drawn on participatory modelling with stakeholders as a means of supporting them in solving certain problems. The different contributions, most of which concern business applications or natural resource management, have recently been reviewed (Voiniv and Bousquet, 2010). In natural resource management for example, different participatory modelling approaches have been developed, using various tools such as causal mapping (Prell et al., 2007) or the combination of agent-based models and role-playing games in the 'Companion Modelling' branch (Antona et al., 2005). The common denominator to these approaches is that all participants are concerned by the same collective problem that can be impacted by everyone's action. In our case study, although the workshops organized were collective, the action to be taken afterwards was individual: every farmer had to face a specific redesign situation in their own farming system.

The originality of our contribution is therefore twofold: (i) participatory modelling with groups of farmers is original in livestock farming systems research; (ii) other participatory modelling approaches do not treat individual situations within a collective framework. As a consequence, our study can be considered as a first methodological basis for revisiting the modelling methodologies in livestock farming systems research, where projects are clearly oriented towards building tools and representations to support new livestock farming practices (Gibon et al., 1999; Dedieu et al., 2008). From a wider perspective, locally building collective knowledge on topics of practical interest is a way to use local cognitive resources and empower stakeholders, as recommended by the International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development (IAASTD, 2008).

As a first conclusion, this is the first time that the very structure of models of livestock farming systems operation has been defined by groups of farmers. We found that the models produced contained both collective and individual contributions on common problems like weed management, making it possible to enhance each participant's knowledge on different topics. In addition, some of the elements present in the maps helped the participants better position their strategies within a range of possibilities.

Implementing collective approaches to support farmers in their individual situations is not new. Approaches do exist (Vaarst, 2007; Goulet et al., 2008; Eksvärd, 2009), but none of them are modelling-based. The following sections explore the added value of modelling to support redesign processes during participatory workshops, in addition to models' previously discussed role of tracking exchanges during participatory workshops (see section 2.3).

b. Modelling helps participants better structure issues and problems

The modelling process consisted in writing down on a piece of paper the different elements involved in livestock farming systems operation to analyze which were relevant to the redesign processes. In some cases, modelling revealed vicious circles involving the farming activity, as well as regulatory loops. The participants could then think about solutions for breaking these vicious circles and/or reinforcing positive regulatory loops. For example, the first group of farmers identified a vicious circle

concerning long-term investing (see Fig.V.3): the more one invests, the greater the need to generate income from the farming activity to reimburse the loans, and the greater the pressure to get involved in dynamics of extension and modernization, which in turn leads to new investment, and so on. The farmers came up with two ideas to break this vicious circle. The first is to get a second job to get out of debt without having to extend the farm structure. This solution may prove stressful. The second is to avoid investing, especially in farm equipment. This implies resisting different pressures, but can be made easier by the influence of certain economical production systems such as those deployed in Switzerland. This latter idea was introduced by Mr B., whose career had taken him on several trips to Switzerland to visit small successful farms that were based on a very economical operation and that had greatly impressed and influenced him.

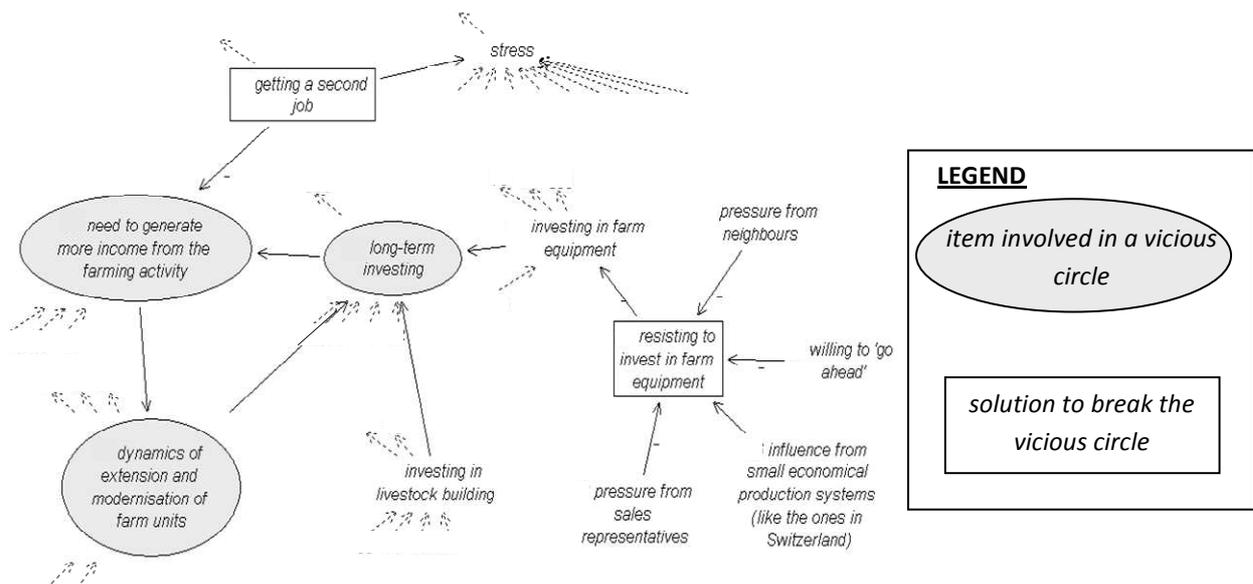


Figure V.3. Modelling makes it possible to identify vicious circles and think about solutions for breaking them. Excerpt from a causal map built by one group of farmers.

Vicious and virtuous circles are characterized by an even number of negative arrows, or all positive arrows as is the case for the vicious circle represented in Fig.3. Circles like this suggest regenerative or degenerative dynamics, where a perturbation results in exponential growth or decline (Eden, 2004). There can also be circles that contain an odd number of negative arrows, in which case the loop depicts self-control: any perturbation in the state of the variables will result in stabilizing dynamics to bring the activity back into control (Eden, *ibid.*). An example of a stabilizing circle is given in Fig.V.4. This example concerns cow health: when cows become unhealthy, milk protein and fat content can decrease, which gives a warning signal for farmers to help them quickly respond to the problem to enable the cows to recover good health. One way of reinforcing the stabilizing effect of this loop is to pay more attention to the different signals of impaired health, which can be achieved by asking external visitors (e.g. inseminator, veterinarian, other farmers) for their opinion on the herd's apparent health status.

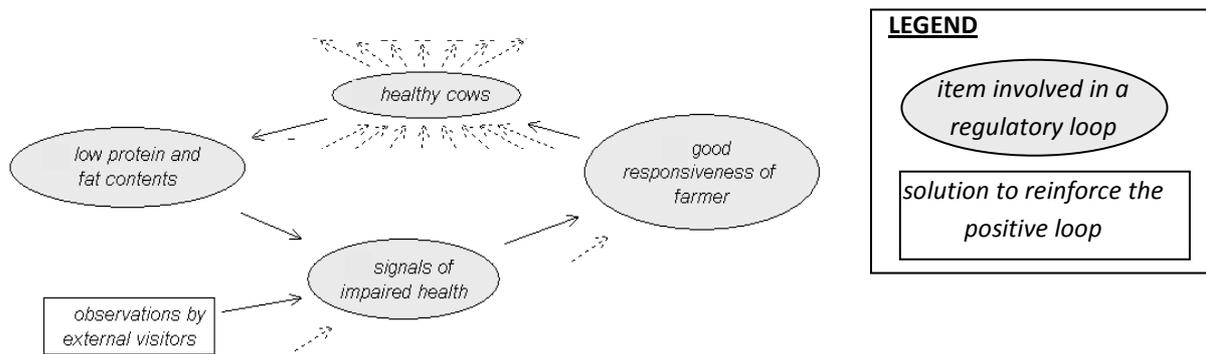


Figure V.4. Modelling makes it possible to identify regulatory loops and think about solutions for reinforcing the positive ones. Excerpt from a causal map built by one group of farmers.

Without the formalizing process rendered compulsory by the modelling objective, it would probably have been more difficult to precisely identify these phenomena as vicious circles or regulatory loops and consequently to find solutions for breaking the vicious circles and reinforcing the positive regulatory loops. The work presented in this paper therefore reaffirms the relevance of modelling for treating complex problems, although the way the models in this study were conceived and used remains quite original. Within the 79 models of livestock farming systems published from 2000 to mid-2009 in English or in French in journals referenced in *Journal Citations Reports*, 56 (71%) are computerized simulating tools and 18 (23%) are computerized optimizing tools (Gouttenoire et al., Submitted). Conceptual modelling in order to formalize, understand and improve the cohesiveness of livestock farming systems has therefore not yet become a well-established modelling approach. However, the study presented in this paper suggests that this kind of qualitative approach, which does not require computerized tools, can usefully support farmers in their redesign processes, and thus offers interesting prospects for conceptual modelling of livestock farming systems. This modelling approach can also be seen as a way to enrich the group support methodologies already used by agricultural extensionists, as described by Goulet et al. (2004).

As a partial conclusion, the formalizing process made it possible to identify vicious circles and regulatory loops in livestock farming systems operation, enabling the farmers to think about solutions for breaking the vicious circles and reinforcing the positive loops.

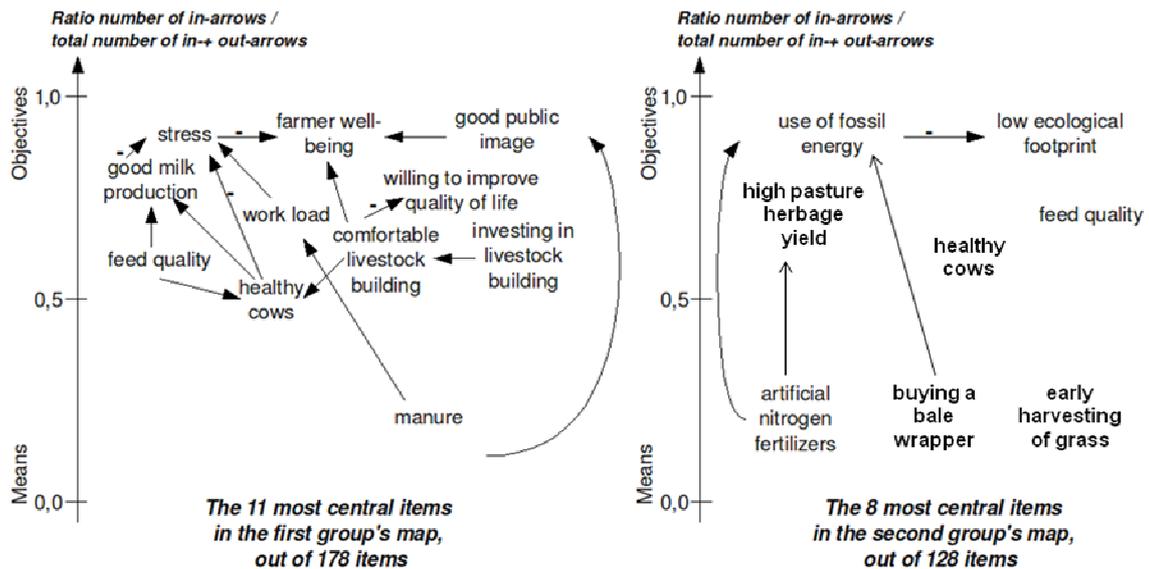
We have explored the benefits of the modelling process for the participating farmers. We now examine how a post-workshop analysis of the structure of the maps produced can add relevant insights for fostering collective thinking.

c. Analyzing and comparing map structures can foster collective thinking

The most central items (according to the number of direct and indirect links connected to the item in question) in each of our two maps are represented in Fig.V.5. These items are structuring in the way each group of farmers tackles the converting question – even though the farmers might be unaware of this fact. The items are positioned on the graphs (Fig.V.5) according to the ratio of the number of

in-arrows to total number of in-arrows plus out-arrows, which makes it possible to visually estimate their status as 'input items' (items the farmers considered as means or contextual elements, positioned at the bottom of the graph), 'output items' (items considered as results or objectives, positioned at the top), or 'intermediate items' (both means and objectives, in the middle of the graph).

Central items in the two maps, and their apparent status as objectives or means



For lisibility reasons, the arrows that connect an item in the top-list to a less central item are not represented.

Figure V.5. Analyzing map structure makes it possible to identify similarities and differences between the two groups, to be discussed with all participants. Most central items in the two maps, plus the ratios number of in-arrows to total number of in-arrows plus out-arrows. Analyses were performed using *Decision Explorer* software.

'Healthy cows' and 'feed quality' appeared to be in the top shortlisted items for both farmer groups. Their ratios, i.e. (in-arrows) to (in-arrows + out-arrows), were quite similar in both groups, placing them at an intermediate level, which suggested that cow health and feed quality lay at the core of the livestock farming systems to be redesigned, as built by the farmers. It may be useful to show this result to the farmers, as they can keep the high centrality of such biotechnical items in the top of their minds. Alongside this between-group similarity, there were also significant differences in the content of the two maps. The central items that appeared to be taken as objectives or results by the farmers were quite different in the two groups. In the first group, these items were farmer-centered ('stress', 'farmer well-being', 'good public image'), whereas ecological results were essential to the farmers in the second group ('use of fossil energy', 'low ecological footprint'). There were also differences in terms of the most structuring questions that need answering in order to carry the redesign process through. Typically, one of the main concerns for farmers in the first group was to

decide whether to invest in livestock buildings to make them more comfortable for both farmer and animals (items: 'comfortable livestock building', 'investing in livestock building', 'willing to improve quality of life'). In the second group, one important issue was how to manage the forage system without using artificial nitrogen fertilizers, which are banned under organic specifications (items: 'artificial nitrogen fertilizers', 'high pasture herbage yield', 'buying a bale wrapper', 'early harvesting of grass'). These differences are related to certain specificities in each farmer group. The farmers in the first group live in an area where stall-type stabling is quite common but its implications for animal welfare mean it is not encouraged by organic specifications, which only tolerate stall-stabling under certain conditions. This leads the farmers to think about and possibly implement alternative solutions. In the second group, the farmers were used to thinking about how to improve their forage system, as one of the group belonged to a network of reference farms and thus had had many opportunities to work with extensionists specialized in forage systems and to dialogue on this topic with some of his group co-members.

Our purpose here is not to explain the differences between the two maps in a deterministic way. Our aim instead is to emerge such differences so that the participating farmers can be made aware of them and consequently better position their questions within a range of possibilities. Other observations resulting from the maps analysis can usefully be shown to participating farmers after the modelling workshops. For example, we could ask the farmers in both groups why, in their opinion, the most central items were more strongly interrelated in the first group's map than in the second group's map (14 arrows between the items of the top-list in the first group vs. 4 in the second group; see Fig.5). Does this mean the farmers in the first group built a more integrated view of the important elements in their farming systems? Would the farmers in the second group benefit from a more in-depth analysis of the relationships between the most central items in their map to make them more aware of the systemic nature of their farming systems and its implications? Farmers could also be shown the similarities and differences mapped for fertilizers. In both maps, fertilizers ('manure' for the first group, 'artificial nitrogen fertilizers' for the second group) do appear in the top-list of items (see Fig.5), and they lay at the same position: in the bottom, as means. In each case, using fertilizers has both a positive impact ('good public image' in the first group, 'high pasture herbage yield' in the second group) and a negative impact ('work load' in the first group, 'use of fossil energy' in the second group). The following questions could be asked to the farmers of both groups: 'Do you find it logical that manure and artificial nitrogen fertilisers are given the same treatment in your two maps, as important 'means' in your livestock farming systems?'; 'Wouldn't you find it profitable to consider 'manure' as both a means and a result, which would put this item at the intermediate level, alongside such core biotechnical items as 'healthy cows' or 'feed quality'?'; 'What defines quality and quantity of manure?'.

By employing an analysis aimed at finding out emergent properties in the map structures and discussing them within the farmer groups so as to foster collective thinking, we clearly did not use modelling as a way to produce generic knowledge. On the contrary, we tried to valorize the specificities of the two maps instead of smoothing them. Following the constructivist epistemology, our purpose was not to create a body of objective knowledge but to formulate 'fresh perspectives' (Jiggins and Röling, 1997). These fresh perspectives were useful insofar as they made it possible to foster strategic thinking about how the livestock farming systems were operated, which we assume

to be a good way to support the redesigning process. The fact that groups' specificities are valorized makes the representations even more appropriable.

As a conclusion of this sub-section, analysis of the map structures revealed similarities and differences in the representations built by the two farmer groups. Discussing them with all the participating farmers is a way to foster collective thinking.

4. Conclusion

Working participatively with two groups of dairy farmers, each one constituted by both converting and converted farmers to organic farming, we built two causal maps of livestock farming system operation. This is the first time that the very structure of models of livestock farming systems operation has been defined by groups of farmers. We found that these models contained both collective and individual contributions on common problems like weed management, which made it possible to enhance each participant's knowledge on different topics. In addition, some of the elements present in the maps helped the participants better position their strategies within a range of possibilities. Furthermore, the formalizing process made it possible to identify vicious circles and regulatory loops in the operation of the livestock farming systems. Farmers were then able to think about solutions for breaking the vicious circles and reinforcing the positive loops. Finally, analysis of the map structures surfaced similarities and differences in the representations built by the two groups of farmers, which could then be discussed with all the participating farmers as a way to foster collective thinking.

As we assume that fostering individual and collective thinking about the operation of livestock farming systems is a good way to support the redesign process, our hypothesis that participatory modelling of livestock farming systems within groups of farmers facing the same redesign issue would support their redesign processes was validated. The participatory modelling methodology we proposed can therefore be seen as a basis for revisiting existing methodologies in both livestock farming systems research and agricultural extension as a way forward towards greater farmer empowerment.

5. Acknowledgements

The authors wish to thank all the farmers, extensionists and representatives of the milk plant who participated in the programme. This work was funded by the SAD (Science for Action and Development) department of the French National Institute for Agricultural Research (INRA) and by the Education and Research Directorate (DGER) of the French Ministry of Agriculture and Fisheries.

6. References

- Antona M., D'Aquino P., Aubert S., Barreteau O., Boissau S., Bousquet F., Daré W., Etienne M., Le Page C., Mathevet R., Trébuil G., Weber J. (2005) La modélisation comme outil d'accompagnement, *Natures Sciences Sociétés* 13, 165-168.
- Bernet T., Ortiz O., Estrada R.D., Quiroz R., Swinton S.M. (2001) Tailoring agricultural extension to different production contexts: a user-friendly farm-household model to improve decision-making for participatory research, *Agricultural Systems* 69, 183-198.

- Cabrera V.E., Breuer N.E., Hildebrand P.E. (2008) Participatory modeling in dairy farm systems: a method for building consensual environmental sustainability using seasonal climate forecasts, *Climatic Change* 89, 395-409.
- Cerf M., Mathieu A., Béguin P., Thiery O. (2008) A collective analysis of co-design projects, 8th European IFSA Symposium, Clermont-Ferrand.
- Cossette P., Audet M. (1992) Mapping of an idiosyncratic schema, *Journal of Management Studies* 29, 325-347.
- Darré J.P., Mathieu A., Lasseur J. (2004) Le sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes, Institut national de la recherche agronomique, Paris.
- Dedieu B., Faverdin P., Dourmad J.-Y., Gibon A. (2008) Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage, *INRA Productions Animales* 21, 15-58.
- Eden C. (2004) Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems, *European Journal of Operational Research* 159, 673-686.
- Eksvärd K. (2009) Exploring new ways. Systemic research transitions for agricultural sustainability. Doctoral thesis, Department of Rural and Urban Development, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Uppsala.
- Fairweather J.R., Hunt L.M. (2009) Can farmers map their farm system? Causal mapping and the sustainability of sheep/beef farms in New Zealand, *Agriculture and Human Values*, doi: 10.1007/s10460-009-9252-3.
- Gibon A., Sibbald A.R., Flamant J.C., Lhoste P., Revilla R., Rubino R., Sørensen J.T. (1999) Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming, *Livestock Production Science* 61, 121-137.
- Girard N., Navarrete M. (2005) Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques? L'exemple des cultures du safran et de la truffe, *Natures Sciences Sociétés* 13, 33-44.
- Goulet F., Pervanchon F., Conteau C., Cerf M. (2008) Les agriculteurs innovent par eux-mêmes pour leurs systèmes de culture, in: R. Reau, T. Doré (Eds.), *Systèmes de culture innovants et durables*, Transversales, Educagri Editions, Dijon, pp. 59-67.
- Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (2010) Building causal maps of livestock farming systems using a participatory method with dairy farmers, 9th European IFSA Symposium, Vienna.
- Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted) Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review, *Animal*.
- Hoffmann V., Probst K., Christinck A. (2007) Farmers and researchers: How can collaborative advantages be created in participatory research and technology development?, *Agriculture and Human Values* 24, 355-368.
- IAASTD (2008) *Agriculture at a Crossroads: Synthesis Report of the International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development*, Washington DC.
- Jiggins J., Röling N. (1997) Action research in natural resource management: Marginal in the first paradigm, core in the second, *Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.* 30, 151-167.
- Lamine C., Bellon S. (2009) Conversion to organic farming: a multidimensional research object at the crossroads of agricultural and social sciences. A review, *Agronomy for Sustainable Development* 29, 97-112.
- Legay J.M. (1997) *L'expérience et le modèle: Un discours sur la méthode*, INRA Editions, Paris.

- Malézieux E., Trébuil G., Trébuil M., Jaeger M. (2001) Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision, Editions Quae, Montpellier.
- McCown R.L. (2002) Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects, *Agricultural Systems* 74, 179-220.
- Meynard J.M., Aggeri F., Coulon J.B., Habib R. (2006) Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Working group report, September 2006, 71 p.
- Prell C., Hubacek K., Reed M., Quinn C., Jin N., Holden J., Burt T., Kirby M., Sendzimir J. (2007) If you have a hammer everything looks like a nail: 'traditional' versus participatory model building, *Interdisciplinary Science Reviews* 32, 1-20.
- Schnelle E. (1979) The Metaplan-Method: Communication tools for planning and learning groups. Metaplan Series 7, Metaplan GmbH, Quickborn.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., De Haan C. (2006) Livestock's long shadow, *Environmental issues and options*, FAO, Rome.
- Vaarst M. (2007) Participatory common learning in groups of dairy farmers in Uganda (FFS approach) and Danish Stable Schools. Master's thesis, Department of Ethnography and Social Anthropology, University of Aarhus, Aarhus.
- Vanloqueren G., Baret P.V. (2009) How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations, *Research Policy* 38, 971-983.
- Vayssières J., Lecomte P., Guerrin F., Nidumolu U.B. (2007) Modelling farmers' action: decision rules capture methodology and formalisation structure: a case of biomass flow operations in dairy farms of a tropical island, *Animal* 1, 716-733.
- Vinck D. (1999) Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales., *Revue française de sociologie* 40, 385-414.
- Voiniv A., Bousquet F. (2010) Modelling with stakeholders, *Environmental Modelling & Software*, doi:10.1016/j.envsoft.2010.03.007.

CHAPITRE VI

Les résultats sur le pôle des connaissances :

**Le contenu des cartes causales
construites avec les éleveurs
apporte de nouvelles perspectives
aux modélisateurs du fonctionnement
des systèmes d'élevage**

A. Résumé

Ce chapitre repose sur l'article suivant, soumis à la revue *Agronomy for Sustainable Development* :

Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted c) Participatory modelling within farmer groups: a way for researchers to build more integrated models of livestock farming systems, *Agronomy for Sustainable Development*.

Dans ce chapitre, je teste l'hypothèse selon laquelle les produits du processus de modélisation participative avec les éleveurs, i.e. les deux cartes causales, contiennent des représentations du fonctionnement des systèmes d'élevage originales et susceptibles de fournir aux chercheurs des pistes pour construire des modèles de systèmes d'élevage plus intégrés, c'est-à-dire des modèles qui articulent mieux différents sous-systèmes, différentes échelles de temps et différents points de vue disciplinaires. Ces enjeux d'« intégration » sont importants pour mieux accompagner les processus de conception de systèmes d'élevage innovants (chapitre III).

Pour cela, j'ai analysé le contenu des deux cartes causales issues des ateliers participatifs avec les deux groupes d'éleveurs, de manière à pouvoir le comparer aux modèles de systèmes d'élevage disponibles dans la littérature (chapitre III). J'ai ainsi caractérisé les items des deux cartes causales en leur appliquant une grille d'analyse issue de celle construite pour caractériser les modèles de systèmes d'élevage existants, présentée dans le chapitre III. J'ai également réalisé une analyse de la structure de chaque carte en différents « clusters », puis j'ai croisé ces deux types d'analyses. Les clusters sont des groupes d'items étroitement interconnectés les uns aux autres et faiblement reliés aux items des autres clusters. Chaque carte peut être décrite par un ensemble de clusters, qui en constituent une partition.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- (i) Tous les points de vue disciplinaires, toutes les échelles de temps, et tous les sous-systèmes pris en charge par les modèles de la littérature (listés dans le Tableau III.1.a) ont des items qui leur sont rattachés dans chacune des deux cartes causales. Les cartes causales matérialisent donc une vision globale des systèmes d'élevage. Certains items et certains sous-systèmes identifiés dans les cartes n'ont en outre pas encore été décrits dans la littérature sur les systèmes d'élevage, par exemple un « sous-système des relations sociales avec l'environnement de l'exploitation ».
- (ii) Les deux cartes lient intimement le fonctionnement du troupeau et le système fourrager au sein d'un même cluster centré sur le complexe « alimentation – santé des vaches – production laitière ». Une réelle intégration de ces différents volets au sein d'un même modèle est plutôt rare dans la littérature sur les modèles de systèmes d'élevage, et les deux cartes construites avec les éleveurs me semblent en être des exemples intéressants.
- (iii) Des relations claires ont été identifiées au sein d'une des deux cartes entre les performances de reproduction des vaches d'une part et l'organisation du travail et la configuration de l'exploitation d'autre part, suggérant que la modélisation participative peut également mettre en évidence des liens entre des objets qui sont traditionnellement pris en charge par des disciplines différentes.

B. Participatory modelling within farmer groups: a way for researchers to build more integrated models of livestock farming systems

L. GOUTTENOIRE^{a,b,c,d*}, S. COURNUT^{b,a,c,d}, S. INGRANDA^{a,b,c,d}

a INRA, UMR Métafort, F-63100 CLERMONT-FERRAND

b Clermont Université, VetAgro Sup, UMR 1273, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND

c AgroParisTech, UMR 1273, BP 90054, F-63172 AUBIERE

d Cemagref, UMR 1273, BP 50085, F-63172 AUBIERE

* Corresponding author: lucie.gouttenoire@clermont.inra.fr

Article submitted to *Agronomy for Sustainable Development*.

Abstract – Designing or redesigning farming systems is a new challenge for agricultural science in its move towards greater sustainability. Systemic modelling is a tool commonly used to address this challenge. In previous work we devised and applied a participatory modelling method based on causal mapping to two local groups of dairy farmers converting and converted to organic farming, and showed that the process of participatory modelling within farmer groups could be used advantageously to support them in redesigning their livestock farming systems. Here we went on to test the hypothesis that the products of such a process, i.e. causal maps of livestock farming systems operation, would contain novel representations that might also help scientists to build more integrated models of livestock farming systems, on the assumption that these could prove useful for supporting design or redesign of livestock farming systems. We analysed map content to draw parallels with published models of livestock farming systems. We found the maps comprised items with various disciplinary viewpoints, time scales and subsystems of the whole livestock farming system. Some of their subsystems and items were not yet described in the literature on livestock farming systems. Both maps closely integrated the herd operation and forage system in a particular cluster centred on the feeding-health-production complex. These views of livestock farming systems thus offer clues for building more global and more fully integrated models. Lastly, relationships were identified in the maps linking work organisation and farm configuration to reproductive performance, showing that participatory modelling can also hint at links, to be documented, between research objects usually analysed separately in different disciplines. This work thus offers new prospects for representing livestock farming systems more holistically.

Keywords Livestock farming systems; Modelling; Organic farming; Herd operation; Forage system; Cows health

1. Introduction

Faced with increasingly complex systems, agricultural science has had to develop methods and tools, such as systemic modelling, to support various stakeholders in achieving integrated, sustainable management of all the resources of the environment (Malézieux et al., 2001). Among the new challenges agricultural science is facing, designing innovative farming systems has been widely encouraged as a way to promote the contribution made by farming to sustainable development, for example by the French National Institute for Agricultural Research (Meynard et al., 2006), or internationally by the recent emergence of a 'Farming Systems Design' (FSD) community organising biannual symposia (Donatelli et al., 2007; Hatfield and Hanson, 2009). Different ways of designing innovative farming systems have been identified, using various research approaches such as systemic modelling, experimenting, and/or prototyping, sometimes in combination (Kropff et al., 2001; Sterk et al., 2007). In particular, systemic modelling has been widely used and has proved efficient (Le Gal et al., 2010). Within the FSD community, some authors have also made a distinction between 'design' and 'redesign': 'redesign' is seen as a way of innovating from existing farming systems to be analysed and improved, whereas 'design' is associated with *in silico* approaches (Bellon et al., 2007). These last authors also linked their interpretation of 'redesign' to the 'R' (Redesign) in Hill and MacRae's ESR model (1995). This model identifies three different approaches to achieve transitions from conventional to sustainable agriculture: (i) improving input Efficiency, (ii) managing input Substitution, and (iii) carrying through system Redesign (Hill and MacRae, *ibid.*).

To address questions of design or redesign of agricultural farming systems, some authors have emphasised the need to build integrated models at the farm scale (Dedieu et al., 2008; Le Gal et al., 2010). We made a literature review of all livestock farming system models published from 2000 to mid-2009 in English or in French in a journal referenced in the *Journal of Citations Reports* ($n = 79$) (Gouttenoire et al., submitted a). Our objective was to analyse their strengths and weaknesses to support farmers in the redesigning of their whole livestock farming systems. Consistent rationales in approaches to supporting changes in livestock farming were identified in three different groups of models. We showed that none of these three main types of modelling rationales (which were not conceived for that purpose) was perfectly adapted to supporting farmers in redesigning their livestock farming systems, as the following four conditions were never all fully met: (i) modelling at the farm scale, (ii) addressing the long-term perspective, (iii) considering in-depth changes that require questioning the system's consistencies, and (iv) including terms that are relevant for farmers' decision-making. Meeting these four conditions would require progress in integrating different time scales, different subsystems and different disciplinary viewpoints in the same model. We also observed that in none of the collected models did farmers' participation truly structure the representation of livestock farming system operation (Gouttenoire et al., *ibid.*).

In this work, we hypothesised that models built in a participatory way with farmers would contain novel representations of the livestock farming system operation that could help scientists to achieve better integration in their models. Some previous studies already supported this hypothesis. For example, Darré et al. (2004) consider that farmers in a local professional group share some socially constructed 'forms of knowledge' that are intrinsically different from scientific knowledge and can help researchers gain a better understanding of farmers' ways of thinking and the reasons for their livestock practices. Elsewhere, Hoffmann et al. (2007) focus on the 'innovative power of farmer research and experimentation'. These authors insist on the fact that farmers' and scientists' research

approaches are different and that it is advantageous to consider them as such and let them interact, so as to benefit from both. Finally, from two studies based on the cases of saffron cultivation in south-western France and French truffle production, it was shown that new agronomic knowledge could be drawn from synergy between scientific knowledge and the empirical knowledge of producers (Girard and Navarrete, 2005).

To test our hypothesis, we devised and applied a participatory modelling method to two local groups of dairy farmers made up of farmers both converting and converted to organic farming. Converting to organic farming was seen as one example of a redesign process. Two conceptual models of livestock farming system operation were built with the farmers. First (Gouttenoire et al., submitted b) we focused on the modelling process and its benefits for the participating farmers in their redesign situation. Here we analyse the products obtained from the modelling process, i.e. the two conceptual models, and their utility for livestock farming system modellers seeking to build more fully integrated models of livestock farming systems. We begin by describing how we built the two conceptual models with the farmers. We then describe how we carried out our analysis to draw parallels between the content of these two models and the livestock farming system models already described in the literature.

2. Materials and methods

a. Two causal maps built with and by dairy farmers

A cognitive map is a 'graphic representation of a set of discursive representations made by a subject with regard to an object in the context of a particular interaction. It is the work of a researcher who constructs a graphical representation of a discourse uttered or written by a subject' (Cossette and Audet, 1992). A causal map is a cognitive map based on formalising causal relationships (cause/consequence or means/goal) uttered by one or more subjects. Graphically, the causal relationships are represented by arrows connecting an influencing item to an influenced one. A causal map can thus be seen as a conceptual model of the object it is designed to represent.

Two causal maps of livestock farming system operation were built in participatory modelling workshops. Each map was defined by a specific group of about five French dairy farmers in the Pilat region (Regional Natural Park, Eastern Massif Central). In each group, there were farmers both converting and already converted to organic farming. Excerpts from the maps we built are shown in Figs. VI.1, VI.2 and VI.3. For each group, the modelling process was based on a specific list of five items concerning the livestock farming system operation (see Table VI.1). These initiating items had been identified from previous on-farm surveys and workshops. They were all spontaneously formulated by the farmers themselves as items relevant to dealing with a redesign issue such as converting to organic farming. Also, as they were to operate as modelling kernels, they had to be topically as different as possible. For more information about our participatory modelling method, see Gouttenoire et al. (submitted b).

During the participatory modelling workshops farmers were asked to identify all the influenced and influencing items for each item in Table VI.1, and author LG noted these new items with arrows on different sheets of paper (one sheet per item in Table VI.1). The same exercise was then done with all the new items that appeared during this first step and so on until the farmers were satisfied with the content of every sheet. After these modelling workshops, on the basis of the items that appeared

several times, author LG aggregated the items on the different sheets of paper to form a single causal map per group of farmers. The first map comprised 178 items and 304 links, the second map 128 items and 181 links.

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5
Group 1	Healthy cows	Long-term investing	Farmer well-being	Unpredictable harvesting conditions	Good public image
Group 2	Low ecological footprint	Early harvesting of grass	Economical milk production	High pasture herbage yield	Well-managed breeding programme

Table VI.1. Items used in each group to initiate the participatory modelling process.

b. Comparing the causal maps with other models of livestock farming systems

First we characterised all the items in the two causal maps according to disciplinary viewpoints endorsed, subsystems of the whole livestock farming system and time scales implied. This analysis was based on modalities that had been previously defined for a literature review of livestock farming system models. We then described the structure of the two causal maps by identifying groups of strongly interrelated items. Last we analysed the groups of items we obtained according to the modalities their constitutive items were assigned in the first step. In this way we characterised how the different elements of a livestock farming system, as classically described by modellers, were integrated within the causal maps built with farmers.

1. Characterising item diversity in the maps

The three present authors characterised all the items in the two causal maps according to terms that were relevant to comparing the causal maps with previously published models of livestock farming systems. All three authors were animal scientists specialised in livestock farming systems. Two of them had already built models of livestock farming systems (Ingrand et al., 2003; Cournut and Dedieu, 2004), and all three had a thorough knowledge of livestock farming system models, updated through conducting a literature review (Gouttenoire et al., submitted a).

Two criteria were considered for each item: (i) the type of disciplinary viewpoint it entailed (criterion 'viewpoint'), and (ii) the subsystem of the whole livestock farming system it belonged to (criterion 'subsystem'). In the literature review cited above (Gouttenoire et al., *ibid*), a list of modalities had been defined iteratively for each of these two criteria as the literature was read (Table VI.2). Characterising the items in the two causal maps was first based on these two lists of modalities. However, some changes had to be made to these first two lists of modalities to improve the characterisation of the items in the two causal maps. As they give relevant information about the content of the two causal maps compared with previously published models, these changes will be described in Results and Discussion.

Criterion 'viewpoint'		Criterion 'subsystem'	
Modality	Description	Modality	Description
Prod	Production	For	Forage system
Eco	Economy	Herd	Herd operation
Enviro	Environment	Om	Organic matter management system
Sustain	Sustainability as a whole	Farm	Farm system as a whole
SocSustain	Social Sustainability		
San	Animal health		
Work	Work Organisation		

Table VI.2. Modalities defined for criteria 'viewpoint' and 'subsystem' to characterise livestock farming system models in a literature review. Source: (Gouttenoire et al., submitted a).

Each author then assigned one or more modalities (from the new lists) for each of the two criteria 'viewpoint' and 'subsystem' to every item in the two causal maps. The synthesis of this triple-blind process was based on retaining the classification of item i in modality m if and only if at least two persons out of three had placed it in that modality. The two maps were also qualitatively characterised according to the different time scales involved.

2. Clustering the maps

To analyse and describe the map structure, we used the cluster-detecting option of the *Decision Explorer* software (Eden, 2004). Clusters may be separable to ranging degrees from other parts of the map. Detecting clusters is based on looking at each item and its immediate context of items and assigning it a similarity rating, known as the Jaccard coefficient. Clusters are formed stepwise by placing relatively similar items into the same cluster until a set level of dissimilarity has been reached. Each item is placed in a single cluster. The purpose is to find clusters where the items in each cluster are closely linked to one another (similar) and the number of arrows connecting them to other clusters is minimised. This analysis identifies those parts of a map that are relatively insensitive to small changes in the structure of the map (Eden, *ibid.*) (Table VI.3). Isolating some 'decision fields' that can be treated as independently as possible can be seen as a way to overcome the limitations of human cognitive capacities to address complex issues (Sebillotte and Soler, 1990). Identified clusters in a causal map can help characterise possible sets of such decision fields.

Once clusters had been identified in the two maps using the software, we characterised each cluster obtained by defining its most representative items. We selected as representative items all the items in the cluster that met the following two conditions: (i) 'intracluster ratio' (defined in Table VI.3) equal to or higher than $2/3$, ruling out items mainly linked to unspecific topics in their cluster; to have a high enough denominator for this ratio to remain significant, we considered only items that were directly connected to at least four other items ('domain score', Table VI.3), and (ii) item centrality (defined in Table VI.3) equal to or higher than the median centrality score for all items in the whole map; this condition enabled us to simplify our way of characterising the clusters by retaining only the most structuring items in our lists of representative items for each cluster.

	Definition	Interpretation
Cluster	<ul style="list-style-type: none"> • A group of strongly interrelated items with few links to items in other clusters • The clusters of a map partition it: each item in the map belongs to a single cluster 	Clusters can be seen as variably independent decision fields within the map
Intracluster ratio	<ul style="list-style-type: none"> • Can be calculated for every item in a map • The ratio (number of intra-cluster arrows) to (total number of intra-cluster arrows + inter-cluster arrows) • An 'intra-cluster arrow' is an arrow that links one item to another item in the same cluster; an inter-cluster arrow links an item to another item in a different cluster 	A high intracluster ratio means that the item in question is highly representative of the topics raised in the cluster it belongs to
Domain score	<ul style="list-style-type: none"> • Can be calculated for every item in a map • The total number of direct links that connect an item to other items in the map, irrespective of the arrow's orientation 	<ul style="list-style-type: none"> • Denominator of the intracluster ratio • An indicator of item's importance in the map, but less informative than centrality score (indirect links not taken into account)
Centrality score	<ul style="list-style-type: none"> • Can be calculated for every item in a map • Each item directly linked to the item in question is given a weight of 1, items in the next layer out are given a weight of 1/2, the next layer is given a weight of 1/3, and so on up to the seventh level. The factors are summed to give the centrality score 	The more central the item, the more significant its place in the map

Table VI.3. Some tools used to analyse a causal map with the *Decision Explorer* software.

3. Analysing the clusters with criteria 'viewpoint' and 'subsystem'

The clusters of the two maps were compared according to the modalities of criteria 'viewpoint' and 'subsystem' assigned to their representative items. We investigated whether similar clusters could be found on this basis between the two maps. We assumed that such similar clusters would convey robust ideas for representing the operation of livestock farming systems. The similar clusters we found were therefore described in more detail and analysed against the literature on livestock farming systems dealing with ideas similar to those contained in these clusters. We also looked for novel combinations of modalities of criteria 'viewpoint' and 'subsystem' within the clusters. This analysis sought to identify novel links for livestock farming system research, and to discuss the utility of documenting them scientifically.

3. Results and discussion

a. A wide diversity of subsystems, disciplinary viewpoints and time scales

Characterising the items in the map according to the subsystems of the whole livestock farming system they belonged to, the disciplinary viewpoints they entailed and the time scales they involved required redefining some of the modalities that had been defined to characterise the models in the livestock farming system modelling literature (listed in Table VI.2). The resulting redefined modalities are given in Table VI.4.

First, modalities used for our literature review (Table VI.2) (Gouttenoire et al., submitted a) had been defined to characterise entire models. However, in the causal maps, we wanted to characterise items, i.e. elementary model elements. The modality 'Sustain' of criterion 'viewpoint' (Table VI.2) had been defined to characterise the models that endorsed viewpoints on economy, environment and social sustainability; the modality 'Farm' of criterion 'subsystem' (Table VI.2) had been defined to characterise the models that represented elements from both the forage system and the herd operation, and that represented more than just the organic matter management system. As they entailed a too-global view of the models to be applied to elementary items in the causal maps, these two modalities 'Sustain' and 'Farm' had to be removed from the lists, but the corresponding 'elementary modalities' of these two 'global modalities' were kept in the new lists of modalities, i.e. 'Eco', 'Enviro' and 'SocSustain' for 'Sustain', and 'For' and 'Herd' for 'Farm' (Table VI.4).

Second, the modalities of criterion 'subsystem' listed in Table VI.2 needed to be significantly modified, as the items in the causal maps could not be well described using them as they were. Some elements from the organic matter management system (criterion 'Om') were present in both maps, but they concerned few items, so it was not useful to consider them as forming a subsystem deserving to be taken into account separately from the herd operation and forage subsystems. We therefore decided to remove the 'Om' modality from the list and to assign both the 'Herd' and the 'For' modalities to all the items that concerned organic matter management in the maps. We also needed to define some new modalities for criterion 'subsystem' as many items fitted neither the 'Herd' nor the 'For' modalities. We therefore decided to create the three following new modalities (Table VI.4): 'Manag' for the management system of human, financial and material resources, 'Config' for the farm configuration (farm equipment, buildings and physical environment), and 'Rel' for the system of social relationships with the farm environment.

Last, all the disciplinary viewpoints endorsed in scientists' models (Table VI.2) were found to be represented in the two causal maps: viewpoints about production, economy, environment, social sustainability, animal health and work organisation were represented. There were even six items that could not be obviously characterised by any of these six modalities, as they carried novel ideas for the literature on livestock farming systems. The three present authors did not succeed in classifying them consensually, each having a different opinion on the 'right' modality for them. These items were the following: 'stress' (for the farmer), 'young farmer', 'pressure from neighbours' (to invest in farm equipment), 'influence from small economical production systems (like those in Switzerland)', 'self-oriented personality', and 'looking at the moon' (to seed at the right time). Apart from 'young farmer', the ideas they carried had not been expressed in the modelling literature read for our review (Gouttenoire et al., submitted a). Considerations of farmer age were found in Cabrera et al. (2005), where a model is described that dynamically accounts for the birth, age and death of

household members and for crop, livestock, and economic activities, so as to assess household welfare in limited-resource farms in Peru. However, to our knowledge, no such dynamic simulations of farm social sustainability have ever been carried out in the context of 'developed countries'.

Map	Number of items	Viewpoint						Subsystem				
		Prod	Eco	Enviro	SocSustain	San	Work	For	Herd	Manag	Config	Rel
1	178	88	29	15	38	21	41	70	41	54	32	31
2	128	91	26	15	11	20	18	55	46	30	12	11

**Reading key: Out of the 178 items that compose the first map, 88 are concerned by a productive viewpoint.*

'Prod', 'Eco', 'Enviro', 'SocSustain', 'San', 'Work', 'For' and 'Herd' are defined in Table VI.2.

'Manag' relates to the management system of human, financial and material resources.

'Config' relates to the farm configuration: farm equipment, buildings and physical environment.

'Rel' relates to the system of social relationships with the farm environment.

Table VI.4. Characterising the items in the two maps according to criteria 'viewpoint' and 'subsystem'. Modalities retained and distribution of the items of the two maps within these modalities.

Concerning time scales, there was a broad diversity of ways in which items were connected to time. Some items concerned the daily routine: 'healthy cows' or 'low protein and fat contents' for example can be assessed every day, as a routine check, the results of which can have various implications for farmer's decisions and actions over the following days or even for longer periods. Other items concerned events that could have major implications for the whole agricultural year, e.g. 'unpredictable harvesting conditions' or 'seeding at the right time'. Other items could have implications over longer periods, several years for example in the case of 'well-managed breeding programme', as herd dynamics are strongly impacted by reproductive performance. Some items referred to even longer periods, up to several decades, such as 'long-term investing'. Lastly there were items that referred to an indefinite future, such as 'difficulties to ensure farm succession'. Although it would be difficult to establish a limited number of assignable modalities to describe how time is taken into account in our causal maps, these results show that there are complex interrelationships in the maps between various events, time scales and considerations about both the present and the future. Different time scales, from passing events occurring within a single day to several decades, are thus intricately in the causal maps.

To sum up these first results, the views of livestock farming system operation contained in the causal maps were global in the sense that they contained elements from all subsystems, all disciplinary viewpoints and all time scales that were found in the modelling literature of livestock farming systems (Gouttenoire et al., submitted a). They also contained novel items with regard to disciplinary viewpoints and novel subsystems with regard to the livestock farming system modelling literature.

From a theoretical viewpoint, these results were not surprising. During the participatory modelling workshops, farmers were prompted to express items that would be helpful for action in their specific redesign situations. According to Alrøe and Kristensen (2002), representation, action and perception are closely interconnected in any cognitive system, whether that of farmers or researchers. As a consequence, farmers' representations of livestock farming translated into items in the causal maps

may have been strongly influenced by their everyday action on the farm in their redesign situations. As everyday action on a farm in a redesign situation is a complex problem, these representations were found to be spontaneously 'multi-criteria'. By contrast, researchers generally tend to address a single question per model they build, and they do this within a given disciplinary framework, although they sometimes add one or two other disciplinary viewpoints to their models. As a result, their models are less 'global' than our two causal maps.

From a practical viewpoint however, these results suggest that implementing participatory modelling projects with farmers would help researchers to build more global models of livestock farming systems. Our suggestion applies for example to researchers who want to build models as tools to design innovative livestock farming systems or to support farmers in their redesign situations. Our wish here is not to promote cumbersome all-purpose models of livestock farming, with as many details as possible, representing as many subsystems and time scales as possible, and endorsing as many viewpoints as possible. On the contrary, we are well aware that some research questions require reduced modelling approaches. Following Guerrin (2007), we believe that model relevance with regard to the question at hand is more important than the precision offered by numerous existing submodels or a hypothetical 'exhaustivity' in the submodels covered. We focused on the farm scale and on the diversity of viewpoints and time scales represented only insofar as this emphasis was relevant to designing or redesigning livestock farming systems. Also relevant for tools to support design or redesign processes of livestock farming systems is that they should be easily appropriable by farmers. Building them in a participatory way offers a clear advantage for achieving this objective.

b. The two causal maps described as collections of clusters

Four clusters were identified in the map built with the first group of farmers (Table VI.5), and five clusters in the map built with the second group (Table VI.6). The centrality scores (Table VI.3) in Tables VI.5 and VI.6 need to be analysed relative to other items in the same map: the median centrality score of the first map (44) is appreciably higher than that of the second map (24), so that there is no point in comparing centrality scores of two items belonging to different maps.

The two maps were built using different initiating items (Table VI.1). However, some similarities were found between the two maps. In the first map, the first cluster (which contains the most central representative items of the clusters of the map) deals with biotechnical issues such as cows' health, milk production and the feeding system. A cluster carrying similar elements can be found in the second map: this is cluster No. 2. As such elements are classically modelled by livestock farming system scientists, we decided to focus on these two clusters and compare their contents with previously published models of livestock farming systems. These results will be described in Section 3.c.1. In each map, there was also a cluster dealing with the relationships between the livestock farming system and its environment, for example ecological results or opinions of society. This is cluster No. 4 for the first map, and cluster No. 1 for the second map.

Besides these 'common clusters', the second cluster of the first map is particularly interesting. Through the items of this cluster, farmers can mainly think about long-term investing, especially in livestock buildings, the reasons for investing and the main consequences of investing. However, this cluster also contains representative items concerning cows' fecundity and time spent observing the cows, which may appear surprising. These links will be explored in more detail in Section 3.c.2. Last,

the third cluster of the first map mainly deals with farm configuration (farm size, altitude, farmer's personality, etc.) and its implications for the farming system and its products. Clusters Nos. 3, 4 and 5 of the second map are small clusters organised around one main topic per cluster, respectively pasture herbage yields, early harvesting of grass and breeding programme.

Cluster	Representative item in the cluster	Subsystem					Viewpoint					Centrality score	Domain score	Intracluster ratio	Number of items
		For	Herd	Manag	Config	Rel	Prod	Eco	Enviro	SocSustain	San				
1	Healthy cows		X				X				X	6	1	0.9	53
	Comfortable livestock building				X					X		6	1	0.7	
	Feed quality	X					X			X		6	1	0.9	
	Good milk production		X				X	X				5	6	0.7	
	Good rumination		X				X			X		5	5	1	
	Seeds well adapted to their environment	X					X					4	1	0.8	
	Fear of failing technically			X							X	4	6	1	
	Cows good appetite		X				X					4	4	1	
	Feed palatability	X					X					4	4	1	
2	Willing to improve quality of life			X							X	5	6	0.8	46
	Investing in livestock building			X	X			X				5	9	0.8	
	Need to generate more income from the farming activity			X				X				5	7	0.9	
	Long-term investing			X				X				5	9	0.7	
	Straw in sufficient quantity				X		X					5	4	0.8	
	Good fecundity		X				X					4	5	0.8	
	No financial breathing space			X				X				4	6	0.7	
	Time spent observing cows			X							X	4	4	1	
3	Good mountain hay				X		X					5	5	0.8	35
	Ownership of a round baler or a barn hay drying system				X			X		X		5	6	0.7	
	Being one's own boss			X					X	X		5	4	0.8	
	Feed self-sufficiency	X					X	X				4	6	0.8	
	Unpredictable harvesting dates	X					X					4	6	0.7	
	Hay-based farming system	X					X					4	4	1	
	Altitude				X		X					4	6	1	
4	Good public image					X			X			6	1	0.9	44
	Weeds	X					X					5	1	0.8	
	Biodiversity	X				X			X			4	4	0.8	
	Opportunities to enter into conversation with rambles					X			X			4	7	1	
	Rumex	X					X					4	5	0.8	
	Bad image of pollution					X			X			4	6	1	
	Seed dissemination	X					X					4	6	1	

See Tables VI.2 and VI.4 for a full description of the modalities, and Table VI.3 for explanations of centrality score, domain score and intracluster ratio.

Table VI.5. Representative items of each cluster in the first group's map.

Cluster	Representative item of the cluster	Subsystem					Viewpoint					Centrality	Domain	Intracluster	Number of items
		For	Herd	Manag	Config	Rel	Prod	Eco	Enviro	SocSustain	San				
1	Use of fossil energy			X			X	X	X			3	7	1	41
	Low ecological footprint					X		X	X			3	1	1	
	Artificial nitrogen fertilisers	X					X		X			3	6	0.8	
	Running engines				X				X			3	4	1	
	Work load			X							X	3	4	1	
	Barn hay drying system	X			X		X	X				3	4	0.8	
	Solar panels				X				X			2	5	1	
	High quantity of nitrogen in manure	X					X		X			2	4	0.8	
	Use of alternative medicine: homeopathy, aromatherapy		X								X	2	4	1	
2	Feed quality	X					X				X	3	6	0.7	36
	Healthy cows		X				X				X	3	1	1	
	Good milk production		X				X	X				3	5	1	
	Feed self-sufficiency	X					X	X				3	5	0.8	
	Economical milk production		X	X			X	X				2	5	1	
	Farmer with too little care for livestock			X			X				X	2	5	1	
	Farmer with too little care for agronomy			X			X				X	2	5	1	
	Avoiding herd ageing as a strategy		X				X					2	4	1	
	Culling cows		X				X					2	4	0.8	
3	High pasture herbage yield	X					X					3	1	0.9	26
	Hay meadows	X					X					3	6	1	
	Spread yields	X					X					2	4	1	
4	Early harvesting of grass	X					X					3	9	0.9	10
5	Well-managed breeding programme		X				X					3	9	0.7	15
	Compact calving dates		X	X			X				X	2	6	0.8	

See Tables VI.2 and VI.4 for a full description of the modalities, and Table VI.3 for explanations of centrality score, domain score and intracluster ratio.

Table VI.6. Representative items of each cluster in the second group's map.

c. Challenging models of livestock farming systems

1. Biotechnical clusters that intimately associate herd operation and forage system; productive and sanitary viewpoints

Cluster No. 1 in map 1 and cluster No. 2 in map 2 hold the following common traits (Tables VI.5 and VI.6): (i) a strong productive viewpoint, (ii) representative items concerning the herd operation and representative items concerning the forage system, and (iii) the following three items: 'healthy cows', 'feed quality' and 'good milk production' as representative items.

With high centrality scores in each map, the three items 'healthy cows', 'feed quality' and 'good milk production' lay in both cases at the core of the livestock farming system as represented by the farmers. They are strongly interrelated as they belong to the same cluster and direct links connect them together (Fig. VI.1 and VI.2), which makes it possible to have elements from both herd operation and forage system intricately within the same cluster.

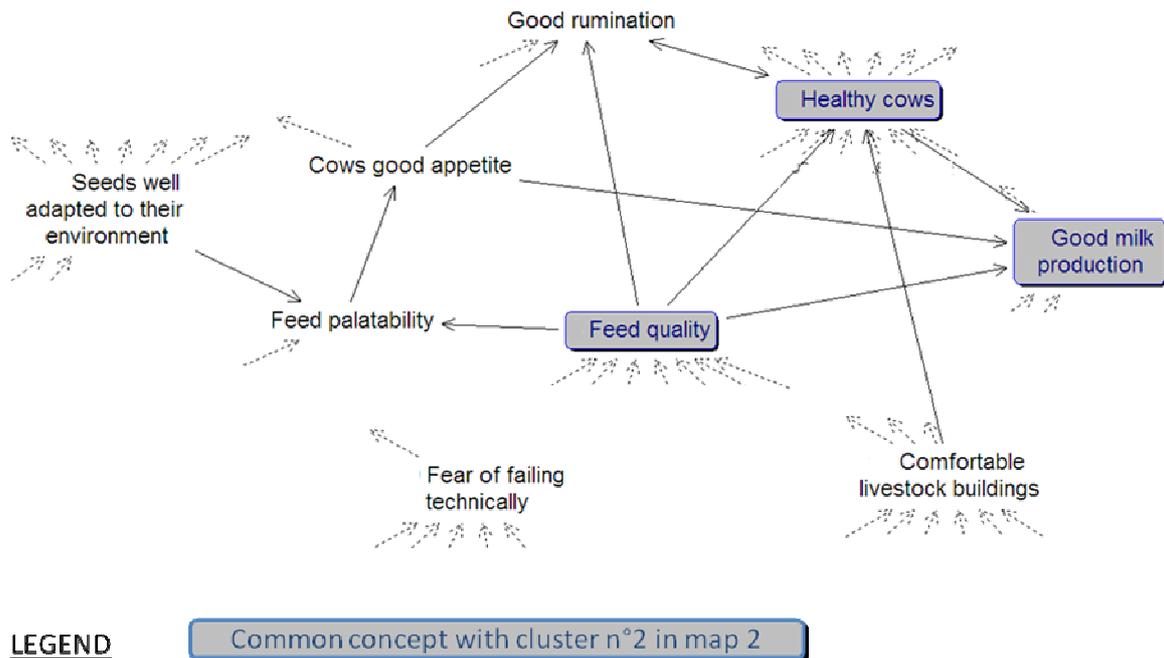


Figure VI.1. Representative items of cluster No. 1 in map 1 and their interrelationships.

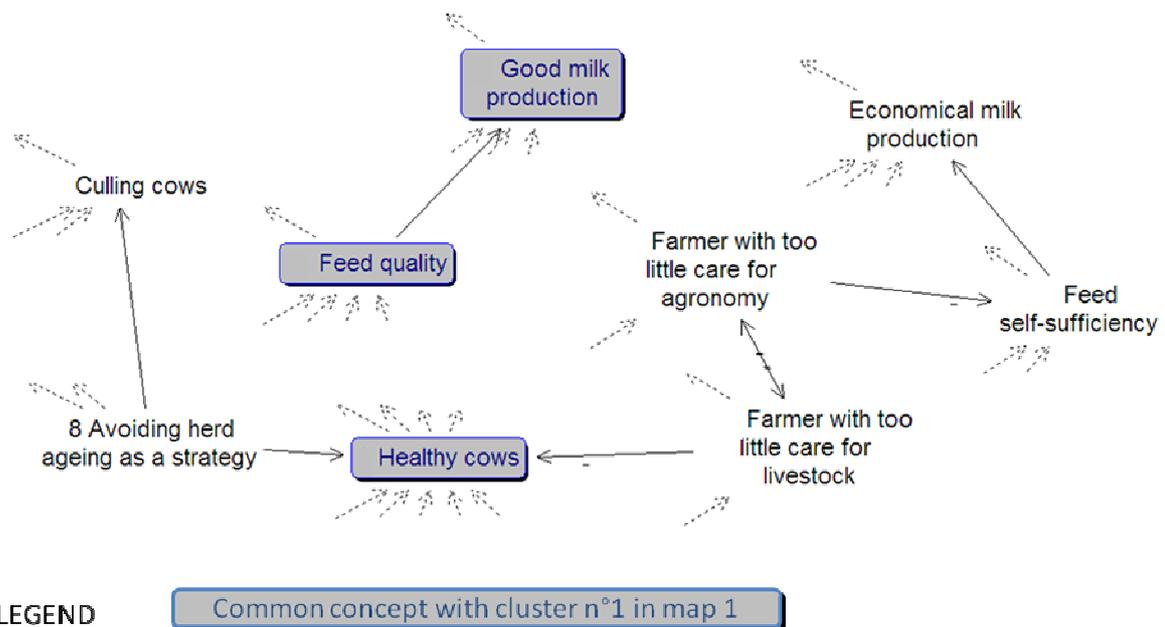


Figure VI.2. Representative items of cluster No. 2 in map 2 and their interrelationships.

Around 70% of livestock farming system models published in the literature give few details about farmers' decision-making processes: these are assumed either to consist in choosing some values associated with predefined operating rules, or to be dictated by profit maximisation objectives (Gouttenoire et al., submitted a). Out of this 70% of the whole collection of models, 12 models represent the farm management as planned by the farmers according to their general objectives (Gouttenoire et al., *ibid.*), which is a more comprehensive and detailed way to represent how farmers' decisions are arrived at, and also makes these 12 models more comparable to the causal maps than the others. Among these 12 models, the forage system and the herd operation are represented in separate models or separate submodels in most cases (Gouttenoire et al., *ibid.*). It is therefore difficult to comprehensively model for example the interactions between the herd operation and the crop-forage system in integrated crop-livestock systems, although many farming systems worldwide revolve around such interactions (Thornton and Herrero, 2001). Here we found that the herd operation and the forage system were closely integrated within the same cluster: this suggests that further participatory modelling with farmers could prove a promising way to achieve such progress in integrating herd operation and forage system in comprehensive livestock farming system operation models.

In addition, in both farmer groups, 'healthy cows' appeared as a very central item in the whole map, and representative items of our two 'common biotechnical clusters' were quite often associated with a sanitary viewpoint, especially in the first map. Health management is an important concern in organic dairy farming as the organic specifications limit the use of allopathic treatments. This constraint may be associated with greater concern for cows' health, which can help to explain high centrality of items concerned with a sanitary viewpoint in maps built with farmers applying the organic specifications. In such a setting, productive and sanitary viewpoints are closely interconnected. However, out of the 44 models of our literature review (Gouttenoire et al., submitted a), the main viewpoint of which was either productive or sanitary, only two jointly endorsed these two viewpoints. In (Kudahl et al., 2007), the model simulates the effect of paratuberculosis and different control strategies on dairy production. In Ostergaard et al. (2000), the model precisely represents the 'feeding-health-production complex' alluded to by the farmers in both groups through their three common items: 'feed quality', 'healthy cows' and 'good milk production'.

High centrality of these three common items was obtained in the two maps whether or not any of them had been introduced into the modelling process as an initiating item (Table VI.1): 'healthy cows' belonged to these initiating items for group 1 but not for group 2. For group 2, 'healthy cows' was spontaneously introduced by the farmers during the modelling process through the initiating item 'economical milk production', as farmers saw that healthy cows diminished veterinary costs. With the assumptions of Darré et al. (2004) on the validity domain of farmers' forms of knowledge, we concluded that thinking about the feeding-health-production complex should be of special relevance to all organic and converting farmers in the Pilat region who belonged to the same 'local professional group'. If similar results were to be found in different regions, the result could be generalised to a whole 'technical community' (Darré et al., *ibid.*). As a conclusion, our results suggest considering the feeding-health-production complex, as defined by Ostergaard et al. (2000), paying particular attention when processes to convert dairy farms to organic farming need to be carried through.

2. *Novel links between farm configuration and management and cows' fecundity*

As a biotechnical item belonging to the herd operation, it is at first sight surprising to find 'good fecundity' in cluster No. 2 of map 1, which mostly concerns the management of human, financial and material resources and the farm configuration (see Table VI.5). Instead 'good fecundity' might have been expected in cluster No. 1, i.e., the 'core biotechnical cluster' presented above. Fig. VI.3 helps us to understand how fecundity is also closely linked to questions about long-term investing and farm configuration.

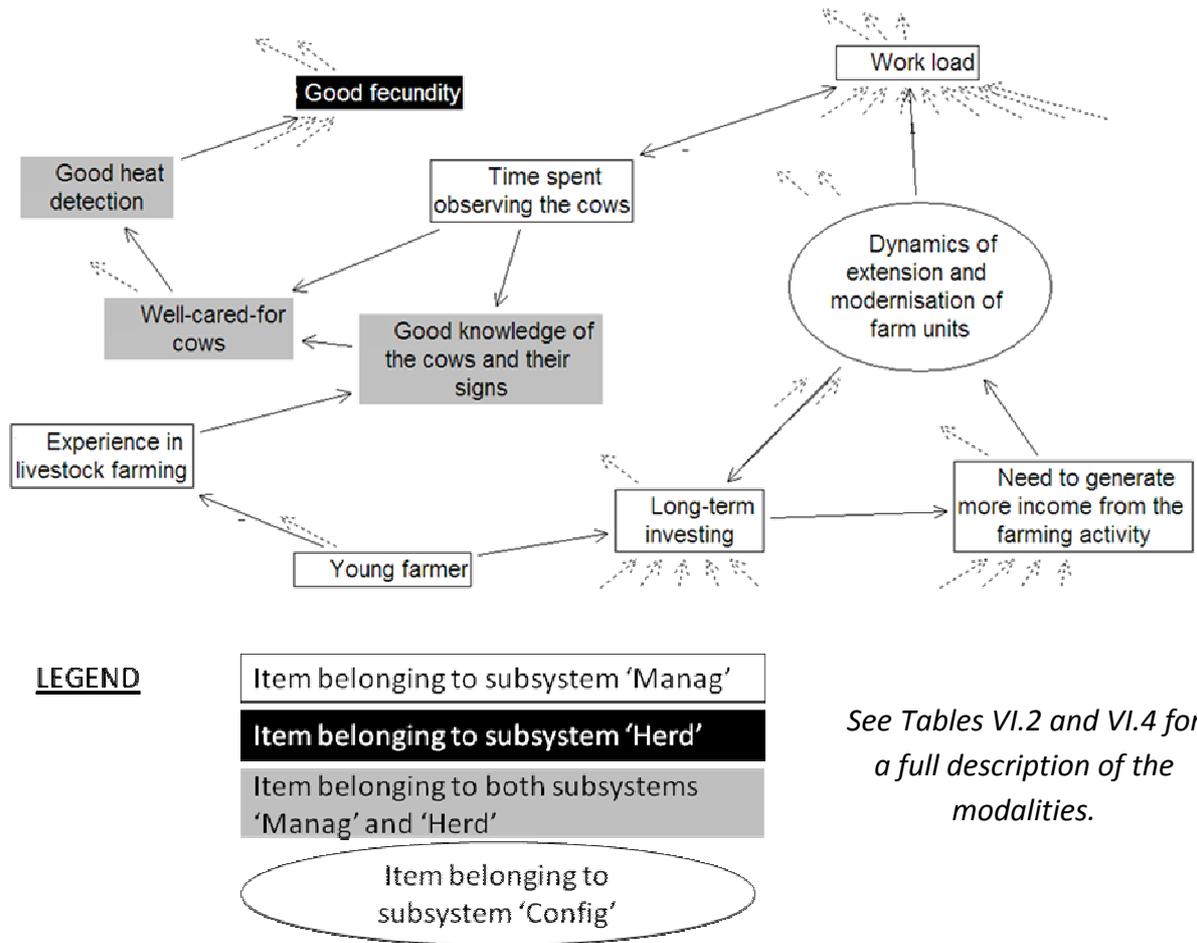


Figure VI.3. Cluster No. 2 of map 1 shows links between 'good fecundity' and the farm management and configuration.

Fig. VI.3 shows that, according to the farmers, heat detection and reproductive performance are directly linked to farmers taking good care of cows. These farmers' skills can be improved by time spent observing the cows, and by a good knowledge of cows and their signs. However, time spent observing the cows is shortened when work load is high, as when farmers are involved in dynamics of extension and modernisation of their farm units. Young farmers tend to be involved in such dynamics, linked to long-term investing, more often than older ones. In addition, they are less experienced and so have less knowledge of animals and their signs. As a result, being a young farmer

appears as a potential risk factor of poor reproductive performance. Analysing the subsystems represented in Fig. VI.3 finally shows that what links farm management and configuration to reproductive performance is farmers' ability to take good care of cows and to detect their heat.

In the literature on reproductive performance in dairy herds, variability in farmers' ability to detect heat has been recognized (Opsomer et al., 2004), and its consequences on the herd dynamics have even been recently modelled (Brun-Lafleur et al., 2010). However, up to now there has been more emphasis on the factors that can diminish heat expression: physiological factors (Cutullic et al., 2009), type of floor surface and foot problems (Opsomer et al., 2004) than on the managerial factors that can improve or impede heat detection by the farmers. Farmer's ability to detect heat has been analysed in terms of number of observations per day, time of day, time spent per observation, knowledge of primary and secondary signs of oestrus, and use of visual aids (Opsomer et al., *ibid.*). To our knowledge, there have been only very few studies devoted to analysing this variability as the result of interactions between cows, farmer and livestock farming systems (Disenhaus et al., 2010); factors such as work organisation, farm size, farmer age and rearing skills, and ways to reinforce them have been very rarely investigated in relation to heat detection performance. On the other hand, relationships between livestock farming system types, workforce and work organisation have been explored (Hostiou and Dedieu, 2009; Cournut and Hostiou, 2010), but in such studies there is little connection with biotechnical performance such as milk production and no connection at all with reproductive performance. The model of Martel et al. (2008) is the only one in our literature review (Gouttenoire et al., submitted a) that contains variables concerning both production and work organisation, but the direct connections between these two types of variable have been poorly explored. As a conclusion, Fig. VI.3 suggests that it would be useful to document features linking reproductive performance to work organisation and farm configuration, so as to improve reproductive performance in dairy herds. More generally, this result suggests that analysing work organisation can be useful to help us gain a better understanding of how biotechnical performance is built up in a farming system. Even more generally, it supports considering the livestock farming system as a whole for a better understanding of its performance.

4. Conclusion

The two causal maps of livestock farming system operation built with farmers for the present study were found to comprise items that concerned various disciplinary viewpoints, time scales and subsystems of the whole livestock farming system. In addition, some subsystems and some items were found to be novel to the livestock farming system literature. In addition, both maps closely integrated the herd operation and the forage system in a particular cluster centred on the feeding-health-production complex. These views of livestock farming systems can be useful to support researchers building more global and more fully integrated models of livestock farming systems, on the assumption that these soundly support the innovative design or redesign of livestock farming systems. Lastly, relationships were identified in the maps linking work organisation and farm configuration to reproductive performance, showing that participatory modelling can also suggest relevant links, to be documented, between research objects usually analysed separately by different disciplines. These findings support our hypothesis that models built in a participatory way with farmers contain novel representations of the livestock farming system operation that help scientists to achieve better integration in their models. This work thus offers new prospects to represent livestock farming systems more holistically.

5. Acknowledgements

This work was funded by the SAD (Science for Action and Development) department of the French National Institute for Agricultural Research (INRA) and by the Education and Research Directorate (DGER) of the French Ministry of Agriculture and Fisheries.

6. References

- Alrøe H.F., Kristensen E.S. (2002) Towards a systemic research methodology in agriculture: Rethinking the role of values in science, *Agriculture and Human Values* 19, 3-23.
- Bellon S., Bockstaller C., Fauriel J., Geniaux G., Lamine C. (2007) To design or to redesign: how can indicators contribute, in: M. Donatelli, J. Hatfield, A. Rizzoli (Eds.), *Farming Systems Design 2007: An International Symposium on Methodologies on Integrated Analysis on Farm Production Systems*, La Goliardica Pavese, Pavia, pp. 133-134.
- Brun-Lafleur L., Rellier J.P., Martin-Clouaire R., Faverdin P. (2010) A simulation model of dairy cows' herd with focus on the information system (SITEL), in: EAAP (Ed.) 61. Annual EAAP Meeting, Wageningen Academic Publisher, Heraklion, Crete Island, Greece, p. 245.
- Cabrera V.E., Hildebrand P.E., Jones J.W. (2005) Modelling the effect of household composition on the welfare of limited-resource farmers in Coastal Canete, Peru, *Agricultural Systems* 86, 207-222.
- Cossette P., Audet M. (1992) Mapping of an idiosyncratic schema, *Journal of Management Studies* 29, 325-347.
- Cournut S., Dedieu B. (2004) A discrete events simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years, *Animal Research* 53, 383-403.
- Cournut S., Hostiou N. (2010) Adaptations des systèmes bovin lait pour réduire la contrainte travail : une étude en Ségala (France), *Cah. Agric.* 19. DOI: 10.1684/agr.2010.0418.
- Cutullic E., Delaby L., Causeur D., Michel G., Disenhaus C. (2009) Hierarchy of factors affecting behavioural signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system, *Animal Reproduction Science* 113, 22-37.
- Darré J.P., Mathieu A., Lasseur J. (2004) Le sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes, Institut national de la recherche agronomique, Paris.
- Dedieu B., Faverdin P., Dourmad J.-Y., Gibon A. (2008) Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage, *INRA Productions Animales* 21, 15-58.
- Disenhaus C., Ponsart C., Cutullic E. (2010) La détection des chaleurs dans les troupeaux laitiers résulte des interactions entre la vache, l'éleveur et le système d'élevage, in: INRA, IE (Eds.), 17. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, Institut de l'Élevage, Paris (FRA), in press.
- Donatelli M., Hatfield J., Rizzoli A. (2007) *Farming Systems Design 2007: An International Symposium on Methodologies on Integrated Analysis on Farm Production Systems; 2007/09/10-12; Catania, La Goliardica Pavese, Pavia.*
- Eden C. (2004) Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems, *European Journal of Operational Research* 159, 673-686.
- Girard N., Navarrete M. (2005) Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques ? L'exemple des cultures du safran et de la truffe, *Natures Sciences Sociétés* 13, 33-44.
- Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted a) Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review, *Animal*.

- Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S. (submitted b) Participatory modelling within farmer groups: an innovative way to support the process of redesigning livestock farming systems, *Agronomy for Sustainable Development*.
- Guerrin F. (2007) Représentation des connaissances pour la décision et l'action, Université de la Réunion, La Réunion.
- Hatfield J.L., Hanson J.D. (2009) Farming Systems Design 2009: An International Symposium on Methodologies for Integrated Analysis of Farm Production Systems; 2009/08/23-26; Monterey, 2009 CDROM.
- Hill S.B., MacRae R.J. (1995) Conceptual frameworks for the transition from conventional to sustainable agriculture, *Journal of Sustainable Agriculture* 7, 81-87.
- Hoffmann V., Probst K., Christinck A. (2007) Farmers and researchers: How can collaborative advantages be created in participatory research and technology development?, *Agriculture and Human Values* 24, 355-368.
- Hostiou N., Dedieu B. (2009) Diversity of forage system work and adoption of intensive techniques in dairy cattle farms of Amazonia, *Agronomy for Sustainable Development* 29, 10.
- Ingrand S., Cournut S., Dedieu B., Antheaume F. (2003) Modelling beef herd management decisions, *INRA Productions Animales* 16, 263-270.
- Kropff M.J., Bouma J., Jones J.W. (2001) Systems approaches for the design of sustainable agro-ecosystems, *Agricultural Systems* 70, 369-393.
- Kudahl A.B., Ostergaard S., Sorensen J.T., Nielsen S.S. (2007) A stochastic model simulating paratuberculosis in a dairy herd, *Preventive Veterinary Medicine* 78, 97-117.
- Le Gal P.Y., Merot A., Moulin C.H., Navarrete M., Wery J. (2010) A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems, *Environmental Modelling & Software* 25, 258-268.
- Malézieux E., Trébuil G., Trébuil M., Jaeger M. (2001) Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision, Editions Quae, Montpellier.
- Martel G., Dedieu B., Dourmad J.Y. (2008) Simulation of sow herd dynamics with emphasis on performance and distribution of periodic task events, *Journal of Agricultural Science* 146, 365-380.
- Meynard J.M., Aggeri F., Coulon J.B., Habib R. (2006) Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Working group report, September 2006, 71 p.
- Opsomer G., Coryn M., de Kruif A. (2004) Postpartum anoestrus in high yielding dairy cows, *Vlaams Dier ge nees kun dig Tijd schrift* 73, 112-118.
- Ostergaard S., Sorensen J.T., Kristensen A.R. (2000) A stochastic model simulating the feeding-health-production complex in a dairy herd, *Journal of Dairy Science* 83, 721-733.
- Sebillotte M., Soler L.G. (1990) Les processus de decision des agriculteurs, in: J. Brossier, B. Vissac, J.L. Le Moigne (Eds.), *Seminaire du Departement de Recherches sur les Systemes Agraires et le Developpement*, INRA, Paris (FRA), pp. 93-117.
- Sterk B., van Ittersum M.K., Leeuwis C., Wijnands F.G. (2007) Prototyping and farm system modelling: Partners on the road towards more sustainable farm systems?, *European Journal of Agronomy* 26, 401-409.
- Thornton P.K., Herrero M. (2001) Integrated crop-livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment, *Agric. Syst.* 70, 581-602.

CHAPITRE VII

Discussion générale

A. Introduction

La démarche de modélisation participative que j'ai construite et testée repose sur une épistémologie constructiviste, ce qui rend l'approche de ma thèse originale en zootechnie des systèmes d'élevage. En effet, la zootechnie des systèmes d'élevage se positionne traditionnellement parmi les approches du type « systems as ontologies », définies comme l'ensemble des approches systémiques qui reposent sur une épistémologie positiviste (Ison, 2010). Les systèmes analysés, en l'occurrence les systèmes d'élevage, sont considérés comme faisant partie intégrante de la réalité objective et leur analyse vise à en révéler les fonctionnements, en vue de maîtriser et d'améliorer l'action de l'Homme sur ces systèmes (Ison, *ibid.*). Que l'on considère les bases théoriques initiales de la zootechnie des systèmes d'élevage, avec la théorie du système général (Le Moigne, 1978), ou encore les courants qui ont contribué à l'influencer et/ou qui l'influencent toujours, comme le courant « farming systems » (Merrill-Sands, 1986), ou, plus récemment, le courant « complex adaptive systems » (Darnhofer et al., 2010), cette discipline se situe sans ambiguïté dans la famille des approches « systems as ontologies » (Figure VII.1).

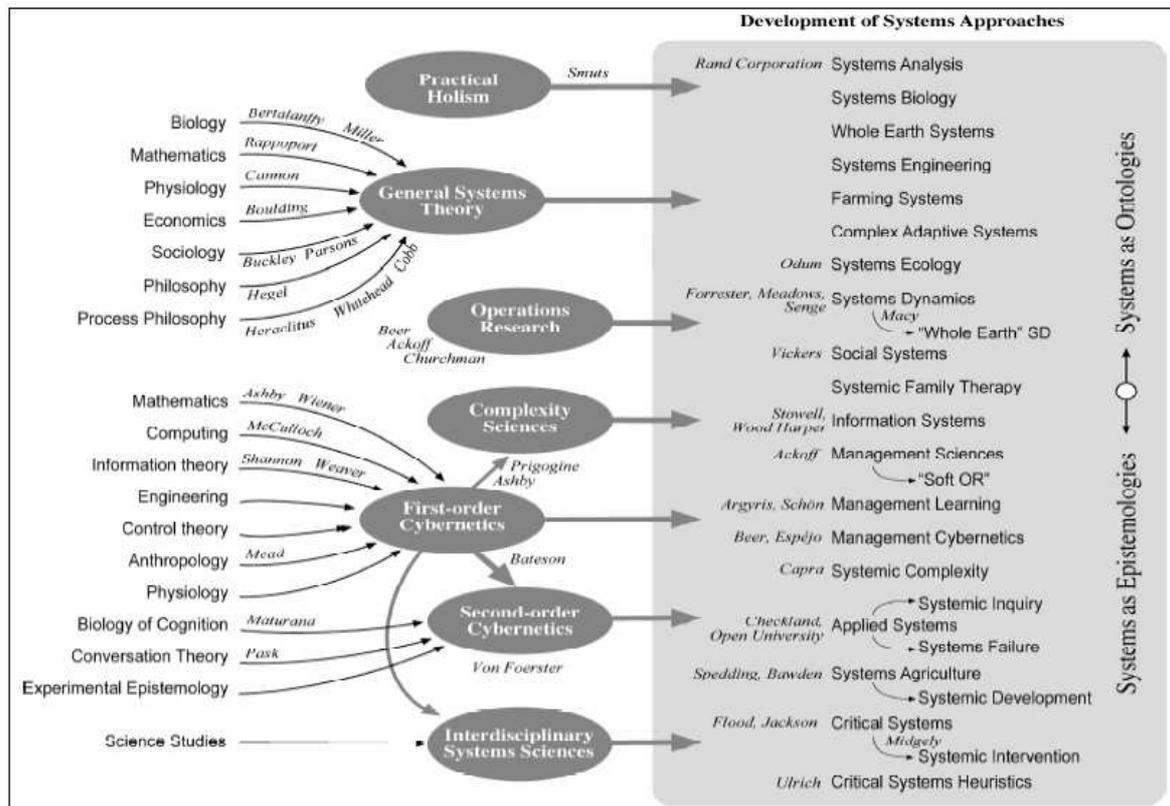


Figure VII.1. Un modèle des influences qui ont façonné les approches systémiques contemporaines, et de leurs différentes filiations. Source : (Ison, 2010).

L'approche mise en œuvre dans le cadre de ma thèse est du type « systems as epistemologies » : il s'agit d'appliquer le concept de « système » aux *situations* sur lesquelles on intervient (Figure VII.2), dans l'optique d'un apprentissage sur ces situations, tant pour les acteurs que pour les chercheurs qui organisent cette exploration.

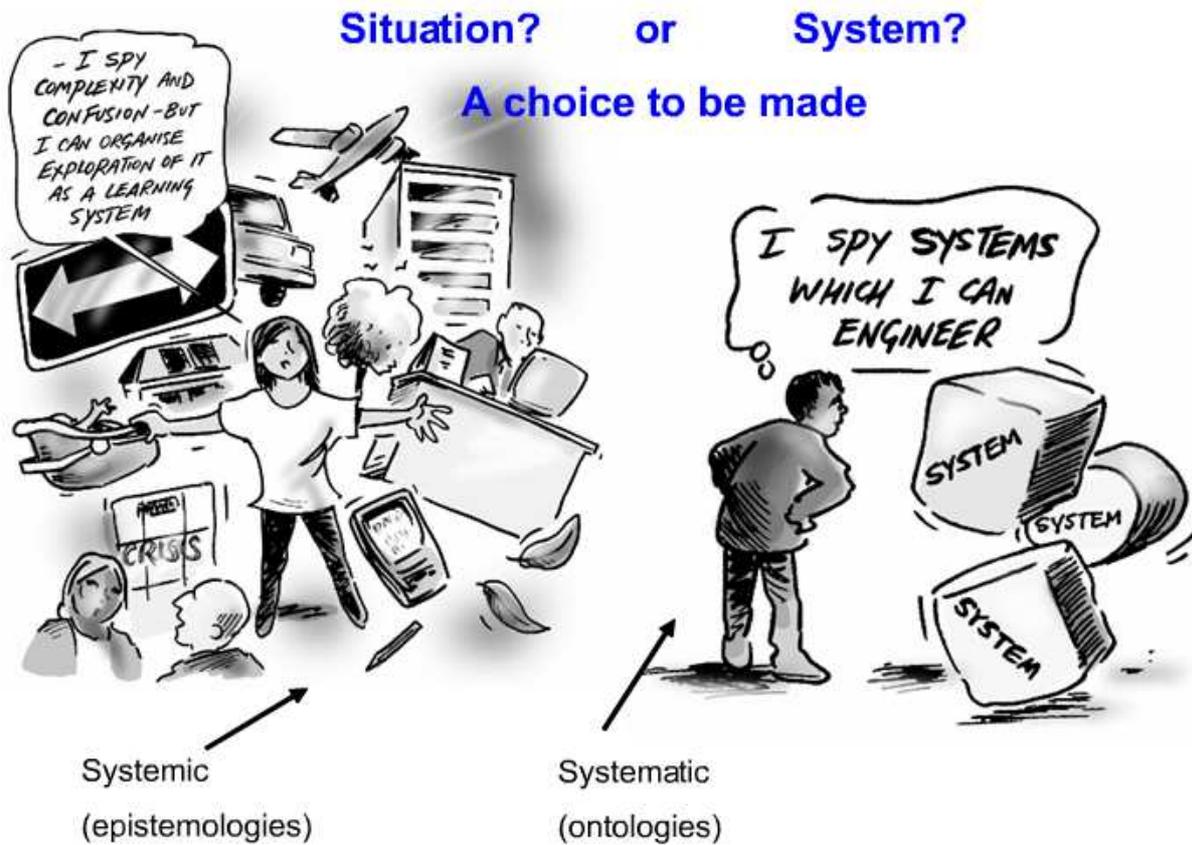


Figure VII.2. « Systems as ontologies » vs. « systems as epistemologies ». Source : (Ison, 2010).

Cette nouvelle perspective est intéressante pour la zootechne des systèmes d'élevage car elle permet :

- (i) Sur le pôle de l'action : d'accompagner les éleveurs dans leurs processus de reconception *via* une stimulation de leurs réflexions sur les situations dans lesquelles ils sont engagés (voir les résultats du chapitre V) ;
- (ii) Sur le pôle des connaissances : de développer un point de vue nouveau sur le fonctionnement des systèmes d'élevage, et donc de donner des pistes d'exploration nouvelles pour les chercheurs animés par une approche du type « systems as ontologies » (voir les résultats du chapitre VI), contribuant ainsi à renouveler leurs cadres d'analyse ;

Ainsi, sur le pôle des connaissances, des résultats sont produits, et en même temps, sur le pôle de l'action, les éleveurs sont accompagnés dans leurs reconceptions. Une telle approche permet donc de resserrer les liens entre l'objectif de « comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage » et celui d' « accompagner leurs évolutions dans l'optique d'une plus grande durabilité », ce qui avait été analysé dans la section I.B comme un enjeu pour accroître le potentiel de la discipline à contribuer aux innovations systémiques en élevage. Renouveler les cadres d'analyse de la discipline en initiant des travaux en mode « recherche d'exploration » avait été identifié comme un second enjeu pour

atteindre cet objectif. Compte tenu du caractère inédit du type d'approche que j'ai mis en œuvre dans cette thèse, je considère que ma thèse contribue également à ce deuxième enjeu.

Je propose, dans les sections suivantes, de discuter plus précisément des résultats obtenus sur le pôle de l'action d'une part, et sur le pôle des connaissances d'autre part. Cette séparation des deux analyses ne doit toutefois pas faire oublier que, dans la logique de ma thèse, ces deux pôles ne sauraient avoir de sens l'un sans l'autre. Ainsi, par exemple, c'est bien parce qu'il me permet également de produire des connaissances pour ma discipline que je m'intéresse à l'objectif d'accompagner les éleveurs dans leur dynamiques de changement, et que je me donne donc des moyens d'évaluer en quoi la démarche mise en œuvre est susceptible d'avoir contribué à cet objectif. Si mon seul objectif avait été d'accompagner les éleveurs, sans enjeu de production de connaissances pour la recherche, je ne m'y serais sans doute pas pris de la même manière.

Enfin, dans la dernière section de cette discussion, je propose un retour réflexif sur la démarche mise en œuvre, d'une part dans ses aspects « dynamique de projet » et d'autre part dans ses aspects « choix méthodologiques en lien avec les caractéristiques des acteurs et mes propres caractéristiques ».

B. Discussion des résultats obtenus sur le pôle de l'action

1. Reconcevoir les systèmes d'élevage pour « produire sans ammonitrate »

Ma thèse s'insère dans une réflexion générale sur les manières de favoriser les innovations systémiques en élevage. Dans cette section, je défends l'idée que les éleveurs en conversion à l'AB dans le PNR du Pilat sont engagés dans des dynamiques qui les conduisent à faire émerger des innovations systémiques, car ils sont contraints, afin de relever le défi de « produire sans ammonitrate », à inventer et mettre en application des fonctionnements nouveaux dans leurs systèmes d'élevage. La contribution de ma thèse est alors de proposer une méthode visant à les accompagner dans cette recherche de nouvelles solutions en stimulant leurs réflexions sur le fonctionnement de leurs systèmes d'élevage et en tirant parti des dynamiques locales présentes sur le terrain.

S'agissant de la première vague des conversions à l'Agriculture Biologique entre 1998 et 2000, le mouvement peut être localement qualifié d'innovant sans trop d'ambiguïté, dans la mesure où, à ma connaissance, aucune autre exploitation laitière du secteur n'était biologique à l'époque. Les débouchés commerciaux étaient d'ailleurs inexistantes en filière longue. La décision de la coopérative laitière de développer une collecte de lait biologique sur le secteur a été contemporaine du mouvement d'une douzaine d'éleveurs laitiers qui s'interrogeaient, en collaboration avec la PNR du Pilat, sur des moyens de produire plus durables, et qui avaient identifié l'AB comme une voie pertinente. « Je me définis comme un innovateur local, pas comme un leader », me dit spontanément l'un des éleveurs ayant participé à ce mouvement, sans même que je lui parle d'innovation, alors que je l'interroge en enquête sur ses responsabilités dans différentes instances de représentation professionnelle.

Lorsqu'on les interroge sur les difficultés de la conversion à l'AB, ces éleveurs citent en priorité, de manière unanime, la question de nourrir les animaux sans avoir recours à l'ammonitrate³, interdit par le cahier des charges de l'AB. Comment gérer le système fourrager sans recourir aux engrais de synthèse ? Comment assurer des rendements suffisants pour pouvoir maintenir ou acquérir une certaine autonomie fourragère ? Quels « correctifs » en cas de sécheresse et de mauvaise pousse de l'herbe ? Voilà les principales questions que se posaient les éleveurs lors de leur conversion à l'AB. « Certains n'en dormaient pas la nuit », précisent les éleveurs lors de la réunion de lancement du dispositif de terrain, en septembre 2008, à propos du fait de ne plus pouvoir utiliser ce qu'ils appellent le « parapluie ammonitrate ». L'idée derrière cette métaphore est que l'ammonitrate les protégeait en cas de coup dur, en l'occurrence une sécheresse : une application d'ammonitrate suffisait à faire repartir la pousse de l'herbe et sécurisait ainsi le système, garantissant une certaine autonomie fourragère. Dans une moindre mesure, d'autres inquiétudes portaient sur la gestion sanitaire du troupeau. A l'époque, le nombre de traitements allopathiques par animal et par an était limité à 2 en AB (aujourd'hui la réglementation a été assouplie). Pour ce dernier point, les éleveurs se sont assez rapidement rendu compte qu'il n'était pas vraiment limitant, à quelques ajustements près sur les pratiques de tarissement : des animaux moins « poussés » qu'en système conventionnel sont généralement moins malades, c'est en tout cas l'observation qu'en font les éleveurs, et la limite des deux traitements ne se révèle dans la pratique que très rarement problématique. Mais une vigilance accrue est de mise, qu'il convient de renforcer par des actions de prévention. Ainsi, assez rapidement, les personnes présentes lors de la réunion de lancement de mon dispositif de terrain (septembre 2008) ont convenu que l'autonomie fourragère et la gestion sanitaire du troupeau devraient être des thématiques clé à aborder lors de mes travaux avec les éleveurs.

Durant les ateliers de modélisation participative, en particulier les deuxièmes ateliers visant à créer les cartes causales, les thématiques abordées étaient assez libres dans la mesure où les items initiateurs (Tableau IV.2) visaient uniquement à lancer le processus de modélisation, qui avait pour vocation à faire exprimer aux éleveurs tout ce qui leur paraissait intéressant, sans aucun tri sur ce qui serait *a priori* dans le sujet ou « hors sujet ». Comme dans les travaux de Cossette (2003), les limites du système représenté ne peuvent être définies qu'*a posteriori* et découlent directement de ce que le ou les locuteur(s) a(ont) évoqué spontanément. L'autonomie fourragère et la gestion sanitaire sont alors effectivement apparues comme des thèmes récurrents. Dans les cartes des deux groupes, « animaux en bonne santé » et « alimentation de qualité » font en effet partie des items les plus centraux (Figure V.5). En outre, « ammonitrate » (que l'on trouve sur la Figure V.5 traduit en anglais par « artificial nitrogen fertilizers »), relié directement à « rendements des prairies élevés », apparaît également dans la liste des items les plus centraux de la carte du deuxième groupe, ce qui a d'ailleurs déclenché de nombreuses réactions chez les éleveurs lorsque je leur ai présenté cette figure au cours de la réunion d'août 2010. Ils se sont demandé pourquoi cet item apparaissait, de surcroît de manière centrale : « on n'en met plus ! ». Ce qu'il faut voir, c'est que bien que n'utilisant effectivement plus d'ammonitrate, la référence à l'ammonitrate reste structurante pour les éleveurs dans leurs discussions sur les conversions à l'AB. La plupart d'entre eux, en particulier les éleveurs ayant commencé leur conversion en 1998, évoquent assez systématiquement leurs nouvelles pratiques en référence à leurs pratiques « du temps de l'ammonitrate ».

³ L'ammonitrate est un engrais azoté minéral à base de nitrate d'ammonium. En France, c'est la principale forme d'engrais azoté utilisée.

Ainsi, l'innovation semble avoir consisté pour eux en la mise en application de l'idée nouvelle suivante : « produire sans ammonitrate ». Cela a conduit à la mise en œuvre de nouvelles pratiques, parmi lesquelles, entre autres : une modification des assolements, impliquant par exemple la disparition totale du maïs, des pratiques de compostage du fumier, la mise en place de systèmes de séchage en grange du foin dans certains cas, de nouvelles pratiques de tarissement des vaches, une meilleure observation des signes de bonne santé ou de mauvaise santé des vaches, des pratiques de renouvellement et des pratiques d'élevage des veaux différentes, parfois un changement de race au sein du troupeau, une plus grande attention à la prévention du parasitisme, une diminution de la distribution de concentrés, une composition des prairies temporaires enrichie en espèces, la réalisation de mélanges de céréales et protéagineux (« méteils ») à enrubanner pour fournir du fourrage aux génisses, etc.

Ces changements se sont fait progressivement et ont été facilités par les échanges d'expérience à l'intérieur du groupe des éleveurs en conversion et par des apprentissages de type « essai-erreur ». Par exemple, s'agissant des pratiques de tarissement, lors des premières conversions, les éleveurs ont tenté de supprimer complètement l'usage des antibiotiques. Les taux de cellules dans le lait ont alors augmenté très fortement. Cette « mauvaise expérience » a conduit par la suite la majorité des éleveurs à adopter la stratégie intermédiaire du tarissement sélectif aux antibiotiques : seules les vaches présentant de forts taux cellulaires sont tarées aux antibiotiques, ce qui permet de réaliser une « économie de traitements allopathiques » significative par rapport au tarissement systématique aux antibiotiques qui était pratiqué auparavant, mais permet quand même de lutter contre les problèmes de cellules et de mammites. Procédant ainsi par ajustements successifs, les éleveurs sont tout de même parvenus à terme à un fonctionnement qu'ils jugent complètement différent de celui pratiqué auparavant. Cela est d'autant plus vrai pour les éleveurs qui sont partis d'un fonctionnement de leur élevage largement orienté vers la production : c'est le cas par exemple de deux éleveurs, l'un de vaches de race Prim'Holstein avec un niveau de production moyen atteignant presque les 10 000 kg de lait par vache et par an, et l'autre de vaches de race Montbéliarde produisant en moyenne 7 500 kg de lait par vache et par an. Aujourd'hui, ces deux éleveurs ont mené leur conversion à bien et stabilisé leur système en conservant les mêmes races mais en réduisant le niveau de production de leur vaches respectivement à 7 500 et 6000 kg et en modifiant largement leur pratiques, notamment pour améliorer l'autonomie alimentaire du système. Il n'y a ainsi pas eu de changement brutal, mais des processus progressifs de reconception, qui ont conduit, à terme, à la mise en place de nouveaux systèmes pouvant être qualifiés d'innovants par rapport à ce qui était pratiqué auparavant. Un éleveur note par exemple que « cela ne sert à rien de tout casser » et conseille plutôt de s'appuyer sur ce qu'on sait bien faire puis d'ajuster au fur et à mesure.

S'agissant des éleveurs qui ont débuté leur conversion en 2008 ou en 2009, la question de l'innovation est moins évidente. On pourrait se dire que les « solutions » pour parvenir à un « fonctionnement bio » ont déjà été trouvées par les éleveurs ayant participé à la première vague de conversions et qu'en conséquence, les éleveurs de la « deuxième vague » ne participent pas à proprement parler à une dynamique d'innovations, mais s'engagent plutôt sur des chemins déjà balisés. A une échelle locale, ce point de vue se défend en partie, si ce n'est que le contexte agricole actuel n'est pas le même qu'il y a dix ans (prix du lait, prix des intrants, attentes sociétales...), et que les défis à relever sont donc eux aussi différents. Il n'en demeure pas moins qu'à l'échelle des individus, la problématique de s'approprier une idée nouvelle pour soi, i.e. celle de l'agriculture biologique, et de la mettre en œuvre concrètement au quotidien reste la même. Il s'agit donc en

quelque sorte d'innover dans son propre fonctionnement. Bien que se convertir à l'agriculture biologique ne soit pas un processus innovant dans l'absolu, il l'est pour celui qui s'y engage.

Par ailleurs, la diversité des fonctionnements des exploitations par rapport à l'autonomie fourragère et par rapport à la gestion sanitaire, qu'il s'agisse d'exploitations biologiques ou d'exploitations en conversion (voir en annexe 5), tend à montrer qu'il n'y a pas à proprement parler de modèle unique du fonctionnement d'une exploitation laitière biologique vers lequel chaque éleveur en conversion devrait tendre, même au sein d'un groupe d'exploitation présentant des caractéristiques structurelles et pédoclimatiques très proches. Cette diversité suggère au contraire que chaque éleveur tend à inventer ses propres solutions, en accord par exemple avec ses contraintes, ses souhaits, son système de départ, et compte tenu de diverses influences. En ce sens, chaque trajectoire est unique et chaque éleveur contribue localement à une dynamique collective d'innovations en proposant des fonctionnements nouveaux susceptibles d'inspirer ensuite d'autres éleveurs qui pourront les adapter à leur tour à leur propre situation, pour mieux répondre aux enjeux actuels de la production laitière biologique.

C'est en accompagnant de telles dynamiques locales en stimulant davantage les réflexions et le partage d'expériences que la méthode mise en œuvre dans ma thèse contribue à favoriser les innovations systémiques en élevage.

2. L'importance de la motivation des éleveurs pour favoriser le travail de réflexion collective

Sans aller jusqu'à la formalisation d'une méthode opérationnelle pouvant être mise en œuvre directement par des agents de développement agricole, j'ai pu mettre en évidence un certain nombre d'effets positifs de l'application de la méthode définie dans le chapitre IV sur la stimulation des réflexions d'éleveurs engagés dans des processus de changement (chapitre V). Il convient ici de discuter du domaine de validité de ces résultats et en particulier d'analyser certaines caractéristiques des éleveurs ayant participé aux ateliers participatifs pouvant être vues comme des facteurs favorables ou défavorables à la bonne conduite de la démarche d'ensemble.

Compte tenu du faible effectif d'éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative dans le cadre de ma thèse (10), il est difficile de tirer des conclusions générales sur les caractéristiques des éleveurs *a priori* favorables à une bonne efficacité de la démarche.

J'avais toutefois repéré des différences (énoncées dans le texte en annexe 3) dans le fonctionnement des dynamiques de modélisation entre les deux groupes d'éleveurs, qui avaient conduit à des discussions plus riches dans le premier groupe, permettant de construire une carte plus vaste (178 items vs. 128) et plus intégrée (4 clusters vs. 5), avec une prise de parole plus équilibrée entre les différents participants. J'avais évoqué notamment le fait qu'il y avait plus d'agriculteurs en conversion dans le premier groupe (2 éleveurs en conversion pour 4 éleveurs dans le groupe 1 ; contre 2 pour 6 dans le groupe 2) et que les éleveurs de ce premier groupe se connaissaient globalement moins bien que ceux du deuxième groupe, ce qui avait pu conduire à une motivation à échanger plus importante. Par ailleurs, la composition du groupe 1 est restée stable sur les deux ateliers (les 4 éleveurs ont tous participé aux deux ateliers), alors qu'elle a varié d'un atelier sur l'autre dans le groupe 2, avec notamment 3 éleveurs absents lors du deuxième atelier (mai 2009), qui ont profité du beau temps pour pratiquer certains travaux en extérieur qu'ils n'avaient pu réaliser

auparavant. Il n'en demeure pas moins que les éleveurs du deuxième groupe restent très satisfaits de leur participation, comme le montre par exemple le témoignage de l'éleveur 2 (E2), qui a participé aux deux ateliers (encadré VII.1).

Sur la base d'une collection d'expériences de travail en petits groupes d'éleveurs pour améliorer la gestion sanitaire des troupeaux laitiers biologiques dans sept pays européens (approche dite « Stable School »), Vaarst et al. (2010) établissent une liste des facteurs susceptibles de faire varier l'efficacité du travail de groupe. Parmi ces facteurs, l'âge et le niveau d'études des éleveurs sont discutés. Vaarst et al. (ibid.) notent que les éleveurs les plus jeunes ont tendance à avoir un niveau d'études plus élevé, et expliquent qu'une hétérogénéité trop importante des niveaux d'études au sein d'un groupe de travail peut s'avérer problématique dans la mesure où les éleveurs ne partent pas des mêmes bases, par exemple s'agissant de « leurs connaissances sur les besoins alimentaires des animaux ».

Les niveaux d'études des 10 participants aux ateliers de ma thèse sont variés, depuis des éleveurs ayant des formations agricoles élémentaires (sans baccalauréat) jusqu'à un éleveur titulaire d'un diplôme d'ingénieur agronome, en passant par des titulaires de BTS agricoles. Contrairement aux observations de Vaarst et al. (ibid.), cette hétérogénéité ne m'a pas vraiment semblé problématique. Cela peut s'expliquer par le fait que ma méthode avait été conçue pour permettre une expression des éleveurs la plus libre possible, sans pré-formatage par des concepts scientifiques ou techniques. Ainsi, les éleveurs ont été libres de s'exprimer en mobilisant leurs propres formes de connaissances, dépassant les difficultés potentielles qui auraient pu se poser si l'échange avait été organisé selon des bases « académiques », telles que celles nécessaires à l'analyse des « systèmes d'alimentation » auxquels font référence Vaarst et al. (ibid.).

Seul un éleveur a exprimé quelques réticences lorsqu'il s'est agi de remplir les post-it (section IV.C.2.a), expliquant qu'il n'était « pas très à l'aise avec l'écrit ». Néanmoins, il s'est quand même prêté au jeu et, lors de la mise en commun des post-it, il a pu sans difficulté commenter à l'oral les idées qu'il avait voulu faire passer, les rendant ainsi accessibles à tous. Paradoxalement, lors des deuxièmes ateliers (ceux qui visaient à construire les cartes causales à partir d'une première liste d'items identifiés sur la base du travail avec les post-it, voir la section IV.C.2.b), c'est l'éleveur possédant le niveau d'études le plus élevé qui a présenté le plus de difficultés pour entrer dans le processus de cartographie causale. Il avait du mal à décomposer le fonctionnement d'ensemble de l'exploitation selon des relations de causalité : « c'est impossible, tout est lié ». Le principe était justement d'explicitier ces « liaisons », pour reconstituer le « tout » par la suite, mais il est vrai que cela passe par une réduction initiale, qui, selon Eden (2004), est nécessaire si l'on souhaite identifier les propriétés émergentes des systèmes de manière analytique plutôt que de manière intuitive.

Par ailleurs, la cartographie causale est fondée sur l'utilisation du « langage naturel » (Cossette et Audet, 1992). Lors de la construction d'une carte, Cossette et Audet (ibid.) recommandent aux animateurs de ne pas chercher à faire définir avec précision les termes utilisés par les locuteurs, car cela se ferait au détriment de l'expression spontanée de liens entre items et pourrait conduire à une « censure » de certaines idées pourtant structurantes, par souci de rigueur de la part d'un locuteur qui ne parviendrait pas à les définir avec précision. De telles interventions tendraient également à introduire une posture normative de la part de l'animateur qui exprimerait alors ce qui est « bien » ou « mal » défini selon lui, ce qui peut bloquer certains locuteurs. L'idée de base est plutôt que ce sont les relations entre items telles que spontanément exprimées qui donnent leur sens aux termes

employés. L'intérêt d'une telle posture est qu'elle permet de faire exprimer facilement certaines formes de connaissances à partir d'une langue orale et spontanée et donc *a priori* accessible au plus grand nombre. Elle peut en contrepartie trouver ses limites chez des personnes habituées à la précision et à la rigueur des discours, d'autant que l'utilisation de l'écrit pour construire les cartes tend à donner l'impression de « figer dans le marbre » des idées qui peuvent paraître insatisfaisantes à ceux qui les émettent. Ainsi, une culture scientifique poussée peut s'avérer handicapante dans un processus de cartographie causale.

S'agissant de l'âge, je constate que les dix personnes présentes aux ateliers de modélisation participative étaient toutes au moins âgées de 30 ans, avec une majorité d'éleveurs aux alentours de 40-50 ans, alors que lors des enquêtes préliminaires menées en octobre 2008, j'avais rencontré deux éleveurs plus jeunes, l'un installé depuis peu et l'autre en cours d'installation sur l'exploitation familiale, qui n'ont donc pas participé aux ateliers collectifs qui ont suivi. L'un des deux m'a dit « ne pas trop aimer les réunions ». Globalement, faire part de son expérience au sein d'un collectif de pairs parmi lesquels certains possèdent une expérience plus importante que soi nécessite une certaine assurance qui peut freiner les plus jeunes et/ ou les plus timides. Deux autres éleveurs plus âgés qui avaient accepté de me recevoir en enquête ont également refusé de poursuivre lors des ateliers collectifs pour cette même raison, bien qu'ils aient apprécié l'enquête : « les réunions, c'est pas trop mon truc », « je n'aime pas trop parler devant les autres ».

Dans tous les cas, les éleveurs intéressés par ce genre de démarche, qu'ils participent effectivement ou non aux ateliers collectifs, sont des éleveurs prêts à s'engager dans une dynamique de réflexion et éventuellement de remise en question. On ne stimule donc la réflexivité que de ceux qui sont déjà prêts à réfléchir ! Cette remarque est en accord avec les observations de Vaarst et al. (2010) selon lesquelles s'exposer à un groupe de pairs est une démarche dans laquelle les éleveurs en situation de crise ne s'engagent en général pas, malgré le fait qu'une aide extérieure leur serait vraisemblablement bénéfique. Une telle problématique a également été explorée par des organismes de formation agricole, pour progresser dans les manières de toucher les « publics fragilisés » (VIVEA, 2005).

Toutefois, dans le cadre de ma thèse, la question n'était pas là : il s'agissait de travailler avec des éleveurs motivés par le changement et intéressés par les dynamiques de groupes, en vue de renforcer les dynamiques d'innovation à l'œuvre. Ainsi, j'ai cherché à maximiser les possibilités de travailler avec deux groupes stables de personnes motivées, en privilégiant ce dernier aspect sur l'effectif des participants. Vaarst et al. (2010) insistent en effet sur l'importance de la motivation des éleveurs à participer à un travail de groupe : une personne présente peu motivée suffit à déstabiliser toute une dynamique collective.

Le choix du terrain était également un facteur crucial pour la réussite des ateliers collectifs. J'ai en effet volontairement choisi un terrain sur lequel des dynamiques de changement étaient clairement engagées, en partie initiées par les éleveurs eux-mêmes (au moins pour la première vague de conversions en 1998), et sur lequel une volonté d'échanger était perceptible, avec une habitude du travail en groupe pour au moins une partie des éleveurs. L'enthousiasme des représentants des organisations présentes sur le terrain et concernées par les conversions à l'Agriculture Biologique (listées en annexe 1) a également été un facteur déterminant.

Ainsi, l'idée de base était d'optimiser les chances de favoriser les innovations localement, plutôt que de chercher à toucher un maximum d'éleveurs. Le principe retenu ressemble donc à celui des « arènes de l'innovation » proposées en « transition management » pour favoriser l'innovation localement, au sein de « niches » (Boulanger, 2008). Selon les théories sous-jacentes au « transition management » (Elzen et al., 2004), l'innovation se fait d'abord dans des niches. Elle peut ensuite être transposée progressivement au niveau du régime sociotechnique, qui incarne le mode dominant d'accomplissement d'une fonction sociale donnée (par exemple la production agricole) à un moment donné, si les modifications de son environnement (le « paysage », composé des « mouvements de fond » comme les grandes tendances démographiques et géopolitiques, les structures socioculturelles profondes, les évolutions économiques et environnementales) lui deviennent favorables.

3. Ce que les éleveurs retirent de leur participation

a. « Les paysans ont besoin de ce genre de réunions »

J'ai pu montrer dans le chapitre V que l'application de la méthode de modélisation participative en petits groupes d'éleveurs définie dans le chapitre IV permettait de stimuler les réflexions des éleveurs sur le fonctionnement de leurs systèmes d'élevage :

- (i) le fait de travailler en petits groupes permet à chaque éleveur d'enrichir ses connaissances sur des sujets d'intérêt commun (la gestion des adventices, la santé animale...) avec les connaissances des autres éleveurs ;
- (ii) le travail en groupe permet également à chaque éleveur de mieux situer ses manières de faire par rapport à celles des autres ;
- (iii) le fait de modéliser aide à mieux formaliser les problèmes qui se posent et les dynamiques positives du fonctionnement des systèmes, et à trouver des solutions pour résoudre les problèmes et renforcer les dynamiques positives.

Par ailleurs, une analyse *a posteriori* des cartes construites avec les deux groupes d'éleveurs a permis de construire un nouveau support de discussion (Figure V.5) mettant en comparaison les deux cartes. Testé en août 2010 lors d'un atelier réunissant des éleveurs des deux groupes de travail, ce support a suscité de nombreuses réactions témoignant de l'effet positif sur la réflexion des éleveurs d'une telle mise en perspective des modèles construits.

Les résultats (i) à (iii) ont été obtenus en analysant les cartes causales construites avec les éleveurs durant les ateliers de modélisation participative, c'est-à-dire que les cartes, en tant qu'objets intermédiaires (Vinck, 1999), ont permis de garder trace des discussions ayant eu lieu durant les ateliers, fournissant ainsi un matériau analysable permettant d'explorer en quoi la méthode mise en œuvre durant les ateliers a permis de stimuler les réflexions des éleveurs. Cette investigation n'explore pas l'opinion subjective des éleveurs sur ce qu'ils retirent d'un tel processus, et elle ne permet pas non plus de savoir si les réflexions ont été stimulées au-delà de la durée des ateliers participatifs. Quels ont été les impacts des ateliers participatifs sur les dynamiques de réflexion et de changement dans lesquelles les éleveurs avec qui j'ai travaillé sont engagés ? C'est en partie pour apporter des éléments de réponse à cette question que l'atelier d'août 2010 a été organisé, durant lequel un débriefing à froid sur ce que les éleveurs ont retiré des ateliers de modélisation participative a été proposé. Durant cette période estivale chargée pour les éleveurs (moissons,

deuxièmes coupes d'herbe), j'ai pu réunir une représentante du premier groupe d'élèves, en conversion à l'Agriculture Biologique, et deux représentants du deuxième groupe, l'un converti à l'Agriculture Biologique depuis dix ans, l'autre en cours de conversion.

L'évaluation des apprentissages des acteurs lors de processus de modélisation participative et de leurs conséquences sur les dynamiques de changement à l'œuvre est une tâche difficile, qui, en modélisation d'accompagnement par exemple, demeure un champ théorique et méthodologique en cours d'investigation (Perez et al., 2010). Dans un tel contexte, les éléments que je propose ci-dessous, plus que de fournir une évaluation précise et exhaustive, ont essentiellement pour fonction d'ouvrir la réflexion sur certains impacts du processus de modélisation participative.

Préalablement à l'atelier d'août 2010, j'avais envoyé un questionnaire papier aux 10 élèves ayant participé aux séances de modélisation participative, pour me faire une première idée de ce qu'ils retiraient de ces travaux, afin de pouvoir orienter la discussion de l'atelier d'août de manière pertinente. Cinq réponses me sont parvenues. A la question de savoir s'ils recommanderaient une telle démarche à d'autres élèves se convertissant à l'Agriculture Biologique, tous ont répondu « oui ».

Par ailleurs, durant l'atelier d'août, les élèves présents ont témoigné beaucoup d'enthousiasme par rapport aux ateliers de modélisation participative auxquels ils avaient participé, et ils ont formulé des remarques allant dans le sens des conclusions du chapitre V. L'extrait de la conversation donné dans l'encadré VII.1 permet par exemple d'illustrer l'accord des élèves avec l'idée selon laquelle la dimension « travail de groupe » est fondamentale pour engager un processus de conversion à l'Agriculture Biologique, les élèves se demandant même si ce principe ne reste pas valable dans tout processus de changement, conversion à l'Agriculture Biologique ou autre. Ils insistent en particulier sur les intérêts de partager, confronter des situations, se rassurer, avancer ensemble.

Ces résultats semblent confirmer l'opérationnalité et l'intérêt de travailler en petits groupes d'élèves dans une perspective de développement agricole, comme expérimenté et revendiqué auparavant par Sulpice et al. (2005), Goulet et al. (2008), Eksvård (2009), et Vaarst et al. (2010). Une originalité de ma thèse par rapport aux travaux cités est d'utiliser la modélisation comme support des échanges au sein du groupe et de valoriser scientifiquement le contenu des modèles obtenus en termes de connaissances sur le fonctionnement des systèmes d'élevage.

Six personnes sont présentes : trois éleveurs (E1, E2, E3) et trois co-animateurs (Lucie Gouttenoire, Sylvie Cournut et Stéphane Ingrand, respectivement LG, SC et SI). E1 a fait partie du premier groupe de travail et a débuté sa conversion en 2008 ; E2 et E3 ont fait partie du deuxième groupe de travail, E2 a débuté sa conversion en 2008 comme E1, et E3 en 1998, durant la première vague de conversions.

LG De façon générale, vous, quand vous avez participé aux ateliers, vous êtes rentrés chez vous, qu'est-ce que vous en avez retiré, en gros ?

E2 Ben moi personnellement, on débutait dans le bio, je me disais, euh... c'est bon qu'on pense comme les autres, quoi !

Rires

E2 On pense comme il faut ! Voilà c'était ça ! En gros, ça a été un peu...

LG Une façon de se rassurer par rapport...

E2 Voilà exactement. Pour moi qui débutait dans le bio, hein. C'était ça...

LG OK

E2 ... Je suis pas à côté de la plaque !

E1 Ouais, moi aussi, mais en plus de... tous ceux qui sont bio depuis 98 n'ont pas l'air de trop avoir bataillé...

E3 Non !

Rires

E1 ... Et ils en sont ravis, donc tu te dis pourquoi pas toi !

E2 Ouais mais on avait déjà signé quand même, non ? (rires)

E1 Oui oui, tout-à-fait...

E2 Moi c'était une façon de me rassurer, enfin. Surtout dans la façon de penser, quoi, je disais est-ce que euh... on est complètement utopique ou...

E1 Non parce que nous on avait déjà les idées en 1998, donc...

E2 Nous aussi, mais...

E3 (à E1 et E2) Oui mais alors vous, y a plutôt une découverte du travail en groupe, de la réflexion en groupe, non ?

E1 + E2 Oui.

E3 Nous on l'avait déjà beaucoup fait ça, nous le groupe de départ, on est... c'est pour ça qu'on connaît bien le groupe enfin les... les discussions... pas ... mais le fait de travailler ensemble, de bouger ensemble, de faire des groupes, de faire des tas de réunions ensemble où parfois on partait avec euh...

E2 Ouais ouais, tandis que nous on n'en a pas tellement eu, de ça...

E3 Oui.

E1 Non !

E2 Et franchement j'étais ravie d'avoir ces...

E3 ... Nous elles se sont fait au fil du temps.

E2 ... ces occasions là, mais, enfin, qu'on pensait...

E3 ... Nous on avait fait notamment un stage très important qu'on s'était posé la question sur transformation, c'était revenu dans les discussions, on s'était posé, comment développer enfin... et où on avait fait ça avec des gars de la chambre [i.e. *Chambre d'Agriculture de la Loire*], on avait fait des visites, nanana, des trucs techniques, mais on avait aussi fait des choses avec des gens comme vous... qui... enfin... des petits dessins pour l'avenir et compagnie, des choses qui sont un peu nouvelles pour nous, des moyens de réflexion où on ne parle plus de la quantité produite... Voilà, donc on avait plus un petit peu l'habitude de faire ça.

E1 (à E3) Et c'était avant que tu signes ?

E3 Ah non, c'est après après après... après, quand... comme on était tous, notre groupe, on faisait les trucs petit à petit et... et les prêchi-prêcha qu'on fait avec E4, voilà ! [E4 est un des éleveurs qui se sont convertis à l'Agriculture Biologique en 1998 ; il a eu un rôle clé dans le portage de cette dynamique d'éleveurs se convertissant à l'Agriculture Biologique, par exemple auprès de la Coopérative Laitière, SODIAAL, et auprès de l'ARDAB, i.e. le groupement des producteurs biologiques des départements Loire et Rhône]

E1 Oui oui...

Rires

E3 Non mais je dis ça parce que souvent c'est passé un peu comme ça pour les gens alentour ! Mais en réalité, c'est... voilà.

E2 Finalement nous ça nous a manqué, ça. Enfin ça nous a manqué... euh...

E3 Nous c'est parce que le groupe a existé, qu'il a bien fonctionné.

E2 Voilà.

E3 Une dizaine de personnes, qu'on se connaissait d'ailleurs...

E1	Mais nous y aurait pas eu ces réunions-là... [E1 parle des réunions mises en place dans le cadre de ma thèse]
E2	Oui oui oui...
E1	Y aurait rien eu, hein !
E3	Ça veut dire qu'il faut en retirer tout de suite-là, mais y a peu de paysans là... donc y a pas de... faut en retirer tout de suite c'est que les paysans ont besoin de ce genre de réunions.
E1	Oui !
E2	Ah mais tout à fait !
E3	Plus que des réunions... c'est ce que je rejoignais tout à l'heure avec mes histoires de contrôle laitier... plus que des réunions techniques. Oui, les gens ont une compétence et ils la possèdent relativement. Mais faut pas les supprimer, j'ai pas dit ça ! mais... mais les gens ont besoin...
E1	Non mais de toute façon y en a toujours qui sont prévues donc, euh, après, on peut faire, euh...
E2	Oui mais sûrement, hein... mais moi ça...
E1	Mais là ça aide à... à se positionner... à... à se soutenir, quelque part...
SC	Et donc y avait aussi le fait d'avoir des gens qui avaient déjà fait la démarche et que ça rassurait...
E2	Voilà.
E1	Oui oui oui oui !
E2	Tout à fait.
SC	Y a ça et puis...
E2	Et puis de voir si nous personnellement enfin...
SC	On est dans la même...
E2	On pensait dans le bon sens par rapport à ceux qui ont réussi déjà.
E1	Et voilà.
E2	Ou si on pensait différemment et qu'on était à côté de la, enfin, à côté de la plaque... je dirais pas ça, mais...
E3	Je retrouve quelque chose donc de la même époque. Quand on est passé, donc moi je connaissais peu et puis dans notre cas c'était pas développé, y avait le fait de... aussi vite aller voir à l'ARDAB et puis les gens qui étaient en bio avant, enfin qui étaient des gens peut-être un peu plus...
E2	Mais moi j'ai fait pareil.
E3	Mais en se disant bon nous on est partis là-dedans et d'une, qu'est-ce qu'on a à voir par rapport à eux, comment on va se comporter par rapport à eux, comment on est reçu par rapport à eux... Donc on a fait un peu la même chose, quoi, enfin...
E2	Et moi je sais que je suis à la Haute-Loire Biologique [i.e. le groupement des producteurs biologiques de Haute-Loire] parce que j'ai dit je voulais absolument savoir...
E3	... Voir les autres comment ils font. Être dans un groupe, de...
E2	Oui, voilà !
LG	D'accord.
E3	Et c'est pas simplement dans un souci d'objectif rentable...
E1 + E2	Non non non non !
E3	La démarche là, elle est d'être avec d'autres gens. Après si elle peut être rentable...
E2	Voilà.
E1	Pas se sentir isolé.
E2	On partage... On partage plusieurs tr... Enfin on peut mieux avancer, quoi.
LG	Et ça, est-ce que c'est lié spécifiquement parce que vous faites une conversion à l'agriculture biologique, ou quelqu'un qui entre pas dans une transformation de son système...
E2	Je pense, enfin...
LG	Est-ce que y aurait de l'intérêt... Comm' comment vous vous positionnez par rapport à ça ?
E2	Enfin moi, enfin, c'est nouveau le, finalement le bio, enfin...
E3	Mais c'est le bio qui est nouveau ou le changement ?
E2	Ou le changement, ouais...
E3	Parce que là on est dans, on parle du bio parce qu'on est en bio, mais je pense que c'est une réflexion que tout le monde devrait mener, enfin, je pense qui est due... Enfin les gens qui changent... Alors nous on change sans beaucoup changer, mais, j'imagine, je sais pas, quelqu'un qui changerait voire de boulot voire de direction c'est pareil, de voir, enfin, d'avoir envie de voir d'autres gens qui ont fait le même type de démarche, enfin, il me semble.

Encadré VII.1. Extrait de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. L'accent est mis sur l'importance du travail de groupe pour les conversions à l'Agriculture Biologique.

b. « La solution c'est d'y réfléchir ! »

Dans le chapitre V, je formule le postulat selon lequel une stimulation des réflexions sur le fonctionnement des systèmes d'élevage est de nature à accompagner les éleveurs dans les processus de reconception de leurs systèmes d'élevage. Comme je conclus dans ce même chapitre que l'application de la méthode décrite dans le chapitre IV permet effectivement de stimuler les réflexions, je peux donc affirmer, à la condition que mon postulat soit pertinent, que la méthode mise en œuvre est valide pour accompagner les reconceptions.

Les discussions avec les éleveurs lors de la réunion d'août 2010 tendent à conforter l'idée selon laquelle les réflexions et le partage entre éleveurs sont, à terme, source de changements individuels. D'après les éleveurs, d'une part, c'est seulement en réfléchissant qu'on peut améliorer son système : les solutions toutes faites n'existent pas (encadré VII.2). D'autre part, les nouvelles idées proviennent toujours d'échanges avec d'autres personnes, même si toute idée, lorsqu'elle intéresse un éleveur, doit être transposée à son cas particulier pour pouvoir être mise en œuvre en l'adaptant si nécessaire : il y a un travail de réappropriation personnelle nécessaire au-delà de la discussion de groupe (encadré VII.3).

Six personnes sont présentes : trois éleveurs (E1, E2, E3) et trois co-animateurs (Lucie Gouttenoire, Sylvie Cournut et Stéphane Ingrand, respectivement LG, SC et SI). E1 a fait partie du premier groupe de travail et a débuté sa conversion en 2008 ; E2 et E3 ont fait partie du deuxième groupe de travail, E2 a débuté sa conversion en 2008 comme E1, et E3 en 1998, durant la première vague de conversions.

- SI Ce qu'il y a, là-dedans, y a des éléments qui sont connectés, etc., y a pas forcément des solutions.
 E3 Non mais... hein...
 E1 Non mais, les solutions après elles sont adaptées... à chacun...
 E2 C'est tout des solutions... Enfin...
 E1 C'est justement...
 E2 C'est des pistes de réflexion qui peuvent devenir des solutions.
 E1 Oui.
 E3 C'est ce que j'allais dire, c'est des solutions. C'est ça la solution. La solution c'est d'y réfléchir, parce que...
 E1 Le fait d'en discuter... de... On découvre nous-même notre solution.
 E2 Voilà.
 E3 Parce que la solution, pour le moment, dans le système tel qu'il est, la solution elle vient que du... euh... elle vient que du personnage, du bonhomme. C'est l'homme qui fait le personnage... ou la femme ! Donc du coup le fait de réfléchir, il la trouve la solution ! Enfin il la trouve... ou il voit qu'elle est pas... enfin... il voit qu'il réfléchit pas ce qu'il faut ou... qu'il arrête, mais le fait de réfléchir... Mais c'est pas le tech' euh, enfin l'extérieur qui lui dit là il faut faire comme ça...
 E2 C'est pas une idée amenée, quoi.
 E3 Là il faut faire comme ça.
 E1 C'est tellement individuel, c'est tellement personnel, c'est tellement...

Encadré VII.2. Extrait de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. Les éleveurs expliquent qu'au-delà des solutions toutes faites, c'est réfléchir qui permet de trouver ses propres solutions.

Six personnes sont présentes : trois éleveurs (E1, E2, E3) et trois co-animateurs (Lucie Gouttenoire, Sylvie Cournut et Stéphane Ingrand, respectivement LG, SC et SI). E1 a fait partie du premier groupe de travail et a débuté sa conversion en 2008 ; E2 et E3 ont fait partie du deuxième groupe de travail, E2 a débuté sa conversion en 2008 comme E1, et E3 en 1998, durant la première vague de conversions.

- E3* La solution... enfin, la solution, elle viendra pas d'un groupe de toute façon. Dans un groupe, tu peux pas dire à l'autre « t'as qu'à faire comme ça ».
- SI* Mais des fois, y en a, enfin, y en a qu'ont... Enfin, on peut être... Il peut y en avoir qui ont des bonnes solutions, même si... Il peut quand même y en avoir qui ont des bonnes idées pour les autres... Et on se dit « tiens, j'aurais pas pensé... »
- E2* Ben oui mais étant donné qu'on...
- E1* Oui mais c'est justement d'en discuter qu'on...
- E3* Si elles sont prises [les idées], c'est qu'elles sont bonnes. Et si elles sont prises c'est qu'elles sont bonnes. Et si elles sont prises par quelqu'un d'autre, c'est qu'elles sont sorties de la discussion. Et si... Et ça, c'est... bon, c'est pas nouveau parce que... Mais pendant très longtemps en agriculture ça se faisait pas de discuter.

Encadré VII.3. Extrait de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. L'idée développée par les éleveurs est que les discussions sont nécessaires pour faire émerger de nouvelles idées, même si un travail de réappropriation personnelle est nécessaire par la suite.

4. Des pistes pour le développement agricole ?

La méthode développée dans ma thèse a été discutée avec des agents de développement dans le cadre d'un projet CasDar (2010-2012), intitulé « Montagne-Bio », piloté par l'Institut de l'Élevage, et auquel j'ai été associée (Dockès, 2009). Ce projet vise à faciliter le développement de la collecte de lait biologique en zone de montagne en s'appuyant sur la conception d'outils, notamment pour accompagner les trajectoires de conversion. Les conseillers des Chambres d'Agriculture en charge de l'Agriculture Biologique dans les départements Loire et Haute-Loire (départements concernés par les deux vagues de conversion qui ont constitué le support de mon travail de terrain) sont inscrits dans ce projet, qui compte aussi des représentants d'autres régions de France.

Ma contribution à « Montagne-Bio » a consisté à présenter la méthode et les premiers résultats de ma thèse (ceux du chapitre V) au cours d'un séminaire interne, dont un des objectifs était de poser les premières bases d'une méthode pour analyser des trajectoires d'éleveurs convertis et tenter de les typer, en vue d'un meilleur accompagnement des éleveurs en cours de conversion. Ma présentation, associée à plusieurs autres sur des thématiques similaires, devait alimenter un brainstorming pour cette création d'une méthode d'analyse des trajectoires.

Les ingénieurs de l'Institut de l'Élevage et les conseillers agricoles présents se sont montrés très intéressés par mon travail de thèse. J'ai précisé que la méthode telle que mise en œuvre dans ma thèse ne devait pas être utilisée telle quelle dans une optique d'accompagnement des éleveurs. En particulier, la précision de la schématisation du discours des éleveurs sous la forme de cartes causales comportant de nombreux items et celle de l'analyse opérée par la suite (au moyen du logiciel) étaient nécessaires du fait de mes objectifs de recherche qui imposaient : (i) de rendre compte avec précision des discussions ayant eu lieu pour pouvoir analyser *a posteriori* les processus en jeu durant les ateliers, et (ii) de rester fidèle aux constructions des éleveurs pour pouvoir analyser en quoi elles étaient susceptibles d'interroger certaines représentations scientifiques (cf. chapitre VI).

Une simplification de la méthode serait nécessaire pour qu'elle puisse être utilisée à des fins d'accompagnement. Concernant par exemple l'utilisation de la cartographie causale à des fins opérationnelles dans le monde de l'entreprise, Chabin (2010, communication personnelle) préconise une simplification des cartes causales plutôt qu'une recherche d'exhaustivité par rapport au discours des acteurs, car les simplifications permettent de mettre en évidence les points saillants de manière plus claire, facilitant ainsi la réflexion stratégique et par suite la prise de décision. Elles nécessitent néanmoins une expertise et une implication de l'animateur/consultant/chercheur dans la création du contenu de la carte car des choix conscients de simplification sont à opérer. La posture est donc différente.

Lors du brainstorming final en vue de la formalisation de grandes lignes d'investigation pour la mise en œuvre d'une méthode d'analyse de trajectoires de conversion, deux idées sont revenues de manière assez récurrente dans les débats, avec des références explicites à mes travaux de thèse, exprimées en particulier par le groupe des conseillers et ingénieurs de l'Institut de l'Élevage travaillant ou ayant travaillé avec les éleveurs de Loire et de Haute-Loire : (i) l'idée d'organiser des travaux en petits groupes plutôt que des enquêtes individuelles et d'inviter les éleveurs à raconter et échanger sur leurs propres trajectoires de conversion, (ii) l'idée de faire parler les éleveurs dans ce cadre à partir d'entrées concrètes qui les concernent individuellement (comme je l'ai fait dans mon dispositif avec mon choix de questions constituant des supports pour la réalisation de métaplans, cf. section IV.C.2.a).

Des interactions de ce type avec des agents de développement sont caractéristiques de ce que j'ai appelé « co-évolution des idées entre recherche et développement » dans la section I.B.3 (Figure I.3). En effet, des échanges ont lieu entre recherche et développement, avec une possibilité de s'inspirer de part et d'autre des idées, pratiques ou concepts utilisés d'autre part, et de les mettre au service de son propre projet. Ainsi, un des objectifs de développement associés au projet « Montagne-Bio » est de produire des outils d'accompagnement des conversions sur la base d'une typologie à construire de trajectoires de conversion. L'idée de travailler sur les trajectoires d'une part, et de tenter de les typer d'autre part, est une stratégie définie par les agents de développement portant le projet, et que je n'endosse pas dans le cadre de ma thèse. Elle permet notamment de tirer profit de l'expérience acquise par les Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective (Delaveau et al., 1999) en termes de typologies et d'organisation du conseil individuel et collectif aux exploitants sur la base de la mobilisation de références collectées pour des ensembles de « cas-types » d'exploitations. L'idée, dans le cadre du projet « Montagne-Bio », d'organiser des réunions collectives pour analyser des trajectoires de conversion, et celle d'initier les discussions durant ces réunions à partir d'éléments concrets impliquant les éleveurs participants ont découlé assez directement de la présentation de mon travail de thèse aux agents de développement. Par ailleurs, pour la mise en œuvre de ces deux principes, j'avais moi-même été influencée, du côté développement agricole, par les « groupes d'échanges de pratiques » (Goulet et al., 2008), par exemple mis en place dans le cadre de formations personnalisées d'éleveurs à une meilleure gestion sanitaire de leurs troupeaux, organisées par la Fédération des Éleveurs et Vétérinaires en Convention (FEVEC) (Sulpice et al., 2005).

Ainsi, s'il y a eu influences réciproques entre recherche et développement dans le cadre de mon projet de thèse et dans le cadre du projet « Montagne-Bio », il n'y a néanmoins pas eu, à proprement parler, de co-construction avec des agents de développement. Une co-construction aurait nécessité un travail sur un objet à construire en commun, par exemple une méthode directement opérationnelle d'accompagnement des éleveurs, que j'aurais également portée. Prost (2007) s'est engagée dans un tel travail de co-construction avec des sélectionneurs, utilisateurs futurs de l'objet à concevoir, en l'occurrence un outil d'évaluation de variétés de blé tendre. Mon travail s'en est tenu à proposer des pistes pour l'accompagnement d'éleveurs, sans aller jusqu'à la formalisation d'une méthode opérationnelle, car, dans une perspective plus orientée sur le volet « recherche », j'ai privilégié l'exploration des implications de la co-construction avec les éleveurs sur les représentations du fonctionnement des systèmes d'élevage (chapitre VI). Si elle devait être formalisée et si elle avait pour vocation à être mise en œuvre par des agents de développement, une telle méthode d'accompagnement gagnerait à être co-construite avec les agents de développement. La co-construction pourrait utiliser le travail accompli durant ma thèse comme une base à questionner, préciser et faire évoluer au regard des objectifs, situations et sensibilités des agents de développement. C'est une des perspectives opérationnelles qui pourraient être données à cette thèse.

C. Discussion des résultats obtenus sur le pôle des connaissances

1. Sur les savoirs et savoir-faire de la zootechnie des systèmes d'élevage mobilisés dans une telle démarche

Organiser des séances de réflexion sur le fonctionnement des systèmes d'élevage en s'abstrayant de ses propres cadres d'analyse relève, pour le zootechnicien des systèmes d'élevage, d'une posture originale. Cette posture peut s'avérer déstabilisante pour qui considérerait que la légitimité du zootechnicien à intervenir sur les situations repose sur ses capacités d'analyse des situations en question. Je considère pour ma part que les savoirs et les savoir-faire de la discipline sont clairement mobilisés dans la conception et la mise en œuvre d'un dispositif comme celui de ma thèse, même si cela ne se fait pas selon un schéma traditionnel. Dans les paragraphes qui suivent, j'expose les étapes et les procédures par lesquelles les savoirs et les savoir-faire de la discipline ont contribué au bon déroulement du dispositif mis en œuvre sur le terrain.

Certains cadres d'analyse de la discipline ont été mobilisés dès la première étape des interactions avec les éleveurs, à savoir l'étape des enquêtes d'octobre 2008, qui visait avant tout à faire connaissance avec les éleveurs et à découvrir le fonctionnement de leurs exploitations. Ces cadres m'ont en effet aidée à construire mon questionnaire d'enquêtes. Par ailleurs, les connaissances sur le fonctionnement des systèmes d'élevage qui relèvent de la culture générale de la discipline ont été utiles pour comprendre les discours des éleveurs, aussi bien dans leurs aspects techniques que dans les interrelations de différents ordres qui s'expriment au sein des systèmes d'élevage. Il était en effet question de savoir comprendre les objets complexes que sont les systèmes d'élevage en mobilisant un point de vue systémique.

Les enquêtes dans les 15 exploitations m'ont ainsi donné une connaissance des fonctionnements des systèmes d'élevage qui m'a permis de proposer des thématiques initiatrices pertinentes pour lancer la dynamique de modélisation participative. Elles m'ont également permis de creuser les questions de l'autonomie fourragère et de la gestion sanitaire et d'élaborer des typologies des 15 exploitations relativement à ces deux dimensions (annexe 5), selon les savoir-faire de la discipline. Dans la dynamique du dispositif de thèse, la restitution de ce travail typologique aux éleveurs a été l'occasion de remobiliser éleveurs et institutionnels concernés et de les réunir au cours d'une réunion (mars 2009). Durant celle-ci, j'ai pu utiliser ces typologies pour apporter des éléments de réflexion supplémentaires sur les deux questions que les acteurs de terrain avaient eux mêmes définies comme importantes, mais j'ai aussi pu profiter de cette présentation pour donner le ton des grands principes qui seraient mobilisés par la suite, durant les ateliers participatifs. En effet, une idée importante derrière la présentation des typologies était de montrer qu'il existe une diversité de fonctionnements cohérents au sein du groupe des éleveurs enquêtés, en insistant sur le fait qu'il n'y a pas de « bonnes » ou de « mauvaises » façons de faire, mais plutôt une diversité dont il est bon de prendre conscience afin de pouvoir s'enrichir mutuellement. Ainsi, en déployant cette capacité, qui fait partie des savoir-faire de la discipline, à prendre en compte et comprendre une diversité de situations sans les juger, j'ai voulu instaurer une ambiance de confiance propice aux échanges, tout en précisant bien que les typologies proposées relevaient de *mon* expertise sur leurs situations, et que je souhaitais travailler par la suite à partir des perceptions propres *des éleveurs* sur leurs situations.

Durant les ateliers de modélisation participative, les savoirs et savoir-faire de la zootechnie des systèmes d'élevage n'ont pas été utilisés aussi directement, dans la mesure où, justement, il s'agissait de ne pas imposer mes vues. Néanmoins, il était utile de posséder une certaine culture sur le fonctionnement des systèmes d'élevage afin de pouvoir comprendre les discussions et, lors des deuxièmes ateliers visant à construire les cartes, afin de pouvoir retracer à l'écrit de manière fidèle les échanges entre participants sous la forme de cartes causales. Au sujet de telles démarches qui visent à construire avec des acteurs des représentations utiles à l'action, comme des cartes causales ou encore des « grille-répertoires », Girard (2006) évoque un débat présent dans la littérature à propos de l'extériorité de l'animateur par rapport au sujet traité. Certains auteurs tendent à conseiller une extériorité maximale, permettant d'éviter d'« asseoir le modèle sur des biais et des frontières bien établis (...) et de confirmer une formulation du problème déjà exprimée ». Girard (ibid.) dépasse cet argument en suggérant que plus que du degré d'extériorité de l'animateur, c'est de sa posture d'animation dont il est question, à savoir son inclinaison à endosser effectivement un rôle de « maïeuticien ». Dans le cas où l'animateur est effectivement prêt à jouer ce rôle sans imposer ses vues, Girard (ibid.) note qu'une formation initiale dans le domaine modélisé rend le travail d'explicitation plus facile.

Ainsi, j'ai mobilisé les savoirs et savoir-faire de la zootechnie des systèmes d'élevage à quatre niveaux dans le dispositif : lors de la réalisation des enquêtes, lors du choix de thématiques pour initier le processus de modélisation participative, lors de la réalisation et de la présentation de typologies sur l'autonomie fourragère et la gestion sanitaire, et enfin lors des ateliers de modélisation participative pour comprendre et retranscrire le discours des éleveurs sous la forme de cartes causales.

2. Des contenus de modèles définis par les éleveurs eux-mêmes

Si les savoirs et savoir-faire de la discipline « zootechnie des systèmes d'élevage » se sont avérés importants pour la bonne conduite de mon dispositif de thèse, il n'en demeurait pas moins que le principe retenu était de faire construire aux éleveurs leurs propres représentations du fonctionnement de leurs systèmes d'élevage. A ce titre, on peut donc s'interroger sur l'impact de mes choix de thématiques initiatrices sur le contenu des cartes finalement obtenues.

C'est en effet moi qui ai choisi les thématiques à partir desquelles le processus de modélisation participative a été initié, sur la base de la connaissance du fonctionnement des exploitations que j'avais acquise grâce aux enquêtes. Je devais donc faire en sorte que ces choix initiaux n'aient pas d'influence déterminante sur le contenu des cartes causales finalement obtenues. L'étape « métaplan » des premiers ateliers (section IV.C.2.a) avait justement pour objectif de passer de thématiques choisies pour leur capacité à générer des discussions à l'expression par les éleveurs eux-mêmes d'« items initiateurs » devant servir de noyaux de modélisation pour la construction des cartes causales réalisée durant les ateliers suivants (section IV.C.2.b). De plus, j'avais veillé à ce que la formulation de ces thématiques initiales soit sous forme de questions ouvertes pour ne pas limiter la réflexion à un domaine précis. Cette stratégie s'est avérée payante puisque les items obtenus par ces processus de métaplan se sont effectivement révélés très variés et finalement assez peu spécifiques des questions initiales (Tableau IV.1) : depuis des items très techniques comme « rendements des prairies élevés » ou « animaux en bonne santé » jusqu'à des considérations sur les conditions de travail : « bien-être de l'éleveur », en passant par des préoccupations d'ordre environnemental : « empreinte écologique positive », économique : « investissements lourds », ou social : « bonne image de marque » (Tableau IV.2).

Mon dispositif ne me permet pas de m'assurer de la non-influence de mes choix initiaux sur le contenu des cartes obtenues. Je peux toutefois faire l'hypothèse que cette influence est limitée, et qu'elle ne remet en cause les résultats obtenus. En effet deux observations vont dans le sens d'une faible influence du choix des thématiques initiales sur les représentations finalement obtenues : (i) les deux cartes construites à partir de questions différentes présentent pourtant des similitudes importantes, notamment en ce qui concerne la santé des vaches et la qualité de l'alimentation, ou encore les relations sociales entre l'exploitation et son environnement (voir section VI.B.3.b). Ceci suggère que dans un tel processus de modélisation, le cœur des préoccupations des éleveurs finit toujours par être exprimé, quels que soient les chemins pour y parvenir ; (ii) des thématiques apparaissent dans les cartes causales qui n'avaient pourtant été amenées ni par mon choix de questions initiales, ni par les « items initiateurs » issus des métaplans, par exemple la gestion des mauvaises herbes dans la carte du premier groupe, structurante dans le cluster qui traite essentiellement d'« image de marque » (Tableau VI.5).

Enfin, au cours de l'atelier de restitution-débriefing d'août 2010, les éleveurs présents nous ont montré très spontanément, par leurs discours, qu'ils reconnaissaient volontiers que les cartes construites étaient avant tout le produit de leurs propres échanges, ce qu'ils jugent original et valorisant (encadré VII.4). Par ailleurs, ils ont également souligné l'équité qui a présidé dans la prise en compte des contributions de chacun au processus de modélisation (encadré VII.5).

Six personnes sont présentes : trois éleveurs (E1, E2, E3) et trois co-animateurs (Lucie Gouttenoire, Sylvie Cournut et Stéphane Ingrand, respectivement LG, SC et SI). E1 a fait partie du premier groupe de travail et a débuté sa conversion en 2008 ; E2 et E3 ont fait partie du deuxième groupe de travail, E2 a débuté sa conversion en 2008 comme E1, et E3 en 1998, durant la première vague de conversions.

Extrait a. Les éleveurs parlent de certains ateliers thématiques qui peuvent leur être proposés par différentes structures de développement agricole, et qui les font également travailler en groupe, par exemple à propos de l'organisation du travail dans leurs exploitations.

- E2 Oui mais.. euh... bien souvent, dans ces réflexions-là, on nous amène des réponses toutes faites et c'est pas nous qui les faisons les réponses, tandis que là [durant les ateliers participatifs de ma thèse], c'est chaque participant qui a dit ce... euh... ce qu'il pensait.
- E3 C'est valorisant de voir que la recherche elle se fait dans l'autre sens.
- E2 Voilà !

Extrait b. E3 parle du graphe permettant de comparer les items les plus centraux de chacune des deux cartes (Figure V.5), que je viens de leur soumettre.

- E3 Alors qu'avant, on nous l'aurait accroché ça [le graphe]. Y a 15 ans 20 ans, on aurait dit voilà comment ça se passe dans une exploitation. Vous avez ... alors vous menez le fumier... vous avez... Il faut que les vaches, euh, soient bien alimentées. Pour ça vous avez des moyens. Et vous avez un objectif. Alors il te demande : quels sont vos objectifs ? Temps de travail, nana... Voilà, et puis après... Voilà comment c'est, voilà ce que vous ferez. Et là [durant les ateliers de ma thèse] c'est venu à l'envers. C'est, est-ce que, comment ça vient et quels sont vos souhaits, et ça c'est important et c'est nouveau. Pour nous c'est un peu nouveau.

Encadré VII.4. Extraits de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. Le discours des éleveurs met l'accent sur le fait de partir de ses propres représentations plutôt que de se voir imposer les représentations d'autrui.

Six personnes sont présentes : trois éleveurs (E1, E2, E3) et trois co-animateurs (Lucie Gouttenoire, Sylvie Cournut et Stéphane Ingrand, respectivement LG, SC et SI). E1 a fait partie du premier groupe de travail et a débuté sa conversion en 2008 ; E2 et E3 ont fait partie du deuxième groupe de travail, E2 a débuté sa conversion en 2008 comme E1, et E3 en 1998, durant la première vague de conversions.

E3 parle du processus de cartographie cognitive qui a été mis en œuvre dans chacun des deux groupes...

- E3 Non, mais ce système là pour nous, je connaissais pas, enfin, il est quand même fait pour éviter, c'est ça justement, qu'il y ait un avis qui ressorte là parce que sinon le reste du temps généralement quand on fait une réunion y en a un qui fait le compte-rendu... enfin...
- LG Oui.
- E3 Et qu'est-ce qu'il est ressorti de la réunion ?
- E2 Voilà !
- E3 C'est ce qu'a dit untel, enfin, qui a été enregistré, qui a été dit plus fort ou plus souvent ou par le même gars...
- E2 ... Qui a mieux été compris par celui qui fait le compte-rendu...
- E3 ... Oui ou qui a été mieux compris et qui devient l'intérêt de la réunion et en réalité souvent il s'est dit... enfin il peut s'être dit beaucoup d'autres choses que...
- E1 Non, c'est bien !

Encadré VII.5. Extrait de la réunion d'août 2010 de restitution-débriefing avec 3 représentants des éleveurs ayant participé aux ateliers de modélisation participative. Les éleveurs insistent sur le fait qu'avec la méthode de la cartographie causale, les points de vue de chacun ont été pris en compte de manière équilibrée.

Ainsi, il semble y avoir eu accord sur le fait que le contenu des cartes causales finalement obtenues résultait essentiellement de la participation des éleveurs. Je précise toutefois que mon objectif n'était pas d'étudier les « processus cognitifs des sujets ». Dans une perspective constructiviste, de la même manière qu'il ne s'agit pas de se focaliser sur la réalité objective des objets représentés, il n'est pas non plus question de se focaliser sur la réalité objective des processus cognitifs des individus. Cette prise de position n'est pas unanimement partagée parmi les chercheurs qui utilisent la cartographie causale ; des débats ont fait rage à ce sujet (Cossette et Audet, 1992), et les deux perceptions co-existent encore aujourd'hui : comprendre les processus cognitifs des individus vs. bâtir des représentations utiles pour réfléchir et agir sur les situations. Par exemple, certains auteurs utilisent la cartographie causale pour « comprendre comment les acteurs perçoivent le monde ». Ainsi, Fairweather et Hunt (2009), s'intéressant aux systèmes de production agricole, posent les questions de recherche suivantes : « How do farmers perceive and understand their farm system ? Are they sufficiently aware of their farm system that they are able to represent it in the form of a map? ». Dans ma thèse, ce n'est pas cette perspective qui a été retenue. Je note au passage qu'une telle perspective est difficile à justifier lorsque la carte construite par le chercheur représente le discours d'un *groupe* de sujets : en effet, il semble délicat, sinon inconsistant, de parler de « la cognition d'un groupe » (Eden, 2004). Les filtres existant entre les processus cognitifs d'un sujet et le contenu d'une carte causale sont par ailleurs nombreux (Cossette et Audet, 1992). Pour ma part, les contenus des cartes causales produites avec les éleveurs ne m'intéressent pas en tant qu'« expression des processus cognitifs des individus », mais ils m'intéressent en tant que représentations possibles du fonctionnement des systèmes d'élevage, susceptibles d'apporter des éclairages nouveaux par rapport aux cadres d'analyse de la zootechnie des systèmes d'élevage. Et ce sont ces éclairages nouveaux que je me propose de discuter dans la section suivante.

3. Perspectives de recherche issues de l'analyse du contenu des cartes causales construites avec les éleveurs

Dans le chapitre VI, par la comparaison du contenu des cartes causales construites avec les éleveurs avec celui des modèles de systèmes d'élevage publiés dans la littérature entre 2000 et mi-2009, j'ai pu montrer qu'une démarche de modélisation participative avec des éleveurs était susceptible de produire des représentations nouvelles, qui pouvaient questionner les modèles existants et suggérer de nouvelles pistes pour la recherche :

- (i) les cartes causales construites avec les éleveurs sont plus globales dans le sens où elles intègrent de nombreux points de vue disciplinaires, de nombreuses échelles de temps et des sous-systèmes originaux, comme le système des relations sociales avec l'extérieur de l'exploitation ;
- (ii) dans les deux cartes, le fonctionnement du troupeau et le système fourrager sont très interconnectés au sein d'un même cluster qui fait la part belle à la santé des vaches et à d'autres items mêlant intimement les points de vue sanitaire et productif ;
- (iii) certains éléments du système d'élevage habituellement analysés par des disciplines différentes sont connectés de manière surprenante au sein d'un même cluster, suggérant des liens nouveaux à questionner, par exemple entre l'organisation du travail et les performances de reproduction des vaches.

L'intérêt principal des cartes construites avec les éleveurs, conformément aux hypothèses énoncées dans la partie « stratégie de recherche » (section II.B), est donc qu'elles constituent des modèles de système d'élevage à l'échelle de l'exploitation agricole qui intègrent réellement différents points de vue disciplinaires, différentes échelles de temps et différents sous-systèmes sans que cette intégration relève de la simple agrégation de modèles plus spécialisés et conçus pour répondre à des questions qui se posent à des niveaux infra, comme cela est souvent le cas pour les modèles publiés qui sont conçus à l'échelle de l'exploitation agricole (Guerrin, 2007). Dedieu et al. (2008a) et Le Gal et al. (2010) insistent sur l'importance de l'existence de modèles véritablement intégrés à l'échelle de l'exploitation agricole pour accompagner la conception (ou la reconception) de systèmes agricoles innovants. S'agissant de reconceptions, les éleveurs ayant participé à ma thèse confirment ce point de vue selon lequel il est impossible de reconcevoir son système sans prendre en compte la complexité et la diversité des fonctionnements des systèmes d'élevage, et donc sans développer une vision intégrée des différents éléments qui constituent un système d'élevage et des différents points de vue qu'on peut en avoir.

Martin (2009) a proposé une démarche de modélisation systémique et de simulation dynamique pour concevoir des systèmes fourragers innovants, en organisant le modèle conçu selon un niveau d'abstraction qui tenait compte des connaissances disponibles, de la question d'intérêt, et du type de support informatique disponible. Comme pour mon travail de thèse, il s'est donc agi d'une démarche de conception de systèmes agricoles innovants mobilisant une activité de modélisation, mais, à la différence de ma thèse, l'échelle retenue a été celle du système fourrager plutôt que celle de l'exploitation agricole. Par ailleurs, en mobilisant clairement des compétences et des connaissances déjà disponibles dans la recherche pour créer le modèle à la base de son projet de conception de systèmes innovants, Martin (ibid.) s'est placé dans une démarche de type « recherche d'exploitation » (Meynard et al., 2006). Dans le cas de ma thèse, il ne s'agissait pas de valoriser des connaissances scientifiques déjà existantes pour construire un modèle, mais plutôt d'en faire émerger de nouvelles, en m'appuyant sur des représentations construites par des éleveurs, ce qui n'est pas une procédure habituelle pour la discipline. L'objectif était justement d'augmenter le potentiel d'innovation de la discipline en initiant des travaux en mode « recherche d'exploration » (cf. section I.B.3.a). Les deux types de démarches (i.e. exploitation et exploration) présentent chacune leurs intérêts, mais la recherche d'exploration est davantage indiquée quand les objectifs de la conception restent flous compte tenu d'incertitudes fortes, ce que rappelle d'ailleurs Martin (2009). Dans le contexte mouvant et incertain de l'élevage actuel, il ne me semble donc pas superflu d'avoir voulu mettre en œuvre un projet du type « recherche d'exploration », complétant ainsi les vues apportées par les projets de conception de systèmes agricoles innovants en mode « recherche d'exploitation ».

D'un point de vue méthodologique, les résultats présentés dans le chapitre VI renforcent l'idée (Prell et al., 2007) selon laquelle il est pertinent d'engager un travail de modélisation participative avec des acteurs qui agissent au quotidien sur les systèmes à représenter, notamment dans l'optique de produire des représentations plus intégrées de ces systèmes. La modélisation participative peut ainsi être vue comme une nouvelle méthode à la disposition de la discipline « zootechnie des systèmes d'élevage », qui vient s'ajouter à la liste des méthodes actuelles d'enquêtes, suivis, typologies et autres investigations en ferme qui permettent à la fois de mieux comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage et de renouveler les cadres d'analyse de la discipline (Figure I.3). La modélisation participative présente l'intérêt supplémentaire, par rapport aux méthodes précédentes, de

permettre d'agir directement sur les situations en accompagnant la réflexion des éleveurs participants, répondant ainsi à l'enjeu identifié dans la section I.B.3.b qui consiste à resserrer les liens entre les objectifs de « comprendre » et d' « accompagner ». Force est toutefois de constater que la modélisation participative n'en est qu'à ses balbutiements dans la discipline, et qu'elle gagnerait vraisemblablement à être testée et questionnée dans de nouveaux contextes, en vue de l'améliorer et/ou de la renforcer.

S'agissant de la valorisation du contenu des cartes causales, comme je me suis placée dans une perspective constructiviste, l'idée n'était pas de considérer les cartes comme des représentations objectives de la réalité. L'objectif de la construction des cartes était avant tout de produire des représentations utiles pour donner aux éleveurs des moyens d'échanger et de réfléchir à leurs processus de reconception. Il ne s'agissait pas de représenter les systèmes d'élevage en étant aussi proche que possible de la réalité. Ainsi, quand j'évoque par exemple la mise en évidence de liens intéressants entre différents objets habituellement analysés par des disciplines différentes, je n'ai pas les moyens d'objectiver la réalité de ces liens. Toutefois, en faire état me semble tout de même pertinent : le regard développé par les éleveurs sur leurs systèmes d'élevage placés dans des situations de reconception est susceptible d'apporter un éclairage nouveau sur les systèmes (Jiggins et Röling, 1997), qui peut fournir aux chercheurs animés par une démarche positiviste des pistes d'investigation nouvelles.

Ces pistes sont les suivantes :

- (i) La comparaison entre les deux cartes tend à montrer que des progrès seraient réalisables dans les modèles de systèmes d'élevage sur l'intégration du système fourrager avec le fonctionnement du troupeau d'une part, et sur la prise en compte conjointe des points de vue productif et sanitaire d'autre part, et qu'une meilleure formalisation du complexe « alimentation-santé-production » (Ostergaard et al., 2000) pourrait y aider ;
- (ii) L'analyse fine d'un des clusters de la carte du premier groupe d'éleveurs suggère que l'analyse de l'organisation du travail au sein du système d'élevage pourrait contribuer à expliquer les performances de reproduction des vaches ; au-delà, ce résultat incite à creuser les liens entre organisation du travail et performances productives dans les systèmes d'élevage.

D. Retour réflexif sur la démarche mise en œuvre

1. Sur la dynamique du projet et les compétences en jeu

Mon travail de thèse, en tant que projet de recherche participative, s'ajoute à toute une liste d'expériences de recherche participative ayant été conduites jusqu'à présent dans de nombreux domaines et dans de nombreux pays. Dans la mesure où la participation en recherche est une approche relativement nouvelle, la capitalisation d'expériences est un objectif important pour guider les chercheurs s'engageant dans de telles dynamiques, permettant par exemple de leur fournir des repères méthodologiques susceptibles de les aider dans leurs choix de positionnement ou dans l'amélioration de leurs dispositifs.

Ainsi, au cours de ma thèse, j'ai participé à un groupe d'animation transversale sur les démarches participatives au sein de l'UMR Métafort. Ce groupe a pour objet de faciliter les échanges d'expérience au sein de l'UMR, en produisant des outils favorisant les échanges et la réflexivité sur les démarches participatives, et en organisant des séminaires de réflexion collective mobilisant ces outils, à destination des chercheurs de l'UMR.

Au sein de ce groupe, j'ai participé à l'élaboration et au test d'une grille d'analyse des démarches participatives pour faciliter les échanges et la réflexivité. Cette grille a été bâtie en mobilisant des éléments bibliographiques sur les recherches participatives, et elle a été testée et affinée en l'appliquant à deux expériences de recherche participative que nous avons analysées avec précision, menées au sein de l'UMR : mon projet de thèse d'une part, un projet concernant l'élaboration d'un plan stratégique de territoire au Québec d'autre part (Lardon et al., 2010a). Cette grille a fait l'objet de la rédaction d'un article (Houdart et al., soumis) (annexe 6). Elle a ensuite été appliquée, au cours d'un séminaire interne à l'UMR Métafort, à un ensemble de cas de recherches participatives portées par des chercheurs de l'UMR. Ce travail a donné lieu par la suite à l'élaboration par le groupe d'animation transversale d'une typologie de ces démarches, qui a fait l'objet d'une communication à un colloque (Lardon et al., 2010b) (annexe 7).

Un des objectifs de la grille que nous avons construite est d'aider les chercheurs à mieux identifier les points critiques de leurs dispositifs, les moments clé et les points de passage obligés. Dans le cas de ma thèse, l'application de la grille a permis d'identifier le point critique suivant, sur lequel reposait la réussite du dispositif de thèse dans son ensemble : parvenir à réunir un nombre suffisant d'éleveurs prêts à participer à deux ateliers successifs afin de pouvoir bâtir des cartes causales représentant le fonctionnement de leurs systèmes d'élevage. L'atteinte de cet objectif n'allait cependant pas de soi, du fait d'une part du faible nombre d'éleveurs concernés par les conversions à l'Agriculture Biologique dans le Pilat (33 en tout), et d'autre part du caractère plutôt contraignant de l'implication qui leur était proposée, à savoir accepter de se libérer et de se déplacer pour deux réunions d'une demi-journée, et s'engager à y participer activement. Parmi les facteurs positifs qui ont contribué au bon déroulement du projet et à l'atteinte de cet objectif (cf. annexe 6), j'insiste ici sur l'importance d'avoir travaillé en partenariat avec des institutionnels et des agents de développement locaux qui se sont impliqués dans le portage du projet auprès des éleveurs (cf. section IV.B).

Cette stratégie partenariale, avec ses divers engagements (article dans le journal du comité de développement, poster en annexe 2 pour une journée « fermes ouvertes », logos sur mes courriers aux éleveurs) s'est en effet avérée concluante pour mobiliser les éleveurs : une vingtaine de réponses d'éleveurs me sont parvenues sur les 33 lettres envoyées, parmi lesquelles 15 étaient positives pour la participation à une enquête. Par la suite, 10 éleveurs ont poursuivi la démarche en prenant part aux ateliers participatifs, ce qui m'a permis d'organiser deux groupes et donc de conduire deux séries différentes d'ateliers participatifs. Le fait d'avoir réalisé des enquêtes individuelles préalables, comme suggéré par les partenaires, semble également avoir joué en faveur de ce bon taux de participation final. 5 éleveurs sur les 5 qui m'ont renvoyé le questionnaire d'évaluation à froid que j'ai évoqué dans la section VII.B.3.a de cette discussion générale ont affirmé être d'accord avec l'idée selon laquelle les enquêtes et leurs restitutions écrites et orales nous avaient permis de faire connaissance et les avaient incités à participer aux réunions suivantes. C'est également le ressenti que j'en ai eu après avoir conduit mes 15 enquêtes en octobre 2008.

En conclusion, comme nous l'avons écrit dans l'article en annexe 6 (Houdart et al., soumis), si les élèves ont été la cible de mon dispositif participatif, ils n'ont néanmoins pas été les seuls à avoir été impliqués dans le projet. Même si les « acteurs institutionnels locaux » n'ont pas contribué directement à la production de connaissances scientifiques, par exemple en participant à l'élaboration des cartes causales, leur rôle quant à la réussite globale du dispositif n'est absolument pas à négliger. Une telle configuration conduisant à distinguer des « acteurs cibles de la participation » et des « acteurs institutionnels » participant au portage du projet semble assez fréquente dans les démarches de recherche participative (Lardon et al., 2010b) (annexe 7). Il convient donc de savoir la prendre en compte et la gérer. Mon projet de recherche participative avec des élèves ne saurait se réduire à quatre séances de modélisation participative d'une demi-journée ; ces quatre séances doivent plutôt être vues comme l'aboutissement de toute une dynamique partenariale gérée sur plus d'une année.

Ainsi, en dehors des compétences spécifiques de la discipline « zootechnie des systèmes d'élevage » (section VII.C.1), la mise en œuvre de mon dispositif de thèse, comme tout dispositif participatif, a nécessité d'autres compétences, telles que, par exemple, des capacités d'animation de réunions, de négociation, d'entretien de dynamiques collectives sur du moyen terme, ou encore d'adaptation face aux attentes des différents partenaires. L'animation des ateliers participatifs de cette thèse a par exemple mis en jeu des capacités de facilitation qui pourraient sans doute être renforcées par l'expérience voire également par des formations spécifiques. Ainsi, bien que les quatre ateliers participatifs organisés pour ma thèse aient systématiquement été co-animés par deux personnes (Sylvie Cournut ou Stéphane Ingrand et moi-même), nous avons pu constater par exemple que la bonne répartition de la parole était une tâche difficile, même en pratiquant des tours de table, quand certaines personnes au sein du groupe tendent à s'exprimer plus abondamment que les autres. Lardon (2009) souligne bien que les modalités originales d'intervention des chercheurs mises en œuvre lors d'expériences de recherche participative doivent amener les chercheurs à s'interroger sur l'importance des compétences et connaissances à développer pour mener à bien de telles démarches.

2. Sur les choix méthodologiques réalisés, à replacer au sein d'un système « praticien-méthodes-cadres théoriques-situation »

Mon travail de thèse repose sur la conception et le test d'une méthode de modélisation participative du fonctionnement des systèmes d'élevage et sur l'analyse des conséquences de son application sur le pôle de l'action et sur le pôle des savoirs. L'exploration méthodologique joue donc un rôle important dans ma thèse. Dès lors, il faut s'interroger sur le domaine de validité de la méthode conçue, telle que présentée dans le chapitre IV. Des éléments de discussion ont été introduits dans les sections VII.B et VII.C pour préciser en quoi cette méthode permettait de répondre à la question de recherche : « Comment modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour accompagner les élèves dans des processus de reconception de leurs systèmes d'élevage ? ». Au-delà, on peut se demander si une telle méthode ne serait pas également appropriée pour répondre à d'autres questions, et chercher ainsi à préciser les circonstances (type de question de recherche, type de situation, de problème...) pour lesquelles cette méthode serait particulièrement adaptée.

Aussi intéressant puisse-t-il paraître pour enrichir les perspectives d'un travail de recherche, un tel objectif visant à définir le « domaine de validité » d'une méthode relève de la gageure dès lors qu'il

s'établit des relations d'influences réciproques entre les actions entreprises par le chercheur et la situation sur laquelle il intervient (Steyaert, 2009). En effet, la méthode déployée devient alors complètement dépendante de son contexte de création / application.

Toutefois, selon Ison (2010), pour gagner en réflexivité sur les méthodes, il s'agit de systématiquement les replacer au sein du système « praticien-méthodes-cadres théoriques-situation » à l'intérieur duquel elles ont été conçues et par lequel elles ont pris sens. Une telle analyse donne des clés pour relier certains aspects de la méthode avec certaines caractéristiques du praticien, des cadres théoriques ou de la situation qui ont fait que ce sont ces aspects-là qui ont été choisis / mis en œuvre. Elle peut ainsi fournir des pistes méthodologiques pour d'autres chercheurs que des combinaisons de caractéristiques similaires à celles de la recherche analysée intéresseraient. Elle implique d'entrer dans une démarche d'« objectivité réflexive » (Alrøe et Kristensen, 2002), qui consiste à communiquer le contexte cognitif des recherches.

Pour mener une telle analyse, je m'appuie sur la grille proposée par Neef et Neubert (2010) pour aider les chercheurs à répondre à la question suivante : « est-ce que je veux / peux / devrais incorporer des éléments participatifs à mon projet de recherche et si oui lesquels et à quelle phase ? » (Tableau VII.1). Cette grille tient compte de la diversité croissante des projets de recherche participative en agriculture et du caractère multidimensionnel de la participation. Elle comporte des éléments concernant les cadres théoriques du projet de recherche (dimensions I et II du Tableau VII.1), le praticien, i.e. le chercheur (dimensions III et IV), les méthodes (dimension IV), et la situation d'action, dépendant des acteurs (dimensions IV, V et VI). Ainsi, elle me paraît être un bon support pour expliciter les caractéristiques des interactions entre chercheur, cadres théoriques et situation qui, dans mon cas, éclairent le fait que la méthode que j'ai conçue et mise en œuvre l'a été de la manière dont je l'ai conçue et mise en œuvre.

<p>I. Project type</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Type of research b) Research objectives c) Potential users and beneficiaries d) Institutional context of the research project e) Risk involved in the project <p>II. Project approach</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Research methodology b) Research epistemology c) Research plan d) Research process e) Research methods for accessing local knowledge <p>III. Researchers' Characteristics</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Previous experiences with participation b) Attitudes towards participation c) Attitudes towards local stakeholders d) Accountability towards the potential users e) Commitment to the problem-solving cycle 	<p>IV. Researcher– stakeholder interaction</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Involvement of stakeholders in the research process b) Control of research and centers of decision-making c) Contribution to the generation of knowledge d) Type, frequency, and intensity of interaction e) Investment of resources and payment <p>V. Stakeholders' Characteristics</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Local stakeholders' experiences with previous projects b) Local stakeholders' perception of the research project c) Local stakeholders' perception of the researchers d) Time availability of local stakeholders e) Local stakeholders' scope for action <p>VI. Stakeholders' benefits</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Innovations, improved practices b) Creation of knowledge and awareness c) Improvement of skills d) Empowerment and social capital e) Improvement of livelihoods
--	--

Tableau VII.1. Une grille d'analyse pour les projets de recherche participative en agriculture. Source : (Neef et Neubert, 2010).

Il serait fastidieux de reprendre attribut par attribut le cadre d'analyse de Neef et Neubert (ibid.) et de l'appliquer au cas de ma thèse, d'autant que certaines dimensions de ce cadre ont déjà été largement explorées dans le cours de ce manuscrit : le type de projet et l'approche du projet (dimensions I et II) dans les chapitres I et II, les interactions chercheurs-acteurs (dimension IV) dans le chapitre IV, et les bénéfices pour les acteurs (dimension VI) dans le chapitre V et la section VII.A.1. Je propose donc de présenter uniquement les dimensions pour lesquelles l'utilisation du cadre de Neef et Neubert (ibid.) apportera un éclairage nouveau par rapport à tout ce qui a été écrit jusqu'ici dans ce manuscrit. Ces dimensions sont les dimensions III et V (Tableau VII.1) : caractéristiques des chercheurs et caractéristiques des acteurs.

Plus précisément, il s'agit d'explicitier les caractéristiques des éleveurs et mes caractéristiques qui font que d'une part nous avons été collectivement à l'aise avec la méthode de modélisation participative telle que je l'avais proposée, et que d'autre part celle-ci m'a permis d'atteindre les résultats que j'escomptais. Je structure les paragraphes suivants sur les attributs des dimensions III et V (Tableau VII.1) qui me permettent d'opérer cette explicitation.

De mon côté, avant ma thèse, je n'avais jamais participé à un projet de recherche participative ni suivi d'enseignement sur cette thématique (attribut III.a). Toutefois, cette approche de la recherche m'attirait particulièrement ; je n'étais pas sensible aux arguments de « non-scientificité » des recherches participatives que certains chercheurs évoquent parfois (Neef et Neubert, ibid.), et j'étais bien décidée à expérimenter ce genre de démarche (attribut III.b). Du côté des éleveurs, certains d'entre eux sont impliqués dans les Réseaux d'Élevage de l'Institut de l'Élevage, mais globalement, la zone ne fait pas l'objet d'un nombre considérable de projets de recherche et/ou développement, ce qui se présentait comme un atout dans la mesure où, dans certaines zones « surpâturées », il peut exister une certaine lassitude des éleveurs vis-à-vis des projets de recherche et/ou développement (attribut V.a). Dans le Pilat, ce n'était pas le cas. Au contraire, les éleveurs voyaient d'un bon œil le projet que je leur proposais, car il leur donnait l'occasion d'échanger sur une thématique qui les concernait directement : les conversions à l'Agriculture Biologique. Certains d'entre eux étaient également sensibles à l'idée de contribuer à un projet de recherche, ou encore à celle d'« aider les thésards » ! (attribut V.b). Enfin, en tant que décideurs principaux au sein de leurs systèmes d'élevage, les éleveurs disposent de marges de manœuvre importantes pour gérer les reconceptions de leurs systèmes d'élevage, ce qui est un facteur susceptible de les motiver à participer à des travaux collectifs sur ce thème (attribut V.e).

S'agissant de mon choix de modéliser à partir de représentations construites par les éleveurs eux-mêmes, la confiance qui s'est assez rapidement installée avec les éleveurs m'a permis de complètement assumer ce choix et de le mettre concrètement à l'œuvre. Le fait que je sois moi-même directement issue du milieu agricole a sans doute eu une influence sur les relations que nous avons pu établir : partant d'un tel contexte, je n'ai effectivement eu aucune difficulté à éviter l'écueil du chercheur qui cherche à « éduquer », et j'ai pu instaurer facilement un dialogue du type « égal à égal » (attribut III.c). De leur côté, parmi les différentes propositions de Neef et Neubert (2010), les éleveurs m'ont semblé-t-il considérée, pour leur grande majorité, comme la « facilitatrice d'un processus d'apprentissage continu et mutuel », ainsi que je le souhaitais (attribut V.b). Les autres propositions de Neef et Neubert (ibid.) pour cet attribut sont les suivantes : « l'étranger ignare », « le professeur » ou « l'expert qui apporte son aide ». Bruges et Smith (2008, cités par Neef et Neubert,

2010) estiment que la manière dont les agriculteurs perçoivent les attitudes des chercheurs est le facteur le plus critique pour le succès ou l'échec des projets de recherche participative.

En conclusion, mon dispositif de terrain tel que je l'avais conçu comportait un certain nombre de caractéristiques favorables à sa réussite, y compris des caractéristiques ayant trait à mon histoire personnelle. Mon message serait ici, sur la base de mon expérience subjective, d'inciter à considérer certaines caractéristiques habituellement peu prises en compte explicitement lors de la construction d'une stratégie de recherche, comme des caractéristiques personnelles, pour construire son dispositif participatif d'une manière qui tienne compte de ses atouts personnels par rapport à la situation, afin d'optimiser les chances de réussite du projet.

CONCLUSION GENERALE

Cette thèse s'inscrit dans une démarche générale de recherche sur les modalités d'accompagnement des transformations des systèmes d'élevage vers des systèmes davantage en adéquation avec le développement durable. Un large panel de modalités d'accompagnement peuvent être mises en œuvre, mettant en jeu différents objectifs, différents courants de recherche, différentes sensibilités... Pour ma part, j'ai choisi d'explorer l'accompagnement de transformations dans des situations où des dynamiques d'innovation sont déjà en cours, et initiées par des éleveurs. Je me suis donné pour objectif de répondre à la question suivante : « Comment modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour accompagner les éleveurs dans des processus de reconception de leurs systèmes d'élevage ? »

Pour répondre à cette question, j'ai mis en place une démarche comprenant deux volets : une exploration bibliographique des modèles de systèmes d'élevage disponibles dans la littérature, et la conception et le test d'une méthode de modélisation participative du fonctionnement des systèmes d'élevage.

L'exploration bibliographique m'a permis de mettre en évidence trois grands types de modèles, déployant chacun une logique spécifique par rapport à l'accompagnement des changements en élevage. Toutefois, de mon point de vue, aucun de ces trois grands types ne réunit simultanément les quatre conditions qui permettraient de répondre au mieux à la question de ma thèse, à savoir être capable de modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage: (i) à l'échelle de l'exploitation agricole, (ii) en tenant compte du long terme, (iii) d'une manière qui permette de considérer des changements profonds qui nécessitent de repenser les cohérences au sein du système, (iv) et de raisonner en des termes qui soient pertinents pour la prise de décision des éleveurs.

Ainsi, les résultats de cette synthèse bibliographique m'ont amenée, pour répondre à ma question de recherche, à concevoir et à tester une nouvelle approche de la modélisation, qui devait permettre de prendre en compte la question de l'intégration de différents points de vue disciplinaires, de différentes échelles de temps et de différents sous-systèmes au sein d'un même modèle. Pour ce faire, j'ai retenu le principe d'intégrer dès son initiation et jusqu'à son terme la participation des éleveurs dans le processus de modélisation conceptuelle.

Le deuxième volet de ma thèse a ainsi consisté à concevoir et à tester une méthode de modélisation participative du fonctionnement des systèmes d'élevage et à analyser les conséquences de son application tant sur les dynamiques d'innovation à l'œuvre sur le terrain retenu pour ma thèse que sur les connaissances produites en zootechnie des systèmes d'élevage.

Différents choix ont été réalisés pour concevoir cette méthode : (i) Les éleveurs, en tant qu'acteurs et décideurs ultimes au sein de leur système d'élevage acquièrent le statut de modélisateurs principaux ; (ii) La modélisation est conduite sur un terrain au sein duquel des dynamiques collectives locales de reconception des systèmes d'élevage sont en place ; (iii) Elle a lieu durant des ateliers participatifs en petits groupes d'éleveurs plutôt que lors de face-à-face éleveur/chercheur ; (iv) Les cartes causales, qui sont des matérialisations d'ensembles d'items et de liens causaux entre items représentés sous forme de flèches, sont utilisées lors des ateliers participatifs en tant qu'outils de formalisation ; (v) Le processus de modélisation est enclenché lors des ateliers par des discussions autour de questions concrètes sur le fonctionnement des exploitations qui interpellent directement les éleveurs et qui ont été identifiées préalablement lors d'enquêtes individuelles chez les éleveurs participants.

Un itinéraire méthodologique a découlé de cet ensemble de choix, qui a été testé avec des éleveurs convertis et en cours de conversion à l'Agriculture Biologique dans le Parc Naturel Régional du Pilat (42) et ses environs proches (43).

Sur le pôle de l'action, j'ai montré que l'application de la méthode ainsi conçue a permis de stimuler les réflexions des éleveurs sur le fonctionnement de leurs systèmes d'élevage, ce que je vois comme une première étape nécessaire à la mise en œuvre de changements pour reconcevoir les systèmes d'élevage d'une manière qui tienne davantage compte du développement durable. Plus précisément :

- (iv) le fait de travailler en petits groupes permet à chaque éleveur d'enrichir ses connaissances sur des sujets d'intérêt commun (la gestion des adventices, la santé animale...) avec les connaissances des autres éleveurs ;
- (v) le travail en groupe permet également à chaque éleveur de mieux situer ses manières de faire par rapport à celles des autres ;
- (vi) le fait de modéliser aide à mieux formaliser les problèmes qui se posent et les dynamiques positives du fonctionnement des systèmes, et à trouver des solutions pour résoudre les problèmes et renforcer les dynamiques positives.

Sur le pôle des connaissances, j'ai pu montrer qu'une démarche de modélisation participative avec des éleveurs était susceptible de produire des représentations nouvelles, qui pouvaient questionner les modèles existants et suggérer de nouvelles pistes pour la recherche :

- (iv) les cartes causales construites avec les éleveurs sont plus globales dans le sens où elles intègrent de nombreux points de vue disciplinaires, de nombreuses échelles de temps et des sous-systèmes originaux, comme le système des relations sociales avec l'extérieur de l'exploitation ;
- (v) dans les deux cartes, le fonctionnement du troupeau et le système fourrager sont très interconnectés au sein d'un même cluster qui fait la part belle à la santé des vaches et à d'autres items mêlant intimement les points de vue sanitaire et productif ;
- (vi) certains éléments du système d'élevage habituellement analysés par des disciplines différentes sont connectés de manière surprenante au sein d'un même cluster, suggérant des liens nouveaux à questionner, par exemple entre l'organisation du travail et les performances de reproduction des vaches.

La démarche de modélisation participative que j'ai construite et testée repose sur une épistémologie constructiviste, ce qui rend l'approche de ma thèse originale en zootechnie des systèmes d'élevage. Cette nouvelle perspective est intéressante pour la discipline dans la mesure où elle permet à la fois de produire de nouvelles représentations (pôle des connaissances) et d'accompagner localement des éleveurs dans leur problématique de reconception (pôle de l'action). Ainsi, elle permet de resserrer les liens entre l'objectif de « comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage » et celui d'« accompagner leurs évolutions dans l'optique d'une plus grande durabilité », resserrement vu comme un enjeu important pour accroître le potentiel de la discipline à contribuer aux innovations systémiques en élevage, avec le renouvellement des cadres d'analyse de la discipline par des travaux en mode « recherche d'exploration », auquel ma thèse contribue également.

Ce travail a été présenté à des agents de développement agricole. Au-delà des connaissances produites dans le domaine de la recherche, il existe des enjeux d'opérationnalisation et de développement à plus grande échelle de certains principes méthodologiques mis en œuvre dans ma thèse. Stimuler les réflexions individuelles et collectives d'éleveurs est en effet une voie intéressante pour concevoir des systèmes d'élevage plus en phase avec les enjeux du développement durable. En associant à la réflexion des acteurs des territoires autres que des éleveurs, on pourrait en outre œuvrer à renforcer les liens entre les systèmes d'élevage et les territoires sur lesquels ils s'insèrent, pour un développement concerté et plus harmonieux de l'élevage sur les territoires.

Plus généralement, dans les sciences agronomiques au sens large, il me semble indispensable de continuer à creuser les aspects méthodologiques visant à coupler les connaissances produites par la recherche et les représentations, savoirs et points de vue des acteurs en charge des systèmes de production agricole. En effet, les réflexions sur la contribution de l'agriculture au développement durable doivent être menées de façon conjointe et collective, car, comme je l'ai explicité dans le premier chapitre de cette thèse, et en accord avec les auteurs ayant abordé ce sujet, le développement durable relève avant tout de choix collectifs et d'une intentionnalité à œuvrer en faveur d'un avenir favorable au plus grand nombre.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ackermann F., Eden C. (2005) Using Causal Mapping with Group Support Systems to Elicit an Understanding of Failure in Complex Projects: Some Implications for Organizational Research, Group Decision and Negotiation 14, 355-376.
- Albaladejo C., Casabianca F. (1997) La recherche-action: Ambitions, pratiques, débats, Editions Quae.
- Alrøe H.F., Kristensen E.S. (2002) Towards a systemic research methodology in agriculture: Rethinking the role of values in science, Agriculture and Human Values 19, 3-23.
- Antona M., D'Aquino P., Aubert S., Barreteau O., Boissau S., Bousquet F., Daré W., Etienne M., Le Page C., Mathevet R., Trébuil G., Weber J. (2005) La modélisation comme outil d'accompagnement, Natures Sciences Sociétés 13, 165-168.
- Arnstein A. (1969) A ladder of citizenship participation, Journal of the American Institute of Planners 26, 216-233.
- Astigarraga L., Chia E., Ingrand S. (2008) Production flexibility in extensive beef farming systems in the Limousin region, in: B. Dedieu, S. Zasser-Bedoya (Eds.), 8th European IFSA Symposium, Empowerment of the rural actors: a renewal of farming systems perspectives, CD-Rom, Clermont-Ferrand, pp. 385-402.
- Barré R. (2004) La Science est morte, vive la Science ! Le nouveau contrat entre la science et la société post-moderne : l'avènement de la recherche de mode 2, Natures Sciences Sociétés 12, 52-55.
- Bawden R. (2010) From transforming *systems* to *transforming* systems - And back again?, in: I. Darnhofer, M. Grötzer (Eds.), 9th European IFSA Symposium: Building sustainable rural futures, The added value of systems approaches in times of change and uncertainty Universität für Bodenkultur, Vienna, disponible en ligne sur: <http://ifsa.boku.ac.at/cms/index.php?id=plenary&L=0> (page consultée le 17 août 2010).
- Béguin P., Cerf M. (2009) Introduction. Dynamique des savoirs, dynamique des changements, in: P. Béguin, M. Cerf (Eds.), Dynamique des savoirs, dynamique des changements, Octarès Editions, Toulouse, pp. 3-12.
- Béguin P., Duru M., Coquil X., Hostiou N., Loyce C., Meynard J.M., Parnaudeau V., Prost L., Tchamitchian M. (2009) Texte préparatoire à l'AG du SAD des 27, 28 et 29 janvier 2010 ; Atelier 5 : "Conception et évaluation de nouveaux systèmes agricoles", INRA SAD.
- Bellon S., Bockstaller C., Fauriel J., Geniaux G., Lamine C. (2007) To design or to redesign: how can indicators contribute, in: M. Donatelli, J. Hatfield, A. Rizzoli (Eds.), Farming Systems Design 2007: An International Symposium on Methodologies on Integrated Analysis on Farm Production Systems, La Goliardica Pavese, Pavia, pp. 133-134.
- Bellon S., Girard N., Guerin G. (1999) Characterization of practices-seasons for understanding the planning of a grazing year, Fourrages, 115-132.
- Bonnemaire J., Osty P.-L. (2004) Approche systémique des systèmes d'élevage : quelques avancées et enjeux de recherche, Académie d'Agriculture de France, Séance du 11 février 2004, France, 27p.
- Bosma R.H., Phong L.T., Kaymak U., Van den Berg J., Udo H.M.J., Van Mensvoort M.E.F., Tri L.Q. (2006) Assessing and modelling farmers' decision-making on integrating aquaculture into agriculture in the Mekong Delta, NJAS-Wagen. J. Life Sci. 53, 281-300.

- Bouju S. (2000) Évolution des systèmes d'élevage de part et d'autre de la Méditerranée : une difficile conciliation avec des objectifs de développement durable. Quelques réflexions à partir de deux études de cas en France (Préalpes de Digne) et en Tunisie (Khroumirie), *CIHEAM Options Méditerranéennes Série A* 39, 145-158.
- Boulanger P.-M. (2008) Une gouvernance du changement sociétal : le transition management, *La Revue Nouvelle* 11, 61-73.
- Brunori G., Rand S., Proost J. (2008) Towards a conceptual framework for agricultural and rural innovation policies, IN-SIGHT project: Strengthening Innovation Processes for Growth and Development, Deliverable n°1.
- Cambell J., Salagrama V. (2001) New approaches to participation in fisheries research, Report of the ad hoc Working Party on Participatory Research Methods. Advisory Committee on Fisheries Research (ACFR), Second Session; FAO, Rome.
- Cerf M., Mathieu A., Béguin P., Thiery O. (2008) A collective analysis of co-design projects, in: B. Dedieu, S. Zasser-Bedoya (Eds.), 8th European IFSA Symposium, Empowerment of the rural actors: a renewal of farming systems perspectives, Clermont-Ferrand, pp. 1-6.
- Chabin Y. (2001) La cohérence entre représentations de la performance et contrôle : la grande distribution, Université Montpellier 2, Thèse de doctorat.
- Chambers R.P., Pacey A., Thrupp L.A. (1989) *Farmer first. Farmer innovation and agricultural research*, Intermediate Technology Publications, London.
- Chatellier V., Guyomard H. (2010) Le bilan de santé de la PAC en France. Une profonde redistribution budgétaire ?, OECD Conference. Evaluation of CAP Reform at Disaggregated Level, OECD, Paris, pp. 1-16.
- Coléno F. (2002) Une représentation des systèmes de production agricoles par ateliers, *Cahiers de l'agriculture* 11, 221-225.
- Cossette P. (2003) Méthode systématique d'aide à la formulation de la vision stratégique : Illustration auprès d'un propriétaire-dirigeant, *Revue de l'Entrepreneuriat* 2, 1-18.
- Cossette P., Audet M. (1992) Mapping of an idiosyncratic schema, *Journal of Management Studies* 29, 325-347.
- Cournut S., Dedieu B. (2004) A discrete events simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years, *Animal Research* 53, 383-403.
- Cournut S., Pacaud T., Poix C., Ingrand S., Dedieu B. (2008) A framework to model the diversity of reproduction strategies in ruminant livestock farms: application to dairy herds, 59. Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Wageningen Academic Publisher, Vilnius, p. 137.
- D'Aquino P., Le Page C., Bousquet F., Bah A. (2003) Using self-designed role-playing games and a multi-agent system to empower a local decision-making process for land use management: the SelfCormas experiment in Senegal, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6, [online] URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/3/5.html>.
- Darnhofer I., Bellon S., Dedieu B., Milestad R. (2010) Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review, *Agronomy for Sustainable Development* 30, 545-555.
- Darré J.P., Mathieu A., Lasseur J. (2004) Le sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes, Institut national de la recherche agronomique, Paris.

- de Turckheim E., Hubert B., Messéan A. (2009) Concevoir et construire la décision, Démarches en agriculture, agroalimentaire et espace rural, Editions Quae, Paris.
- Dedieu B., Chia E., Leclerc B., Moulin C.H., Tichit M. Eds. (2008b) L'élevage en mouvement : Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores, Editions Quae, Versailles (FRA).
- Dedieu B., Faverdin P., Dourmad J.-Y., Gibon A. (2008a) Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage, INRA Productions Animales 21, 15-58.
- Dedieu B., Ingrand S. (2010) Incertitude et adaptation : cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage, Inra Productions Animales 23, 81-90.
- Dedieu B., Laurent C., Mundler P. (1999) L'organisation du travail dans les systèmes d'activités complexes. Intérêts et limites de la méthode bilan-travail, Economie Rurale 253, 28-35.
- Delaveau A., Perrot C., Beguin E., Léger F. (1999) Les réseaux d'élevage pour le conseil et la prospective, CIHEAM-IAMZ, Zaragoza, pp. 99-103.
- Dockès A.C. (2009) MONTAGNE-BIO : Développer l'élevage laitier biologique en zone de piémont et montagne. Construction et test de méthodes et outils innovants, Dossier finalisé en réponse à l'Appel à projet d'innovation et de partenariat 2009, pp. 1-29.
- Doré T. (2000) Contribution à la recherche sur les systèmes de culture : diagnostic agronomique régional et maîtrise des effets précédents, Institut National Polytechnique de Lorraine, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches.
- Dupont G. (2006) L'élevage contribue beaucoup au réchauffement climatique, Le Monde 04/12/2006.
- EAAP (2010) Relationships between intensity of production and sustainability of Livestock Farming Systems in: EAAP (Ed.) Book of Abstracts of the 61st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Heraklion, Greece, 23-27 August 2010, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 202-205.
- Eden C. (2004) Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems, European Journal of Operational Research 159, 673-686.
- Eksvärd K. (2009) Exploring new ways. Systemic research transitions for agricultural sustainability, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Uppsala, Doctoral thesis.
- Elzen B., Geels F.W., Green K. (2004) System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Etienne M., Du Toit D., Pollard S. (2008) ARDI: a co-construction method for participatory modelling in natural resources management, in: M. Sanchez-Marrè, J. Béjar, J. Comas, A. Rizzoli, G. Guariso (Eds.), ieMSs Fourth Biennial Meeting. International Congress on Environmental Modelling and Software: Integrating Sciences and Information Technology for Environmental Assessment and Decision Making, International Environmental Modelling and Software Society (ieMSs), Barcelone, pp. 866-873.
- Fairweather J.R., Hunt L.M. (2009) Can farmers map their farm system? Causal mapping and the sustainability of sheep/beef farms in New Zealand, Agriculture and Human Values Accepted: 24 August 2009, Published online: 19 November 2009, 1-12.
- Faure G., Gasselin P., Triomphe B., Temple L., Hocdé H. (2010) Innover avec les acteurs du monde rural : la recherche-action en partenariat, Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux.

- Fiorelli C. (2010) L'aménagement des conditions de vie au travail des éleveurs. Proposition d'un cadre d'analyse des relations entre rapport subjectif et organisation du travail en élevage et étude de cas chez les éleveurs pluriactifs, AgroParisTech, Thèse de doctorat.
- Gibon A. (2008) Application of social science methods in livestock farming system research, in: EAAP (Ed.) 59. Annual EAAP Meeting, Wageningen Academic Publishers, Vilnius, p. 238.
- Gibon A., Sibbald A.R., Flamant J.C., Lhoste P., Revilla R., Rubino R., Sørensen J.T. (1999) Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming, *Livestock Production Science* 61, 121-137.
- Girard N. (1995) Modéliser une représentation d'experts dans le champ de la gestion de l'exploitation agricole, Université Claude Bernard Lyon I, Thèse de doctorat.
- Girard N. (2006) Grille-répertoires et cartes cognitives pour expliciter des "construits" dans des groupes, in: R. Lehn, M. Harzallah, N. Aussenac-Gilles, J. Charlet (Eds.), *SdC 2006 - Semaine de la Connaissance*, INRA Editions, Paris, pp. 281-290.
- Girard N., Lasseur J. (1997) Stratégies d'élevage et maîtrise de la répartition temporelle de la production ovine, *Cah. Agric.* 6, 115-124.
- Girard N., Navarrete M. (2005) Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques ? L'exemple des cultures du safran et de la truffe, *Natures Sciences Sociétés* 13, 33-44.
- Goulet F., Pervanchon F., Conteau C., Cerf M. (2008) Les agriculteurs innovent par eux-mêmes pour leurs systèmes de culture, in: R. Reau, T. Doré (Eds.), *Systèmes de culture innovants et durables*, Transversales, Educagri Editions, Dijon, pp. 59-67.
- Guerrin F. (2007) Représentation des connaissances pour la décision et l'action, Habilitation à Diriger des Recherches, Université de la Réunion, La Réunion.
- Guillou M. (2006) 1946-2006 : 60 ans de recherches et d'innovations au service de la société, texte disponible sur : http://www.inra.fr/60ans/1946_2006_60_ans_de_recherches_et_d_innovations_au_service_de_la_societe (page consultée le 18 août 2010).
- Gurung T.R., Bousquet F., Trébuil G. (2006) Companion modeling, conflict resolution, and institution building: sharing irrigation water in the Lingmuteychu Watershed, Bhutan, *Ecology and Society* 11, 36. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss32/art36/>.
- Guyomarc'h R., Jussiau R., Montméas L. (2007) Enseigner la zootechnie, Fiche memento, disponible en ligne sur : <http://www.memento.chlorofil.fr/section3/enseigner/s3652f1som.htm> (page consultée le 16 septembre 2008).
- Herren H.R. (2010) IAASTD: Quo vadis?, in: I. Darnhofer, M. Grötzer (Eds.), 9th European IFSA Symposium: Building sustainable rural futures, The added value of systems approaches in times of change and uncertainty Universität für Bodenkultur, Vienna, disponible en ligne sur: <http://www.boku.ac.at/multimedia/2010SS/ISFA-IkaDarnhofer/20100707/ifsa20100707short/Flash/ifsa20100707short.html> (page consultée le 19 septembre 2010).
- Hill S.B., MacRae R.J. (1995) Conceptual frameworks for the transition from conventional to sustainable agriculture, *Journal of Sustainable Agriculture* 7, 81-87.

- Hocdé H. (1998) Expérimentation paysanne et systèmes nationaux de recherche agricole: interventions des acteurs de base dans cette greffe difficile. Le cas centroaméricain, 15th international symposium of the Association for Farming Systems Research-Extension: "Rural livelihoods, empowerment and the environment: going beyond the farm boundary", Pretoria.
- Hoffmann V., Probst K., Christinck A. (2007) Farmers and researchers: How can collaborative advantages be created in participatory research and technology development?, *Agriculture and Human Values* 24, 355-368.
- Houdart M., Taverne M., Gouttenoire L., Lardon S., Hostiou N., Cournut S. (soumis) Faciliter la réflexivité et les échanges sur les projets de recherche participative : proposition d'une grille d'analyse, *Natures Sciences Sociétés*.
- Hubert B. (2008) Complexité et agriculture, Note pour l'institut des systèmes complexes Paris-Île de France, disponible en ligne sur : http://iscpif.fr/tiki-download_file.php?fileId=56 (page consultée le 18 août 2010).
- IAASTD (2008) *Agriculture at a Crossroads: The Synthesis Report*, International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development, Washington DC.
- IFIP (2008) Explorer de nouveaux systèmes de production de l'échelon des ateliers à l'échelon des territoires. Localisation de l'élevage porcin : effets économiques et environnementaux, Fiche "action". Bilan d'activité de l'Institut de la Filière Porcine 2008.
- Ingrand S. (2009) Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité..., les nouveaux critères de qualité des animaux d'élevage, *Natures Sciences Sociétés* 17, 302-304.
- Ingrand S., Cournut S., Dedieu B., Antheaume F. (2003) Modelling beef herd management decisions, *INRA Productions Animales* 16, 263-270.
- Ingrand S., Dedieu B. (1996) An approach of grouping management practices as a contribution to the study of livestock farming systems, in: J.B. Dent, M.J. McGregor, A.R. Sibbald (Eds.), *Livestock farming systems: research, development socio-economics and the land manager*, EAAP Publication n°79, pp. 353-356.
- Ison R. (2010) Systems practice in a climate-change world, in: I. Darnhofer, M. Grötzer (Eds.), 9th European IFSA Symposium: Building sustainable rural futures, The added value of systems approaches in times of change and uncertainty Universität für Bodenkultur, Vienna, disponible en ligne sur: <http://ifsa.boku.ac.at/cms/index.php?id=plenary&L=0> (page consultée le 17 août 2010).
- Jiggins J., Röling N. (1997) Action research in natural resource management: Marginal in the first paradigm, core in the second, in: C. Albaladejo, F. Casabianca (Eds.), *La recherche-action: Ambitions, pratiques, débats Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, Vol. 30, Editions Quae, pp. 151-169.
- Juristo N., Moreno A.M. (2000) Introductory paper: Reflections on conceptual modelling, *Data and Knowledge Engineering* 33, 103-117.
- Karl M. (2000) Monitoring and evaluating stakeholder participation in agriculture and rural development projects: a literature review, *FAO, SD Dimensions*, Rome.
- Kummer S., Leitgeb F., Vogl C.R. (2008) Changes as triggers and as results of farmers' experiments: examples of organic farmers in Austria, in: B. Dedieu, S. Zasser-Bedoya (Eds.), 8th European IFSA Symposium, Empowerment of the rural actors: a renewal of farming systems perspectives, Clermont Ferrand, pp. 413-422.

- Landais E. (1987) Recherches sur les systèmes d'élevage : Questions et perspectives, Document de travail de l'URSA Versailles-Dijon-Mirecourt, Versailles, INRA, 75p.
- Landais E., Bonnemaire J. (1996) La zootechnie, art ou science ? Entre nature et société, l'histoire exemplaire d'une discipline finalisée, *Courrier de l'Environnement de l'INRA* 27, 23-44.
- Lardon S. (2009) Former des ingénieurs-projets en développement territorial. Un itinéraire méthodologique pour faciliter la participation des acteurs, in: P. Béguin, M. Cerf (Eds.), *Dynamique des savoirs, dynamique des changements*, Octarès Editions, Toulouse, pp. 209-227.
- Lardon S., Angeon V., Trognon L., LeBlanc P. (2010a) Usage du « jeu de territoire » pour faciliter la construction d'une vision partagée du territoire dans une démarche participative, in: D. Ricard (Ed.) *Développement durable des territoires : de la mobilisation des acteurs aux démarches participatives*. Ceramac N°28, Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.
- Lardon S., Houdart M., Cournut S., Gouttenoire L., Hostiou N., Taverne M. (2010b) Recherches participatives sur les exploitations agricoles et les territoires : des démarches innovantes, ISDA 2010, Montpellier.
- Lasseur J. (2004) Maîtrise de la conduite de la reproduction des troupeaux ovins en Préalpes, in: J.P. Darré, A. Mathieu, J. Lasseur (Eds.), *Le sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes*, Institut national de la recherche agronomique, Paris, pp. 183-193.
- Le Gal P.Y., Merot A., Moulin C.H., Navarrete M., Wery J. (2010) A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems, *Environmental Modelling & Software* 25, 258-268.
- Le Moigne J.L. (1978) *La théorie du système général*, PUF, Paris.
- Legay J.M. (1997) *L'expérience et le modèle : Un discours sur la méthode*, INRA Editions, Paris.
- Lilja N., Bellon M. (2008) Some common questions about participatory research: a review of the literature, *Development in Practice* 18, 479-488.
- Lossouarn J. (1994) Le concept de filière : son utilité du point de vue de la recherche-développement dans le champ des productions animales et des produits animaux, in: A. Gibon, J.C. Flamant (Eds.), *The study of livestock farming systems in a research and development framework: 2nd International Symposium on Livestock Farming Systems*, EAAP Publication, Saragossa, pp. 136-141.
- Madelrieux S. (2004) *Ronde des saisons, vie des troupeaux et labeur des hommes. Modélisation de l'organisation du travail dans les exploitations d'élevage*, AgroParisTech, Thèse de doctorat.
- Madelrieux S., Dedieu B., Dobremez L. (2006) ATELAGE: modelling to qualify work organisation in livestock farming systems, *INRA Productions Animales* 19, 47-58.
- Magne M.A. (2007) *Modéliser le système d'information des agriculteurs : le cas des éleveurs de bovins allaitants*, Montpellier SupAgro, Thèse de doctorat.
- Martel G., Dedieu B., Dourmad J.Y. (2008) Simulation of sow herd dynamics with emphasis on performance and distribution of periodic task events, *Journal of Agricultural Science* 146, 365-380.
- Martin-Clouaire R., Rellier J.P. (2000) *Modelling needs in agricultural decision support systems*, CIGR world congress, Tsukuba, Japan.

- Martin G. (2009) Analyse et conception de systèmes fourragers flexibles par modélisation systémique et simulation dynamique, Université de Toulouse, Thèse de doctorat.
- McCown R.L. (2002) Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects, *Agricultural Systems* 74, 179-220.
- Merrill-Sands D. (1986) Farming systems research: clarification of terms and concepts, *Experimental Agriculture* 22, 87-104.
- Meynard J.M., Aggeri F., Coulon J.B., Habib R. (2006) Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Rapport du groupe de travail, septembre 2006, 71 p.
- Minsky M.L. (1968) Matter, Mind and Models, in: M.L. Minsky (Ed.) *Semantic Information Processing*, MIT Press, Cambridge.
- Moulin C., Girard N., Dedieu B. (2001) The functional analysis of feeding systems, *Fourrages* 167, 337-363.
- Moulin C.H. (1993) Le concept de fonctionnement de troupeau. Diversité des pratiques et variabilité des performances animales dans un système agropastoral sahélien, *INRA Et. Rech. Syst. Agr. Dev.* 27, 73-94.
- Moulin C.H., Ingrand S., Lasseur J., Madelrieux S., Napoléone M., Pluvinage J., Thénard V. (2008) Comprendre et analyser les changements d'organisation et de conduite de l'élevage dans un ensemble d'exploitations : propositions méthodologiques, in: B. Dedieu, E. Chia, B. Leclerc, C.H. Moulin, M. Tichit (Eds.), *L'élevage en mouvement : Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores*, Editions Quae, Versailles.
- Neef A., Neubert D. (2010) Stakeholder participation in agricultural research projects: a conceptual framework for reflection and decision-making, *Agriculture and Human Values*. DOI 10.1007/s10460-010-9272-z.
- Nonaka I., Takeuchi H. (1997) Théorie de la création de connaissances organisationnelles, in: D.B. Université (Ed.) *La connaissance créatrice. La dynamique de l'entreprise apprenante*, De Boeck Université, Louvain-la-Neuve.
- Ostergaard S., Sorensen J.T., Kristensen A.R. (2000) A stochastic model simulating the feeding-health-production complex in a dairy herd, *Journal of Dairy Science* 83, 721-733.
- Osty P.L., Landais E. (1991) Fonctionnement des systèmes d'exploitation pastorale, in: A. Gaston, M. Kernick, H.N. Le Houérou (Eds.), *IVème congrès international des terres de parcours*, CIRAD-IEMVT, Montpellier, pp. 1137-1146.
- Pailleux J.Y., Dedieu B. (2010) Résistance de l'élevage ovin dans les Cévennes... Les brebis restent dans le maquis, *Pastum* 95, 15-25.
- Perez P., Aubert S., Daré W., Ducrot R., Jones N., Queste J., Trébuil G., Van Paassen A. (2010) Evaluation et suivi des effets de la démarche, in: M. Etienne (Ed.) *La modélisation d'accompagnement : Une démarche participative en appui au développement durable*, Editions Quae, Versailles.
- Prell C., Hubacek K., Reed M., Quinn C., Jin N., Holden J., Burt T., Kirby M., Sendzimir J. (2007) If you have a hammer everything looks like a nail: 'traditional' versus participatory model building, *Interdisciplinary Science Reviews* 32, 1-20.
- Probst K., Hagmann J., Fernandez M., Asheby J.A. (2003) Understanding participatory research in the context of natural resource management – paradigms, approaches and typologies, *Agren - Network Paper* 130, 1-16.

- Prost L. (2007) Modéliser en agronomie et concevoir des outils en interaction avec de futurs utilisateurs : le cas de la modélisation des interactions génotype-environnement et de l'outil DIAGVAR, AgroParisTech, Thèse de doctorat.
- Puillet L. (2010) Modéliser la variabilité biologique en réponse aux pratiques de conduite. Application au troupeau caprin laitier, AgroParisTech, Thèse de doctorat.
- Reed M.S. (2008) Stakeholder participation for environmental management: A literature review, *Biological conservation* 141, 2417-2431.
- Rieu M. (2006) La production porcine face aux règles environnementales dans quelques pays de l'Union Européenne, Colloque sur la production porcine 2006 : Comment faire autrement ?, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, pp. 1-23.
- Sabatier R. (2010) Approche modélisatrice pour la conception de territoires herbagers performants du point de vue environnemental, AgroParisTech, Thèse de doctorat.
- Sauvant D. (2006) Eléments de systémique et de modélisation, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Département des Sciences Animales, Document de cours 2006-2007, DAA Sciences Animales et Filières des Produits, 21 p, Paris.
- Schnelle E. (1979) The Metaplan-Method: Communication tools for planning and learning groups. Metaplan Series 7, Metaplan GmbH, Quickborn.
- Scoones I., Thompson J. (1994) Knowledge, power and agriculture: towards a theoretical understanding, in: I. Scoones, J. Thompson (Eds.), *Beyond Farmer First - Rural people's knowledge, agricultural research and extension practice*, Intermediate Technology Publications, London, pp. 16-32.
- Scoones I., Thompson J. (2009) *Farmer first revisited: innovation for agricultural research and development*, Practical Action Publishing, Warwickshire.
- Sebillotte M., Soler L.G. (1990) Les processus de décision des agriculteurs, in: J. Brossier, B. Vissac, J.L. Le Moigne (Eds.), *Seminaire du Departement de Recherches sur les Systemes Agraires et le Developpement*, INRA, Paris, pp. 93-117.
- Souchère V., Millair L., Echeverria J., Bousquet F., Le Page C., Etienne M. (2009) Co-constructing with stakeholders a role-playing game to initiate collective management of erosive runoff risks at the watershed scale, *Environmental Modelling and Software* 25, 1359-1370.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., De Haan C. (2006) *Livestock's long shadow*, Environmental issues and options, FAO, Rome.
- Steyaert P. (2009) Intervenir pour connaître et agir : le chercheur « acteur-auteur » du changement technique et social, in: P. Béguin, M. Cerf (Eds.), *Dynamique des savoirs, dynamique des changements*, Octarès Editions, Toulouse, pp. 93-109.
- Sulpice P., Pichard G., Dufour A., Cloye J., Aimoz H. (2005) Des formations innovantes basées sur l'écoute des personnes et l'échange des pratiques : propositions concrètes pour la formation des éleveurs en santé animale, *Renc. Rech. Ruminants* 12, 57-60.
- Vaarst M., Gratzner E., Walkenhorst M., Ivemeyer S., Brinkmann J., March S., Whistance L.K., Smolders G., Stöger E., Huber J., Leeb C., Roderick S., Winckler C., Henriksen B.I.F., Nicholas P., Hansen B., Mejdell C.M. (2010) Farmer groups for animal health and welfare planning in European organic dairy herds, in: I. Darnhofer, M. Grötzer (Eds.), *9th European IFSA Symposium: Building sustainable rural futures, The added value of systems approaches in times of change and uncertainty* Universität für Bodenkultur, Vienna, pp. 683-691.

- van Calker K.J., Berentsen P.B.M., Boer I.J.M.d., Giesen G.W.J., Huirne R.B.M. (2007) Modelling worker physical health and societal sustainability at farm level: an application to conventional and organic dairy farming, *Agricultural Systems* 94, 205-219.
- van de Ven G.W.J., de Ridder N., van Keulen H., van Ittersum M.K. (2003) Concepts in production ecology for analysis and design of animal and plant-animal production systems, *Agricultural Systems* 76, 507-525.
- Van Eijk O.N.M., De Lauwere C., Miedema H., Van Weeghel E., Kaal-Lansbergen L. (2010) How participatory design works as an approach for provoking system innovations towards sustainable pig production in the Netherlands, in: I. Darnhofer, M. Grötzer (Eds.), 9th European IFSA Symposium: Building sustainable rural futures, The added value of systems approaches in times of change and uncertainty Universität für Bodenkultur, Vienna, pp. 434-443.
- Vanloqueren G., Baret P.V. (2009) How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations, *Research Policy* 38, 971-983.
- Vayssieres J., Lecomte P., Guerrin F., Nidumolu U.B. (2007) Modelling farmers' action: decision rules capture methodology and formalisation structure: a case of biomass flow operations in dairy farms of a tropical island, *Animal* 1, 716-733.
- Vinck D. (1999) Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales, *Revue française de sociologie* 40, 385-414.
- VIVEA. (2005) Accompagner les agriculteurs fragilisés, *Les recherches-actions VIVEA* 2, 1-4.
- Voiniv A., Bousquet F. (2010) Modelling with stakeholders, *Environmental Modelling & Software*, doi:10.1016/j.envsoft.2010.03.007.
- WCED (1987) Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Oxford University Press, Oxford.
- Wezel A., Bellon S., Doré T., Francis C., Vallod D., David C. (2009) Agroecology as a science, a movement and a practice. A review, *Agronomy for Sustainable Development* 29, 503-515.
- Woodward S.J.R., Romera A.J., Beskow W.B., Lovatt S.J. (2008) Better simulation modelling to support farming systems innovation: review and synthesis, *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51, 235-252.

ANNEXES

- Annexe 1** Document de présentation de mon projet de thèse à destination des acteurs institutionnels locaux
- Annexe 2** Poster présentant mon projet de thèse affiché lors d'une journée « fermes ouvertes » organisée par SODIAAL en octobre 2008
- Annexe 3** Ma méthode de modélisation participative présentée au congrès de l'IFSA en juillet 2010
- Annexe 4** Grandes caractéristiques des exploitations enquêtées, extrait du diaporama présenté lors de la réunion de restitution des enquêtes (mars 2008)
- Annexe 5** Typologies des exploitations enquêtées sur l'autonomie fourragère et la gestion sanitaire qui seront présentées au 17^{ème} séminaire *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*
- Annexe 6** Grille d'analyse des démarches de recherche participative soumise à la revue *Natures Sciences Sociétés*
- Annexe 7** Typologie des démarches participatives dans l'UMR Métafort présentée au colloque ISDA 2010

Un chantier de recherche participative dans le Pilat ?

Document de présentation de mon projet de thèse

et de ses liens possibles

avec les dynamiques de conversion à l'Agriculture Biologique dans le Pilat

Mes coordonnées :

<u>Les lundis : à l'INRA</u> Lucie Gouttenoire INRA Equipe TSE 63122 Saint Genès Champanelle Tél. : 04-73-62-42-94	<u>Les mardis, mercredis, jeudis et vendredis : à l'ENITAC</u> Lucie Gouttenoire ENITAC Route de Marmilhat 63370 Lempdes Tél. : 04-73-98-13-21
---	---

e-mail : lucie.gouttenoire@clermont.inra.fr

Ce document a pour objet de présenter mon projet de thèse dans ses grandes lignes, d'exposer en quoi ce qui se passe dans le Pilat m'intéresse, et de récapituler un certain nombre d'éléments pratiques qui me seront nécessaires s'il est décidé de choisir le Pilat comme support de mon dispositif de thèse.

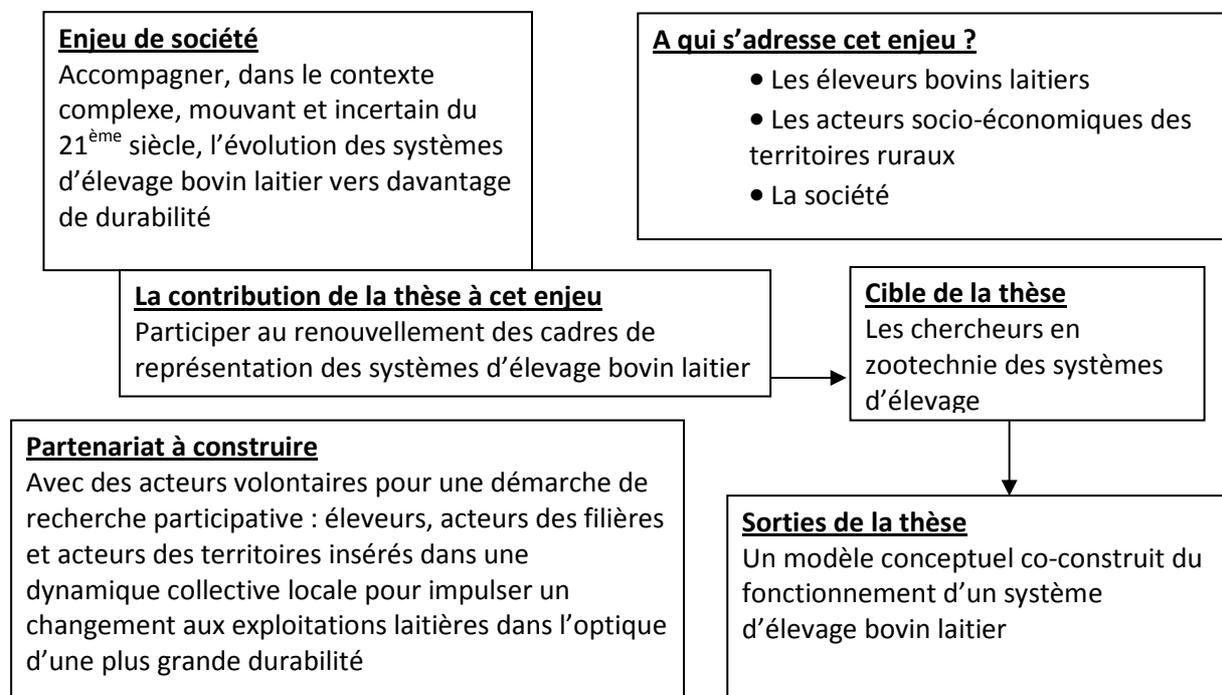
Il est destiné à tous les acteurs institutionnels que j'identifie comme étant concernés par ce qui se passe actuellement dans le Pilat autour des conversions vers l'Agriculture Biologique (liste en page 5).

I. Mon projet de thèse dans ses grandes lignes

■ Le cadre institutionnel

Je suis en thèse à l'INRA de Clermont-Ferrand Theix depuis le 1^{er} décembre 2007, au sein de l'UMR Métafort⁴, co-encadrée par Stéphane Ingrand (INRA, équipe TSE) et par Sylvie Cournut (ENITAC, équipe REPER). Je suis inscrite à l'Ecole Doctorale ABIES (Paris) et suis titulaire d'un diplôme d'ingénieur agronome d'AgroParisTech, spécialité « Sciences Animales et Filières des Produits ». Le financement de ma thèse est assuré à 50 % par le département Sciences pour l'Action et le Développement (SAD) de l'INRA et à 50 % par la Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Le titre (provisoire) de ma thèse est le suivant : « Conception de systèmes d'élevage bovins laitiers innovants : combinaison d'une démarche participative et du recours à la modélisation ».

■ Schéma des enjeux de la thèse



■ Pourquoi vouloir renouveler les cadres de représentation des systèmes d'élevage produits et utilisés par la recherche

Parce que le contexte actuel de l'élevage est complexe, mouvant et incertain, ce qui implique des évolutions nécessaires pour inscrire les exploitations d'élevage dans une dynamique de durabilité. Dans cette optique, renouveler les regards que portent les chercheurs sur les systèmes d'élevage est potentiellement source d'innovations, que ce soit par la création de nouveaux types de connaissances, par une meilleure compréhension des enjeux et des objectifs des éleveurs, ou encore par une meilleure analyse du fonctionnement systémique des exploitations.

⁴ <https://metafort.cemagref.fr/>

■ Pourquoi s'intéresser spécifiquement à l'élevage bovin laitier

- ▶ D'une part parce que les systèmes d'élevage bovin laitier sont particulièrement touchés par les mutations actuelles, et parce que les enjeux économiques, environnementaux et sociaux de leur durabilité sont au cœur des débats sur le développement de nombreuses régions.
- ▶ D'autre part parce que l'élevage bovin laitier est largement influencé par un référentiel global qui s'est imposé notamment à travers l'hégémonie du modèle Holstein. Les effets d'opacité de ce référentiel dominant étant susceptibles de verrouiller l'innovation (Stassart et Jamar, 2005)⁵, il y a là un large chantier d'innovations à envisager.

■ Pourquoi entreprendre une démarche de recherche participative avec des éleveurs

Parce que l'expérience acquise par chaque éleveur, les modes de raisonnement qu'il met en œuvre et sa constitution de références propres forment une source de connaissances qui est souvent sous-valorisée. Partant de ce constat, l'enjeu de la thèse devient de renouveler les représentations des chercheurs en les confrontant à celles des éleveurs.

■ Pourquoi l'Agriculture Biologique est intéressante pour ce projet

Le fonctionnement des systèmes d'élevage biologiques étant soumis à un cahier des charges qui les écarte du référentiel conventionnel de l'élevage bovin laitier, les acteurs des filières biologiques sont « contraints » à développer un référentiel alternatif. En ce sens, la confrontation entre connaissances « alternatives » d'acteurs et connaissances et méthodes plus conventionnelles issues de la recherche me paraît enrichissante et prometteuse dans le cadre de l'Agriculture Biologique.

■ Un travail inscrit en « zootechnie des systèmes d'élevage »

- ▶ Les représentations construites viseront à poser un regard technique sur le système, c'est-à-dire un regard qui cherche à analyser, comprendre et orienter des processus qui mettent en jeu des phénomènes biologiques, et qui touchent à l'animal.
- ▶ Les problématiques abordées devront concerner le système d'élevage dans sa globalité, c'est-à-dire que je ne suis pas spécialiste de l'animal en dehors des interactions qui le lient au troupeau, à l'éleveur et aux ressources.

⁵ Stassart P. & Jamar D., 2005, Equiper des filières durables ? L'élevage bio en Belgique, *Natures Sciences Sociétés*, **13**, 413-420.

II. En quoi le Pilat m'intéresse ; ce que j'aimerais y faire

■ Le type de terrain que je recherche pour constituer mon dispositif de thèse

Un territoire sur lequel une dynamique collective locale s'est mise en place engendrant une remise en question des cohérences de fonctionnement dans les systèmes de production existants.

- ▶ La dynamique doit être orientée par une recherche de durabilité.
- ▶ La remise en question des cohérences de fonctionnement dans les exploitations doit conduire à des difficultés et problèmes que des connaissances scientifiques seules ne peuvent suffire à lever, rendant ainsi nécessaire la création, le renforcement et/ou la mobilisation de connaissances expertes.
- ▶ Des éleveurs ayant déjà accompli et surmonté cette transition dans le fonctionnement de leur système doivent être présents sur le terrain, de manière à disposer d'un recul sur les apprentissages réalisés.

■ Pourquoi le Pilat m'intéresse particulièrement

D'une part parce qu'il y existe deux groupes distincts d'éleveurs :

- ▶ des éleveurs qui ont accompli leur conversion vers l'Agriculture Biologique il y a dix ans, et disposent donc du recul nécessaire ;
- ▶ des éleveurs qui s'engagent actuellement dans une conversion, et sont donc *a priori* susceptibles d'être intéressés par des travaux de groupe autour des problèmes posés par la conversion.

Et d'autre part parce que le terrain me semble présenter une dynamique qui fonctionne bien entre les différents acteurs. Le tout étant de plus regroupé géographiquement, et situé assez près de Clermont-Ferrand.

■ Comment je compte m'y prendre, idée générale sur la méthode de travail

A priori des travaux en petits groupes d'éleveurs mêlant éleveurs anciennement convertis et éleveurs débutant leur conversion, et organisés autour de problématiques liées aux difficultés posées par la conversion.

De mon point de vue, cette formule me permettrait :

- ▶ d'accéder aux raisonnements, représentations et références « alternatifs » acquis et utilisés par les éleveurs les plus expérimentés en Agriculture Biologique ;
- ▶ et de faire interagir ces raisonnements/représentations/références avec les « visions recherche » que nous portons sur les systèmes d'élevage.

Pour que les différents participants trouvent aussi un intérêt à ce travail, il sera nécessaire de définir les thématiques abordées de manière concertée.

III. Une proposition pour travailler en collaboration avec les différents acteurs du Pilat

■ Comment je compte interagir avec les différents acteurs de ce terrain

Pour travailler en synergie avec les différents acteurs de ce territoire et de cette filière, et ne pas occasionner de redondances, il me sera au minimum nécessaire d'accéder à une connaissance suffisante des activités menées par les instituts qui interagissent avec ces dynamiques de conversion dans le Pilat. Je serai donc amenée à vous solliciter dans cette optique. En contrepartie, je m'engage bien sûr à vous tenir informés de l'évolution de mon travail. Je n'exclue par ailleurs pas d'envisager des formes de collaboration plus poussées si l'intérêt s'en présente.

Avant tout, il s'agit d'identifier les différents acteurs concernés. Suite à une première discussion avec M. Jabrin (PNR Pilat), voici une première liste des acteurs institutionnels que j'identifie, des contacts correspondants, et des rôles qui pourraient *a priori* incomber à chacun. Evidemment, cette liste ne demande qu'à être complétée s'il y a des oublis, et la colonne de droite a pour vocation d'être discutée de vive voix !

Acteur	Contacts	Rôle envisageable <i>a priori</i> dans mon chantier de recherche (à discuter de vive voix)
PNR Pilat	Michel Jabrin	Fonction d'interface entre les différents acteurs ? Aide pour l'animation du dispositif ? Appui logistique et organisationnel ?
CA42	Jean-Louis Lapoute	Pré-identification de thématiques d'intérêt à travailler ? Expertise sur le travail à réaliser avec les éleveurs ?
SODIAAL	Jean-Paul Picquendar, Pascal Jacquou et Alain Jourdat	Relais terrain avec les éleveurs nouvellement engagés dans la conversion ?
ARDAB	Emmanuel Berger	Pré-identification de thématiques d'intérêt à travailler ? Liste des éleveurs bio convertis depuis 1998 ? Relais terrain avec les éleveurs bio ?
Comité de développement	Yves Odouart et Xavier Cros	Identification et « publicité » auprès d'éleveurs conventionnels potentiellement intéressés par la démarche ?
COVEL	Denis Frenois	Pré-identification de thématiques d'intérêt à travailler ? Expertise sur le travail à réaliser avec les éleveurs ? Appui méthodologique sur les travaux de groupe à réaliser avec les éleveurs (cf expériences FEVEC) ?
Institut de l'Élevage + ENITAC	Jean-Luc Reuillon Isabelle Boisdon Mathieu Capitaine	Relais auvergnat de discussions et d'expertises ? Des données de suivis d'exploitations à mettre à ma disposition pour enrichir le travail d'analyse ?
Mes encadrants + mon comité de thèse	Stéphane Ingrand, Sylvie Cournut, Marianne Cerf, Nathalie Girard, Jean-Louis Fiorelli, Christine Fourichon, Florence Garcia	Expertise sur l'intérêt scientifique du travail

■ Prochaines étapes

Dans un premier temps, je souhaite entrer en contact directement avec chacun d'entre vous pour :

- ▶ voir si l'idée vous intéresse et si vous êtes prêt à vous engager dans ce dispositif ;
- ▶ faire le point sur ce que sont les rôles respectifs de chaque acteur institutionnel cité, relativement aux dynamiques de conversion vers l'AB dans le Pilat ;
- ▶ discuter de la colonne de droite, c'est-à-dire de ce que vous accepteriez de faire / de ce qui vous intéresserait si le chantier était mis en place ;
- ▶ valider la liste constituée et vérifier que je n'oublie personne.

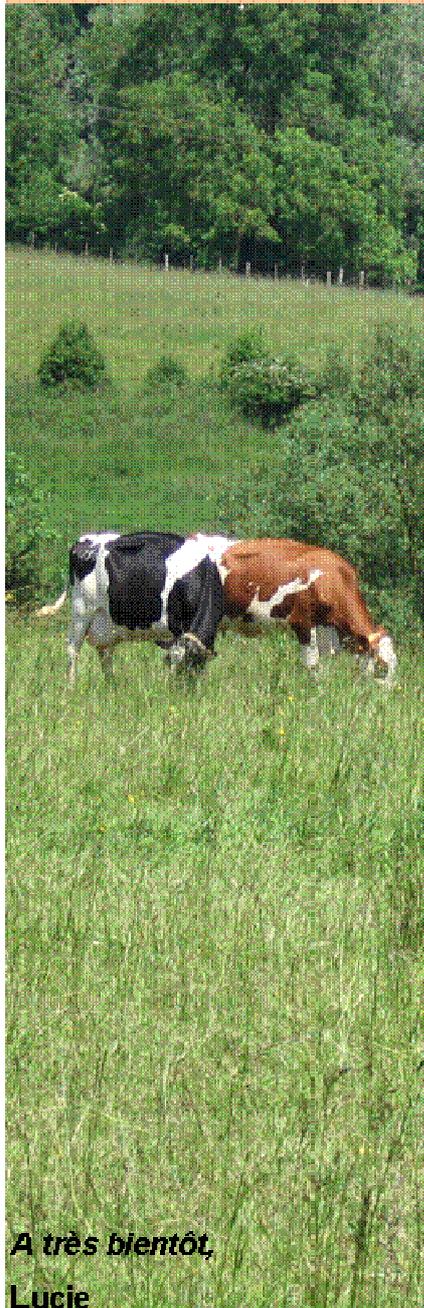
Au terme de cette première étape, il sera possible de décider si un tel chantier peut ou non être mis en place. Si tel est le cas, nous entrerons alors dans une deuxième phase impliquant les éleveurs, premiers concernés par le travail de recherche à organiser.

J'aimerais que cette deuxième phase puisse commencer en septembre.

Un projet de recherche sur les conversions d'élevages bovins laitiers à l'Agriculture Biologique dans le Pilat



Vous avez reçu une lettre vous invitant à participer prochainement à un entretien individuel. Quelques précisions vous sont données ici sur le projet entrepris !



Qui suis-je ?

Lucie Gouttenoire, jeune ingénieure agronome spécialisée en zootechnie des systèmes d'élevage, actuellement en thèse à Clermont-Ferrand (INRA / ENITA)

Quel est l'objectif de ma thèse ?

Renouveler les méthodologies de la recherche sur les systèmes d'élevage en travaillant à partir de vos connaissances sur le fonctionnement de vos systèmes

Concrètement, pour vous, ce projet c'est...

- Un entretien individuel d'une demi-journée, chez vous, entre le 20 octobre et le 7 novembre 2008
- Des réunions collectives durant l'année 2009, sur la base de mon analyse de ces entretiens, pour discuter de thèmes comme l'autonomie fourragère ou la gestion sanitaire du troupeau

Mais c'est aussi...

L'occasion d'un partage d'expériences entre agriculteurs, qu'ils soient déjà convertis ou bien engagés dans une conversion...

Et encore...

La contribution à mon projet de recherche :
je compte sur vous !

Pour en savoir plus...

Lucie Gouttenoire
ENITAC, site de Marnilhat, BP 35, 63 370 Lempdes
04 73 98 13 21
lucie.gouttenoire@clermont.inra.fr

A très bientôt,
Lucie

Building causal maps of livestock farming systems using a participatory method with dairy farmers

Lucie Gouttenoire^{a,b,c,d}, Sylvie Cournut^{b,a,c,d}, Stéphane Ingrand^{a,b,c,d}

^a INRA, UMR Métafort, F-63100 CLERMONT-FERRAND, lucie.gouttenoire@clermont.inra.fr, stephane.ingrand@clermont.inra.fr

^b Clermont Université, VetAgro Sup, UMR 1273, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND, cournut@enitac.fr

^c AgroParisTech, UMR 1273, BP 90054, F-63172 AUBIERE

^d Cemagref, UMR 1273, BP 50085, F-63172 AUBIERE

Abstract: To improve sustainability, farmers may want to redesign their livestock farming systems in depth, e.g. convert to organic farming. Assuming that modelling livestock farming systems can support such redesign processes, we devised and tested a modelling methodology in which farmers participated. Fifteen cattle dairy farmers converting or converted to organic farming took part in our programme. The programme first consisted in a series of meetings and surveys with both the local extensionists and the farmers. This first step made it possible to identify a list of relevant topics linked to the converting processes, and to make the farmers feel more engaged in the programme. The following step was made of participatory workshops during which farmers were invited to express their own views about the previously identified topics. Such views were modelled as causal maps the structure of which was defined by the farmers themselves. The maps aimed at representing the operation of the livestock farming systems. Some difficulties of our methodology are discussed, together with its potential uses and interests for both research and development purposes. In each case, the benefits of participation are highlighted.

Keywords: *livestock farming systems, modelling, participation, redesign, support tools, causal mapping*

Introduction

Livestock farming has recently come under close scrutiny, in response especially to environmental issues (Steinfeld et al., 2006). There is increasing societal pressure for more sustainable livestock practices. In response, stockbreeders may decide to convert their systems to new forms of operation that they judge more sustainable. In this case they are faced with what we can call 'systemic innovation'. 'Systemic innovation' is on the level of practice, i.e. the farm, whereas the same kind of innovation is called 'system innovation' on the regime level in the multi-level perspective (Elzen et al., 2004), by contrast with 'genetic innovation' (e.g. new animal or plant genotypes) or

'technological innovation' (e.g. new tools to calculate animal diets or fertiliser levels) (Meynard et al., 2006).

Genetic, technological and system innovations are based on different technological paradigms that have not all been equally successful in influencing agricultural research, which disfavoured system innovation (Vanloqueren and Baret, 2009). However, system and systemic innovations have recently been significantly encouraged, for example by the French National Institute for Agronomic Research (Meynard et al., 2006), and the International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development, which has recommended a reorientation of agricultural science and technology towards more holistic approaches, after a four-year process involving over 400 international experts (IAASTD, 2008).

Undertaking systemic innovation by switching to new forms of operation in farming systems requires certain transition processes. In converting to organic farming for instance, such transition processes, the importance of which is often minimised in the literature, would benefit from being addressed in terms of system redesign (Bellon et al., 2007) rather than in terms of simple input substitution (Lamine and Bellon, 2009). A more holistic view of the farming system's operation may serve that purpose (Niggli, 1999). Systemic modelling is a relevant way to take such a holistic view. A 'model' can be broadly defined as a finalised representation of reality (Legay, 1997); it can be either conceptual (i.e. theoretical) or implemented (i.e. software-integrated). In the study of farming systems, modelling has proved an efficient tool to gain an understanding of how the systems operate, identify knowledge gaps, predict evolution, and assist the systems' managers in their decision processes (Malézieux et al., 2002).

A preliminary study based on a literature review of all models of livestock farming systems published from 2000 to 2009 showed that the main current modelling rationales supporting changes in livestock farming did not fully meet the objective of supporting farmers in their redesign processes (Gouttenoire et al., submitted). The study also suggested that implementing participatory modelling projects with farmers could help meet this challenge. The aim would be to build a conceptual model of a livestock farming system that could be structured through farmers' participation.

A participatory project of this type offers two advantages: (i) participation guarantees better use of the companion tools designed jointly with the stakeholders (Newman et al., 2000; Mc Cown, 2002; Woodward et al., 2008; Cerf et al., 2008), and (ii) participation makes it possible to interact with farmers' forms of knowledge (Darré et al., 2004), which may be usefully added to scientific knowledge in addressing specific questions (Campbell and Salagrama, 2001). In particular, the vision of the farm expressed by the farmers themselves may be more directly linked to action and decision.

Very few models of livestock farming systems have been built in a participatory way. Many modelling projects use on-farm surveys or consultation of agricultural experts as research practices to enrich a model the structure of which has been set by scientists. In Vayssières et al. (2007), this kind of actors' participation played an even more important part: the decisional submodel of the whole-farm model GAMEDE was built by combining different methods involving farmers, such as immersion, meetings and visits. However, the model's structure was based on pre-existent scientific concepts: the action model (Sebillotte and Soler, 1990), and an ontology of agricultural production systems (Martin-Clouaire and Rellier, 2000).

To our knowledge, only three published models of livestock farming systems have been truly structured by non-scientist actors' participation. In Van Calker et al. (2007), the objective of the participation was to define a set of indicators of workers' physical health and societal sustainability in dairy farming systems. Experts and stakeholders from the whole society were involved, but farmers did not participate. By contrast, farmers were the main target of the participatory program carried out to build the model of Bosma et al. (2006). This model does not represent the operation of a livestock farming system, but addresses a narrower issue: understanding in what circumstances farmers choose to integrate aquaculture into agriculture in the Mekong Delta. The only model built in a participatory way that seeks to represent the operation of livestock farming systems is that of Madelrieux et al. (2006). This conceptual model sets out to formalise certain system consistencies, e.g. work organisation. However, the actors most closely involved in building the model were not farmers but experts. Hence to our knowledge no conceptual model of the operation of a livestock farming system has yet been built in a participatory way with farmers: to achieve this requires prior methodological research.

Our purpose here is to describe a new modelling methodology we have devised and tested to build conceptual models of the operation of livestock farming systems in a participatory way with farmers. This work is an integral part of a PhD project the aim of which is to answer the following question: 'How can livestock farming systems be modelled to help farmers redesign their whole farming systems?'. The main methodological principles are first described. The successive steps of our methodological route are then presented. Finally, potential uses of the models are discussed, together with the benefits of participation.

1. Our main principles

1.1. Farmers as the targeted participants

We set out to build both a methodology and conceptual models that could be further developed into companion tools to be used by farmers, if necessary with their advisors, to help them redesign their livestock farming systems. Two main categories of stakeholders could therefore be defined: farmers and advisors. As the farmers are the main actors and final decision-makers in livestock farming systems, the trade-offs between complexity and simplification in their views of the farming systems may be naturally linked to action and decision. This effect is of importance in designing appropriable support for farmers' strategic thinking. We therefore chose farmers as the targeted participants for the conceptual modelling processes. On the other hand, in our opinion, advisors' participation would be better used for deriving companion tools from the proposed methodology and the conceptual models built with farmers. However, these processes lie outside our present scope.

1.2. Working with farmers already involved in innovative processes

Redesigning livestock farming systems can be seen as an innovative process for farmers. Following Goulet et al. (2008), we use the word 'innovation' to describe the processes that lead to the creation and adoption of novelties in a given socio-economic setting. This kind of innovation has a strong collective dimension: farmers often benefit from their memberships to different professional groups (e.g. cooperative use of agricultural equipment, boards of agricultural organisms) to gain some experience and to valorise it in their own farms (Goulet et al., id.). We chose to involve farmers who had already experienced or who were currently experiencing such innovative processes, as we assumed that such farmers would have already thought about how the consistencies of their farming

systems might be modified according to the different ways they could be redesigned, which would facilitate the modelling process. Local dynamics of innovation were therefore sought, in order to find farmers who could usefully participate in our modelling program. A local group of 33 cattle dairy farmers converting or already converted to organic farming in the Pilat region (eastern Massif Central, France) was selected. The conversions were driven by the farmers and supported by a milk plant.

1.3. Modelling in participatory workshops rather than individual interviews

We chose to do the modelling work in participatory workshops with about five farmers. Individual interviews could have been considered, but we preferred participatory workshops for three reasons. First, as we considered the processes of innovation to be collective, it was more consistent to build the models collectively. Second, we considered that inviting several farmers with different levels of experience in organic farming would motivate them to participate and discuss, which would facilitate the process of formalising the operation of the livestock farming systems. To constitute the groups, rather than striving for heterogeneous groups conducive to more debate, we paid special attention to the participants' eagerness to exchange ideas with the other participants of the group. We assumed that such an eagerness would guarantee promising and respectful discussion. Third, producing a representation that is relevant for a whole group enabled us to make the model more 'generic' than if it had been devised at the individual level. This model is relevant at least at the level of the local professional group (Darré et al., 2004).

1.4. Causal mapping as a modelling tool

We chose to use cognitive mapping, and specifically causal mapping, to model the operation of the livestock farming systems. A cognitive map is a 'graphic representation of a set of discursive representations made by a subject with regard to an object in the context of a particular interaction. It is the work of a researcher who constructs a graphical representation of a discourse uttered or written by a subject' (Cossette and Audet, 1992). A causal map is a cognitive map based on formalising causal relationships (cause/consequence or means/goal) uttered by one or several subjects.

Causal maps are built using the subjects' natural language (Cossette and Audet, 1992), which prevents researchers from formatting the model according to their own representations, and so makes the participation more meaningful. Conceptual modelling acts as a filter between the users' needs and the development of tools (Juristo and Moreno, 2000). The information entered in a causal map does not have to be reformulated to correspond to any preset categories (e.g. indicators, objects, or management entities). Therefore, as cognitive mapping is a flexible formalising tool, information loss *via* the modelling filter is reduced. Furthermore, as causal maps represent the modelled object as a set of concepts and causal relationships between concepts, they are useful for systemic analysis, an advantage when more holistic approaches are to be implemented. Finally, because they are based on causal relationships, we consider causal maps as relevant tools to examine different changes and their consequences for livestock farming systems.

In using causal maps, our purpose was not to model the cognitive processes of the actors, but rather to build representations that will be of use for discussing the redesign of a livestock farming system.

An example of a causal map is given in Fig.1.

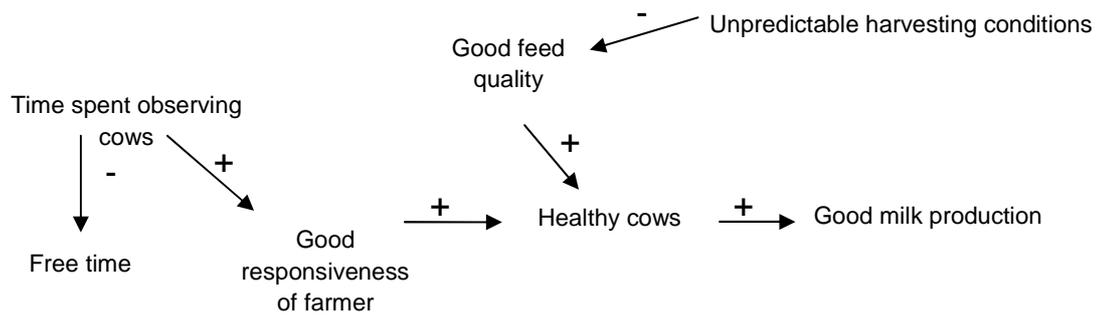


Figure 1. Extract of a causal map built with farmers (the whole map contains 178 concepts and 304 links).

1.5. Practical questions as a start to the modelling process

To facilitate discussion between farmers and so help the modelling process, we chose to start the participatory workshops by discussing practical issues that concern the farmers in their redesign situation. This choice also opens the domain of livestock practices, and so prevents overreliance on theory, a sometimes reported drawback of using causal mapping (Girard, 2006). This requires prior individual surveys to identify practical issues that are meaningful for the farmers. 'Practical issues' does not necessarily mean technical and short-term issues: 'grass silage' and 'housing and long-term investments' are two examples of the practical issues we used with the farmers as a start to the modelling process. They led farmers to discuss as various topics as the feed quality, the cows' health, the well-being of the farmer, the ecological footprint, or the farm perception from the 'non-farm neighbour' for instance.

2. The methodological route

Our methodological route was devised and tested iteratively. The participatory workshops constitute the core, as it was during these that the conceptual models were built. Nevertheless, so as to prepare these workshops, some prior work was required (i) to identify practical questions to be discussed with the farmers during the participatory workshops, and (ii) to involve farmers and foster their commitment to the programme.

2.1. Preparing the participatory workshops

2.1.1. *Prospecting to identify and choose local change dynamics where the participatory programme could be implemented*

This step consisted in making telephone calls, holding informal meetings and exchanging e-mails and documents with local extensionists. At the end of this first step, two different local promising dynamics had been identified: (i) organic conversions in the Pilat region; (ii) suppressing grass silage in some dairy farms in the Puy-de-Dôme département (France) to improve the local cheese quality. The Pilat region was selected because of the greater willingness of the local stakeholders to

participate in our programme. In all, 33 farmers converting or already converted to organic farming were involved.

2.1.2. Negotiating an agreement to launch the participatory programme

This step took place during a meeting with the extensionists and the local institutes concerned by the dynamics of conversion. Information was exchanged, and the agreement to launch the programme was negotiated, together with some undertakings by both researchers and stakeholders. For instance, the milk plant and a local extension association made their commitment to supporting our project known to the farmers until a sufficient number of voluntary farmers was reached to launch our programme. We undertook to keep everyone regularly informed of the work done with the farmers.

2.1.3. Collecting data from farmers and meeting them to prepare the participatory workshops

A series of individual on-farm surveys was carried out for all the voluntary farmers who signalled their interest in our participatory program by sending back a coupon in reply to a letter we had addressed to all the farmers. These surveys made it possible to identify practical issues that interested the farmers, and initiate a good working relationship with them. Out of the 33 farmers who were addressed by our letter, 15 were interviewed.

2.1.4. Negotiating farmers' participation in the workshops and informing all the stakeholders involved

At a meeting with farmers, extensionists and a representative of the milk plant, the information collected during the surveys was presented and the farmers were officially invited to participate in the workshops, the principles of which were explained to them during the meeting. At the end of the meeting, two groups of five voluntary farmers had been formed to participate in two successive workshops per group.

2.2. Running the participatory workshops

The participatory workshops were used to build causal maps representing the operation of the livestock farming systems. Cossette (2003) proposed the following route to formalise the strategic vision of a business manager:

- Subjects are asked to identify the most important factors that, according to them, will impact the future of their enterprises.
- They then fill in a grid for each of the previously stated factors to systematically explore them: they write each of them in the centre of a separate sheet of paper. On each sheet, they then write out on the left all the factors influencing the central factor, and on the right all the factors influenced. They then do the same exercise with each of the secondary factors and so on until they are satisfied with their grids. The different factors are joined up with arrows. An arrow starts from an influencing factor and points to an influenced factor. The subjects are told they can write the same factor on the same sheet and on different sheets as many times as they find necessary. Once they are integrated in the grids, all the written factors are referred to as the 'concepts' of the causal map, and the different arrows represent the links between concepts.
- So as to build a subject-specific map, referred to as the 'causal map of the subject', all the different grids of the subject are aggregated by means of the concepts used several times on different sheets.

For our project with farmers, the principles of Cossette's second and third steps (2003) were kept the same (except that our maps were built by a group of farmers rather than by a single subject), but the first step was significantly modified, as it is considered difficult to directly ask farmers about the most important factors in their system (Fairweather and Hunt, 2009). Rather than asking such an abstract question without suggesting any example of factor as a guidance element, we preferred to use the practical questions identified beforehand to initiate the modelling process, as described in Section 1.5. This process aimed at both facilitating farmers' expression and escaping from prior theory in favour of actual practice.

Our methodology for building the causal maps was therefore as follows:

2.2.1. A first step to have the farmers express possible concepts for the causal maps

This step took place during workshops that lasted one half-day. One session was organised for each group of farmers. The Méta-plan technique (Schnelle, 1979) was used for brainstorming based on the practical questions identified during the surveys. During each session, the group of farmers was asked at least two open questions that had previously been chosen as being of particular interest to the farmers who formed the group. 'Silage on your farm: what does it mean for you?', or 'Calving patterns: what does it conjure up for you?' are two examples of such questions. For each question, each farmer was invited to write down ideas on three to four different memo slips, with one idea per slip. All the slips were then read by all the farmers, potential disagreements discussed, and the slips stuck on a board by the farmers so as to form different groups of slips carrying similar ideas in the farmers' opinions. After the workshop, and on the basis of this display, we formalised a list of all the different ideas that appeared during the workshop, for instance 'healthy animals', 'heavy investment' or 'good ecological footprint'. The farmers' ideas were either kept as written by them, or, where necessary, they were slightly reworded by us so as to appear as potential causes and/or consequences to be further integrated into a causal map.

2.2.2. A second step to add new concepts and to formalise the links between concepts

This step took place during another series of half-day workshops, with one session organised per group of farmers. For each group, we chose six different ideas in the group's list of ideas formulated as concepts, as explained above. As we wished them to operate as modelling kernels, these six concepts were topically as different as possible, and we systematically explored each of them with the farmers by filling in a grid, as suggested by Cossette (2003), and as explained above. For each concept, we asked the group to tell us all the factors that could influence it and all the factors that could be influenced by it. During this process, we wrote down what the farmers said and drew the arrows, while repeatedly asking the farmers whether they agreed with what we wrote down. If there was any disagreement within the group of farmers, they were asked to discuss the matter until they arrived at a consensus on the point in question.

2.2.3. Aggregating the grids to form one causal map per group

After the workshops, we aggregated the different grids built by the two groups of farmers so as to create one single causal map per group. Aggregating was based on the concepts that appeared on several grids. For most of these concepts, when they were used a second or a third time for example, farmers spontaneously noticed that they had already been written for another topic. A part of one of these two maps is shown in Fig.1.

Discussion

Compared with carrying out on-farm surveys, as often done to enrich models of livestock farming systems, organising participatory workshops requires a higher degree of farmers' commitment: they have to be willing to take part in two successive workshops and to attend and participate actively. The success of the whole participatory programme is closely linked to farmers' willingness to participate, which also makes it more uncertain. To minimise the risk of failure, our methodology involves asking local extensionists to support the project, meeting farmers individually before the participatory workshops, and favouring open discussion throughout the program.

Furthermore, our methodology does not rely on a well established use of causal mapping. There are few causal mapping studies that focus on farming systems, and the mapping process does not generally include farmers (Fairweather and Hunt, 2009). Those authors suggest a methodology to map farming systems with the farmers themselves, to build accurate representations of how farmers understand their farm systems. In the present study, we rather wanted to build useful representations to foster self-reflection within the group, which led us to choose group mapping instead of using a number of individual maps as done by Fairweather and Hunt (id.). Our group approach was also different from approaches like that of Damart (2006) that strive for collective action and consensus. Our participatory workshops offered some kind of a collective brainstorming, but no action needed to be decided collectively: the practical consequences of such a brainstorming laid at the individual level. Therefore, we did not need to make the effort to precisely define every concept in the maps in a consensual way.

Because of its novelty, our methodology needs to be further explored to better identify its strengths and weaknesses. We already observed a better quality of the mapping process in our first group of farmers compared with the second. The final map was larger (178 concepts in the first group vs. 128 in the second) and more integrated (4 automatic clusters in the first group vs. 5 in the second), and during the workshops, we noticed a best equilibrium in the participation of the different individual farmers. All this might be explained by different factors: (i) a greater proportion of converting farmers within the first group conducive to a greater willingness to exchange ideas about organic conversions; (ii) a lower level of interknowledge of the participants within the first group, which increased curiosity and the participants' eagerness to discuss; (iii) the same composition of the first group of farmers for the two workshops whereas the composition slightly varied from the first to the second workshop in the second group; (iv) the presence of some 'leaders' in the second group who tended to speak more than the others; (v) different meteorological conditions during the workshops that may have focused the preoccupations of the members of the second group on their short-term harvesting tasks. This suggests to pay a special attention to all these factors so as to optimise the results of implementing the methodology.

In spite of such difficulties, our methodology makes it possible to support farmers in the redesigning processes of their whole livestock farming systems. Its benefits for participating farmers can be seen at three different levels: (i) the mapping process can help them to gain a better understanding of the processes at stake during a conversion; (ii) farmers can discover new ideas, can become able to analyse the weak points in their farm operation and identify where their neighbours' experience could help to overcome them; (iii) farmers are made aware of the specificities of their objectives and

strategies compared with their neighbours', and they can be able to anticipate their consequences in a more structured way. This appropriateness of the co-designed models is one obvious advantage of farmers' participation. In a next communication, this will be further explored and illustrated on the basis of analysing the maps' content.

Finally, analysing the common traits between the two maps helps to enrich researchers' models of livestock farming systems. These common traits can be some common concepts, some similarities in the topics represented on the maps, or in the ways different constitutive elements of a livestock farming system are linked. They can stem from the fact that the farmers in the two groups, locally involved in the same dynamics of conversion, belong to the same local professional group and therefore share certain forms of knowledge (Darré et al., 2004). However, such forms of knowledge could also be viewed as relevant for the whole 'technical community' if similar results were to be found in different regions (Mathieu, 2004). We will thoroughly analyse these common traits between the two maps and look at how they could enrich researchers' models or help to make them more fully integrated and more closely linked to action and decision. This interaction with farmers' forms of knowledge is another important strength of implementing participatory programmes.

Conclusion and prospects

The methodology we propose here enabled us to build two different causal maps, the structure of which was defined by farmers. Although work remains to be done to enrich researchers' models with the original forms of knowledge contained in these maps, or derive support tools from our methodology to be used by extensionists, the work presented here still constitutes a first methodological basis for any modelling project that would benefit from an interaction of scientific and empirical knowledge.

Our methodology can also be seen as a relevant tool for system analysis in any project aiming at system innovation conducive to more sustainability at larger scales than the farm scale, e.g. projects that use approaches such as transition management (Kemp et al., 2007) or reflexive interactive design (Bos et al., 2008).

As for any modelling project, the process is as important as the end result, i.e. the model, for the modellers. Here the main modellers are farmers, and the modelling pattern is original: models are built by farmers and are intended to be useful to researchers, whereas the modelling process is useful to farmers, unlike the more classical way of modelling livestock farming systems, where researchers build models and knowledge intended to be useful to farmers.

Acknowledgements

The authors thank all the farmers and extensionists who participated in our programme.

References

- Bellon, S., C. Bockstaller, J. Fauriel, G. Geniaux and C. Lamine (2007) *To design or to redesign: how can indicators contribute*. Presentation held at Farming systems design 2007: an international symposium on methodologies for integrated analysis of farm production systems in Catania, Italia, 10-12 Sept. 2007.
- Bos, B., P. Groot Koerkmap, J. Gosselink and S. Bokma (2008) *Reflexive Interactive Design and its application in a project on sustainable dairy husbandry systems*. Presentation held at the 8th European IFSA Symposium in Clermont-Ferrand, France, 6-10 July 2008.
- Bosma, R.H., L.T. Phong, U. Kaymak, J. Van den Berg, H.M.J. Udo, M.E.F. Van Mensvoort and L.Q. Tri (2006) Assessing and modelling farmers' decision-making on integrating aquaculture into agriculture in the Mekong Delta. *Njas-Wageningen Journal of Life Sciences* 53(3-4): 281-300.
- Campbell, J. and V. Salagrama (1999) *New approaches to participation in fisheries research*. Report of the ad hoc Working Party on Participatory Research Methods. Advisory Committee on Fisheries Research. Rome: FAO.
- Cerf, M., A. Mathieu, P. Béguin and O. Thiery (2008) *A collective analysis of co-design projects*. Presentation held at the 8th European IFSA Symposium in Clermont-Ferrand, France, 6-10 July 2008.
- Cossette, P. (2003) Méthode systématique d'aide à la formulation de la vision stratégique : Illustration auprès d'un propriétaire-dirigeant. *Revue de l'Entrepreneuriat* 2(1): 1-18.
- Cossette, P. and M. Audet (1992) Mapping of an idiosyncratic schema. *Journal of Management Studies* 29(3): 325-347.
- Damart, S. (2006) *La construction de cartes cognitives collectives pour l'aide à la structuration de formes de coopération hybrides*. Presentation held at the XVème Conférence Internationale de Management Stratégique in Annecy / Genève, 13-16 Juin 2006.
- Darré, J.P., A. Mathieu and J. Lasseur (2004) *Le sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes*. Paris: Institut national de la recherche agronomique.
- Elzen, B., F.W. Geels and K. Green (2004) *System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Fairweather, J.R. and L.M. Hunt (2009) Can farmers map their farm system? Causal mapping and the sustainability of sheep/beef farms in New Zealand. *Agriculture and Human Values*. Accepted: 24 August 2009 Published online: 19 November 2009.
- Girard, N. (2006) *Grille-répertoires et cartes cognitives pour expliciter des "construits" dans des groupes*. Presentation held at SdC 2006 - Semaine de la Connaissance in Nantes, France, 26-30 June 2006.
- Goulet, F., F. Pervanchon, C. Conteau and M. Cerf (2008) Les agriculteurs innovent par eux-mêmes pour leurs systèmes de culture. In R. Reau and T. Doré (ed.) *Systèmes de culture innovants et durables*. Dijon: Educagri Editions, pp. 59-67.

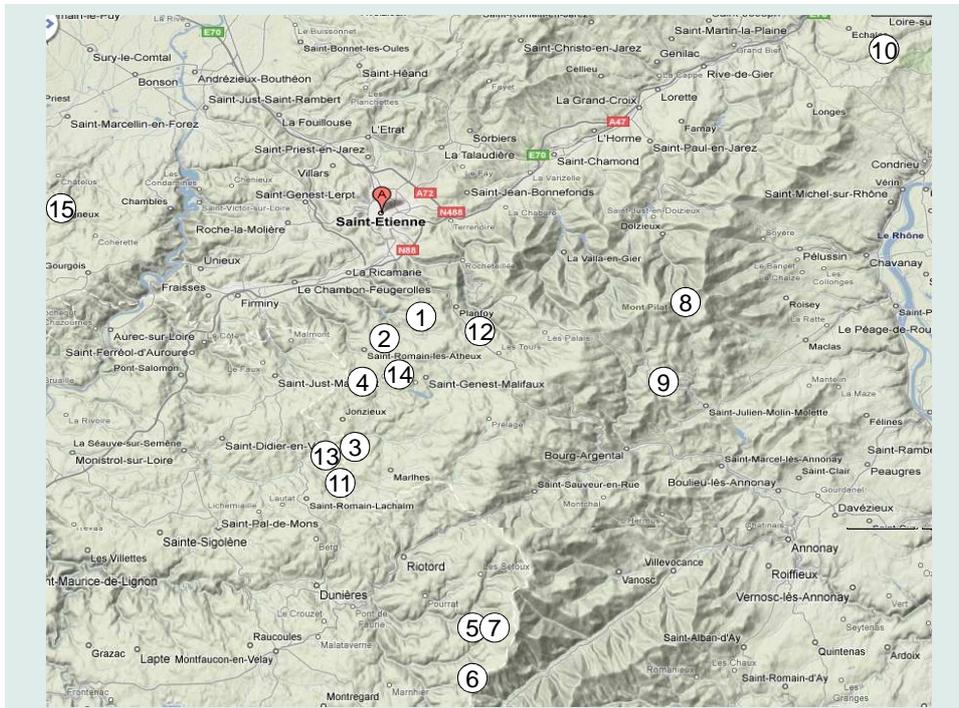
- Gouttenoire, L., S. Cournut and S. Ingrand (Submitted) Livestock farming systems modelling to accompany changes in livestock: a literature review. Paper submitted in *Agricultural Systems*.
- IAASTD (2008) Executive Summary. In: *Synthesis Report of the International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development*. Johannesburg.
- Juristo, N. and A.M. Moreno (2000) Introductory paper: Reflections on conceptual modelling. *Data and Knowledge Engineering* 33(2): 103-117.
- Kemp, R., D. Loorbach and J. Rotmans (2007) Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 14: 78-91.
- Lamine, C. and S. Bellon (2009) Conversion to organic farming: a multidimensional research object at the crossroads of agricultural and social sciences. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29(1): 97-112.
- Legay, J.M. (1997) *L'expérience et le modèle : Un discours sur la méthode*. Paris: Inra Editions.
- Madelrieux, S., B. Dedieu and L. Dobremez (2006) ATELAGE: modelling to qualify work organisation in livestock farming systems. *INRA Productions Animales* 19(1): 47-58.
- Malézieux, E., G. Trébuil, M. Trébuil and M. Jaeger (2001) *Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision*. Montpellier: Editions Quae.
- Martin-Clouaire, R. and J.P. Rellier (2000) *Modelling needs in agricultural decision support systems*. Presentation held at the CIGR world congress in Tsukuba, Japan, 29 Nov. - 1 Dec. 2000.
- Mathieu, A. (2004) Un projet d'agronomes : accéder aux conceptions des agriculteurs pour comprendre les pratiques. In J. P. Darré, A. Mathieu and J. Lasseur (ed.) *Le sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes*. Paris: Institut national de la recherche agronomique, pp. 19-33.
- McCown, R.L. (2002) Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agricultural Systems* 74(1): 179-220.
- Meynard, J.M., F. Aggeri, J.B. Coulon and R. Habib (2006) *Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants*. Rapport du groupe de travail, septembre 2006, 71p.
- Newman, S., T. Lynch and A.A. Plummer (2000) Success and failure of decision support systems: Learning as we go. *Journal of Animal Science* 77(E-Suppl): 1-12.
- Niggli, U. (1999) *Holistic approaches in organic farming research and development: a general overview*. Presentation held at the first SREN Workshop on Research Methodologies in Organic Farming.
- Schnelle, E. (1979). The Metaplan-Method: Communication tools for planning and learning groups. *Metaplan Series 7*. Quickborn: Metaplan.

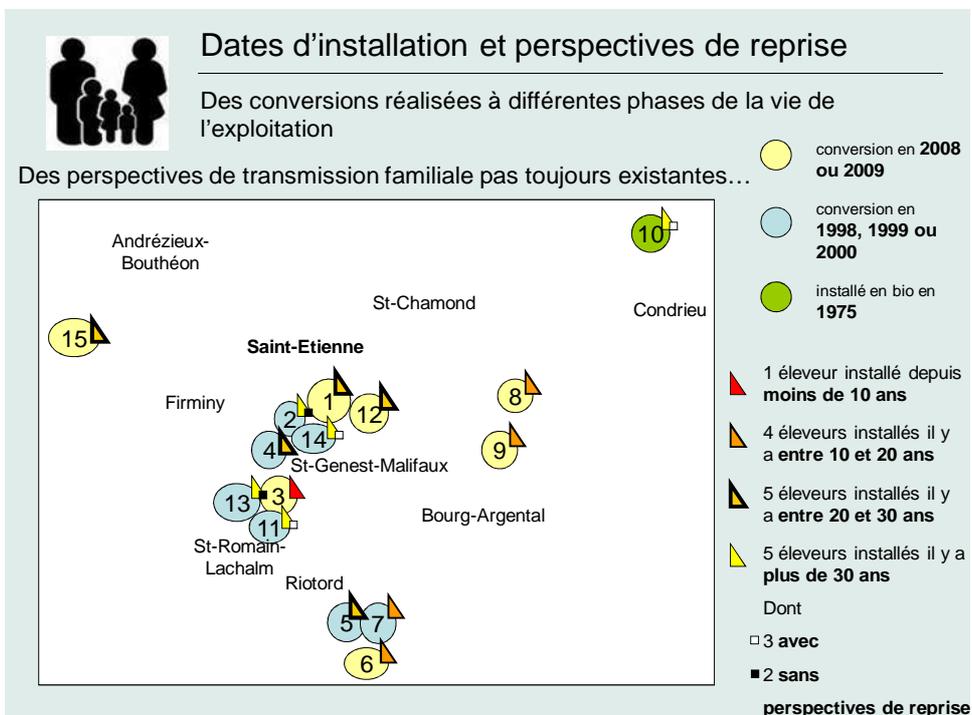
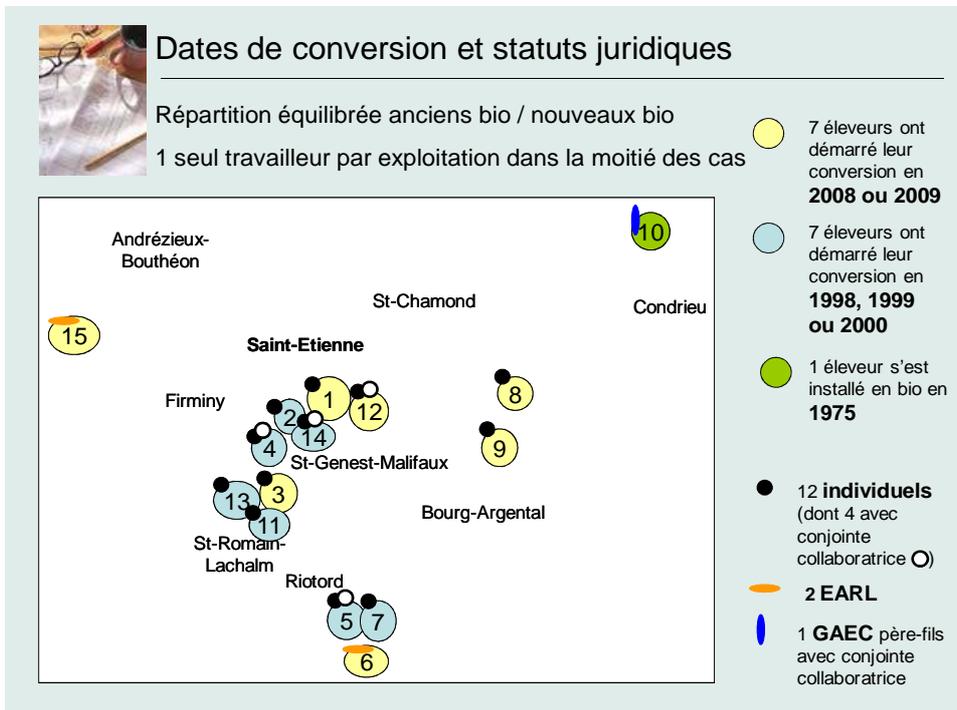
- Sebillotte, M. and L.G. Soler (1990). Les processus de decision des agriculteurs. In J. Brossier, B. Vissac and J. L. Le Moigne (ed.) *Seminaire du Departement de Recherches sur les Systemes Agraires et le Developpement*. Paris: INRA, pp. 93-117.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales and C. De Haan (2006) *Livestock's long shadow*. Rome: FAO.
- Van Calker, K.J., P.B.M. Berentsen, I.J.M.d. Boer, G.W.J. Giesen and R.B.M. Huirne (2007) Modelling worker physical health and societal sustainability at farm level: an application to conventional and organic dairy farming. *Agricultural Systems* 94(2): 205-219.
- Vanloqueren, G. and P.V. Baret (2009) How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy* 38(6): 971-983.
- Vayssieres, J., P. Lecomte, F. Guerrin and U.B. Nidumolu (2007) Modelling farmers' action: decision rules capture methodology and formalisation structure: a case of biomass flow operations in dairy farms of a tropical island. *Animal* 1(5): 716-733.
- Woodward, S.J.R., A.J. Romera, W.B. Beskow and S.J. Lovatt (2008) Better simulation modelling to support farming systems innovation: review and synthesis. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51(3): 235-252.

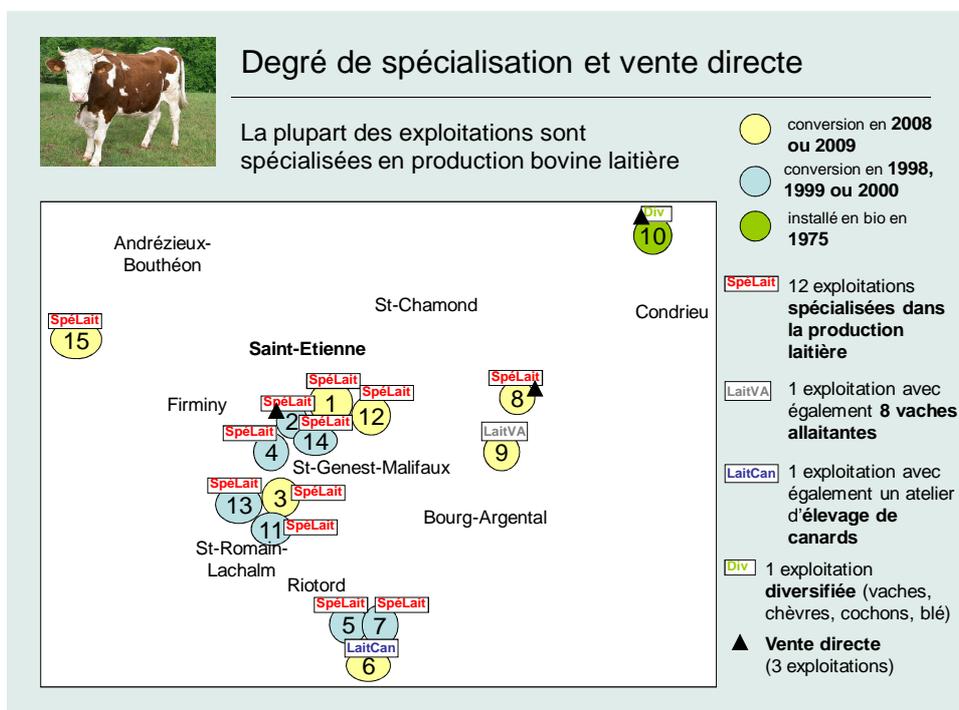
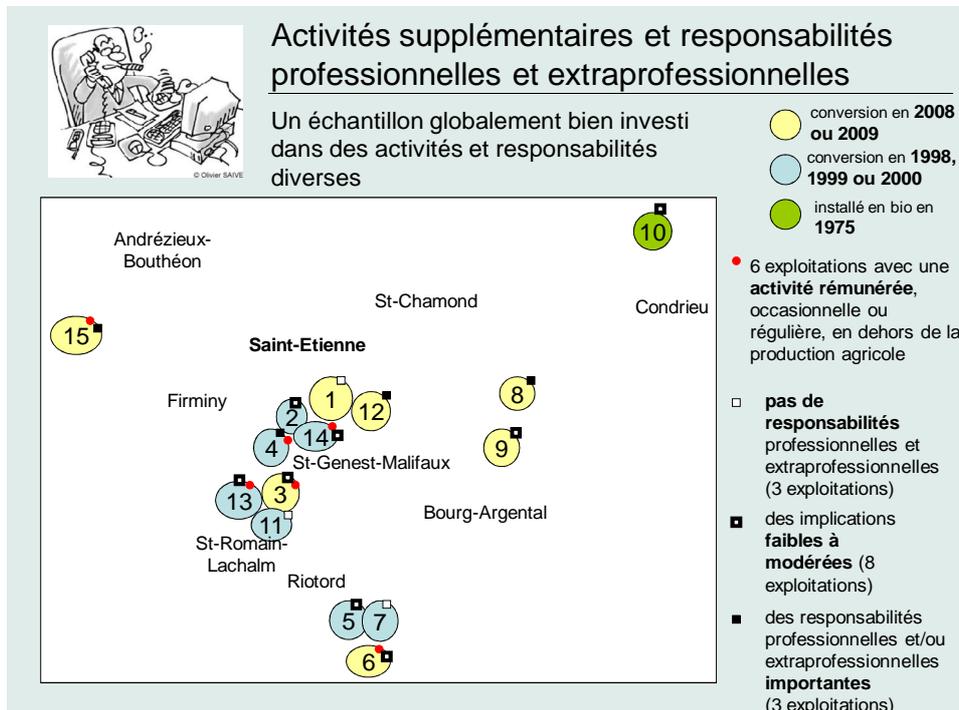
Annexe 4

Grandes caractéristiques des exploitations enquêtées, extrait du diaporama présenté lors de la réunion de restitution des enquêtes (mars 2008)

Grandes caractéristiques des exploitations enquêtées

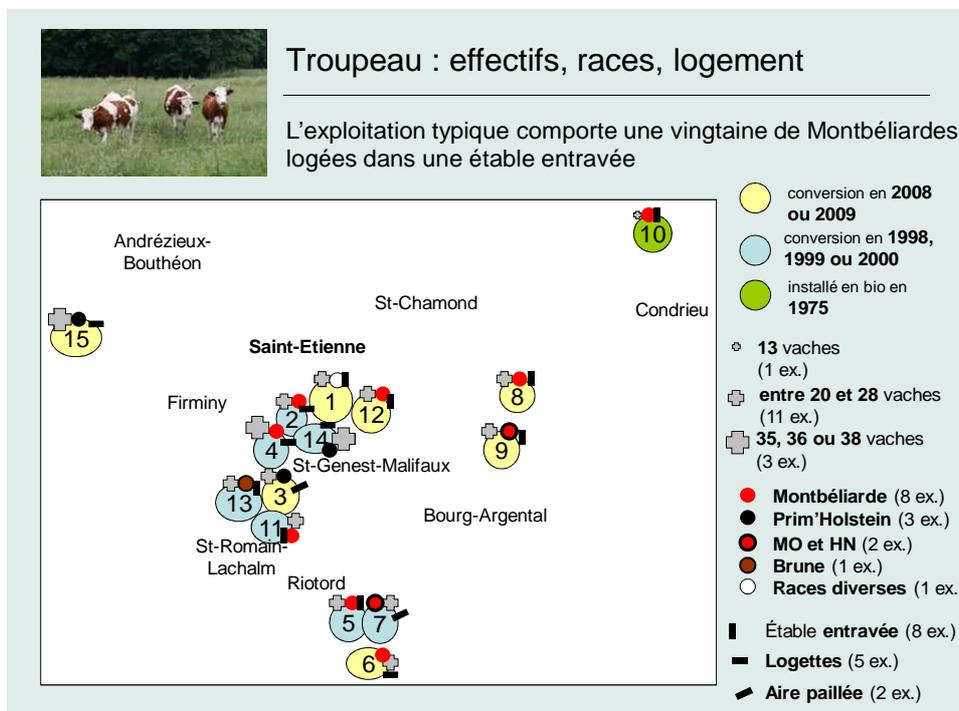
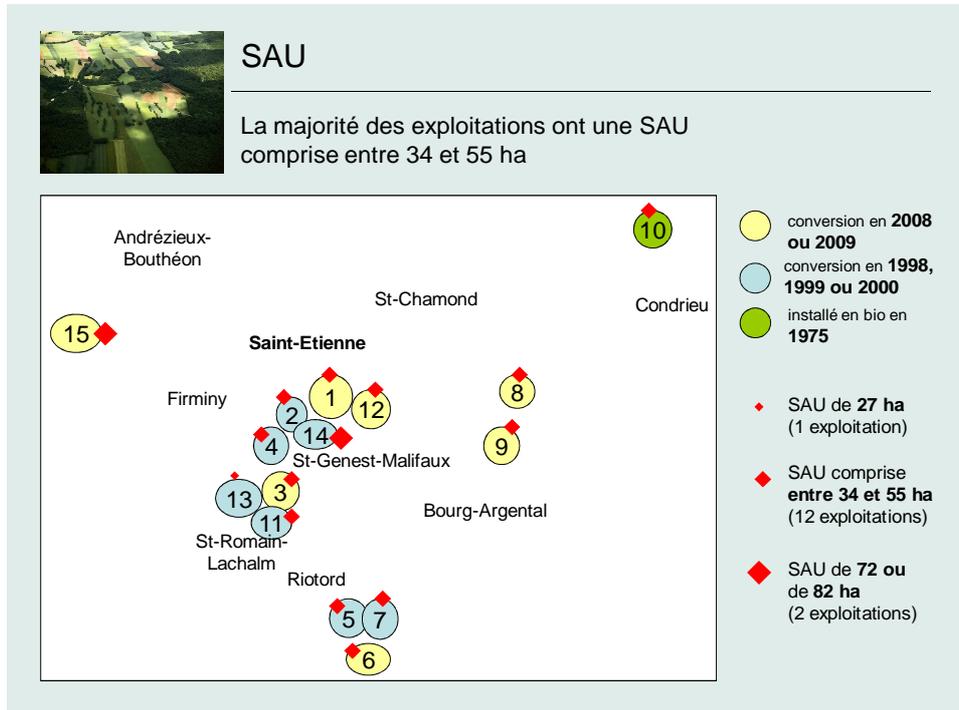






Annexe 4

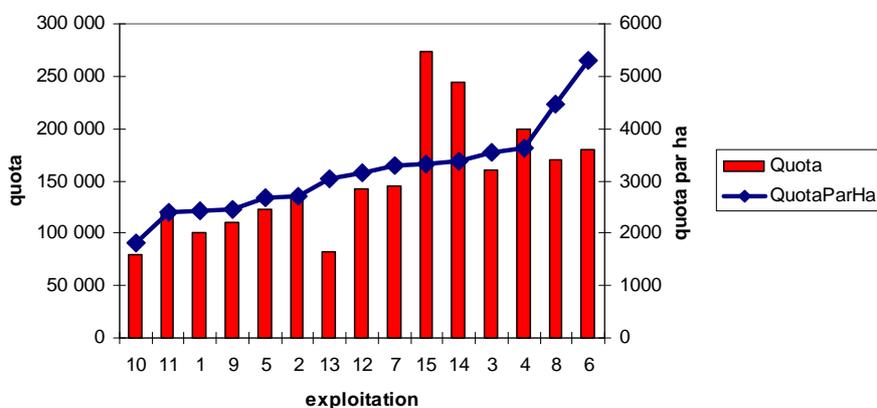
Grandes caractéristiques des exploitations enquêtées, extrait du diaporama présenté lors de la réunion de restitution des enquêtes (mars 2008)



Annexe 4

Grandes caractéristiques des exploitations enquêtées, extrait du diaporama présenté lors de la réunion de restitution des enquêtes (mars 2008)

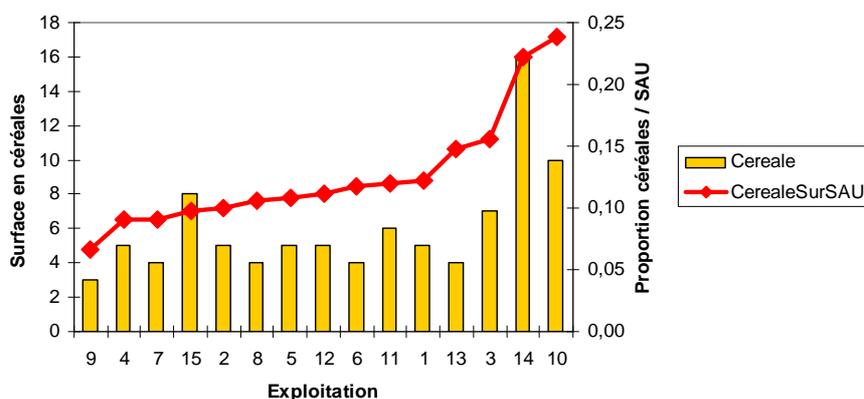
Quota et quota par ha dans les 15 exploitations enquêtées



Quota :
 entre 80 000 et 273 000 L
 moyenne : 151 033 L
 écart type : 53 776 L

Quota par ha :
 entre 1818 et 5294 L/ha
 moyenne : 3178 L/ha
 écart type : 841 L/ha

Surface en céréales et proportion surface en céréales / SAU

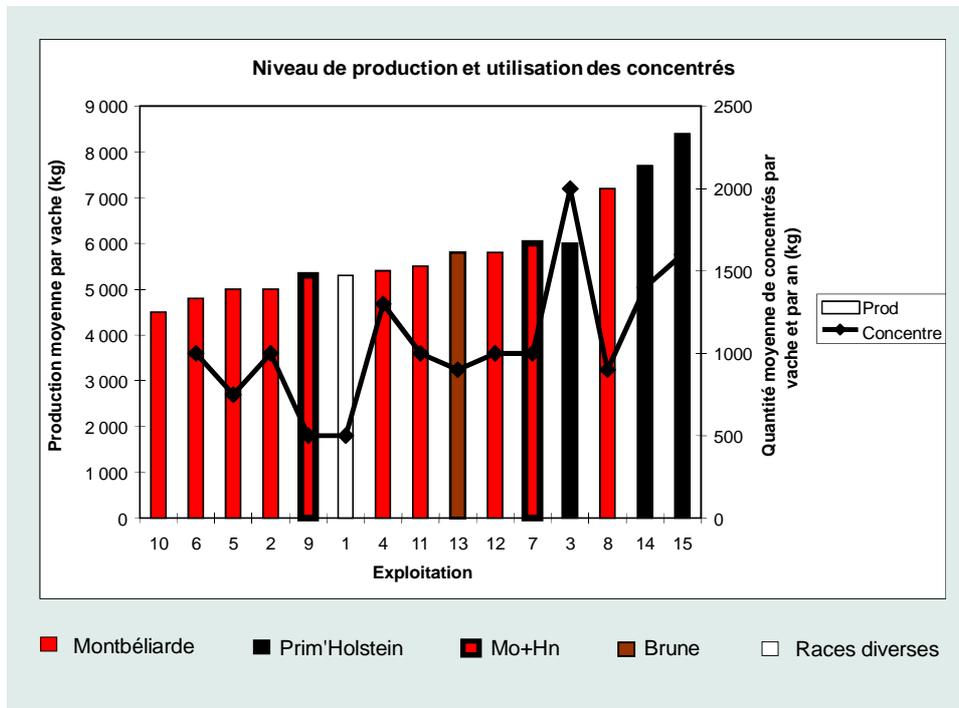
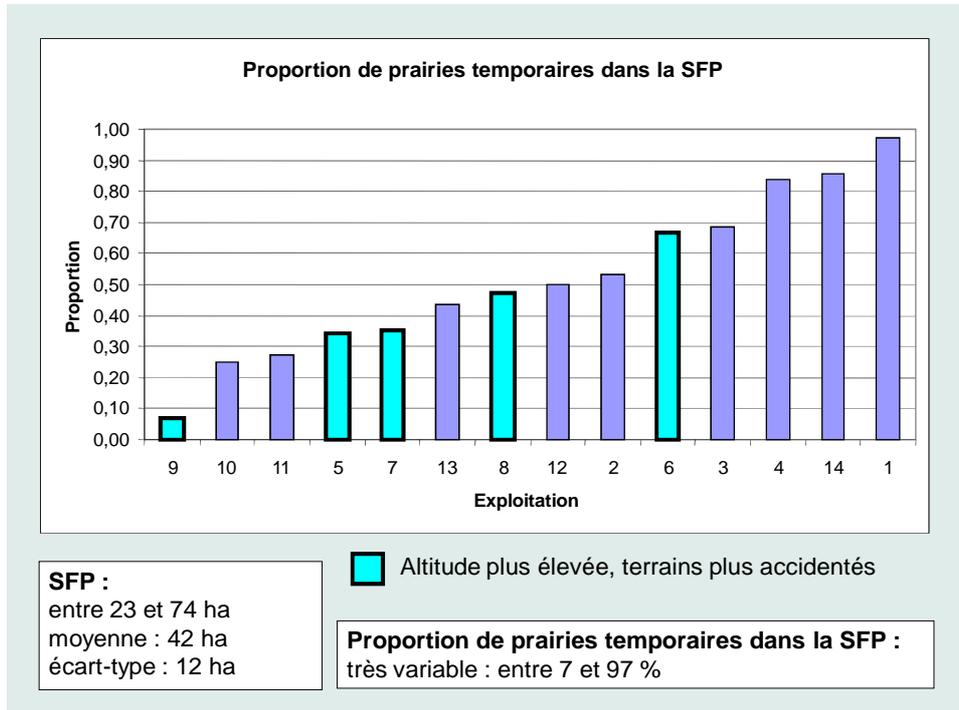


Surface en céréales :
 entre 4 et 16 ha
 moyenne : 6 ha
 écart-type : 3 ha

Proportion surface en céréales / SAU :
 comprise entre 7 et 16 % pour 13 exploitations sur 15
 24 % pour l'exploitation n°10 (10 ha de blé ; pain)
 22 % pour l'exploitation n°14

Annexe 4

Grandes caractéristiques des exploitations enquêtées, extrait du diaporama présenté lors de la réunion de restitution des enquêtes (mars 2008)



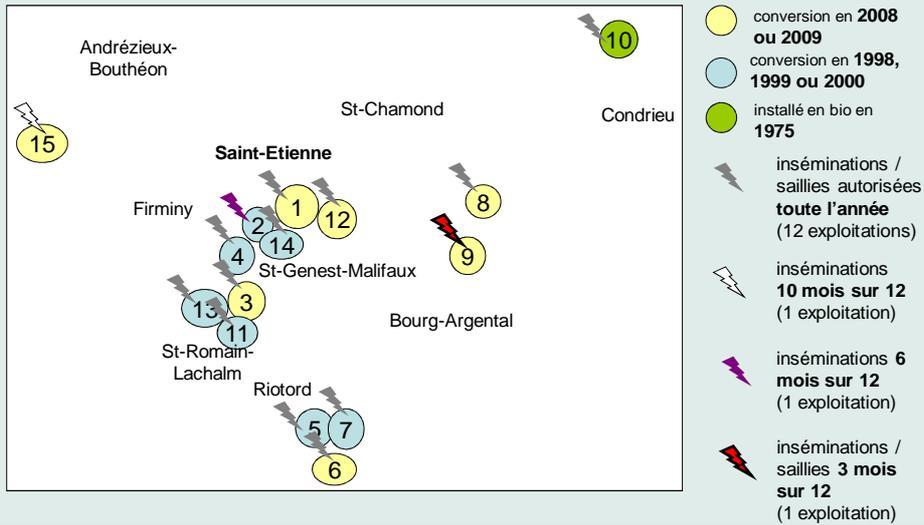
Annexe 4

Grandes caractéristiques des exploitations enquêtées, extrait du diaporama présenté lors de la réunion de restitution des enquêtes (mars 2008)



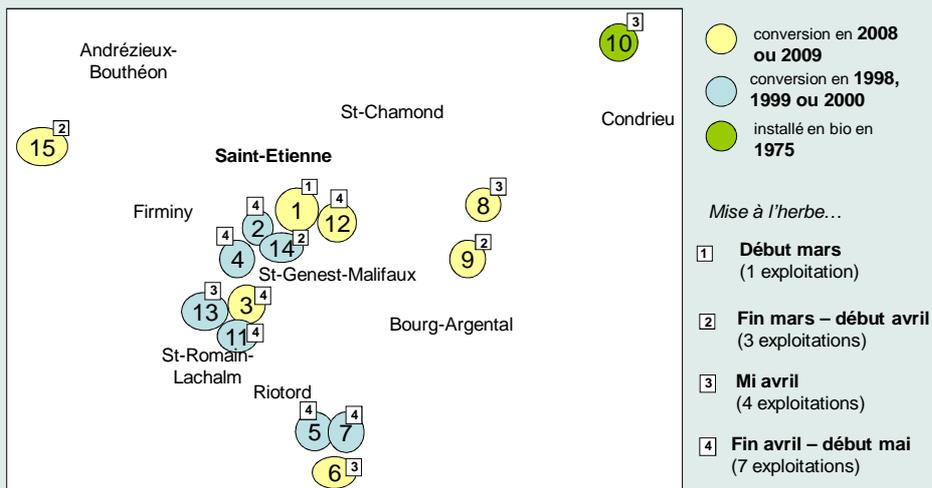
Groupage des vêlages

Dans la plupart des cas, la période de reproduction n'est pas limitée strictement sur une période de l'année



Dates de mise à l'herbe

La mise à l'herbe a lieu en avril dans la majorité des cas



Autonomie fourragère et gestion sanitaire dans les élevages bovins laitiers biologiques : pas de modèle unique

Forage autonomy and health management in organic cattle dairy farms: no single model

GOUTTENOIRE L. (1,2,3,4), COURNUT S. (2,1,3,4), INGRAND S. (1,2,3,4)

(1) INRA, UMR Métafort, F-63122 Saint-Genès-Champagnelle, France

(2) Clermont Université, VetAgro Sup, UMR1273, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand, France

(3) AgroParisTech, UMR1273, BP 90054, F-63172 Aubière, France

(4) Cemagref, UMR1273, BP 50085, F-63172 Aubière, France

INTRODUCTION

Le contexte actuel est favorable au développement de l'Agriculture Biologique. Mieux comprendre le fonctionnement des exploitations ayant adopté ce mode de production, ainsi que réfléchir aux modalités d'accompagnement des conversions reste une nécessité. En élevage bovin laitier, l'autonomie fourragère et la gestion sanitaire sont largement reconnues par les experts du domaine comme des questions clé pour réussir la conversion. Dans cette communication, nous nous proposons d'explorer et de comparer, au sein d'un dispositif comprenant des éleveurs convertis et en conversion, la diversité des stratégies observées pour l'autonomie fourragère et de la gestion sanitaire.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude est réalisée dans le Parc Naturel Régional du Pilat (42). Des entretiens individuels ont été réalisés en octobre 2008 chez 15 éleveurs volontaires, parmi lesquels sept ont débuté leur conversion en 1998, 1999 ou 2000, sept autres en 2008 ou 2009, le dernier travaillant selon des principes biologiques depuis son installation en 1975. Ces entretiens ont porté sur le fonctionnement actuel de l'exploitation (objectifs, pratiques, justification des pratiques, résultats). Deux typologies d'exploitations ont été réalisées, pour caractériser respectivement les stratégies d'autonomie fourragère et de gestion sanitaire. Les informations recueillies lors des entretiens ont été codées en 209 variables qui ont alimenté 7 axes de notation par typologie (tableau 1). Les ensembles de notes attribuées ont été analysés grâce à des ACP suivies de classifications ascendantes hiérarchiques (logiciel SPAD 7.0). Les groupes obtenus ont été interprétés en termes de types de stratégies d'éleveurs.

2. RÉSULTATS

2.1. STRUCTURE DES EXPLOITATIONS

Les structures des exploitations enquêtées sont relativement homogènes : des SAU comprises entre 27 et 82 ha, dont 12 exploitations sur 15 comprises entre 34 et 55 ha, et des quotas entre 80 000 et 273 000 L. En dépit de cette relative homogénéité des structures, différentes stratégies sont observées concernant l'autonomie fourragère (AF) et la gestion sanitaire (GS).

2.2. AUTONOMIE FOURRAGERE

Trois types de stratégies ont été mis en évidence. (i) La stratégie AF1, intitulée « Autonomie, maîtrise technique et sécurisation » (n=4), est caractérisée par des objectifs d'autonomie alimentaire élevés et par la maîtrise de la productivité des prairies permettant de maximiser la part de l'herbe pâturée dans la ration et la constitution de stocks fourragers. (ii) Pour la stratégie AF2, « Des compromis entre production laitière et valorisation des ressources » (n=5), si les exploitants cherchent à maximiser la part du pâturage dans la ration, leurs objectifs techniques (production laitière, productivité des prairies) sont modestes et leurs objectifs d'autonomie alimentaire dans la moyenne de l'échantillon. (iii) La stratégie AF3, « Une logique productive avant tout » (n=6), est caractérisée par des objectifs techniques élevés et une tolérance forte sur les achats d'aliments. Le parcellaire est souvent contraignant, mais pas toujours.

Tableau 1 Axes de notation à la base des typologies

Autonomie fourragère	Gestion sanitaire
Objectifs de production laitière	Alimentation « améliorée »
Contraintes du parcellaire	Vaches « poussées » à produire
Objectifs d'autonomie	Rigueur et prévention
Maximisation des stocks	Politique de renouvellement
Production de protéines	Médecines alternatives
Diversification des fourrages	Hygiène et bâtiments
Maximisation du pâturage	Résultats sanitaires

2.3. GESTION SANITAIRE

Les quatre types de stratégies identifiés sont les suivants. (i) GS1 « Gestion technique du troupeau » (n=1) : le troupeau est conduit de manière intensive (*i.e.* les vaches sont « poussées » à produire du lait), la surveillance est rigoureuse et les conditions d'hygiène et de logement sont optimales. (ii) GS2 « Maîtrise des risques par l'alimentation » (n=3) : la prévention repose essentiellement sur une forte quantité de foin dans la ration, des transitions alimentaires bien gérées, et des vaches « peu poussées ». (iii) GS3 « Le confort des vaches avant tout » (n=7) : logement et hygiène sont optimisés, sans efforts particuliers de prévention sanitaire par des pratiques d'alimentation « améliorées ». (iv) GS4 « Gestion globale de la santé » (n=4) : les pratiques d'alimentation sont « améliorées » pour limiter le risque sanitaire, les vaches sont « peu poussées », on privilégie leur longévité et les médecines alternatives sont utilisées de manière éclairée.

Le croisement des deux typologies ne montre pas de combinaison vraiment privilégiée, ni de répartition caractéristique des élevages biologiques par rapport aux élevages en conversion (tableau 2).

Tableau 2 Répartition des quinze exploitations au sein des types « autonomie fourragère » (AF) et « gestion sanitaire » (GS) : effectifs dans chaque combinaison (bio=élevages biologiques ; conv=élevages en conversion)

	GS1	GS2	GS3	GS4
AF1	0	2conv	2bio	0
AF2	0	1bio	1bio	2bio, 1conv
AF3	1conv	0	1bio, 3conv	1bio

DISCUSSION - CONCLUSION

Les études sur les conversions à l'AB concernent souvent des comparaisons entre systèmes biologiques et systèmes conventionnels (Lamine et Bellon, 2008). Ici, nous analysons avec un même cadre de lecture le fonctionnement d'exploitations biologiques et d'exploitations en conversion ayant des structures proches. Il en résulte la mise en évidence de différentes stratégies, indépendantes du fait que les élevages soient convertis ou en cours de conversion. Ces résultats incitent à considérer les conversions à l'AB comme des processus singuliers et individuels, fortement liés aux objectifs de chaque éleveur. En termes d'accompagnement des conversions, une telle conclusion suggère de ne pas orienter sur un modèle unique qu'on qualifierait de « modèle biologique » mais plutôt d'agir "à la carte" et de considérer la diversité des solutions mises en œuvre par les éleveurs qui ont réussi leur conversion.

Nous remercions les 15 éleveurs qui ont participé à l'étude.

Lamine, C., Bellon, S., 2008. Agron. Sustain. Dev., 29, 97-112.

Faciliter la réflexivité et les échanges sur les projets de recherche participative : proposition d'une grille d'analyse

Houdart Marie+*, géographie, Cemagref, UMR Métafort, BP 50085, F-63172 Aubière, France, Tél. 04 73 44 06 65, Fax 04 73 44 06 98, marie.houdart@cemagref.fr

Taverne Marie+, agronomie et sciences de gestion, Cemagref, UMR Métafort, BP 50085, F-63172 Aubière, France, Tél. 04 73 44 06 39, Fax 04 73 44 06 98, marie.taverne@cemagref.fr

Gouttenoire Lucie, zootechnie des systèmes d'élevage, INRA, VetAgroSup, UMR Métafort, 89 Avenue de l'Europe, BP35, F-63370 Lempdes, France, Tél. 04 73 62 42 94, Fax 04 73 62 46 45, lucie.gouttenoire@clermont.inra.fr

Lardon Sylvie, agronomie des territoires, INRA, AgroParisTech, UMR Métafort, BP 90054, F-63172 Aubière, France, Tél. 04 73 44 07 21, Fax 04 73 44 07 00, sylvie.lardon@agroparistech.fr

Hostiou Nathalie, zootechnie des systèmes d'élevage, INRA, UMR Métafort, F-63122 Saint-Genès Champanelle, France, Tél. 04 73 62 48 02, Fax 04 73 62 46 45, nhostiou@clermont.inra.fr

Cournut Sylvie, zootechnie des systèmes d'élevage, VetAgroSup, UMR Métafort, 89 Avenue de l'Europe, BP35, F-63370 Lempdes, France, Tél. 04 73 98 13 62, Fax 04 73 98 13 00, s.cournut@vetagro-sup.fr

+premiers auteurs

*auteur correspondant

Résumé

Les démarches participatives suscitent un intérêt grandissant en tant que pratique de recherche. Dans l'objectif de faciliter la réflexivité des chercheurs et leurs échanges sur ces pratiques, cet article propose une grille d'analyse. Celle-ci appréhende le processus de participation de façon globale et dynamique. Elle repose sur six critères : les attendus des protagonistes, le déroulement du projet via la succession des interactions entre acteurs et chercheurs, les acteurs participant, la dynamique des engagements des protagonistes, ainsi que les modalités d'intervention des acteurs d'une part et des chercheurs d'autre part. L'application de cette grille à une recherche participative en zootechnie conforte sa capacité à offrir une vision globale de la participation dans le projet, tout en aidant à identifier les points clefs et les aspects qui ont posé problème dans le processus.

Abstract

A framework to help reflexivity and discussions about participatory research projects

Interest about participatory approaches in research is increasing. To help both researchers' reflexivity and their exchanges about their practices, we propose and describe a grid that makes it possible to analyse participatory research projects. This grid is based on a comprehensive and dynamic approach of participation. It is made up of six criteria: (i) the expected results of participation for both

researchers and stakeholders; (ii) the course of the project, represented by a succession of interactions between stakeholders and researchers, each interaction being characterized by its objective and method; (iii) the characteristics of the stakeholders who take part in the project, in particular their diversity and similarities as looked for by the researchers; (iv) stakeholders' and researchers' undertakings in the course of the project; (v) the different ways stakeholders take part in the research project (providing information; delivering their opinion on a subject, an idea, or a prototype; building a product with the researchers; facilitating the project's implementation); (vi) the different ways researchers take part in the interactions with stakeholders (co-producing with stakeholders; formalizing stakeholders' knowledge 'in real time'; building a device to facilitate stakeholders' expression). Applying this grid to a participatory research project in the livestock farming systems domain shows its capacity to bring a comprehensive view of participation. In addition, it helps researchers to identify key points of participation and difficulties encountered during the process.

Mots-clés : recherche participative, interactions acteurs-chercheurs, pratiques, grille d'analyse

Keywords: participatory research, stakeholder-researcher interactions, practices, analysis grid

Introduction

La recherche participative consiste à faire intervenir des acteurs concernés par l'enjeu de la recherche à certaines étapes de celle-ci, dans le but qu'ils influent sur sa conduite et ses résultats. La diversité des formes de recherches participatives est illustrée par Anadon (2007). Des recherches participatives sont menées dans de nombreux domaines (biodiversité, agriculture, aménagement, outils de travail, santé, etc.) et diverses disciplines scientifiques telles que sciences de l'environnement, agronomie, géographie, sciences de la conception (design), médecine, etc. En effet, cette pratique répond à des enjeux transversaux à ces domaines et disciplines. Lilja et Bellon (2008) résument ces enjeux en deux catégories : une perspective fonctionnelle d'une part visant à augmenter la validité⁶, l'acceptabilité et l'efficacité des produits de la recherche ; une perspective de démocratie d'autre part. Selon le projet de recherche, le choix de mettre en œuvre un dispositif participatif relève plutôt de l'une ou de l'autre de ces perspectives. Dans ces recherches, il existe un gradient de postures des chercheurs, depuis l'invitation d'acteurs à participer à un projet de recherche jusqu'à la réponse à une invitation d'acteurs à participer à un projet de développement (Cambell et Salagrama, 2001). Par ailleurs, la participation peut être seulement un moyen mobilisé pour la recherche ou être en soi un objet de la recherche.

Pour toutes ces raisons, il n'existe pas de méthode unique pour mener une recherche participative ni de norme établie pour guider le chercheur vers de "bonnes" pratiques (Lilja et Bellon, 2008). Cependant, des chercheurs expriment un besoin de repères méthodologiques pour mener leurs recherches participatives ou améliorer leurs dispositifs, notamment pour connaître les techniques mobilisables pour faire participer les acteurs (Bousset *et al.*, 2005 ; Van Asselt et Rijkens-Klomp, 2002) et les aspects cruciaux qui accroissent les chances de réussite du dispositif (Voinov et Bousquet, 2010). Nous proposons dans cet article⁷ un outil destiné à aider la prise de recul des chercheurs sur leurs pratiques et les échanges d'expériences.

⁶ Van der Riet (2008) montre par exemple que la participation dans un travail de recherche en sciences sociales accroît la validité des connaissances produites.

⁷ Cet article s'appuie sur un dispositif d'animation et de réflexion sur les démarches de recherches participatives mis en place au sein de l'UMR1273 Mutations des activités, des espaces et des formes d'organisation dans les territoires ruraux (METAFORT).

L'état de l'art sur les outils et méthodes de caractérisation des recherches participatives est synthétisé dans une première partie et nous amène à justifier l'élaboration d'une grille d'analyse des recherches participatives. La partie "résultats" est consacrée à la présentation de cette grille, d'abord sous sa forme générale puis dans ses détails, avant d'illustrer son utilisation par son application à un cas de recherche participative.

La caractérisation des recherches participatives : apports et limites

Plusieurs auteurs ont contribué au repérage de la diversité des recherches participatives en proposant des critères permettant de les caractériser, voire de les comparer.

Le niveau de participation dans le projet de recherche constitue l'un des critères les plus utilisés pour caractériser les recherches participatives. Il peut être caractérisé selon deux axes : les stades de la recherche auxquels la participation intervient et le degré de participation à ces stades (Cambell et Salagrama, 2001). En effet, la participation peut être mobilisée à différentes étapes de la recherche : élaboration des questions de recherche, conception du dispositif de recherche, collecte des données, analyse et interprétation des résultats et choix du mode d'utilisation pour les acteurs (Cambell et Salagrama, 2001 ; Lilja et Bellon, 2008). Quant au degré de participation des acteurs, de nombreux auteurs se sont intéressés à le qualifier dans les projets de développement, classifications reprises pour la participation dans les projets de recherche. Arnstein (1969) semble avoir été la première à proposer une échelle de la participation citoyenne sur un continuum allant de la fourniture d'informations (qu'elle qualifie de manipulation) au contrôle par les citoyens. Reed (2008) fait état des différentes typologies du degré de participation dans les projets de recherche, comme par exemple celles de Biggs (1989) et de Pretty (1995). Biggs (1989) distingue quatre types de relations entre agriculteurs et chercheurs : contractuelle (agriculteurs prestataires de service), consultative (les chercheurs consultent les agriculteurs, diagnostiquent leur problème et tentent de trouver une solution), collaborative (agriculteurs et chercheurs sont partenaires et collaborent continuellement), ainsi que le renforcement par les chercheurs de la capacité des agriculteurs à mener eux-mêmes des recherches et à faire appel aux services des chercheurs ("collegiate participation"). Pretty (1995) distingue sept types de participation dans les programmes de développement agricole : participation manipulatrice, passive (les acteurs reçoivent des informations), par consultation, par la fourniture de ressources, fonctionnelle (visant l'atteinte d'objectifs précis), interactive (analyses et décisions communes) et par auto-mobilisation. Il existe des relations entre ces deux typologies, excepté pour l'auto-mobilisation qui, tout comme la grille de Okali *et al.* (1994), introduit la possibilité que les acteurs invitent les chercheurs à participer à une recherche (Richards, 1985 cité par Cambell et Salagrama, 2001). Cambell et Salagrama (2001) vont encore plus loin dans le développement de cette idée, avec une typologie qui présente autant de degrés de participation des chercheurs à des projets d'acteurs que l'inverse. Certaines typologies traitent donc en même temps du degré de participation et de la nature du groupe qui invite à participer. De nombreuses autres typologies ont été déclinées, comme celles de Maurel *et al.* (2007) conçue pour le domaine de la gestion concertée de l'eau et de Beuret (2006) pour celui de la gestion des ressources naturelles.

Les recherches participatives peuvent également être caractérisées par la façon de choisir les "participants". Qui est inclus ou exclu du processus de recherche participative (Scoones et Thompson, 1994) ? La notion de "stakeholder"⁸, née en sciences de gestion dans le domaine de l'entreprise, a diffusé dans les domaines de la gestion des ressources naturelles (Grimble et Chan, 1995) et du développement (World Bank, 1995) au début des années 1990. Elle étend la vision des acteurs importants pour la réussite du projet : ils ne se limitent plus aux seules cibles directes du projet mais englobent l'ensemble des acteurs pouvant influencer ou être influencés par celui-ci (Grimble et Chan, 1995). Sur ces bases, des auteurs tels que Mitchell *et al.* (1997), Grimble et Chan (1995) ou Carroll (2006) proposent des critères et méthodes pour identifier l'ensemble des

⁸ Un stakeholder dans une organisation est un groupe ou un individu qui peut affecter ou est affecté par l'atteinte des objectifs de l'organisation (Freeman, 1984).

"stakeholders" à prendre en compte dans un projet. Ces développements ont influencé les méthodes participatives en incitant à élargir le spectre des acteurs participant.

Ces travaux, qui aident à caractériser la méthodologie d'un dispositif participatif, présentent plusieurs limites. La première a trait à la possibilité de réaliser une analyse de la recherche en question sur plusieurs critères. Ces critères de caractérisation sont le plus souvent abordés de façon individuelle, la majorité des travaux se concentrant sur un seul des aspects de la participation. Ceci limite la possibilité d'analyser et de comparer, de manière globale et selon plusieurs critères, des démarches dans leur ensemble. Les combinaisons de critères semblent plus fréquentes dans les travaux sur la philosophie générale du processus de participation (Cerf *et al.*, 2008 ; Reed, 2008 ; Neef et Neubert, 2010) ou sur l'évaluation de la qualité de la participation, qui ne portent pas seulement sur les choix méthodologiques mais aussi sur les résultats produits par ceux-ci dans un contexte donné (Adnan *et al.*, 1992 cités par Cambell et Salagrama, 2001 ; Cerf et Taverne, 2009). La seconde limite concerne l'analyse des conditions de participation conjointe des acteurs et des chercheurs, telles que leur engagement dans le projet et les modalités d'intervention des chercheurs (Choisit *et al.*, 2010). En effet, les situations de co-évolution entre chercheurs et acteurs génèrent des apprentissages croisés qui transforment tout autant les connaissances qu'ils produisent que les formes d'engagement qu'ils établissent entre eux (Hatchuel, 2000 ; Steyaert, 2009). D'ailleurs, Béguin et Cerf (2009) voient en l'identification des formes d'engagement, notamment la position du chercheur dans les processus d'action, un des enjeux de la recherche en partenariat et de son évaluation. La troisième limite concerne l'analyse de la dynamique des recherches participatives, peu considérée dans les travaux sur la caractérisation de la participation. Même l'approche très complète de Neef et Neubert (2010), basée de nombreux critères complémentaires, laisse de côté cet aspect dynamique. Cette composante est pourtant essentielle car la participation diffère selon les moments d'un processus de recherche. Ainsi Reed (2008) souligne-t-il l'importance de considérer la participation comme un processus. Dans la caractérisation des recherches, la prise en compte de plusieurs critères, des conditions de participation conjointe des acteurs et des chercheurs et de la dynamique, nous semble pouvoir constituer un gain.

Proposition d'une grille d'analyse

Afin d'outiller les chercheurs dans l'analyse réflexive de leurs pratiques de recherche participative ou dans leurs échanges de pratiques avec d'autres chercheurs, nous proposons une grille d'analyse reprenant certains critères de caractérisation issus de la bibliographie et en proposant d'autres, en réponse aux limites évoquées plus haut. Cette grille doit pouvoir caractériser tout projet de recherche participative selon différentes dimensions en tenant compte de sa dynamique. Nous supposons qu'une telle caractérisation facilite la réflexivité du chercheur seul, ainsi que les échanges collectifs de pratiques, dans la mesure où elle permet de repérer les caractéristiques majeures du dispositif ainsi que certaines proximités et différences entre projets. D'un point de vue pratique, nous visons un outil suffisamment visuel pour aider le repérage de ces caractéristiques, de ces proximités et différences et pour faciliter le dialogue entre chercheurs.

Structure générale de la grille

Dans un but d'opérationnalité, les critères de la grille ainsi que leurs modalités sont organisés dans un même tableau et de la façon la plus concise possible (Fig. 1). Le premier critère, portant sur les attendus des acteurs et des chercheurs (critère 1), est le plus global. Il concerne le projet de recherche participative dans son ensemble. Afin de représenter le processus de participation au cours de la recherche, la grille est ensuite structurée par la séquence d'interactions entre acteurs et chercheurs (critère 2). Trois autres critères sont renseignés pour chacune des interactions identifiées

: les acteurs participant (critère 3), leurs modalités d'intervention (critère 5) et celles des chercheurs (critère 6). Les engagements des acteurs et des chercheurs (critère 4) sont transversaux. Ils peuvent concerner toutes ou seulement quelques unes des interactions acteurs-chercheurs et font donc l'objet d'une représentation plus schématique que les autres critères.

Les 6 critères de la grille

Attendus des chercheurs et des acteurs

Dans une grille destinée à caractériser le dispositif méthodologique de recherche participative, il nous semble utile de préciser avant toute chose les attendus des chercheurs et des acteurs. En effet, nous défendons l'idée qu'il n'existe pas de "bon" dispositif participatif dans l'absolu et quelles que soient les situations. Le dispositif est conçu en fonction des objectifs poursuivis par les chercheurs et doit donc être analysé au regard de ceux-ci. De même, ce que les acteurs attendent de leur participation peut influencer certains choix méthodologiques ainsi que la réussite du dispositif. Le premier critère "attendus des chercheurs et des acteurs" caractérise donc l'intérêt de la mise en œuvre de la participation dans le projet de recherche. Pour les chercheurs, il s'agit en d'autres termes d'explicitier la plus-value par rapport à une démarche de recherche classique. Les chercheurs peuvent compter sur la participation des acteurs pour alimenter la production de connaissances scientifiques. Ils peuvent également intégrer des objectifs explicites d'action à leur dispositif. Ces deux attendus ne sont pas incompatibles et peuvent donc coexister. De même, les attendus des acteurs sont les bénéfices qu'ils espèrent tirer de leur participation au travail de recherche, tels que perçus par les chercheurs. Ils peuvent compter sur leur participation à un projet de recherche pour être informés de résultats qui faciliteraient leurs actions. Leur motivation peut également reposer sur le fait d'échanger sur un sujet d'intérêt commun, soit entre acteurs uniquement, soit avec les chercheurs. Parfois aussi, les acteurs participent en réponse à une sollicitation sans attendre de bénéfice particulier du processus.

Déroulement du projet de recherche participative

Le second critère retenu pour l'élaboration de cette grille est relatif au déroulement du projet de recherche participative. Certains auteurs rendent compte d'un degré de participation pour l'ensemble du projet (Biggs, 1989). Ceci ne permet pas de prendre en compte la dynamique du processus de participation, c'est-à-dire les variations de participation d'un même groupe d'acteurs au cours du projet. Pour cette raison, nous avons fait le choix d'explicitier le déroulement du projet via ce que nous appelons des moments d'interaction entre acteurs et chercheurs. Par interaction, nous entendons toute situation où s'opère un dialogue entre chercheurs et acteurs. Ce dialogue peut prendre différentes formes : un échange verbal, une réunion, la mise à disposition d'outils ou d'informations. Il ne passe donc pas nécessairement par le langage (Cerf et Taverne, 2009). La succession de ces interactions rend compte de la chronologie du processus participatif. De cette façon, nous considérons dans le déroulement de la démarche tout ce qui concerne les ateliers et les enquêtes mais également les interactions qui peuvent avoir lieu en amont ou en aval. Des interactions en amont peuvent par exemple faciliter le processus de participation. Chaque interaction se caractérise par un objectif et des modalités de réalisation. Par souci de synthèse, nous pouvons considérer comme une "interaction" unique tout ensemble d'interactions, non nécessairement simultanées, mises au service d'un même objectif et conduites selon le même type de modalités.

Caractéristiques des acteurs participant au processus

Le troisième critère de notre grille d'analyse correspond aux caractéristiques des acteurs participant au processus de recherche participative. En effet, le choix des acteurs à associer pour atteindre les objectifs visés est tout aussi crucial pour un travail de recherche que pour la gestion de ressources (Grimble et Chan, 1995) et le développement (World Bank, 1995). La grille permet de distinguer des

groupes d'acteurs dont la participation est différenciée. Nous proposons de focaliser sur les différences et les similarités visées par les chercheurs au sein de chaque groupe d'acteurs : nous parlons dans la grille d'hétérogénéité et d'homogénéité. Cette dichotomie est par exemple présente dans Markova (2003) au sujet de la composition de "focus groups". Les acteurs pris en compte sont aussi bien les acteurs invités pour participer à des ateliers ou à des entretiens que ceux qui facilitent la mise en œuvre du processus de recherche participative dans son ensemble.

Engagements respectifs des acteurs et des chercheurs

Le quatrième critère porte sur les engagements respectifs des acteurs et des chercheurs. On parle d'engagement quand un protagoniste donne son accord pour réaliser un travail. L'engagement a un début et une fin, et peut s'étendre sur plusieurs interactions acteurs-chercheurs. Expliciter la nature des engagements nous semble utile, car ils conditionnent la réussite du dispositif et l'entretien de la motivation à interagir dans la durée. De ce fait, l'absence de certains engagements, un désengagement avant la fin, ou le manque d'anticipation du moment de désengagement, peuvent expliquer des difficultés. Expliciter pour tous les types d'acteurs concernés la nature et la période de leurs engagements permet de rendre compte de la dynamique d'engagement au cours du projet.

Modalités d'intervention des acteurs

Le cinquième critère de la grille correspond aux modalités d'intervention des acteurs lors de leur participation aux interactions avec les chercheurs. Ce que nous entendons par "modalité d'intervention" est souvent qualifié de "degré" de participation dans la littérature (Reed, 2008), induisant implicitement une échelle de type "fort-moyen-faible". Nous souhaitons éviter ce type d'échelle, pouvant découler sur un jugement de valeur, puisque nous défendons l'idée qu'il n'est pas toujours préférable que la participation des acteurs soit "forte" : cela dépend des objectifs du travail de recherche. Lilja et Bellon (2008) précisent d'ailleurs qu'une participation "forte" n'est pas toujours possible ni souhaitable. Les objectifs, l'échelle et le champ des questions de recherche ainsi que la volonté des acteurs à participer jouent sur la pertinence et la faisabilité d'une recherche participative. De plus, certains enjeux peuvent être traités convenablement avec une "faible" participation tandis que d'autres peuvent requérir une participation plus "forte" (par exemple si le projet vise à résoudre les problèmes des acteurs) (Vernooy et McDougall, 2003). Enfin, la "force" de la participation ne nous semble pas uniquement liée aux modalités d'intervention des acteurs mais également à la façon dont les chercheurs utilisent ce que produisent les acteurs. Par exemple, quand les acteurs interviennent en donnant leur avis, ces avis peuvent être pris en considération à des niveaux très divers par les chercheurs. Ils peuvent structurer les choix des chercheurs ou alors être négligés par ces derniers. Parmi les modalités possibles d'intervention des acteurs exposées dans la littérature, nous en retenons quatre. La première consiste à fournir de l'information, c'est-à-dire à faire part de son expertise, de ses pratiques, de sa connaissance du territoire ou du milieu. La seconde consiste à donner son avis sur un sujet, une idée, ou un prototype. La troisième consiste à construire un produit avec le chercheur, en contribuant à la conception du produit lui-même. La quatrième est la facilitation de la mise en œuvre de la recherche participative, le portage de l'action : les acteurs fournissent des contacts, servent d'intermédiaires, ou fournissent des moyens.

Modalités d'intervention des chercheurs lors des interactions avec les acteurs

Enfin, le sixième critère que nous utilisons pour qualifier les recherches participatives concerne la contribution du chercheur dans ces démarches. Il décrit les modalités d'intervention des chercheurs lors des interactions avec les acteurs. Détailler ces modalités permet d'analyser leur influence sur la conduite du dispositif participatif. Cela met aussi en évidence les compétences nécessaires des chercheurs pour mener à bien ces interventions, compétences ne relevant pas de celles classiquement associées à leur activité de recherche. Au vu des exemples que nous connaissons, nous avons identifié plusieurs modalités d'intervention du chercheur, selon la façon dont ses connaissances et ses compétences sont mobilisées. Dans le premier cas, les chercheurs co-produisent avec les acteurs : ils apportent le même type de ressource. Par exemple, les chercheurs et les acteurs peuvent mettre en commun leurs expertises respectives sur un même sujet ou combiner

leurs méthodologies respectives pour traiter un problème. Dans un autre cas, les chercheurs peuvent traduire avec leurs connaissances les productions des acteurs : ils formalisent les connaissances des acteurs "en temps réel". Cela implique que les chercheurs soient reconnus comme légitimes et qu'ils maîtrisent des outils de formalisation, la traduction par les chercheurs ne devant pas dénaturer l'expression des acteurs. Dans le dernier cas, les chercheurs construisent en amont un dispositif à partir de leurs propres connaissances pour faciliter l'expression des connaissances des acteurs et aider à la production. Ils proposent un cadre formalisé pour faire exprimer une information ou un avis, définissent une règle d'énoncé par les acteurs, fournissent des outils d'interprétation, ou encore un référentiel. Comme pour le rôle de formalisation, cela nécessite une reconnaissance de la légitimité des chercheurs et leur maîtrise des outils d'expression qu'ils utilisent avec les acteurs (Lardon *et al.*, 2010).

Application de la grille à une recherche sur les conversions à l'agriculture biologique

L'exemple d'application de la grille que nous présentons à présent vise à illustrer à la fois la façon dont la grille peut être remplie et comment l'utilisation de cet outil facilite la réflexivité (Fig. 2). Le cas concerne une recherche zootechnique qui s'appuie sur un dispositif participatif avec des éleveurs laitiers en conversion à l'agriculture biologique. Développé dans le cadre d'un travail de thèse (Gouttenoire *et al.*, 2010), ce projet est structuré autour d'une question de recherche qui est "Comment modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage en vue d'accompagner les éleveurs dans la reconception de leurs systèmes d'élevage ?". Le cœur de la démarche est constitué d'ateliers participatifs en petits groupes d'éleveurs visant à bâtir ensemble une représentation, sous la forme de cartes causales (Cossette et Audet, 1992) du fonctionnement des systèmes d'élevage, pertinente pour aborder les questions posées par la conversion des systèmes à l'agriculture biologique.

*Description des résultats obtenus*⁹

Cette démarche participative est guidée par une question de recherche et non par des questions de l'action [critère 1]. Les éleveurs participent car ils sont intéressés par un échange d'expériences entre pairs sur les questions que pose la conversion à l'agriculture biologique. Quant aux institutionnels et aux agents de développement, ils appuient la démarche des chercheurs car ils considèrent qu'elle va dans le sens de leur action de terrain, à savoir faciliter la dynamique collective locale de développement de l'agriculture biologique initiée au niveau d'un bassin de collecte (Parc du Pilat). Néanmoins, si les chercheurs sont conscients de ces attendus des acteurs et les prennent en compte pour concevoir un dispositif attractif, les bénéfices supposés de la participation pour les acteurs ne seront pas évalués par les chercheurs, l'objectif premier restant de répondre à une question de recherche.

En amont de la participation des éleveurs, quatre interactions marquent la démarche [critère 2] : la prospection, via des acteurs institutionnels locaux, pour identifier et choisir un terrain (N1) ; la négociation d'un accord pour le lancement du dispositif participatif (N2) ; la collecte d'informations auprès des éleveurs pour préparer les ateliers participatifs (N3) ; la négociation des ateliers participatifs avec les éleveurs et l'information des institutionnels (N4). Quant aux ateliers participatifs, ils sont organisés en deux interactions acteurs-chercheurs, correspondant à deux demi-journées différentes : identification, au moyen de la technique du métaplan (Schnelle, 1979), d'items, formulés par les éleveurs, permettant de raisonner les changements induits par la conversion à l'agriculture biologique (N5) ; formalisation de liens entre items, sous la forme d'éléments de cartes causales (N6). En aval des ateliers participatifs, les chercheurs agrègent ces éléments de cartes causales pour aboutir à une carte unique par groupe d'éleveurs. Ces cartes sont finalement analysées de manière à répondre à la question de recherche de la thèse, et les résultats de l'ensemble de la

⁹ Afin de faire le lien avec la figure 2, nous reprenons chaque critère de la grille et référençons, dans le texte, les différents moments d'interaction qui structurent la dynamique temporelle par leur numéro dans la grille (de N1 à N7).

démarche sont restitués aux différents partenaires, éleveurs et acteurs institutionnels locaux, lors d'une dernière interaction (N7).

Bien que les institutionnels et les agents de développement locaux soient impliqués dans la démarche, ce sont les éleveurs qui constituent les acteurs cibles de la participation [critère 3], dans le sens où ils fournissent le matériau principal permettant de construire une représentation du fonctionnement des systèmes d'élevage utile pour raisonner les changements induits par une conversion à l'agriculture biologique. Les acteurs cibles constituent donc dans ce cas un groupe homogène quant à leur métier (éleveur) et leur type de production (production bovine laitière). Leur échelle d'action est celle de l'exploitation agricole.

Deux périodes d'engagement des acteurs [critère 4] sont à noter dans la démarche, chacune étant encadrée par deux moments clé qui en marquent respectivement le début et la fin. La première période d'engagement débute à l'issue de l'interaction N2 et concerne les institutionnels et agents de développement. Ceux-ci s'engagent en effet à appuyer la démarche des chercheurs auprès des éleveurs, l'enjeu étant qu'un nombre suffisant d'éleveurs soit volontaire pour prendre part aux ateliers participatifs. Concrètement, cela se traduit par la rédaction d'un article dans le journal du comité de développement agricole local, par l'affichage d'un poster présentant la démarche des chercheurs lors d'une manifestation réunissant des éleveurs et organisée par la coopérative laitière, et par l'apposition de logos sur les courriers envoyés aux éleveurs par les chercheurs. Cette phase d'engagement prend fin avec le lancement des ateliers participatifs, correspondant également au démarrage de la deuxième phase d'engagement, celle concernant les éleveurs. Au terme de l'interaction N4, ceux-ci se sont en effet engagés à participer à plusieurs réunions successives, jusqu'à l'aboutissement, au terme de l'étape N6, de représentations construites et validées collectivement sur le fonctionnement des systèmes d'élevage dans le contexte d'une conversion.

Au cours de la démarche, les modalités d'intervention des acteurs [critère 5] varient à la fois en fonction des acteurs et des objectifs de l'interaction. En amont des ateliers participatifs (N1 à N4), la participation des acteurs, qu'il s'agisse des éleveurs ou des institutionnels et agents de développement locaux, correspond à "fournir de l'information" ou "donner son avis", ou encore, plus spécifiquement pour les institutionnels et agents de développement locaux, à "porter l'action" en appuyant la démarche des chercheurs. Par contre, au cours des ateliers participatifs à proprement parler (N5 et N6), les éleveurs participent en s'engageant dans la construction d'un matériau brut en lien direct avec la question des chercheurs ("construire un produit"). Les institutionnels et agents de développement ne participent pas à cette phase de la démarche. En aval (N7), la participation des acteurs correspond de nouveau à "donner son avis".

Au cours des ateliers participatifs, qu'il s'agisse du premier atelier (N5) ou du deuxième (N6), les chercheurs adoptent la posture [critère 6] du "chercheur facilitateur", car ils mettent en place des dispositifs originaux visant à faciliter l'expression des éleveurs : métaplans pour N5 c'est-à-dire que les participants s'expriment sur la base de post-it qu'ils rédigent eux-mêmes, animation de la construction collective de cartes causales pour N6. S'agissant de cette dernière interaction (N6), les chercheurs ont de plus un rôle de "formalisateurs" : ils retranscrivent en temps réel les productions des acteurs sous la forme de cartes causales que les participants sont libres de valider ou d'invalider, toujours en temps réel. C'est uniquement lors des étapes de restitution des enquêtes (N4) et de restitution finale du projet (N7) que les chercheurs mobilisent et apportent des connaissances issues de leur propre domaine scientifique, i.e. la zootechnie des systèmes d'élevage, et donc qu'ils "co-produisent". Au cours des enquêtes en exploitation (N3), aucun dispositif particulier n'est mis en place pour faciliter l'expression des éleveurs : les chercheurs "formalisent".

Apports de la grille pour faciliter les échanges et la réflexivité

Remplir la grille apporte aux chercheurs conduisant des projets de recherche participative des éléments leur permettant à la fois de mieux communiquer sur leurs dispositifs et de gagner en réflexivité sur leurs pratiques de recherche. Nous illustrons ce point par l'analyse des apports du remplissage de notre grille pour le projet de recherche autour des conversions à l'agriculture biologique, présenté dans la section précédente.

En premier lieu, le critère 3 sur la caractérisation des acteurs permet d'identifier deux types d'acteurs relativement à la dynamique du projet participatif : les éleveurs d'une part, qui sont la cible du dispositif, les seuls amenés à "construire un produit" [critère 5] ; les institutionnels et agents de développement locaux d'autre part, qui ne participent pas *stricto sensu* à la production scientifique, mais dont l'importance est indéniable en termes d'informations fournies et de portage du projet auprès des éleveurs. Prendre conscience de cette distinction entre deux catégories d'acteurs et mieux pouvoir la formaliser aide à communiquer sur le projet en limitant les ambiguïtés sur les rôles respectifs des différentes catégories de participants, sans pour autant minimiser le rôle de ceux qui participent sans être "la cible du dispositif".

De même, l'analyse des différentes étapes du projet, présentées sous la forme d'une série d'interactions [critère 2] a aidé les porteurs du projet à illustrer l'importance des étapes préliminaires aux ateliers participatifs (N5 et N6), et ainsi à légitimer le temps passé sur des étapes qui ne produisent pas directement de connaissances scientifiques utilisables par la discipline. Si l'objectif ultime du dispositif participatif était de construire des cartes causales avec les éleveurs, il n'en demeure pas moins en effet que les interactions N1 à N4 ont été cruciales dans la réussite de l'ensemble du dispositif, chacune de ces interactions ayant été mise au service d'un sous-objectif indissociable de celui de réaliser les cartes causales.

Au-delà, l'analyse des différentes étapes du projet permet d'endosser une certaine réflexivité sur les difficultés et les facteurs de réussite. Ici, l'élément clé sur lequel reposait la réussite du dispositif était la participation d'un nombre suffisant d'éleveurs aux ateliers participatifs. Sans celle-ci, le projet tel que défini par les chercheurs était compromis. Cette participation n'allait cependant pas de soi, du fait d'une part du faible nombre d'éleveurs correspondant aux critères de sélection des chercheurs (33 en tout), et d'autre part du caractère plutôt contraignant de l'implication qui leur était proposée, à savoir accepter de se libérer et de se déplacer pour deux réunions d'une demi-journée, et s'engager à y participer activement. Plusieurs facteurs positifs ont été identifiés à partir de la grille, vus comme autant d'éléments qui ont pu contribuer à la bonne conduite du dispositif : (i) l'existence d'engagements bien formalisés et définis dans le temps, en anticipant les dates de fin d'engagement ; (ii) l'implication des institutionnels et agents de développement locaux dans le portage du projet (N2) ; (iii) l'échange précoce de documents écrits formalisant des objectifs précis (N1) ; (iv) l'aménagement de rencontres "en face à face" entre les chercheurs et les différents participants dès le début du projet (N2 et N3).

Par ailleurs, la présence du critère 1 permet de mesurer l'adéquation entre le déroulé du dispositif tel que pensé par les chercheurs et les objectifs généraux affichés par ceux-ci. Dans notre cas, les objectifs des chercheurs étaient uniquement des objectifs de recherche, la participation étant mise à leur service. Cela justifie que les acteurs n'aient contribué à la production scientifique qu'au cours des ateliers participatifs (N5 et N6). Si les chercheurs avaient décidé d'intégrer tout autant des objectifs d'action que des objectifs de recherche, comme c'est par exemple le cas dans une recherche action en partenariat (Faure *et al.*, 2010), l'implication des acteurs aurait dû être pensée différemment, avec par exemple une participation à la définition de la question de recherche et à la valorisation des modèles co-produits.

Enfin, le critère 6 sur les modalités d'intervention du chercheur incite à réfléchir aux compétences nécessaires ou à développer, éventuellement via des formations, pour mener à bien un tel type de dispositif.

Discussion

L'originalité de la grille proposée dans cet article repose sur la mise en cohérence de critères préexistants, l'ajout de critères peu présents dans la littérature et, finalement, sa structure générale visuelle. La dynamique des projets y est de surcroît représentée, à travers la caractérisation des différentes interactions acteurs-chercheurs constitutives du processus et celle de la dynamique des

engagements. Cette grille permet ainsi de dépasser la philosophie générale du projet de recherche (Cerf *et al.*, 2008) pour entrer dans le concret des étapes, du "qui fait quoi, à quel moment et pourquoi", ce qui aide à penser concrètement la méthodologie des dispositifs participatifs. De cette manière, une fois tous les critères de la grille renseignés, deux questions applicables à l'ensemble du processus peuvent être traitées par les chercheurs du projet : (i) l'identification des problèmes apparus pendant le processus de participation d'une part, (ii) l'identification des aspects cruciaux de ce processus d'autre part. Ces aspects cruciaux peuvent correspondre à des problèmes ou, au contraire, à des éléments qui ont permis la réussite du projet. Le remplissage et l'analyse de la grille peuvent ainsi faire apparaître des moments clé pour "réussir" la recherche participative, notamment les moments d'engagement des acteurs et des chercheurs.

Par rapport aux dimensions d'analyse des recherches participatives déjà présentes dans la littérature, l'un des principaux apports de notre grille d'analyse réside dans la prise en compte des modes d'intervention des chercheurs dans les ateliers participatifs. Dans la littérature, peu de références sont faites à la posture générale du chercheur dans ces démarches participatives (Choisis *et al.*, 2010) et à la façon dont ils mobilisent les connaissances des acteurs pour répondre à l'objectif général de la recherche d'une part, aux objectifs fixés à chaque interaction d'autre part. Pourtant ce rôle est primordial pour la mise en œuvre de la démarche : de la posture du chercheur dépend en grande partie la dynamique du projet. Ainsi, dans l'objectif de permettre aux chercheurs une réflexivité sur leurs pratiques de recherches participatives, il nous semble essentiel de prendre en compte ce critère. La diversité des modalités d'intervention des chercheurs au cours d'un même projet suggère qu'ils ont besoin d'une diversité de compétences qui va au-delà des connaissances thématiques et scientifiques liées à leur domaine : établissement et suivi de partenariats, enquêtes en face-à-face, conception de protocoles de participation, animation d'ateliers, connaissances thématiques, analyse de données qualitatives, synthèse et restitution à un public de non-chercheurs. Ces modalités d'intervention doivent amener les chercheurs à s'interroger sur ces nouvelles fonctions créées par la mise en œuvre des démarches participatives et sur l'importance de compétences et connaissances à développer pour mettre en œuvre des recherches participatives (Lardon, 2009).

Cependant, le rendu de la logique d'ensemble du processus, offert par la structuration via les interactions, trouve ses limites dans la non prise en compte de l'itinéraire général du projet de recherche (Collectif ComMod, 2005). Telle que nous la proposons ici, la structure de la grille se concentre en effet sur la succession des interactions acteurs-chercheurs mais ne fait pas apparaître les périodes de "non participation". De ce fait, elle ne permet pas, par exemple, de repérer les étapes qui auraient pu faire l'objet d'une interaction acteur-chercheur. Par ailleurs, la linéarité temporelle donnée à la grille exclue la possibilité de montrer la même périodicité pour des interactions différentes, et les éventuelles rétroactions entre interactions. Pour ces deux dernières raisons, une réflexion est à mener sur la création d'un outil complémentaire à la grille, qui permettrait de replacer toutes les interactions de manière moins linéaire et par rapport à l'ensemble de la dynamique de recherche.

Conclusion

L'outil proposé dans cet article vise à accompagner la réflexivité sur la participation dans les travaux de recherche, tant pour les équipes concernées elles-mêmes que dans le cadre d'échanges avec d'autres équipes de recherche. Cette grille est générique. En donnant une vision complète, et selon différentes dimensions, des interactions entre acteurs et chercheurs (par exemple dans le projet sur les conversions à l'agriculture biologique), l'usage de cette grille aide à identifier les points clefs du processus et les aspects qui ont posé problème. Elle contribue en cela à la réflexivité sur le dispositif méthodologique. Cependant, cette grille ne peut aider à analyser les liens entre les étapes participatives et les autres étapes du projet ; et son format contraint à une représentation linéaire du

processus. Au-delà, cette grille demande à être testée sur d'autres cas et dans des contextes d'échange de pratiques. Hors de sa vocation première, cette grille pourrait aussi aider à concevoir ou à conduire un projet de recherche, et faire l'objet d'un co-remplissage avec les acteurs au cours du processus. Enfin, les réflexions que l'usage de cette grille suscite à propos des modalités d'intervention du chercheur dans le processus participatif ouvrent sur des questions concernant les nouvelles compétences que les chercheurs doivent développer pour être capables de mener des recherches participatives. Ces questions ont des répercussions en termes d'encadrement de la recherche et de formation à la recherche.

Références bibliographiques

- Adnan, S., Barrett, A., Alam, S.M.N., Brustinow, A., 1992. *People's Participation, NGOs and the Flood Action Plan: An Independent Review*, Dhaka, Research and Advisory Services.
- Anadon, M., 2007. *La recherche participative. Multiples regards*, Québec, Presses de l'Université du Québec.
- Arnstein, S.R., 1969. A ladder of citizen participation, *Journal of the American institute of planners*, 35, 4, 216-224.
- Béguin, P., Cerf, M., 2009. Dynamique des savoirs, dynamique des changements, in Béguin, P., Cerf, M. (Eds.), *Dynamique des savoirs, dynamique des changements*, Toulouse, Octares éditions, 3-12.
- Beuret, J.E., 2006. *La conduite de la concertation, pour la gestion de l'environnement et le partage des ressources*, Paris, Éditions L'Harmattan.
- Biggs, S.D., 1989. *Resource-poor farmer participation in research. A synthesis of experiences from nine national agricultural research systems*, The Hague, International Service for National Agricultural Research.
- Bousset, J.P., Macombe, C., Taverne, M., 2005. *Participatory methods, guidelines and good practice guidance to be applied throughout the project to enhance problem definition, co-learning, synthesis and dissemination, D7.3.1.*, Seamless integrated project, EU 6th framework programme.
- Cambell, J., Salagrama, V., 2001. New approaches to participation in fisheries research, *FAO Fisheries Circular n°965*, Rome, FAO.
- Carroll, J.M., 2006. Dimensions of participation in Simon's design, *Design issues*, 22, 2, 3-18.
- Cerf, M., Taverne, M., 2009. Interactions entre concepteurs et utilisateurs autour d'outils pour raisonner la lutte contre le sclérotinia, in De Turckheim, E., Hubert, B., Messéan, A. (Eds.), *Concevoir et construire la décision*, Versailles, Quae, 101-115.
- Cerf, M., Mathieu, A., Béguin, P., Thiery, O., 2008. A Collective Analysis of Co-design Projects, Working Paper, 8th European IFSA Symposium, Clermont-Ferrand.
- Chois, J.P., Gibon, A., Lasseur, J., Morales, H., Touré, I., Tourrand, J.F., 2010. Acteurs et temporalités dans les processus de modélisation participative de l'interaction entre systèmes agropastoraux et territoires : analyse comparée de sept études de cas, *Cahiers Agricultures*, 19, 2, 135-142.
- Collectif ComMod, 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement, *Natures Sciences Sociétés*, 13, 2, 165-168.
- Cossette, P., Audet, M., 1992. Mapping of an idiosyncratic schema, *Journal of Management Studies*, 29, 3, 325-347.
- Faure, G., Gasselin, P., Triomphe, B., Temple, L., Hocdé, H., 2010. *Innover avec les acteurs du monde rural : la recherche-action en partenariat*, Gembloux, Presses agronomiques de Gembloux.
- Freeman, R.E., 1984. *Strategic Management: a Stakeholder Approach*, New York, Basic Books.
- Gouttenoire, L., Cournut, S., Ingrand, S., 2010. Building causal maps of livestock farming systems using a participatory method with dairy farmers, 9th European IFSA Symposium, Vienna.
- Grimble, R., Chan, M.K., 1995. Stakeholder analysis for natural resource management in developing countries. Some practical guidelines for making management more participatory and effective, *Natural resources forum*, 19, 113-124.

- Hatchuel, A., 2000. Intervention research and production of knowledge, in Cerf, M., Gibbon, A., Hubert, B., Ison, R., Jiggins, J., Paine, M., Proost, J., Röling, N. (Eds.), *Cow up a tree. Knowing and learning for change in agriculture. Case-studies from industrialized countries*, Paris, INRA Editions.
- Lardon, S., 2009. Former des ingénieurs-projets en développement territorial. Un itinéraire méthodologique pour faciliter la participation des acteurs, in Béguin, P., Cerf, M. (Eds.), *Dynamiques des savoirs, dynamiques des changements*, Toulouse, Octares éditions, 209-227.
- Lardon, S., Angeon, V., Trognon, L., Le Blanc, P., 2010. Usage du "jeu de territoire" pour faciliter la construction d'une vision partagée du territoire dans une démarche participative, in Ricard, D. (Ed.), *Développement durable des territoires: de la mobilisation des acteurs aux démarches participatives. Ceramac N°28*, Clermont-Ferrand, Presses Universitaires Blaise Pascal, 129-145.
- Lilja, N., Bellon, M., 2008. Some common questions about participatory research: A review of the literature, *Development in practice*, 18, 4-5, 479-488.
- Markova, I., 2003. Les focus groups, in Moscovici, S., Buschini, F. (Eds.), *Les méthodes des sciences humaines*, Paris, Presses Universitaires de France, 221-242.
- Maurel, P., Craps, M., Cernesson, F., Raymond, R., Valkering, P., Ferrand, N., 2007. Concepts and methods for analysing the role of IC-tools in Social Learning processes for River Basin Management, *Environmental Modelling and Software*, 22, 5, 630-639.
- Mitchell, R.K., Agle, B.R., Wood, D.J., 1997. Towards a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts, *The academy of management review*, 22, 4, 853-886.
- Neef, A., Neuvert, D., 2010. Stakeholder participation in agricultural research projects: a conceptual framework for reflection and decision-making, *Agriculture and Human Values*, 16p. <http://www.springerlink.com/content/y861252q70jm7lv4/fulltext.pdf>
- Okali, C., Sumberg, J., Farrington, J., 1994. *Farmer participatory research, Rhetoric and reality*, London, Intermediate Technology Publications.
- Pretty, J. N., 1995. Participatory Learning For Sustainable Agriculture, *World Development*, 23, 8, 1247-1263.
- Reed, M.S., 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review, *Biological Conservation*, 141, 10, 2417-2431.
- Richards, P., 1985. *Indigenous Agricultural Revolution*, London, Hutchinson.
- Schnelle, E., 1979. *The Metaplan-Method: Communication tools for planning and learning groups. Metaplan Series 7*, Quickborn, Metaplan GmbH.
- Scoones, I., Thompson, J., 1994. Knowledge, Power and Agriculture. Towards a Theoretical understanding, in Scoones, I., Thompson, J. (Eds.), *Beyond Farmer First: Rural People's Knowledge, Agricultural Research and Extension Practice*, London, Intermediate Technology Publications.
- Steyaert, P., 2009. Intervenir pour connaître et agir : le chercheur "acteur-auteur" du changement technique et social, in Béguin, P., Cerf, M. (Eds.), *Dynamique des savoirs, dynamique des changements*, Toulouse, Octares éditions, 93-109.
- Van Asselt, M.B.A., Rijkens-Klomp, N., 2002. A look in the mirror: reflection on participation in Integrated Assessment from a methodological perspective. *Global Environment Change*, 12, 3, 167-184.
- Van der Riet, M., 2008. Participatory research and the philosophy of social science: Beyond the moral imperative, *Qualitative Inquiry*, 14, 4, 546-565.
- Vernooy, R., McDougall, C., 2003. Principles for good practice in participatory research reflecting on lessons from the field, in Pound, B., Snapp, S., McDougall, C., Braun, A. (Eds.), *Managing natural resources for sustainable livelihoods. Uniting science and participation*, Ottawa, The International Development Research Centre, 113-141.
- Voinov, A., Bousquet, F., 2010. Modelling with stakeholders, *Environmental Modelling & Software*, 25, 1268-1281.
- World Bank, 1995. *World bank participation source book*, Washington DC, Environment department - World bank.

1. Attendus de la participation	Attendus des chercheurs <i>Produire des connaissances / Agir / Les deux / Autres (.....)</i>	
	Attendus des acteurs <i>Agir / Echanger sur un sujet d'intérêt commun / Les deux / Autres (.....)</i>	
Interactions chercheurs/acteurs 		
2. Interactions acteurs / chercheurs	N° 1	N° 2
	Objectif..... Modalité.....	Objectif..... Modalité.....
3. Acteurs	Nature des acteurs	Nature des acteurs
	Hétérogénéité	Hétérogénéité
	Homogénéité	Homogénéité

4. Engagements	Nature de l'engagement..... X 	
5. Modalités d'intervention des acteurs	<i>Fournir des informations</i>	<i>Fournir des informations</i>
	<i>Donner son avis</i>	<i>Donner son avis</i>
	<i>Construire</i>	<i>Construire</i>
	<i>Porter l'action</i>	<i>Porter l'action</i>
	<i>Autre :</i>	<i>Autre :</i>
6. Modalités d'intervention des chercheurs	<i>Faciliter</i>	<i>Faciliter</i>
	<i>Formaliser</i>	<i>Formaliser</i>
	<i>Co-produire</i>	<i>Co-produire</i>
	<i>Autre :</i>	<i>Autre :</i>

Figure 1. Grille d'analyse des recherches participatives. *Analysis grid of participatory research projects.*

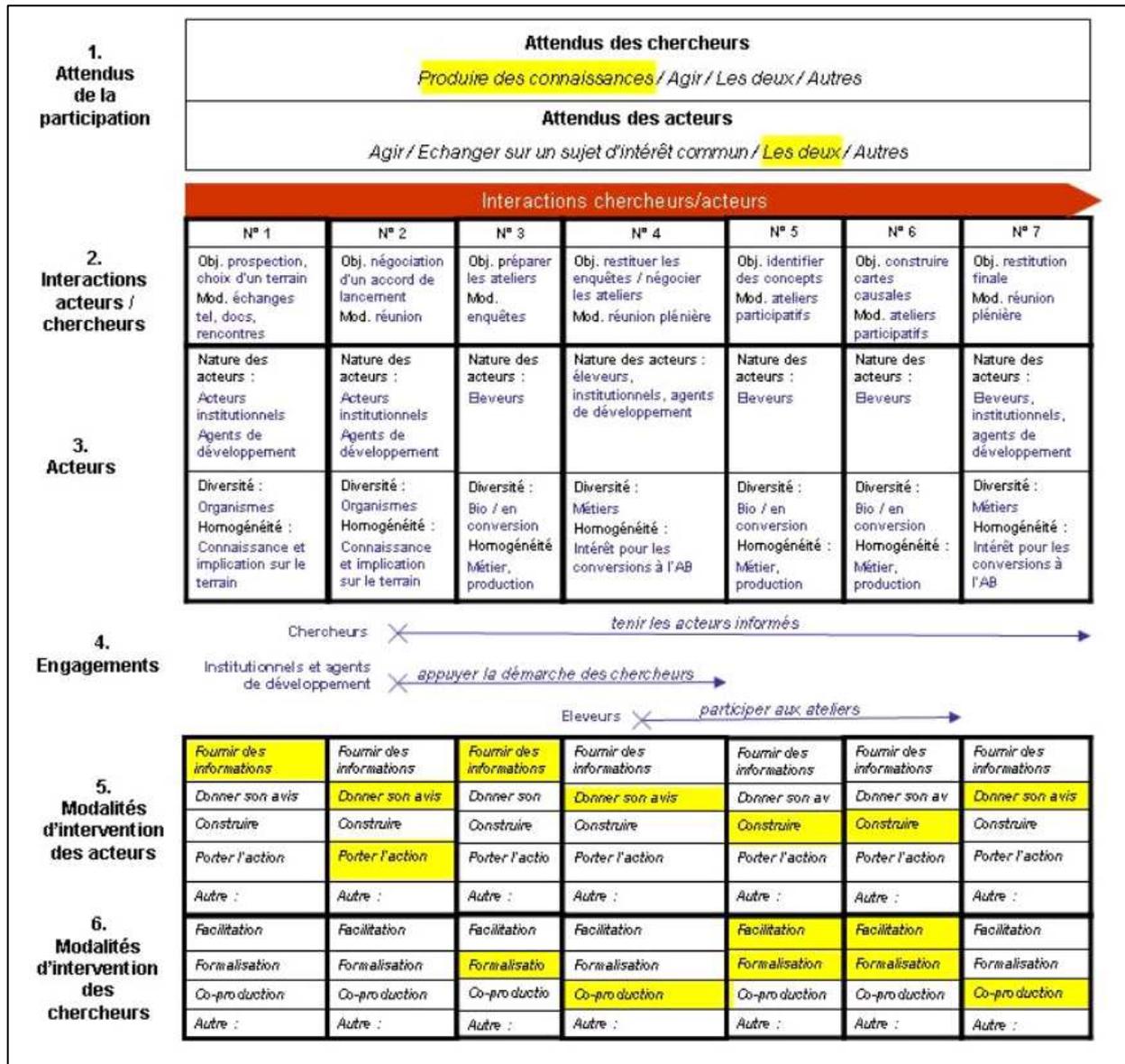


Figure 2. Application de la grille à une recherche en participation sur les conversions à l'agriculture biologique. *Application of the grid to a participatory research project about converting to organic farming.*

Recherches participatives sur les exploitations agricoles et les territoires : des démarches innovantes

Sylvie LARDON, Marie HOUDART,

Sylvie COURNUT, Lucie GOUTTENOIRE, Nathalie HOSTIOU, Marie TAVERNE

AgroParisTech, UMR Métafort, BP 90054, F-63172 Aubière, France

Cemagref, UMR Métafort, BP 50085, F-63172 Aubière, France

INRA, UMR Métafort, F-63122 Saint-Genès Champanelle, France

VetAgroSup, UMR Métafort, 89 Avenue de l'Europe, BP35, F-63370 Lempdes, France

sylvie.lardon@engref.agroparistech.fr, marie.houdart@cemagref.fr, s.cournut@vetagro-sup.fr,
l.gouttenoire@vetagro-sup.fr, nhostiou@clermont.inra.fr, marie.taverne@cemagref.fr }

Résumé : Notre contribution s'inscrit dans les sciences pour l'action. Il s'agit de constituer un corps de connaissances permettant d'objectiver des processus d'innovation pour le développement durable et de gagner en intelligibilité sur les processus participatifs mis en œuvre.

Ce travail vise à permettre aux chercheurs de mieux situer leurs démarches participatives par rapport à celles des autres, leur permettant ainsi d'endosser une plus grande réflexivité sur leur travail. Nous avons testé notre grille d'analyse sur des recherches relatives au développement durable des systèmes d'élevage et des territoires, dans le cadre de l'UMR Métafort, afin d'en tirer une typologie des démarches participatives. Cette typologie apporte des éléments de positionnement pour les chercheurs qui s'engagent ou qui sont déjà engagés dans des démarches participatives. Nous pensons qu'elle peut être utile pour mieux définir les objectifs d'une telle démarche et aider à la conception de dispositifs innovants et adaptés à l'action.

Cette réflexion sur les recherches participatives balise donc les chemins à parcourir, les pièges à éviter, les passages à ne pas manquer pour produire des projets innovants de développement durable. S'appuyant sur des expériences « vécues », elle est au cœur même de notre métier de chercheur, responsable des connaissances qu'il produit mais aussi de celles qu'il contribue à produire avec les acteurs. Dans les situations d'incertitude où nous sommes plongés sur les évolutions possibles des systèmes naturels et humains, il importe de trouver de nouvelles façons de résoudre des problèmes complexes.

Mots-clés : participation, intervention, acteur, pratiques, développement

INTRODUCTION

Des recherches participatives sont menées dans de nombreux domaines (biodiversité, agriculture, aménagement, outils de travail, santé, etc.) et diverses disciplines scientifiques (sciences de l'environnement, agronomie, géographie, sciences de la conception (design), médecine, etc.). La recherche participative consiste à faire intervenir des acteurs concernés par l'enjeu de la recherche à certaines étapes de celle-ci, dans le but qu'ils influent sur sa conduite et ses résultats. Cette pratique répond à des enjeux transversaux à ces domaines et disciplines (André *et al.*, 2006) à la fois pour améliorer les produits de la recherche et pour une plus grande démocratie (Lilja et Bellon, 2008). Il existe également une diversité dans les postures et méthodes des recherches participatives (van Asselt, 2001 ; Slocum, 2003 ; Bousset *et al.*, 2005 ; Anadon, 2007). La participation peut être seulement un moyen mobilisé pour la recherche ou être en soi un objet de la recherche. Les chercheurs peuvent inviter des acteurs à participer à un projet de recherche ou être invités eux-mêmes à participer à un projet de développement (Richards, 1985 ; Cambell et Salagrama, 2001 ; Albaladéjo et Casabianca, 1997). Dans tous les cas, les chercheurs expriment un besoin de repères méthodologiques pour mener leurs recherches participatives ou améliorer leurs dispositifs, notamment pour connaître les aspects cruciaux qui accroissent les chances de réussite du dispositif et les techniques mobilisables pour faire participer les acteurs.

Dans un travail précédent (Taverne *et al.*, 2010 *soumis*), nous avons élaboré une grille d'analyse de projets de recherche participative en mettant en cohérence divers critères de caractérisation présents dans la littérature. Cette grille a pour objectif de permettre aux chercheurs de mieux situer leurs démarches par rapport à celles des autres, leur permettant ainsi d'endosser une plus grande réflexivité sur leur travail. Nous avons testé cette grille sur des recherches relatives au développement durable des systèmes d'élevage et des territoires, dans le cadre de l'UMR Métafort, afin d'en tirer une typologie des démarches participatives. Cette typologie apporte des éléments de positionnement pour les chercheurs qui s'engagent ou qui sont déjà engagés dans des démarches participatives. Nous pensons que cette typologie peut être utile pour mieux définir les objectifs d'une telle démarche et aider à la conception de dispositifs innovants et adaptés à l'action. Notre contribution s'inscrit ainsi dans les Sciences pour l'Action. Il s'agit de constituer un corps de connaissances permettant d'objectiver la contribution au processus d'innovation pour le développement durable dans les dispositifs participatifs que nous mettons en œuvre.

METHODE

Le matériau sur lequel se base notre analyse est constitué d'un ensemble de projets de recherche présentés et discutés lors de séminaires au sein de l'UMR Métafort (Tableau 1). Ces projets présentent une diversité d'objets d'étude, de disciplines, d'objectifs de la participation et d'acteurs concernés. Deux d'entre eux, dans lesquels nous sommes personnellement impliquées, ont fait l'objet d'une analyse approfondie sur laquelle nous nous sommes appuyées pour mieux appréhender la diversité des démarches participatives. Le premier concerne la co-construction de modèles de système d'élevage avec des éleveurs laitiers en conversion à l'agriculture biologique dans le Parc du

Pilat en France (Gouttenoire et al., 2010). Le second concerne l'élaboration d'un plan stratégique de territoire au Témiscamingue au Québec (Lardon et al., 2010).

Tableau 1 . Les neuf projets de recherche de l'UMR Métafort analysés.

N°	références	sujet
1	https://psdr-auvergne.cemagref.fr/documents/seminaire-nov-2009/4p_creacte09.pdf	Emergence et accompagnement de la création d'activités dans les territoires ruraux
2	En cours	Evaluation de politiques publiques régionales
3	En cours	Adaptation de l'activité équine
4	-	Adaptation des élevages laitiers
5	https://psdr-auvergne.cemagref.fr/documents/seminaire-nov-2009/4p_modintour09.pdf	Adaptation des modèles de tourisme, volet caractérisation des modèles
6	https://psdr-auvergne.cemagref.fr/documents/seminaire-nov-2009/4p_modintour09.pdf	Adaptation des modèles de tourisme, volet caractérisation des modalités mises en œuvre par les acteurs
7	(Lelli et Sahuc, 2009)	Animations paysagères dans un PNR : les tréteaux du paysage
8	(Gouttenoire <i>et al.</i> , 2010)	Co-construction d'un modèle de système d'élevage avec des éleveurs laitiers en conversion à l'agriculture biologique dans le Parc du Pilat
9	(Lardon <i>et al.</i> , 2010)	Co-élaboration du plan stratégique de gestion du Témiscamingue au Québec par le « jeu de territoire »

La grille d'analyse de ces projets comprend six critères qui mettent en évidence des moments clés et points de passage obligés dans la démarche. Le premier critère, portant sur les attendus des acteurs et des chercheurs (critère 1), est le plus global. Il concerne le projet de recherche participative dans son ensemble. Afin de représenter le processus de participation au cours de la recherche, la grille est ensuite structurée par la séquence d'interactions entre acteurs et chercheurs (critère 2). Les types d'acteurs concernés et leur homogénéité/hétérogénéité sont renseignés (critère 3) pour chaque interaction. Les moments d'engagement des acteurs et des chercheurs (critère 4) sont transversaux. Ils peuvent concerner toutes ou seulement quelques unes des interactions acteurs-chercheurs et font donc l'objet d'une représentation plus schématique que les autres critères. Les modalités d'intervention des acteurs (critère 5) et celles des chercheurs (critère 6) sont précisées pour chaque interaction.

Une fois la grille remplie pour ces neuf projets par les chercheurs concernés, nous avons pu identifier les combinaisons de critères permettant de les discriminer au mieux. C'est sur cette base que nous avons rapproché les différents projets pour élaborer une typologie de démarches participatives.

RESULTATS

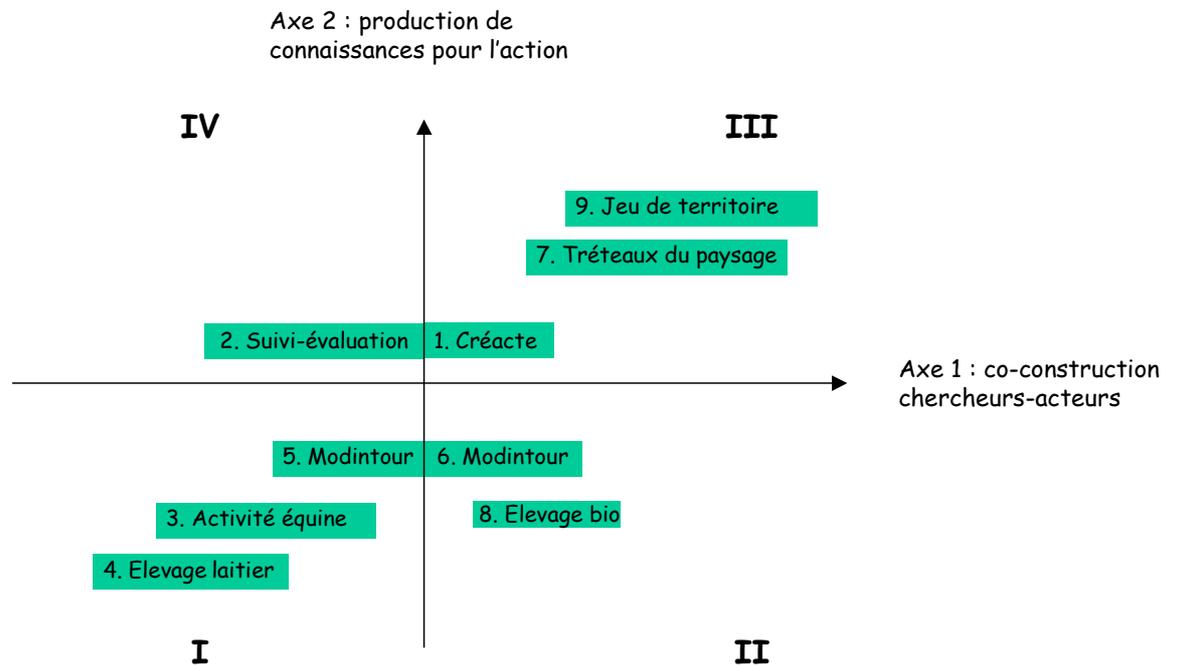
La typologie élaborée à partir de la combinaison des six critères de la grille est construite selon deux axes. L'axe horizontal intitulé « Axe 1 : co-construction chercheurs-acteurs » est défini par les modalités d'interactions entre chercheurs et acteurs Il s'appuie sur une lecture des interactions où il y a co-construction. Trois modalités sont retenues. Dans la première, il n'y pas d'interaction de co-construction dans la recherche. Les acteurs sont consultés ou fournissent des informations ; les chercheurs formalisent. Dans la deuxième modalité, la co-construction entre les acteurs et les chercheurs se fait lors d'un temps d'interaction unique, qui peut avoir lieu en fin de projet pour énoncer des scénarios ou au cœur de la démarche. Une troisième modalité rend compte de l'existence de plusieurs interactions avec co-construction entre les acteurs et les chercheurs.

Cet axe oppose les projets où un dispositif est construit spécifiquement pour favoriser la participation des acteurs à la co-construction, sous forme d'ateliers participatifs, à ceux qui n'en construisent pas. Souvent, ce dispositif demande une préparation en amont par les chercheurs et développe des moyens innovants tels que les cartes causales (Gouttenoire *et al.*, 2010) ou les fiches de jeu (Lardon *et al.*, 2010). Dans d'autres cas, ce sont des techniques classiques d'enquêtes et de restitution qui sont mobilisées.

L'axe vertical intitulé « Axe 2 : production de connaissances pour l'action » prend en compte la production explicite de connaissances pour l'action, dans la conception de projets ou l'appui à la puissance publique. Il reprend le critère 1 de la grille sur les « attendus de la participation » et précise les attendus des chercheurs en deux modalités. Dans la première modalité, les chercheurs n'intègrent pas d'objectif explicite d'action dans leur dispositif. Le dispositif produit alors uniquement des connaissances (de type factuel et/ou méthodologique, orientées vers l'action). Dans la seconde modalité, les chercheurs intègrent les objectifs d'action des acteurs dans les objectifs du dispositif, en plus de l'objectif de production de connaissances. Le dispositif participatif produit à la fois de l'action et des connaissances (de type factuel et/ou méthodologique, orientées vers l'action).

On peut distinguer deux niveaux de participation à construire, celui avec les partenaires institutionnels (qui assurent le portage de l'action) et celui avec les acteurs-cibles (acteurs plus directement concernés par le dispositif de recherche comme les groupes d'agriculteurs par exemple). Les acteurs-cibles peuvent être diversifiés. Pour ce qui est des acteurs partenaires, la participation peut se concrétiser par un accord pour mener la recherche ou par un appui pour faciliter le contact des acteurs-cibles. A l'opposé, la participation peut prendre la forme d'une co-construction du dispositif de recherche avec les partenaires institutionnels, mis en œuvre ensuite avec les acteurs-cibles dans d'autres interactions.

Figure 1. Typologie des recherches participatives



Le positionnement des projets sur ces deux axes permet de distinguer quatre types :

- **Type I. Production de connaissances sans co-construction** : le dispositif part d'une question de recherche, les acteurs sont consultés et fournissent des informations, les résultats leur sont restitués. La construction de produits avec le chercheur et le portage de l'action n'interviennent pas dans le dispositif. Les acteurs-cibles sont homogènes, ils correspondent à la catégorie d'acteurs concernés par le processus à l'œuvre. Ainsi ce sont les éleveurs dans les projets 4 (élevages laitiers) et 3 (élevages équins), et les acteurs du tourisme dans le projet 5 (Modintour).
- **Type II. Production de connaissances avec co-construction** : la question de recherche intéresse les acteurs, mais la recherche n'accompagne pas l'action. Il y a co-construction simple comme dans le projet 8 (conversion à l'agriculture biologique) où il s'agit de co-construire des représentations sur le fonctionnement des systèmes d'élevage et le projet 6 (Modintour) sur les acteurs du tourisme qui anticipent les modalités de changements. Les acteurs ont des rôles variés et peuvent être homogènes ou hétérogènes.
- **Type III. Production de connaissances et de connaissances pour l'action avec co-construction institutionnelle** : Il y a explicitement accompagnement de l'action, avec co-construction à plusieurs étapes et à plusieurs niveaux de partenariat, avec des acteurs hétérogènes. C'est le cas des projets qui visent explicitement à construire les modalités de la participation des acteurs dans les projets de territoire, qu'ils soient pour élaborer des orientations stratégiques (projet 9 sur l'usage du jeu de territoire au Témiscamingue), prendre en compte le paysage (projet 7 sur les tréteaux du paysage) ou créer des emplois en milieu rural (projet 1 Créacte sur la création d'activités). Ainsi, pour le projet 1, ce sont à la fois les créateurs d'emplois, mais aussi les accompagnateurs de la création d'emploi qui sont visés. Dans le jeu de territoire (projet 9), c'est la diversité des acteurs d'un territoire qui est recherchée.
- **Type IV. Production de connaissances et d'outils pour l'action publique** : Il y a appui aux acteurs institutionnels et création avec eux d'un outil testé avec les acteurs de terrain, qui sont homogènes. Ainsi, le projet 2 vise à construire les critères d'évaluation avec les acteurs institutionnels du projet et à les utiliser en situation d'action avec les acteurs-cibles du projet.

DISCUSSION

Cette typologie a été élaborée suite à une séance de remplissage de la grille d'analyse des démarches participatives ayant mobilisé plusieurs chercheurs de l'UMR Métafort. Elle a été faite sans discussion avec ces chercheurs. Cette restriction peut nous avoir amenées à ne pas positionner de la manière la plus pertinente qui soit certains projets. Cependant, ce qui nous importe ici est d'avoir dégagé quelques pistes de caractérisation des recherches participatives qui pourraient être déclinées en itinéraires méthodologiques adaptés aux situations. Ainsi, l'implication des acteurs peut être recherchée au début du dispositif, pour leur faire exprimer leurs propres représentations, tout au long du dispositif, pour une co-construction, ou à la fin du projet pour une restitution interactive. Les modalités d'interaction, la façon dont les connaissances sont produites, les types même des produits de la recherche sont alors différents. Il importe de poursuivre cette analyse pour formaliser ces itinéraires méthodologiques types et préciser les points d'attention à porter aux différentes phases lors de la conduite d'une recherche participative.

L'originalité de notre approche est de poser l'hypothèse qu'un cadre méthodologique commun peut nous aider à mieux raisonner les dispositifs participatifs que nous mettons en place et à faire ressortir les points cruciaux, en particulier quant à la participation des acteurs et à l'intervention des chercheurs. Selon le type des démarches participatives, les questions à se poser pour concevoir un tel dispositif et les points-clés et points de passage obligé diffèrent. Il est important de préciser les choix de démarche pour définir au mieux les modalités d'interaction avec les acteurs et faciliter ainsi leur implication dans la recherche.

L'analyse comparative de ces recherches participatives questionne les *nouvelles pratiques professionnelles du chercheur*. Ce n'est plus seulement de l'expertise qui est demandée aux chercheurs, mais bien une capacité d'accompagnement de l'action. Cela demande des capacités d'analyse transversale, multi-échelles, pluri-acteurs, pour innover pour le développement durable et faciliter l'appropriation des démarches par les acteurs. Ce sont bien ces propriétés dont nous avons besoin pour garantir une pérennité aux processus de changements techniques et organisationnels dans lesquels sont impliqués les acteurs. L'analyse des conditions d'apprentissage et de créativité dans des démarches impliquant des acteurs aux connaissances variées, croisant les regards, combinant modèles et perceptions, acceptant des détours, permet d'incrémenter les connaissances. Il y a bien production de connaissance tout au long du dispositif, mais ces connaissances ne sont pas de même nature. A certains moments, elles permettent de formaliser les modalités de l'action collective, les conditions de mises en œuvre ou les conflits qui peuvent apparaître. A d'autres moments, il s'agit d'une activité de conception pour aider à l'émergence même des modalités de l'action et conduire le changement (Béguin et Cerf, 2009).

De plus, cela nécessite de construire un *référentiel de compétences des acteurs pour une démultiplication de telles démarches*. La diversité des situations ne résume pas la diversité des compétences à acquérir, mais il est possible de tirer des leçons de telles expériences pour les transmettre à d'autres, en particulier dans des formations-actions où les acteurs sont fortement impliqués. Quelles sont les nouvelles compétences que les acteurs ont besoin d'acquérir pour travailler ensemble à la transformation des systèmes de production agricoles et à la gouvernance des territoires ruraux et peri-urbains ? Ce sont là de nouvelles questions de recherche qui peuvent

s'expérimenter dans des dispositifs d'ingénierie territoriale - définie comme l'ensemble des concepts, méthodes, outils et dispositifs mis à disposition des acteurs pour accompagner la conception, la réalisation et l'évaluation de leur projet de territoire – telles que nous les instruisons actuellement (Lardon, 2009).

CONCLUSION

Cette réflexion sur les recherches participatives balise donc les chemins à parcourir, les pièges à éviter, les passages à ne pas manquer pour produire des projets innovants de développement durable. S'appuyant sur des expériences « vécues », elle est au cœur même de notre métier de chercheur, responsable des connaissances qu'il produit mais aussi de celles qu'il contribue à produire avec les acteurs. Dans les situations d'incertitude où nous sommes plongés sur les évolutions possibles des systèmes naturels et humains, il importe de trouver de nouvelles façons de résoudre des problèmes complexes. La participation en est une, sachons la mobiliser pour avancer sereinement dans des collaborations instructives et créatives.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les chercheurs de l'UMR Métafort ayant accepté de remplir notre grille d'analyse des recherches participatives afin d'élaborer notre typologie.

REFERENCES

- Albaladejo, C., Casabianca, F., 1997. Eléments pour un débat autour des pratiques de recherche-action, *Etudes et Recherche sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 30, 127-149.
- Anadon, M., 2007. *La recherche participative. Multiples regards*, Québec, Presses de l'Université du Québec.
- André, P., Enserink, B., Connor, D., Croal, P., 2006. *Participation publique. Principes internationaux pour une meilleure pratique. Publication spéciale Série no. 4*, Fargo, International Association for Impact Assessment.
- Béguin, P., Cerf, M., 2009. Dynamique des savoirs, dynamique des changements, in Béguin, P., Cerf, M. (Eds.), *Dynamique des savoirs, dynamique des changements*, Toulouse, Octares éditions, 3-12.
- Bertin, J., 1977. *La graphique et le traitement graphique de l'information*, Paris, Flammarion.
- Bousset, J.P., Macombe, C., Taverne, M., 2005. *Participatory methods, guidelines and good practice guidance to be applied throughout the project to enhance problem definition, co-learning, synthesis and dissemination, D7.3.1.*, Seamless integrated project, EU 6th framework programme, 248 p.
- Cambell, J., Salagrama, V., 2001. New approaches to participation in fisheries research, *FAO Fisheries Circular n°965*, Rome, FAO.

Gouttenoire, L., Cournut, S., Ingrand, S., 2010. Building causal maps of livestock farming systems using a participatory method with dairy farmers, in 9th European IFSA Symposium, Vienna.

Girard, N., Bellon, S., Hubert, H., Lardon, S., Moulin, C.H., Osty, P.L., 2001. Categorising combinations of farmers' land use practices: An approach based on examples of sheep farms in the south of France, *Agronomie*, 21, 435-459.

Lardon, S., Moquay, P., Poss, Y., 2007. *Développement territorial et diagnostic prospectif. Réflexions autour du viaduc de Millau*. Editions de l'Aube, essai, 377p.

Lardon S., 2009. Pour une ingénierie inter-territoriale et épi-rurale. Point de vue de chercheur sur l'ingénierie du développement territorial. In : Lardon S., Vollet D., Rieutort L., Devès D., Mamdy J.F., 2009. Développement, attractivité et ingénierie des territoires. Des enjeux de recherche pour l'action et la formation. *Revue d'Auvergne*, N° 590-591, pp 333-359.

Lardon, S., Angeon, V., Trognon, L., LeBlanc, P., 2010. Usage du « jeu de territoire » pour faciliter la construction d'une vision partagée du territoire dans une démarche participative, in Ricard, D. (Ed.), *Développement durable des territoires : de la mobilisation des acteurs aux démarches participatives. Ceramac N°28*, Clermont-Ferrand, Presses Universitaires Blaise Pascal, 129-145.

Lelli L., Sahuc P., 2009. Quelle place pour les chercheurs dans un dispositif d'animation locale ? L'exemple des Tréteaux du paysage du Parc naturel régional des causses du Quercy ? In : Lardon S., Vollet D., Rieutort L., Devès D., Mamdy J.F., 2009. Développement, attractivité et ingénierie des territoires. Des enjeux de recherche pour l'action et la formation. *Revue d'Auvergne*, N° 590-591

Lilja, N., Bellon, M., 2008. Some common questions about participatory research: A review of the literature, *Development in practice*, 18, 4-5, 479-488.

Richards, P., 1985. *Indigenous Agricultural Revolution*, London, Hutchinson.

Slocum, N., 2003. *Participatory methods toolkit. A practitioner's manual*, King Baudouin Foundation, Flemish Institute for Science and Technology Assessment, United Nations University.

Taverne, M., Houdart, M., Gouttenoire, L., Lardon, S., Hostiou, N., Cournut, S., 2010. Faciliter la réflexivité et les échanges sur les projets de recherche participative : proposition d'une grille d'analyse, *Natures Sciences Sociétés*, soumis.

Van Asselt, M.B.A., Mellors, J., Rijkens-Klomp, N., Greeuw, S.C.H., Molendijk, K.G.P., Kryukov, J., Van Notten, P., 2001. *Building Blocks for Participation in Integrated Assessment. An assessment of participatory methods (in preparation)*, Maastricht, ICIS.

Résumé

Le développement des activités d'élevage dans le monde fait actuellement l'objet de nombreuses interrogations, notamment en ce qui concerne leurs impacts sur l'environnement. Dans un tel contexte, les éleveurs peuvent être amenés à vouloir reconcevoir leurs systèmes d'élevage afin de mieux intégrer les exigences du développement durable. La modélisation systémique est un bon outil pour acquérir une vision holistique des systèmes ; j'interroge donc ses capacités à accompagner de telles dynamiques. Ma question de recherche est la suivante : « Comment modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour accompagner les éleveurs dans des processus de reconception de leurs systèmes d'élevage ? ». Pour y répondre, je mets en place une démarche comprenant deux volets complémentaires: (i) une analyse des modèles de systèmes d'élevage disponibles dans la littérature afin d'identifier leurs intérêts et leurs limites pour accompagner les éleveurs dans de telles dynamiques ; (ii) la proposition d'une méthode pour construire des modèles conceptuels du fonctionnement des systèmes d'élevage qui soient réellement structurés par la participation d'éleveurs. Cette méthode a été conçue et testée avec des groupes d'éleveurs laitiers convertis et en cours de conversion à l'agriculture biologique dans le Parc Naturel Régional du Pilat (42). Les résultats montrent : (i) qu'une modélisation participative du fonctionnement des systèmes d'élevage réalisée en petits groupes d'éleveurs est un bon moyen pour stimuler leurs réflexions individuelles et collectives, et donc pour accompagner les processus de reconception de leurs systèmes d'élevage ; (ii) que les modèles co-construits avec les éleveurs *via* cette démarche participative présentent, par rapport aux modèles de systèmes d'élevage disponibles dans la littérature, des qualités en matière d'intégration de différents sous-systèmes, différents points de vue disciplinaires et différentes échelles de temps. Ainsi, ma thèse offre des pistes pour renouveler les cadres d'analyse de la zootechnie des systèmes d'élevage et pour resserrer les liens entre ses deux objectifs que sont « comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage » et « accompagner leurs évolutions vers davantage de durabilité ». En ce sens, il s'agit de renforcer la contribution de la discipline aux innovations systémiques en élevage.

Mots-clés : *systèmes d'élevage ; modélisation ; démarches participatives ; systèmes agricoles innovants ; élevage bovin laitier ; agriculture biologique*

Abstract

Livestock farming has recently come under close scrutiny, especially in response to environmental issues. In this context, farmers may want to redesign their livestock farming systems in depth, in order to take more account of sustainable development. Systemic modelling is a relevant tool to gain holistic views of systems; I therefore challenge its potential to support such dynamics. My research question is as follows: "How to model the operation of livestock farming systems in order to support farmers in their redesign processes?". To answer this question, I carried out two complementary subprojects that consisted in: (i) analysing, through a literature review, the strengths and weaknesses of published models of livestock farming systems to support farmers in such dynamics; (ii) suggesting a method to build conceptual models of livestock farming systems operation truly structured through farmers' participation. This method was devised and tested with converted and converting dairy farmers to organic farming in the Natural Regional Park from Pilat (France, south-eastern part of Massif Central). My results show that: (i) modelling the operation of livestock farming systems in a participatory way with farmer groups is a good way to foster farmers' individual and collective thinking, which supports them in redesigning their livestock farming systems; (ii) compared with models from the literature, the models that were built with farmers through the participatory method I devised do present some qualities with regards to subsystems, time scales and disciplinary viewpoints integration. My thesis therefore offers some clues to renew the analysis frameworks used by livestock farming systems scientists, and to strengthen the links between their two following objectives: understanding the operation of livestock farming systems, and accompanying their evolution towards more sustainability. Thus, this thesis aims at fostering livestock farming systems scientists' contribution to systemic innovations in livestock farming.

Keywords: *livestock farming systems; modelling; participatory methods; innovative farming systems; dairy cattle; organic farming*