



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 16282

To cite this version : Dedieu, Benoit and Faverdin, Philippe and Dourmad, Jean-Yves and Gibon, Annick *Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage*. (2008) INRA Productions Animales, vol. 21 (n° 1). pp. 45-58. ISSN 2273-774X

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage

B. DEDIEU¹, P. FAVERDIN², J.-Y. DOURMAD³, A. GIBON⁴

¹ INRA, AgroParisTech, CEMAGREF, ENITAC, UMR1273 Metafort, F-63122 Saint-Genès Champanelle, France

² INRA, Agrocampus, UMR1080 Production du lait, F-35590 Saint-Gilles, France

³ INRA, Agrocampus, UMR1079 Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine, F-35590 Saint-Gilles, France

⁴ INRA, INPT-ENSAT, UMR1201 Dynamiques Forestières dans l'Espace Rural, F-31326 Castanet-Tolosan, France

courriel : benoit.dedieu@clermont.inra.fr

Le concept de «système d'élevage» vise à rendre compte des interactions entre dimensions humaines et dimensions biotechniques de l'activité d'élevage. Cet article illustre comment le concept et les méthodes d'approche se renouvellent pour répondre aux enjeux du développement de l'élevage.

L'élevage, c'est «l'action d'élever des animaux domestiques» (Larousse). Dès cette définition, apparaît la dualité de ce terme «élevage», tout autant activité humaine que techniques d'exploitation d'un ensemble d'animaux. Le concept de «système d'élevage» a été élaboré dans les années 80 par des zootechniciens (Landais 1987, Gibon *et al* 1988) pour rendre compte de cette dualité et développer, sur cette base, un cadre théorique et méthodologique permettant d'aborder les transformations de l'activité d'élevage dans une perspective de compréhension, de conseil et/ou de prospective (Béranger et Vissac 1994).

Depuis les années 80, le concept de «système d'élevage» a connu de nombreux développements. Ils ont visé d'une part à mieux comprendre et formaliser des ressorts, les logiques et les matérialisations concrètes de l'élevage vu comme une activité humaine, et d'autre part à approfondir des connaissances sur le fonctionnement dynamique de l'animal et du troupeau dans des situations réelles qui sont souvent éloignées d'une gestion individuelle à l'optimum. Parallèlement, les questions vives touchant l'élevage ont profondément évolué : de produire plus pour nourrir le pays et pour assurer la rentabilité

de l'activité, on est passé à des questionnements sur produire pour un développement durable des territoires¹. Ces mutations ont bien sûr fortement marquées les développements théoriques autour des recherches sur les systèmes d'élevage. Elles ont aussi été déterminantes du type de connaissances et de méthodes opérationnelles qui en sont issues pour raisonner les transformations de l'élevage.

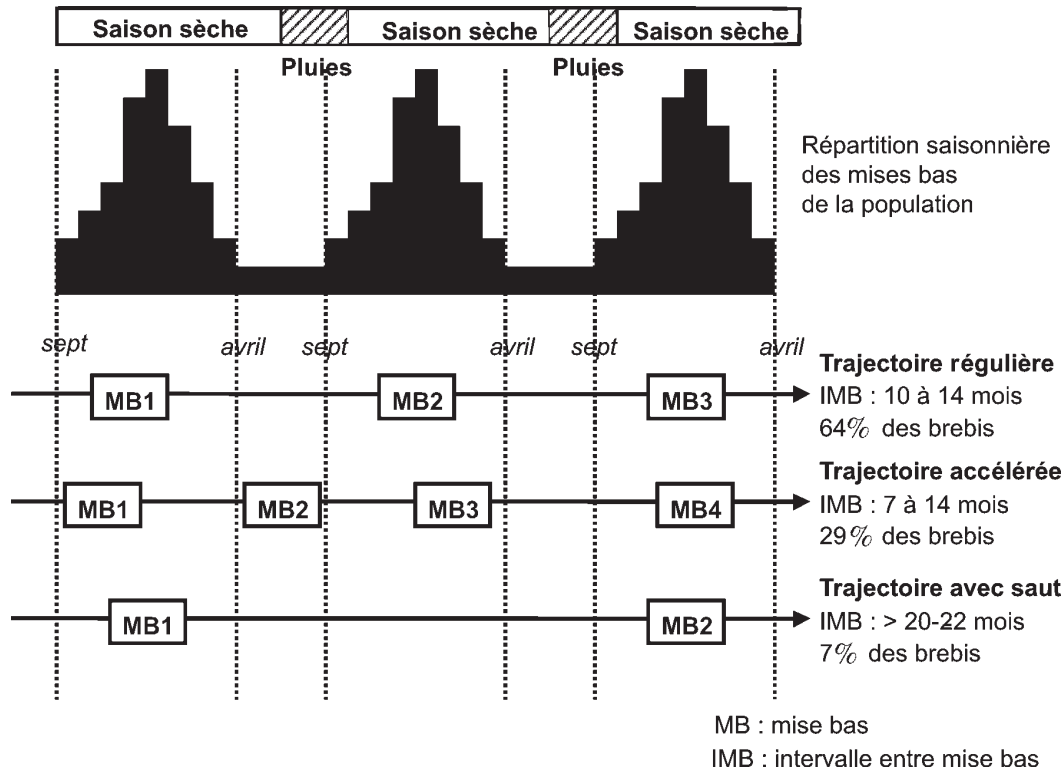
L'approche de l'activité d'élevage comme un système fédère depuis les années 90 la communauté «*Livestock Farming System*» de la Fédération Européenne de Zootechnie (Gibon *et al* 1999). L'émergence de ce mouvement, dans lequel la France a joué un rôle majeur, a répondu à l'évolution des questions relatives au développement de l'élevage, tout d'abord pour les productions d'herbivores en milieu difficile puis dans tous les types de contextes géographiques et pour tout type de production animale (par exemple Martel *et al* 2007 en production porcine). L'objectif de cet article est de préciser, à travers des travaux de groupes de recherche français auxquels les auteurs ont été associés, les bases des méthodes d'études des systèmes d'élevage et d'illustrer l'intérêt de ces approches à l'aide de quelques résultats.

1 / Le concept de système d'élevage

Le concept de système d'élevage s'est imposé comme un moyen de rendre compte de résistances à l'adoption de techniques d'intensification fourragère et animale, de comprendre et d'analyser les performances animales en milieu paysan. Le terme est ainsi évoqué d'abord dans les zones marginales françaises et en Afrique, là où le modèle dominant d'intensification peinait à s'imposer (thèses d'A. Gibon et P. Lhoste pour ne citer que les travaux fondateurs). Deux familles de considérations ont justifié et justifient toujours aujourd'hui le concept. D'une part, tous les éleveurs ne conduisent pas leur troupeau à l'identique et n'obtiennent pas le même niveau de performances, sans qu'on puisse en imputer simplement la raison à l'arriération de certains ou à la faible efficacité du transfert des connaissances. Partant du constat que «*les éleveurs ont des raisons de faire ce qu'ils font*» (Osty 1978), la diversité des conduites et des performances s'explique en partie par la diversité de ce qu'attendent les éleveurs de leur activité. D'autre part, dans les zones où la disponibilité de ressources alimentaires conserve un caractère incertain, les éleveurs

¹ En passant par produire de façon plus économe et autonome, produire pour le marché (qualité et répartition dans le temps des mises en marché), produire sans dégrader ou en préservant l'environnement, en respectant mieux le bien-être animal.

Figure 1. Trajectoires productives de brebis dans les troupeaux d'éleveurs Wolof en zone sahéenne, Sénégal (Moulin 1993).



veurs visent à combiner objectifs de production et résistance aux aléas en s'appuyant sur plusieurs sources de flexibilité comme : *i*) l'aptitude des femelles à mobiliser et reconstituer leurs réserves corporelles (Dedieu *et al* 1991), *ii*) l'organisation d'une diversité de périodes de production du troupeau et, sur le long terme, d'une diversité de carrières productives animales (Tichit *et al* 2004), *iii*) une politique de réforme autorisant des épisodes d'infertilité. La figure 1 schématise ainsi la diversité des carrières productives de brebis en milieu difficile sahéen, avec des intervalles entre agnelages très variés, parfois très longs. Moulin (1993) a montré que cette diversité constituait, pour les éleveurs, une sécurité vis-à-vis des aléas portant sur l'ampleur de la saison sèche.

On retrouve ici les deux lignes essentielles qui fondent les approches de la zootechnie des «systèmes d'élevage» :

- se donner les moyens d'accéder aux logiques propres des éleveurs (objectifs et modalités de cohérence de la conduite) qui ne sont ni données, ni uniformes *a priori*, et dont il faut tenir compte dans tout processus d'analyse et d'évaluation des résultats des unités de production,

- rendre compte des processus d'élaboration de la production en précisant les modalités d'interaction entre les fonctionnements biologiques animaux, sur le court et le long terme, et la gestion

des individus, des lots, des cycles de production et du renouvellement du troupeau.

L'ensemble forme de fait un tout particulièrement complexe d'éléments en interaction. La modélisation systémique (LeMoigne 1984, Legay 1997) est alors un cadre tout à fait approprié pour formaliser et étudier le comportement d'un tel objet complexe.

Le système d'élevage est défini comme «un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé par l'homme en fonction de ses objectifs, pour faire produire (lait, viande, cuirs et peaux, travail, fumure...) et se reproduire un collectif d'animaux domestiques en valorisant et renouvelant différentes ressources» (adapté de Landais 1987). En référence à la littérature systémique, le système d'élevage est vu comme un système «biologique finalisé et piloté». Il peut ainsi être représenté (figure 2) comme le couplage entre un sous-modèle d'information et décisions de l'éleveur et un sous-modèle biotechnique d'élaboration de la production du troupeau, les deux sous-modèles étant reliés d'une part par les pratiques (qui traduisent et matérialisent les décisions et constituent des facteurs de changement d'état ou de composition des entités biologiques) et d'autre part les retours d'information (sur l'état des

animaux ou des ressources, la composition du troupeau).

L'action de l'homme relève de trois registres : gérer et renouveler l'entité troupeau, gérer et renouveler l'entité ressources (fourragères, mais également main-d'œuvre et informations – Magne *et al* 2007), assurer l'adéquation entre dynamiques des ressources et du troupeau dans le temps (sans forcément chercher à l'assurer à chaque instant).

Les pratiques d'élevage constituent un objet d'étude central pour l'étude des systèmes d'élevage (Landais et Deffontaines 1989). Le zootechnicien accède aux logiques productives et règles de décisions de l'éleveur à partir de leur étude. Il analyse également l'effet des combinaisons de pratiques sur les transformations de l'état du troupeau. Ces dernières donnent lieu à production animale et au renouvellement de la composition de ce troupeau. L'itinéraire de gestion de la production et du renouvellement du troupeau correspond ainsi à la combinaison, à l'échelle de la campagne, des pratiques d'allotement, de renouvellement, de reproduction, d'alimentation, sanitaires et de mise en marché.

Ce cadre général a conduit à des approfondissements concernant chacun des sous-systèmes. Celles-ci soulignent les enjeux d'interaction entre les

Figure 2. Le système d'élevage vu comme l'articulation d'un sous-système décisionnel et d'un sous-système biotechnique (Landais et Deffontaines 1989).

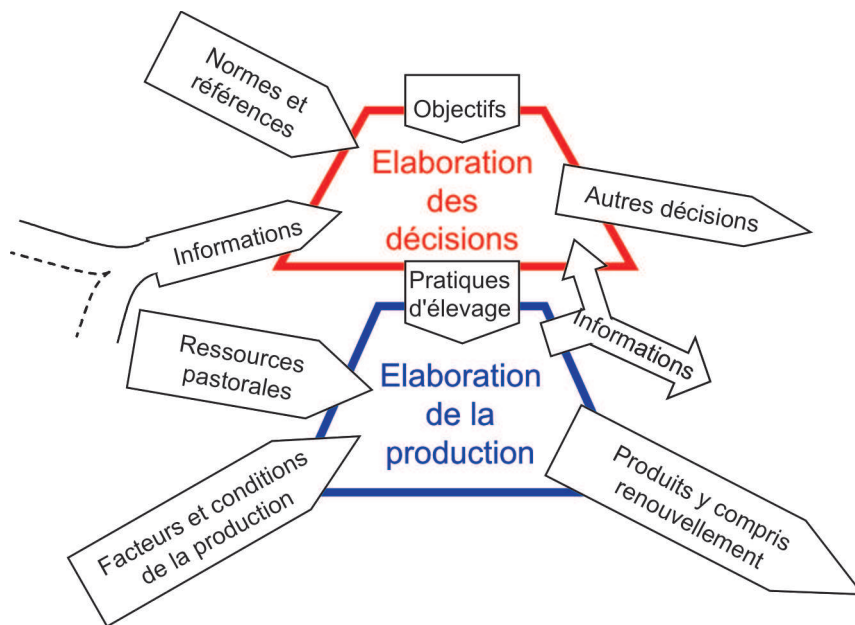
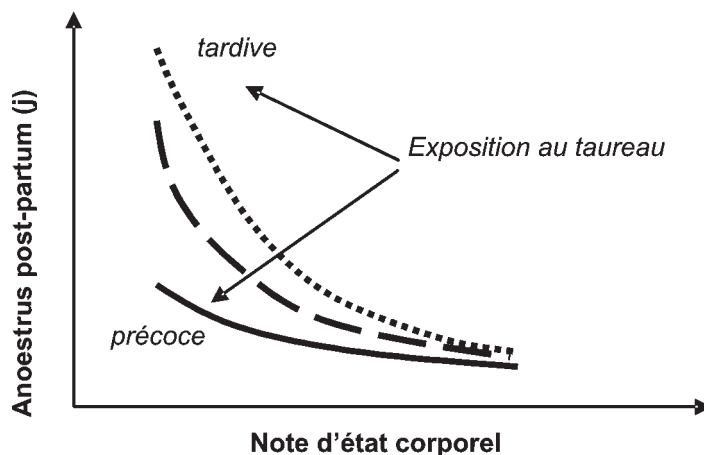


Figure 3. Formalisation de l'influence combinée de la note d'état corporel et de l'exposition au taureau sur l'anoestrus post-partum de la vache allaitante (Blanc et al 2002).



recherches sur le fonctionnement dynamique de l'animal, l'agronomie et les sciences sociales pour développer l'approche «système d'élevage». La formalisation du processus décisionnel (indispensable pour qui vise un objectif

d'aide à la décision) met en jeu l'expression : *i*) d'un «projet de production» ou plus largement de ce que les éleveurs attendent de leur activité productive (cf. encadré), *ii*) d'une stratégie et d'un pilotage jusqu'à la matérialisa-

tion de la succession d'actions concrètes positionnées dans le calendrier. Les emprunts aux sciences de gestion (Sebillote et Soler 1989), mais aussi aux théories sociologiques de l'action (Darré et al 2004), et enfin à l'ingénierie des connaissances (Hubert et al 1993) ont ainsi balisé la dynamique des recherches.

L'exploration du fonctionnement dynamique de l'animal entier a été relancée par les approches «systèmes d'élevage», notamment avec *i*) l'analyse des carrières des reproductrices (Lasseur et Landais 1992...) et les facteurs jouant sur leur longévité, *ii*) l'étude du comportement de l'animal placé dans un lot (Ingrand 2003) et *iii*) d'une façon plus générale, le développement de modèles traitant des lois de réponse animale à une large gamme de pratiques (ou facteurs) d'élevage (par exemple Blanc et al 2002) pour l'intervalle vêlage-saillie fécondante (figure 3), ou Dourmad et al (2008) pour la nutrition des truies au cours de leur carrière).

2 / Diversité et complexité. Adaptations et innovations

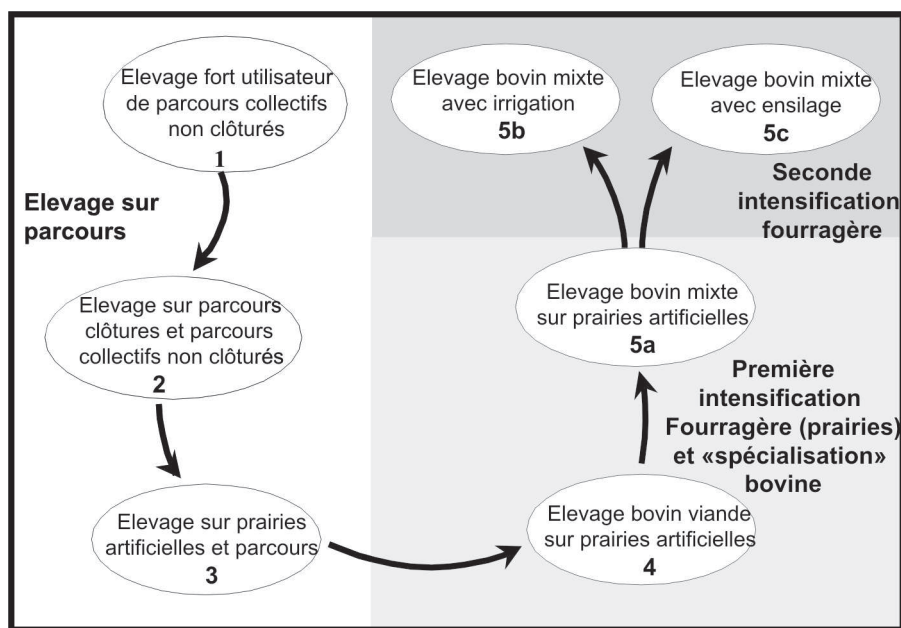
Le développement des méthodes de suivi, enquête et typologie a permis la caractérisation de la diversité et de la dynamique intra-régionale des systèmes et l'évaluation de marges de progrès respectant les logiques propres à chacun d'entre eux. Des études ont été ainsi réalisées dans de nombreuses régions tant en France, en Europe que dans le reste du monde. Dans la région du Nordeste Brésilien par exemple la dynamique des activités d'élevage, très intense, a été modélisée par Caron et Hubert (2000, figure 4) pour rendre compte des étapes successives d'intensification de la production. Ainsi ont été explorés des systèmes d'élevage innovants mis en œuvre en milieu réel. Innovants par *i*) les logiques propres des agriculteurs (Alard et al 2002),

Ce qu'attendent les éleveurs de l'activité d'élevage

L'élevage est une activité économique, au sens où elle est associée à des gains et dépenses qui sont toujours essentiels à considérer pour comprendre et évaluer le système. Mais peut-on pour autant en déduire que la maximisation du profit est la seule finalité des décisions des éleveurs ? Trois types d'approche (empruntant à l'économie, la gestion et la sociologie) conduisent à nuancer cet énoncé :

- l'étude des fonctions assignées à l'activité d'élevage qui se révèlent différentes. Par exemple le troupeau peut avoir une fonction d'épargne, une fonction de production seule source de revenu pour un ménage ; une fonction de complément de revenu sécurisant une combinaison d'activités (agricoles ou non) ;
- l'étude des propriétés attendues du système. Au-delà d'une productivité autonome du troupeau élevée, les éleveurs peuvent également privilégier d'autres propriétés : sécurité, prévisibilité, flexibilité... (Dedieu et al 2008) ;
- les éleveurs ont des «normes sociales de production» (c'est-à-dire des façons de produire qui sont légitimes dans leur entourage social) qui balisent le champ des possibles de ce qui constitue l'ossature des schémas techniques et ce qui peut évoluer (Lemery 2003).

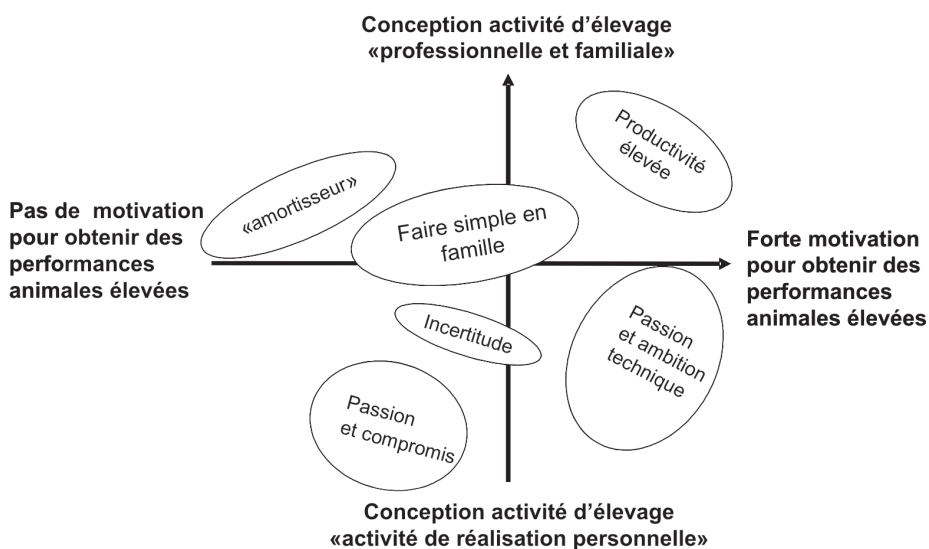
Figure 4. Types de systèmes d'élevage dans le Nordeste et transitions (Caron et Hubert 2000).



ii) la spécificité de certaines conduites, adaptées aux nouvelles conditions (baisse du chargement, accroissement de la taille des troupeaux, amélioration de la qualité des produits ...) découlant des injonctions des politiques agricoles et de l'évolution du contexte socio-éco-

nomique (Landais et Balent 1993, Ingrand *et al* 2001). La figure 5 illustre ainsi les axes de différenciation des stratégies d'élevage dans les situations de pluriactivité avec élevage ovin en Auvergne (Fiorelli *et al* 2007a). Ce contexte d'élevage, loin de disparaître,

Figure 5. Diversité des stratégies d'élevage ovin pluriactifs. Facteurs de différenciation et caractéristiques des exploitations (Fiorelli *et al* 2007a).



Caractéristiques des exploitations (EA) par stratégie d'élevage (min-max/moyenne)

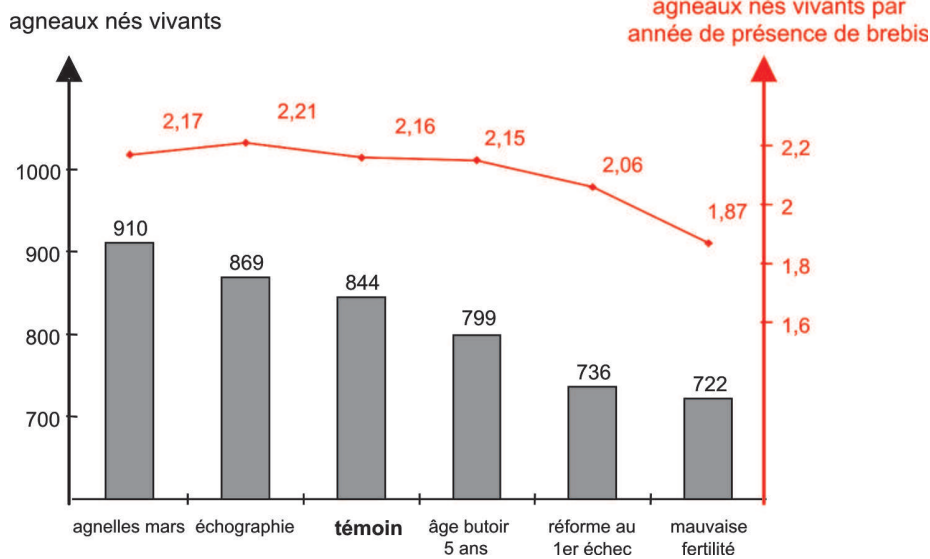
Stratégie d'élevage	Nbre d'EA	Taille des EA (ha)	Nbre de brebis	Age de l'activité agricole (années)	Productivités numériques (agneau/brebis/an)
G1 Amortisseur	4	40-60 /46	75-225/160	12-38/26	0,8-0,9/0,9
G2 Productivité élevée	8	13-120/70	105-620/399	1-36/21	0,9-1,6/1,4
G3 Passion et ambition technique	7	13-28/18	70-400/175	1-30/9	1-1,4/1,2
G4 Passion et compromis	3	20-45/30	80-110/92	15-17/16	1,1-1,5/1,3
G5 Simple et en famille	11	16-100/45	50-600/199	6-21/15	0,7-1,2/1,1
G6 Dans l'incertitude	2	16-18/17	46-90/68	6-17/12	/

a en effet tendance à se développer, y compris dans notre pays, alors même que le postulat d'un élevage spécialisé demeure très prégnant dans les recherches zootechniques.

Il n'est pas inutile de rappeler que l'approche des systèmes d'élevage en ferme a nourri une évolution radicale des méthodes du développement agricole. On est ainsi passé d'une logique de transfert des connaissances et techniques produites par la recherche vers les agriculteurs «applicateurs» 1/ à une logique de production de connaissances sur la diversité et la complexité de l'élevage d'une part, et 2/ 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, d'autre part. Les réseaux d'élevage de l'Institut de l'Élevage, pour le conseil et la prospective, en sont une illustration.

Le développement de simulateurs du fonctionnement de systèmes d'élevage a été un autre axe important des recherches. Ces modèles permettent 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 de prix...). Là encore, il s'agit d'une dynamique internationale (Cox 1996), qui vise l'aide à la décision, le développement d'apprentissages sur le fonctionnement de tels systèmes complexes et enfin la conception de systèmes innovants. Les simulateurs s'appuient cependant sur des développements le plus souvent orientés vers l'un ou l'autre des 3 registres de l'action d'élever un troupeau, en simplifiant souvent à l'extrême les autres. Ainsi, les modèles de fonctionnement de troupeaux, travaillés en France depuis les années 90, privilégient l'étude de l'impact sur la production et la composition du troupeau des stratégies de reproduction, de renouvellement et/ou d'allotement, et ce sur le long terme. Les modalités de gestion des ressources et même les règles d'alimentation y sont souvent réduites à leur plus simple expression. Par exemple, Cournot et Dedieu (2004) ont exploré par simulation la sensibilité de la productivité d'un troupeau ovin conduit en trois agnelages en deux ans («3 en 2») à des modifications de règles de conduite ou des chutes brutales de niveau de fertilité des brebis (figure 6). Tout en mettant en évidence les capacités de régulation importante du système «3 en 2», le modèle suggère l'intérêt

Figure 6. Performances annuelles simulées d'un troupeau ovin conduit en 3 agnelages en 2 ans selon les règles de conduite adoptées. Simulateur Tutovin (Courmut et Dedieu 2004).



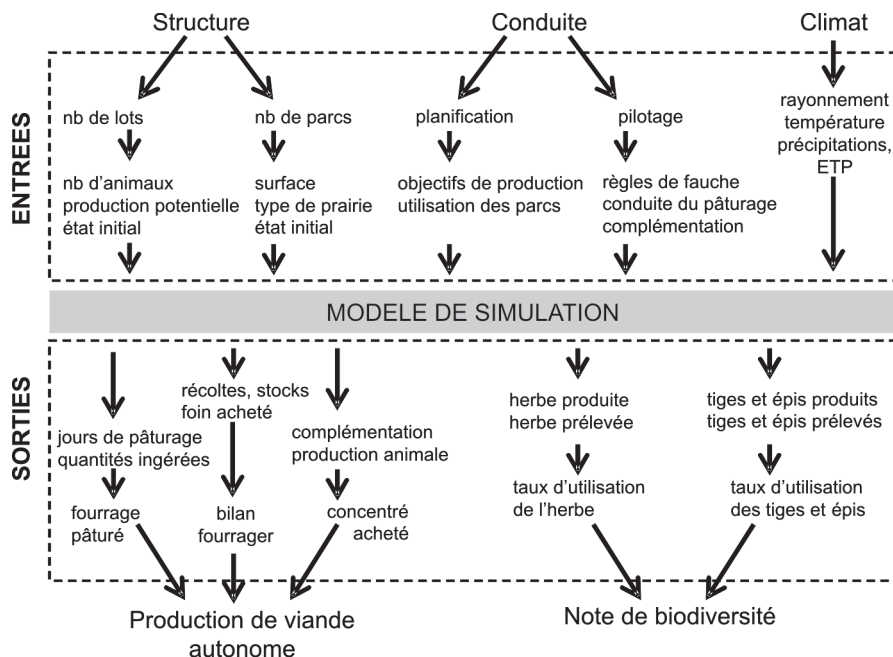
En abscisse les changements de règles par comparaison avec le témoin (conduite en vigueur dans le domaine expérimental de l'INRA de Theix 1974-1981).

De gauche à droite : agnelles - nées en mars ; pratique de l'échographie ; avancement de l'âge butoir à la réforme à 5 ans ; réforme pour infertilité dès le premier échec ; diminution de 17% de la fertilité à la lutte.

d'une seule période de conservation des agnelles de renouvellement et de la pratique systématique de l'échographie (figure 6). A l'inverse, les modèles traitant de la gestion de la production d'herbe, permettant de tester l'effet des règles d'allocation et d'utilisation des surfaces, ou la façon de prendre en compte la diversité des ressources fourragères (Andrieu *et al* 2008) simplifient

à l'extrême la dynamique de production et de renouvellement du troupeau. Les modèles qui mettent l'accent sur les modalités de gestion du système fourrager (Girard *et al* 2001) et les interactions entre production animale, dynamique de la végétation et biodiversité (Jouven et Baumont 2008) sont plus complets (figure 7) mais consentent quand même à de nombreuses sim-

Figure 7. Entrées et sorties du modèle conceptuel SEBIEN visant à traiter des interactions troupeau-ressources herbagères-conduite en élevage bovin allaitant (Jouven et Baumont 2008).



plications notamment sur le volet troupeau. L'absence de vision réellement intégrée dans les simulateurs n'est pas gênante en soi, dans la mesure où les projets sont souvent justifiés par des questions spécifiques qui autorisent ces simplifications. Elle peut le devenir lorsque les modélisations informatiques ont pour objectif la conception de systèmes d'élevage innovants, ce qui est de plus en plus leur perspective affichée.

La mise en œuvre d'expérimentations de longue durée destinées à mettre au point des paquets technologiques innovants adaptés aux conditions naturelles et socio-économiques locales est assez ancienne. Les toutes premières remontent aux années 1970 (Flamant, Thériez *et al* sur le domaine de La Fage sur les Causses du Larzac ; Petit *et al* sur les domaines de Marcenat et Laqueuille dans les montagnes d'Auvergne). L'expérimentation «système» constitue un prolongement de ces premières approches. On peut la définir comme un processus expérimental visant : *i*) à modéliser le pilotage de systèmes d'élevage. Il s'agit de définir, à partir de connaissances explicitées, les règles stratégiques et opérationnelles de conduite adaptées à la mise en œuvre d'un projet finalisé d'élevage, *ii*) à valider ces modèles par un test pluriannuel et en situation contrôlée d'un système (troupeau-surfaces-règles de conduite) (Dedieu *et al* 2002). Le tableau 1 illustre les résultats techniques, économiques et de dynamiques de la végétation d'une expérimentation comparant sur 4 ans l'effet d'un ensemble de règles de conduite d'un système ovin extensif visant la maximisation de la marge brute et celles, pour une même ferme, visant l'entretien du territoire tout en assurant une production animale de bonne qualité. Le corps de règles proposé pour ce dernier système, privilégiant l'ajustement fin des prélèvements (par le choix des périodes de mises bas, l'allotement et la circulation des lots) de façon à maîtriser au printemps la croissance des broussailles et en hiver les accumulations d'herbe s'est montré, au final, très performant y compris sur le plan économique.

3 / Nouvelles questions et nouveaux cadres pour les systèmes d'élevage

L'évolution des questions posées à l'élevage a été un puissant moteur d'orientation des recherches et par là

Tableau 1. Résultats technico-économiques du système à double finalité production et entretien du territoire (S2Fi) et du système à finalité maximisation de la marge brute (S1Fi) (Dedieu et al 2002).

Ilot	S2Fi		S1Fi	
	Siège	Eloigné	Siège	Eloigné
Taux d'utilisation de l'herbe produite (%)	44	39	44	22
Variation du taux de recouvrement en ligneux (%., 1994-1998)	+ 47	+ 52	+ 58	+ 181
Variation de la valeur pastorale (%., 1994-1998)	- 5	- 12	- 2	- 22
Productivité numérique/brebis/an (moy 1996-1998)	1,53		1,59	
Marge Brute/brebis/an (Euros) (moy 1996-1998)	78,7		72,3	

Chaque système comprend deux îlots (siège : 2/3 de la surface ; éloigné 1/3 surface).

même des voies de renouvellement de leurs fondements conceptuels et méthodologiques. Nous illustrerons deux exemples qui nous conduisent à repenser la façon de formaliser et de modéliser le système d'élevage. La première question est celle du travail, posée par les éleveurs eux-mêmes. La seconde question est celle des effluents d'élevage, plus largement des interactions entre élevage et environnement, pour lesquelles la société attend des évolutions de façons de produire.

3.1 / Le travail des éleveurs et le fonctionnement des systèmes d'élevage

La question du travail est progressivement devenue incontournable pour qui s'intéresse aux mutations de l'élevage pour trois raisons : la productivité du travail est un facteur primordial de la compétitivité qui justifie bien souvent l'agrandissement des troupeaux ; les réponses à apporter aux demandes de la société (environnement, bien-être) et de filières modifient le contenu du travail ; les éleveurs sont de plus en plus attentifs à leurs conditions de vie au travail. Par ailleurs, les collectifs de travail changent (agriculteurs seuls, associations non familiales, salariat...), ce qui contribue également à modifier les représentations du travail. Cet ensemble de questions amène deux remises en cause profondes du cadre de représentation du système d'élevage : l'une touche la façon dont nous représentons l'éleveur, l'autre la formalisation des pratiques et l'évaluation de leurs effets (Pomiès et al 2008).

L'éleveur est considéré comme le manager technique dans les modèles de systèmes d'élevage. Mais la montée des questions de travail pointe le fait

qu'il est aussi un travailleur et l'organisateur d'un travail en pleine mutation sur sa ferme (Madelrieux et Dedieu 2008). Comme travailleur, l'exploitant s'intéresse à ses conditions de vie au travail (pénibilité, durée, rythme, pression mentale) qu'il peut vouloir améliorer à l'instar des autres professions. Ainsi, améliorer ses conditions de vie au travail est désormais reconnu comme pouvant faire partie, et de façon significative, des projets des exploitants au même titre que de gagner de l'argent. Comme organisateur du travail, l'exploitant dispose de plusieurs leviers d'amélioration de sa situation : *i)* repenser la main-d'œuvre qui travaille sur l'exploitation, les modalités de l'intervention de collègues, l'intérêt du salariat partagé, les substituts à l'aide précieuse d'un parent à la retraite ; *ii)* raisonner les équipements et les améliorations de bâtiments en pensant à son travail tout autant qu'aux avancées techniques, par exemple à l'espace disponible pour ses bêtes ; *iii)* adapter sa conduite technique, pour alléger le besoin en travail à certaines périodes, passer moins de temps dedans que dehors, se donner la possibilité de reporter certaines tâches si «ça coince». Détailler la conduite d'élevage a un sens pour l'analyse du travail.

a) Intégrer la dimension travail dans l'approche des systèmes d'élevage

La façon de relier conduite technique, organisation et durée du travail s'appuie sur trois principes essentiels (Dedieu et al 2006) :

– la conduite du troupeau et des surfaces peut s'exprimer sous forme d'un ensemble de tâches. Mais ces tâches ne sont pas équivalentes ni additives et doivent être distinguées selon leur rythme et leur différenciation. Si le travail quotidien répétitif est assez structurant

de l'activité d'élevage, c'est bien l'articulation de ces travaux avec d'autres ayant des caractéristiques temporelles variées qui est la principale difficulté de l'organisation du travail. Sur la base de la différenciation d'une journée à l'autre, nous distinguons le travail d'astreinte (non différenciable) et le travail de saison (différenciable) ;

– les tâches sont une des données (le travail à faire) de l'organisation, ensemble de décisions qui visent à diviser et associer tâches et travailleurs. Or tous les travailleurs ne sont pas équivalents de par leur fonction dans le collectif et le type de contrepartie à leur participation au travail. Les exploitants pilotent l'organisation du travail au sens où celle-ci rend compte de leurs attentes en termes de qualité, rythme et efficacité du travail, et de la nécessité de composer avec les impératifs liés à leurs autres activités. Alors que les bénévoles retraités, l'entraide, les salariés complètent la main-d'œuvre, comme une ressource pour l'exécution des tâches ;

– l'organisation du travail à l'échelle de l'année résulte de l'enchaînement de périodes qui ont des caractéristiques organisationnelles différentes. Ces périodes ne sont pas définies *a priori* mais expriment bien des modalités d'interaction spécifiques à chaque cas entre les impératifs techniques, les rythmes de présence des travailleurs et le poids des autres activités des exploitants sur l'organisation du travail.

b) Qualifier et évaluer l'organisation du travail

Plusieurs méthodes ont été développées sur cette base, de façon à proposer des éléments de qualification de l'organisation et d'évaluation, en premier lieu sur la base d'indicateurs de temps de travaux (Dedieu et al 2006). Dans la méthode «Bilan-Travail», l'efficacité du travail est approchée par des indicateurs du type «temps de travail d'astreinte annuel par UGB» dont on peut ainsi étudier les facteurs de variation (effectif animal, répartition des mises bas, durée d'hivernage, main-d'œuvre, équipements...). L'organisation est qualifiée relativement à la contribution, période par période, des exploitants et des autres travailleurs aux différents travaux. Elle est évaluée au travers d'une estimation de la marge de manœuvre des exploitants pour la réalisation d'autres activités dans l'exploitation (ou en dehors) et disposer de temps libre. Le tableau 2 illustre deux cas d'exploitations ovines, relativement voisines en termes de taille (importante)

Tableau 2. La diversité des formes d'organisation du travail. Exemple de 2 exploitations ovines du Montmorillonnais (Dedieu et al 2006).

	Exploitation A	Exploitation B
SAU (ha)	176	140
Cheptel (UGB)	105	113
Travail d'astreinte (heures par an) dont fait par l'éleveur	1664 100%	2312 90%
Travail de saison (jours par an) dont fait par l'éleveur	118 52%	95 97%
Temps disponible calculé (heures par an)	1058	528
Productivité numérique (par brebis et par an)	1,1 agneau	1,4 agneau

et de revenus (confortables : supérieur à 30 k€ par an), mais qui diffèrent par la place des questions de travail dans les objectifs, le degré de simplification technique mis en place et au final leur marge de manœuvre. L'éleveur A a une autre activité gourmande en temps. Il cherche à se dégager du temps. Il réalise des choix radicaux en terme d'organisation du travail en simplifiant la conduite des brebis (un allotement par classe d'âge, une seule période de mises bas, élevage en plein air), et en sous-traitant la réalisation des stocks pour pouvoir assurer lui-même les traitements sanitaires et des tris réguliers qui assurent la vente d'agneaux d'herbe de qualité. L'éleveur B est spécialisé. Il est tout autant éleveur que cultivateur d'herbe (prairies temporaires) et de céréales (pour l'autoconsommation du troupeau). Il assure, avec le minimum de recours à d'autres personnes, l'essentiel des tâches qui sont associées à un système d'élevage avec deux périodes de mises bas, un allotement selon le niveau de besoins des brebis et un hivernage complet du troupeau. Au final, le temps disponible de l'éleveur A est double de l'éleveur B.

3.2 / La dimension environnementale oblige à revisiter la conception des systèmes d'élevage

La spécialisation des systèmes de production, et des disciplines qui en ont été le parallèle, ont permis de maximiser les rendements. Elles se sont fondées sur des approches monocritères simples voire simplistes et des indicateurs du type production par hectare ou par animal, au détriment d'une évaluation multicritères des systèmes de production. Cette spécialisation a conduit, dans les régions céréalières, à la diminution de la teneur en matière organique des sols, faute d'élevage, et à des problèmes de pertes excessives d'éléments fertilisants dans les régions

à fortes concentrations animales. Au-delà de leur dimension territoriale, les problèmes environnementaux auxquels l'élevage se trouve confronté se réfèrent à quatre formes d'impacts majeurs : la qualité de l'eau, la qualité de l'air, la qualité des sols et la biodiversité. Le dernier type fait l'objet de modèles de systèmes fourragers du type ce ceux évoqués dans la partie précédente. Nous nous limiterons ici aux questions posées par les rejets polluants issus de l'élevage.

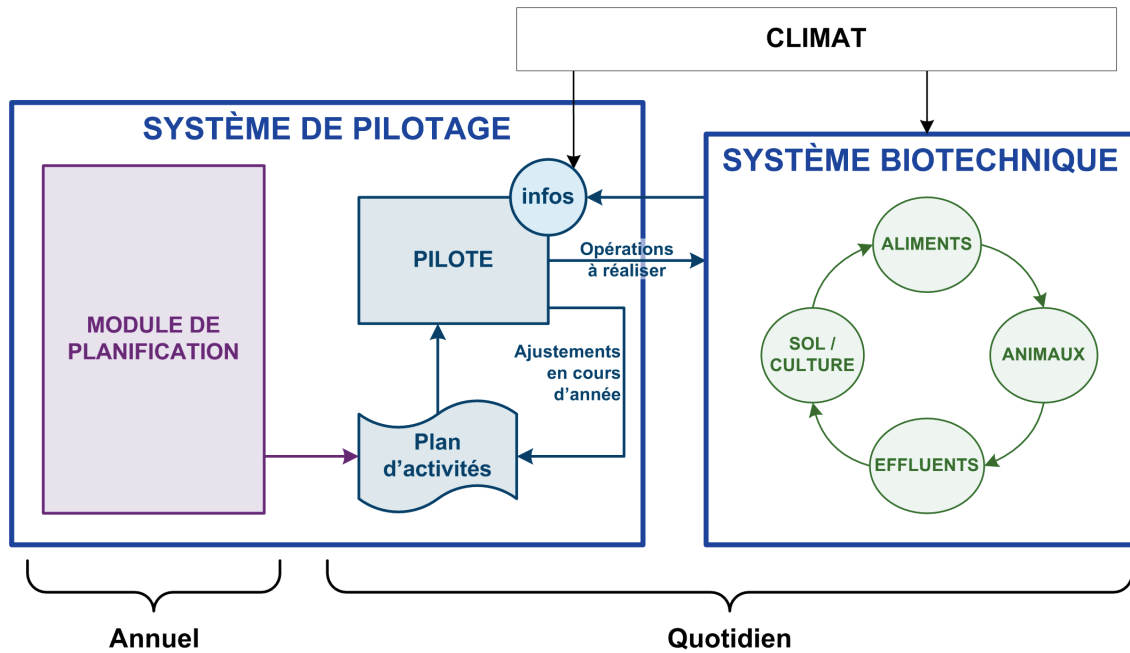
a) La dimension environnementale au cœur de la complexité du fonctionnement de l'exploitation d'élevage

Limiter les impacts sur l'environnement nécessite la production de connaissances renouvelées sur l'animal et l'organisation du passage entre le niveau animal et le niveau «activité d'élevage dans l'exploitation». De nombreux travaux ont été réalisés pour étudier et prévoir les différentes formes de rejets par les animaux (azote, carbone, phosphore, oligoéléments...) et plus généralement les émissions de l'atelier d'élevage (Dourmad *et al* 2002). Après avoir mis en relation ces rejets avec les performances, il est alors possible de proposer des conduites alimentaires qui limitent les risques en optimisant l'utilisation des nutriments. Chez les ruminants, des recommandations ont été émises par exemple sur l'azote (Vérité et Delaby 1998) et le méthane (Vermorel 1995). En élevage porcin, la prise en compte de l'impact environnemental de l'exploitation a conduit à profondément modifier les pratiques d'alimentation des animaux qui jusqu'alors n'étaient raisonnées qu'en fonction de l'efficacité économique. Le nombre de régimes distribués pour chacune des phases d'élevage a été augmenté, ce qui a nécessité de modifier les systèmes de stockage et les procédures de distribution des aliments. La composition des formules alimentaires a également été changée, ce qui a

impliqué d'avoir recours à de nouveaux ingrédients. Ceci a permis de réduire significativement le flux des nutriments entrant dans l'exploitation et par conséquent le flux épandu sur les sols et les risques pour l'environnement. Par exemple, les flux d'azote épandu et d'ammoniac émis ont ainsi été réduits de 15 à 25% (Dourmad et Henry 1994) ceux de phosphore de plus de 30% (Jondreville et Dourmad 2005) et ceux de cuivre de plus de 60% (Jondreville *et al* 2002). Cependant, ces approches à l'échelle de l'animal permettent d'accroître l'efficacité d'utilisation des intrants alimentaires mais ne présagent pas des risques à l'échelle du système d'exploitation.

En effet, la dimension environnementale est au cœur des interactions de l'activité d'élevage avec les autres composantes de l'exploitation et nécessite une analyse des relations entre ateliers. Dans les exploitations d'élevage, la sole cultivée produit les fourrages et souvent des cultures dont une partie est destinée à l'élevage qui, en retour, restitue par le biais des effluents des éléments fertilisants et de la matière organique. Une vision restrictive qui ne prendrait en compte que la dimension des émissions d'un système d'élevage pour aborder la dimension environnementale conduirait de toute évidence à des conclusions erronées dans bien des cas. Ainsi, les régimes à base d'ensilage de maïs bien équilibrés en azote conduisent par vache à des rejets inférieurs à ceux de régimes à base d'herbe pâturée, alors qu'à l'échelle de l'exploitation, les risques pour l'environnement peuvent être accrus dans les exploitations utilisant majoritairement le maïs ensilage comme fourrage. En effet, à la production de maïs ensilage sont associées deux autres caractéristiques importantes à considérer : une entrée d'azote accrue sous forme d'aliments concentrés et un chargement (nombre de bovins par hectare) élevé. Au final, les exploitations dont la ration fourragère est essentiellement à base de maïs ensilage présentent une quantité d'azote organique rejeté par hectare accrue (Chatellier et Vérité 2003). La recherche d'une gestion optimale des ces flux de matières au sein de l'exploitation (ou entre exploitations au sein d'un territoire) constitue une des voies d'amélioration importante de la durabilité des systèmes. Baudon *et al* (2005) ont étudié cette relation par modélisation dans une exploitation associant cultures et engraissement de porcs. Ces travaux montrent que le chargement (nombre de porcs produits par ha de culture)

Figure 8. MELODIE : un simulateur pour déterminer les impacts environnementaux des exploitations d'élevage.



Pour mieux mesurer les conséquences pour l'environnement de différentes conduites au sein d'une exploitation d'élevage, une modélisation des interactions entre les systèmes décisionnels et biotechniques a été développée, afin de simuler tous les flux des éléments à risque pour l'environnement qui peuvent découler de décisions prises à court ou long terme. La modélisation de la planification des principales activités et du pilotage fin des opérations permet d'assurer une simulation pluriannuelle cohérente des opérations sensibles au climat. Ce modèle permet d'évaluer l'efficacité de différentes conduites d'élevage ou de différentes solutions techniques sur la durabilité des systèmes d'élevage tout en étudiant les capacités de résilience du système face aux aléas climatiques (Chardon *et al* 2007).

permettant d'atteindre l'optimum économique est relativement proche de celui qui minimise l'impact environnemental. L'exploitation est alors autonome en fertilisation et assure plus de 60% de l'alimentation des animaux. Toutefois cet optimum dépend largement des technologies utilisées pour la gestion des déjections.

La modélisation constitue une démarche incontournable pour explorer ces interactions entre élevage et environnement. En effet, si les études en ferme permettent d'approcher les différences entre les grands types de systèmes, elles ne permettent pas d'étudier de larges gammes d'interactions entre structures, combinaison d'ateliers agricoles

et système d'élevage. De plus, elles n'offrent en général qu'un nombre limité de descripteurs de l'état du système, très rarement avec une approche dynamique. Par ailleurs, l'approche expérimentale ne peut permettre d'aborder qu'un nombre très restreint de situations étudiées et oblige à mesurer de très nombreux paramètres en continu pour connaître le fonctionnement global de ces systèmes (Delaby *et al* 1997). Les modèles actuellement développés autour des questions d'émissions d'éléments à risque pour l'environnement permettent de décrire le comportement dynamique des systèmes en interaction avec le climat (Chardon *et al* 2007). Ils permettent d'accéder à des pas de temps inaccessi-

bles par l'expérimentation et de décrire de très nombreuses variables difficilement mesurables (figure 8).

b) Des indicateurs environnementaux à revisiter

Les indicateurs utilisés pour l'évaluation environnementale consistent le plus souvent à exprimer les différentes émissions rapportées à une unité productive (surtout pour les impacts globaux) ou à une unité de surface (surtout pour les impacts locaux). L'Analyse de Cycle de Vie (ACV), issue de l'étude d'impacts des process industriels, permet d'évaluer l'ensemble des impacts et non plus simplement des émissions, liées au cycle de vie d'un produit. Cette analyse a été adaptée pour être appliquée en élevage comme l'illustre le tableau 3 où sont comparés les impacts environnementaux de différents systèmes de production porcine (appliquant les bonnes pratiques agricoles, les cahiers des charges biologique ou label rouge) (Bassett et Van der Werf 2004). Si de nombreux efforts sont aujourd'hui réalisés par la recherche pour améliorer l'estimation des différentes émissions, l'expression des impacts en regard des productions est parfois plus difficile en agriculture, en particulier en élevage, car les produits sont souvent multiples, même sans y inclure des notions de service, et les phénomènes complexes (stockage, dynamique des

Tableau 3. Impacts environnementaux de différents systèmes de production porcine (BP : bonnes pratiques agricoles, LR : label rouge, BIO : biologique), exprimés par kg de porc produit ou par hectare en valeur relative par rapport au système Bonnes Pratiques Agricoles (Bassett et Van der Werf 2004).

	Par kg de porc produit			Par hectare de surface utilisée		
	BP	LR	BIO	BP	LR	BIO
Eutrophisation	100	80	104	100	69	57
Gaz à effet de serre	100	150	173	100	130	95
Energie non renouvelable	100	113	140	100	97	77
Pesticides	100	105	17	100	92	10
Utilisation de surface	100	116	182	-	-	-
Production de porc	-	-	-	100	86	55

phénomènes, interactions avec le climat). L'évaluation pertinente des impacts de l'élevage requiert donc des approches spécifiques et originales pour prendre en compte toutes les dimensions du problème.

4 / Systèmes d'élevage et développement durable des territoires ruraux

Les exigences du développement durable conduisent aujourd'hui les groupes de recherches sur les systèmes d'élevage à entreprendre des approches intégrées à des échelles englobantes par rapport à l'exploitation agricole (Gibon 2005). La notion de développement durable est aujourd'hui vulgarisée dans toutes les sphères de la société, qui ont intégré la nécessaire référence aux trois dimensions principales du développement (durabilité écologique, sociale et économique) et «*la nécessité de s'intéresser aux conséquences pour les générations présentes et futures de la technologie actuelle et des orientations de développement prises*» (rapport Bruntland). Mais, comme le souligne la synthèse de Gibon et Hermansen (2006), le développement durable est un concept aux multiples facettes, insuffisant en lui-même pour orienter la recherche : il se réfère en effet à des choix de société fondés sur des valeurs éthiques, ce qui amène à le considérer comme relevant de la sphère politique. La notion correspondante dans la sphère scientifique est celle de la durabilité des systèmes socio-écologiques «*systèmes complexes constitués par les sociétés humaines, les écosystèmes et leurs interrelations*» (Holling *et al* 1998).

Les travaux sur la durabilité de systèmes à l'interface entre nature et société reposent de plus en plus explicitement sur les théories relatives aux systèmes complexes adaptatifs. L'utilisation de ces théories conduit à renouveler profondément la perception des questions de développement durable ainsi que celle du rôle et des méthodes de la recherche pour/sur le développement. Ainsi, selon Gibon et Hermansen (2006) :

– le développement durable est à considérer non pas comme un «*point fixe à atteindre*», mais comme «*un changement constructif dans les relations complexes qu'entretiennent systè-*

mes naturels et systèmes sociaux» (Vavra 1996). L'expression «*changement constructif*» renvoie clairement à l'absence de modèle à adopter pour un développement durable d'une part, ainsi qu'à des choix de société et des options politiques d'autre part. Vus sous cet éclairage, les défis concrets du développement durable à l'échelle locale sont aussi hétérogènes et complexes que le sont les sociétés humaines et les milieux naturels ;

– les questions scientifiques majeures de la recherche pour/sur le développement durable portent sur la durabilité des systèmes socio-écologiques. L'accent est mis sur l'analyse du fonctionnement de ces systèmes complexes, et celle des propriétés qui leur permettent de perdurer dans le temps. L'étude de ces propriétés renvoie à l'identification des éléments cruciaux pour leur reproductibilité (Thompson et Nardone 1999), et à l'analyse de leurs capacités adaptatives ;

– ces questions appellent un renouveau profond des approches. Le diagnostic et la modélisation du fonctionnement de systèmes associant nature et société appellent en effet le développement de méthodologies particulières, fondées sur l'interdisciplinarité entre sciences de la nature et sciences de la société, l'observation des systèmes réels, et un dialogue «*d'égal à égal*» avec leurs acteurs (Jollivet 1992). Les objectifs de développement durable appellent ainsi un changement profond de posture des chercheurs dans leurs interactions avec le reste de la société. Il ne s'agit plus uniquement pour eux de créer de nouvelles connaissances ou technologies utiles au développement et transférables aux autres acteurs, mais aussi de coopérer avec d'autres acteurs pour dessiner les voies d'un développement durable. Les nouvelles approches des questions de développement s'appuient de plus en plus sur des méthodes et démarches participatives, où chercheurs et acteurs du système considéré² mobilisent ensemble connaissances scientifiques et connaissances «*profanes*» (Sebillotte 2001).

Les résultats des recherches interdisciplinaires finalisées par le développement de l'élevage et/ou des territoires en milieu difficile conduites dans les années 70 offrent des éléments pour la modélisation intégrée des systèmes d'élevage vus comme des systèmes socio-écologiques. Ils ont révélé l'im-

portance des modalités d'organisation spatiale des ressources fourragères, en particulier de la structure spatiale des parcelles, sur les pratiques de gestion de l'espace et du troupeau. Les travaux ont également montré qu'au sein d'une même région d'élevage, les voies et les marges d'amélioration de la conduite technique des exploitations sont très variables, et étroitement contingentes de l'hétérogénéité et de la distribution spatiale des ressources dont elles disposent (Viviani-Rossi *et al* 1992). Une autre orientation importante dans ces recherches a concerné la gestion durable des ressources naturelles à l'échelle du territoire et/ou du paysage. Dans les travaux français, l'accent a été mis sur les systèmes pastoraux, avec pour objectif premier de porter un diagnostic sur les relations entre changement des pratiques locales de gestion de l'espace et dynamique de ressources naturelles souvent sujettes à l'enfrichement. Ces travaux ont permis de mesurer le rôle majeur de l'évolution des pratiques de gestion de l'espace par l'élevage sur la perte de contrôle de la dynamique écologique des ressources et des paysages au cours de la seconde moitié du 20^{ème} siècle (Mottet *et al* 2006).

La gestion durable des paysages est désormais explicitement inscrite dans les objectifs des politiques de développement agricole et rural. Les travaux entrepris récemment par un collectif de chercheurs français de l'INRA, du Cemagref et du Cirad pour relier les transformations de l'élevage aux dynamiques des espaces et des paysages tentent de contribuer à éclairer ces nouveaux enjeux de recherche et de développement (Dedieu *et al* 2007). Ils s'appuient sur une série d'études de cas en France, en Amérique du Sud et en Afrique (Ickowicz *et al* 2007). Si les terrains concernés sont très variés, les objectifs généraux des recherches propres à chaque site, en interaction avec des partenaires locaux, sont similaires. Il s'agit d'établir des modèles de représentation et de simulation des dynamiques des systèmes d'élevage et des systèmes naturels à l'échelle du territoire, et de construire des scénarios spatialement explicites de leurs transformations à venir en référence aux préoccupations des acteurs locaux, en se basant sur les principes et méthodes de la prospective. Ces scénarios considèrent les principaux moteurs du changement des systèmes d'élevage : modifications de l'environnement

² Dans une problématique de développement rural, par exemple : agriculteurs et agents des filières de commercialisation, acteurs des autres filières économiques et institutions de développement agricole et territorial.

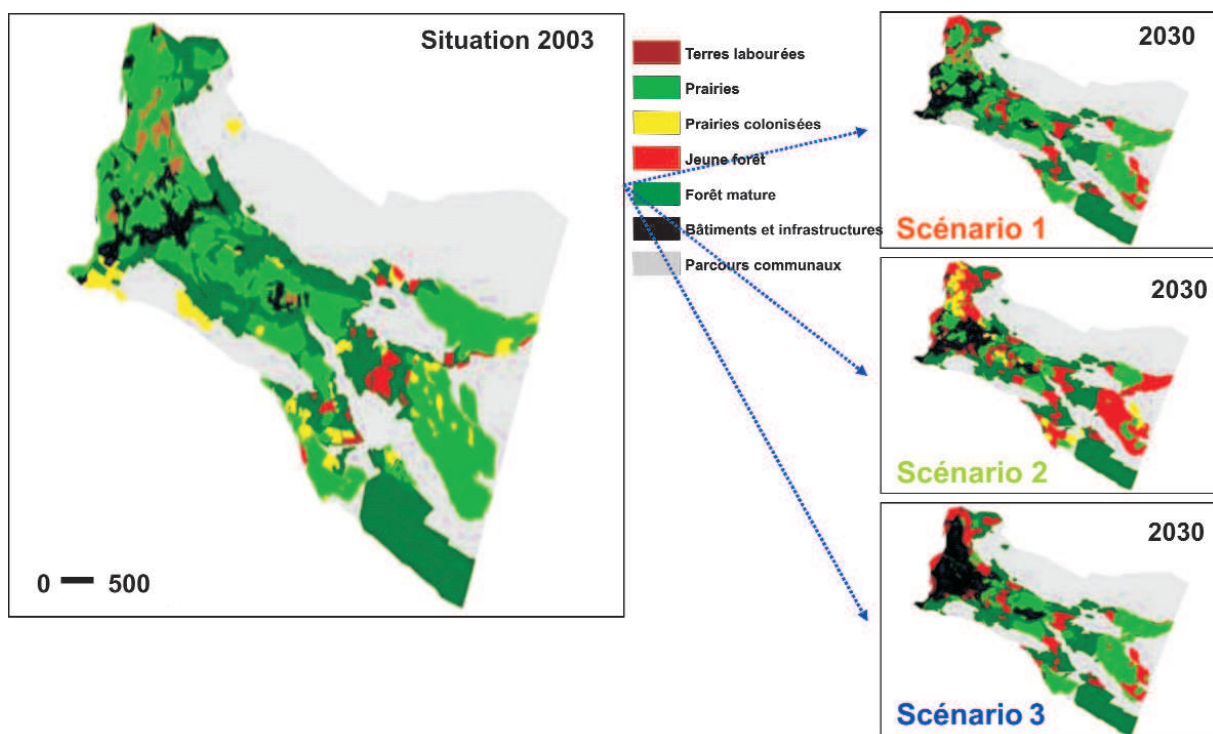
(politiques publiques, contexte économique local et englobant) ; climat ; dynamiques démographiques agricoles et rurales et leurs corollaires (diminution du nombre et agrandissement des exploitations...). Les équipes locales ont retenu une méthodologie commune de construction de modèle (Monteil *et al* 2008) : la simulation multi-agents avec la plate-forme CORMAS (Bousquet et LePage 2004) et l'adoption des principes de la modalisation d'accompagnement (collectif ComMod 2005).

Nous illustrons ici cette démarche de modélisation intégrée sur l'étude de cas relative aux Pyrénées, plus spécifiquement centrée sur les processus et les conséquences du boisement spontané par le frêne des paysages des Montagnes de Bigorre (figure 9)³. Les

objectifs et les grandes étapes de cette recherche pluridisciplinaire conduite avec le Parc National des Pyrénées ont été décrits par ailleurs (Dedieu *et al* 2007). Le développement du modèle intégré de simulation du changement des activités d'élevage et la dynamique des paysages visent à évaluer des scénarios prospectifs de changement sous différentes hypothèses de modification de l'environnement local et global. Les objectifs sont d'effectuer pour chacun des scénarios une simulation spatialement explicite des changements des pratiques d'utilisation de l'espace sur un territoire de référence (de la parcelle au paysage), et une évaluation des paysages résultants au moyen d'indicateurs appropriés. La conception du modèle et la démarche d'analyse prospective, actuellement en cours, s'appuient sur : *i*) l'étude exhaustive

des exploitations des villages au moyen d'une méthode d'enquête socio-technique spatialisée. La catégorisation des logiques qui sous-tendent leurs pratiques de gestion de l'espace sur le temps long (Mottet *et al* 2006) a été validée en partenariat, *ii*) des études écologiques montrant que la fauche ou un pâturage d'intensité supérieure à un seuil, que les travaux ont permis de quantifier, empêchent la colonisation. Trois types de scénarios de changement sont développés sur la base des connaissances expertes des partenaires et des résultats de recherche. Les critères pour l'évaluation des résultats des simulations, en cours de définition, sont illustrés dans la figure 9. Ils concernent les activités d'élevage et des différentes fonctions des paysages : cartes de couverts et d'utilisation des terres, images virtuelles 3D des paysa-

Figure 9. Simulation de l'évolution prospective des couverts dans le paysage agricole. Etude de 3 scénarios dans les Montagnes de Bigorre à l'horizon 2030 (Gibon *et al* non publié).



Scénario 1 «Tendance»	<i>poursuite de la tendance actuelle (démographie et stratégies de gestion de l'espace des éleveurs)</i>
Scénario 2 «Nouvelle PAC»	<i>effet des règles d'attribution des aides sur (1) parcellaires et gestion de l'espace et (2) viabilité et reprise des exploitations</i>
Scénario 3 «Urbanisation»	<i>effet extension Plan Local d'Urbanisation sur (1) parcellaires et gestion de l'espace et (2) viabilité et reprise des exploitations</i>

³ Les paysages y sont sujets à un processus de reboisement naturel par le frêne (*Fraxinus Excelsior*). Il s'agit d'un arbre très répandu dans les paysages agricoles locaux, sous forme de haies ou de petits groupes d'arbres isolés ; sa feuille était utilisée comme fourrage dans les systèmes agro-pastoraux d'autrefois. Avec le recul de l'élevage et les changements de l'utilisation des prairies, l'espèce connaît depuis cinquante ans une expansion au sein des paysages, sous forme de peuplements forestiers de forte densité.

ges, indicateurs d'état quantitatifs et qualitatifs dérivés des cartes et des autres sorties des simulations.

Conclusion

Utiliser le concept de «système d'élevage» aujourd'hui, c'est bien faire référence à une vision qui considère comme étroitement liés au sein d'un système complexe l'activité humaine et les fonctionnements biotechniques de l'unité de production animale. L'usage de ce terme qui prévalait antérieurement en zootechnie n'embrassait que le second (dénommé système technologique ou biotechnique dans les théories des systèmes complexes), ce qui prête parfois encore à confusion dans les débats au sein de la communauté zootechnique (Gibon *et al* 1999). Même si les questions évoluent avec le temps, les fondamentaux demeurent : postulats de complexité et de diversité ; importance de la compréhension et de l'évaluation de systèmes articulant projets d'acteurs et systèmes biotechniques à des échelles variées et emboîtées avec 1/ l'étude des pratiques comme moyen d'accéder aux raisonnements des éleveurs et aux combinaisons de facteurs qui modifient l'état du système ; 2/ la modélisation (mathématique, informatique, graphique ; à base quantitative ou qualitative) comme moyen d'accéder au comportement du système et 3/ la coopération avec les acteurs.

Selon Tarondeau (1999), la flexibilité stratégique d'une organisation se mesure dans sa capacité à se transformer et à évoluer avec son environnement. Force est alors de constater, par analogie, que le concept de système d'élevage est flexible, et qu'il s'enrichit et se transforme avec les nouvelles questions posées depuis 30 ans à l'élevage. Parce que les questions interrogent conjointement les logiques d'élevage et les connaissances biotechniques, le concept permet aujourd'hui aux zootechniciens d'aborder les questions que pose le développement de l'élevage au carrefour de considérations d'ordre environnemental, économique et social, comme l'exigent aujourd'hui les objectifs sociétaux de développement durable. Il constitue par ailleurs un cadre très utile à l'établissement de collaborations avec d'autres disciplines que ces questions rendent indispensables à associer. Ainsi, les niveaux d'échelle pris en compte ont évolué de la gestion des animaux dans le troupeau à celui de l'activité d'élevage dans l'exploitation,

pour en arriver aujourd'hui aux systèmes d'élevage dans les territoires et dans les filières (nous n'avons pas évoqué ici les travaux portant sur l'organisation des filières locales de production, qui mériteraient un développement spécifique (Casabianca *et al* 1994)). La représentation des projets des exploitants s'affine, d'une part en intégrant d'autres dimensions que l'économie (classiquement prise en compte en zootechnie), et d'autre part en reconnaissant la diversité du monde des éleveurs, de ses normes et de ses valeurs qui fondent les façons d'agir à court et long terme (Lemery *et al* 2005, Fiorelli *et al* 2007b). La prise en compte des phénomènes biologiques se complexifie, en passant d'une vision fondée sur l'animal moyen à celle d'une collection hétérogène et renouvelée d'animaux qui «fait troupeau», et aussi en abordant d'autres dimensions comme les rejets ou les interactions animal-végétation. Enfin les indicateurs du fonctionnement des systèmes d'élevage évoluent également : ceux relatifs à la production du troupeau, son niveau, sa qualité, sa répartition dans le temps et leur lien à l'économie ont fait l'objet d'importantes avancées, même s'ils sont toujours à préciser. Bien d'autres demeurent à construire pour rendre compte des attentes des éleveurs et des enjeux de société.

L'évolution de ces enjeux de société impulsent de nouvelles étapes, autour des reformulations des questions de développement durable appliquées non seulement aux terroirs français ou européens mais également à la planète toute entière, soumise à la fois à une pression écologique forte mais aussi à une explosion de la demande en produits animaux liée à l'élévation générale du niveau de vie, notamment en Asie.

Concevoir des systèmes d'élevage à la fois intensifs dans leur mobilisation des facteurs de production mais également écologiques, préservant l'air, l'eau et la biodiversité constitue de nouveaux défis à l'échelle de l'exploitation. Ceux-ci doivent également prendre en compte les mutations de la forme familiale d'exploitation agricole et la nécessité de préserver les capacités d'adaptation des systèmes pour durer dans un environnement caractérisé de plus en plus par l'incertitude sur les conditions de l'avenir (Dedieu *et al* 2008). A l'échelle de l'exploitation, les approches multicritères sont nécessaires, ne serait ce que parce que la solution des problèmes environnementaux posés par les systèmes d'élevage ne

peut être unique. L'intensification des systèmes de production permet d'économiser les surfaces nécessaires à une production mais généralement accroît les risques pour la qualité de l'eau, de l'air (NH₃) et des sols du fait de l'utilisation accrue d'intrants par ha. Elle diminue généralement la biodiversité, confinant alors celle-ci dans des zones préservées. Par ailleurs, nombre de solutions qui permettent de diminuer la pression sur une forme d'impact (ex : nitrates et eutrophisation) peuvent reporter le risque sur d'autres formes d'impacts (qualité de l'air et gaz à effet de serre). Ainsi, l'enjeu est de bien évaluer les diverses composantes des impacts sur l'environnement et de les pondérer en fonction de la sensibilité du milieu qui peut varier suivant le contexte pédo-climatique et surtout suivant l'utilisation du territoire. Ces recherches, en développement, s'appuient sur les différents types de dispositifs. Si les études en ferme se poursuivent, on peut noter le développement de plates-formes d'expérimentations virtuelles (comme à l'INRA de Rennes) et d'expérimentations système : «Alteravi» pour l'aviiculture en plein air ; «Patushev» pour la production caprine à l'herbe ; site de Redon (Auvergne) pour l'élevage ovin biologique et de Mirecourt (Vosges) pour l'élevage bovin lait autonome.

Raisonnement des échelles territoriales plus larges est également plus que jamais impératif pour envisager au fond la question des relations entre élevage et développement durable, celui-ci pouvant être, par la production animale, un facteur du développement mais également un support pour le maintien d'espaces ouverts, l'emploi, et la concrétisation d'initiatives collectives fondées sur le lien au territoire. La construction d'outils de simulation de systèmes socio-techniques exige de trouver une solution, même simpliste, pour articuler dans un même modèle de représentation les divers processus-clés de la dynamique d'un système d'élevage local, dans ses dimensions sociales et techniques et dans ses interactions avec les systèmes écologiques. Elle exige la représentation de cet ensemble de processus à un ensemble de niveaux d'échelle et de temps dont certains restent encore peu informés, comme en particulier la dynamique longue des exploitations au cours et au-delà du cycle de vie de la famille. Ainsi la démarche conserve-t-elle son aspect stimulant pour de nouveaux investissements pluridisciplinaires.

Références

- Alard V., Béranger C., Journet M., 2002. A la recherche d'une agriculture durable. Etude de systèmes herbagers économes en Bretagne. Espaces Ruraux, INRA Editions, Paris, France, 282p.
- Andrieu N., Coleno F., Duru M., 2008. L'organisation du système fourrager, source de flexibilité face aux variations climatiques. In : Les exploitations d'élevage en mouvement : flexibilités et dynamiques des systèmes d'herbivores. Dedieu B., Leclerc B., Moulin C.H., Tichit M., Chia E. (Eds), Editions Quae, 256p.
- Basset C., van der Werf H., 2004. Evaluation environnementale de systèmes de production de porcs contrastés, Journ. Rech. Porcine Fr., 36, 47-52.
- Baudon E., Cottais L., Leterme P., Espagnol S., Dourmad J.Y., 2005. Optimisation environnementale des systèmes de production porcine. Journ. Rech. Porcine Fr., 37, 325-332.
- Béranger C., Vissac B., 1994. An holistic approach to livestock farming systems: theoretical and methodological aspects. In: The study of livestock farming systems in a research and development framework. Gibon A., Flamant J.C. (Eds). EAAP Publ., 63, 5-17.
- Blanc F., Blanc J., Dozias D., Agabriel J., 2002. Modélisation de l'efficacité de la reproduction chez la vache allaitante : effets du tauréau et de l'état corporel de la vache sur l'intervalle vêlage-saillie fécondante. Renc. Rech. Rum., 9, 65-68.
- Bousquet F., Le Page C., 2004. Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. Ecol. Mod., 176, 313-332.
- Caron P., Hubert B., 2000. De l'analyse des pratiques à la construction d'un modèle d'évolution des systèmes d'élevage : application à la région Nordeste du Brésil. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 53, 37-53.
- Casabianca F., de Sainte-Marie C., Santucci P.M., Vallerand F., Prost J.A., 1994. Maîtrise de la qualité et solidarité des acteurs : la pertinence des innovations dans les filières d'élevage en Corse. INRA Etud. Rech. Syst. Agr. Dév., 28, 343-358.
- Chardon X., Rigolot C., Baratte C., Le Gall A., Espagnol S., Martin-Clouaire R., Rellier J.P., Raïson C., Poupa J.C., Faverdin P., 2007. MELODIE: a whole-farm model to study the dynamics of nutrients in integrated dairy and pig farms. MODSIM Int. Cong. Mod. Simul., 10-13 December, Christchurch, New-Zealand, 18p.
- Chatellier V., Vérité R., 2003. L'élevage bovin et l'environnement en France : le diagnostic justifie-t-il des alternatives techniques ? INRA Prod. Anim., 16, 231-249.
- Collectif COMMOD, 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement. Nat. Sci. Soc., 13, 165-168.
- Courmut S., Dedieu B., 2004. A discrete event simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years. Anim. Res. 53, 383-403.
- Cox P.G., 1996. Some issues in the design of agricultural decision support systems. Agric. Syst., 52, 355-381.
- Darré J.P., Mathieu A., Lasseur J., 2004. Le sens des pratiques. Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes. INRA Editions, Coll. Science Update, 320p.
- Dedieu B., Gibon A., Roux M., 1991. Notations d'état corporel des brebis et diagnostic des systèmes d'élevage ovin. INRA Etud. Rech. Syst. Agr. Dév., 22, 48p.
- Dedieu B., Louault F., Tournadre H., Benoit M., de Montard F.X., Thériez M., Brelurut A., Toporenko G., Pailleux J.Y., Teuma J.B., Liénard G., 2002. Conception de systèmes d'élevage intégrant des préoccupations environnementales : contribution d'une expérimentation système en production ovin viande. Renc. Rech. Rum., 9, 391-394.
- Dedieu B., Servièrre G., Madelrieux S., Dobremez L., Cournot S., 2006. Comment appréhender conjointement les changements techniques et les changements du travail en élevage ? Cah. Agric., 15, 506-513.
- Dedieu B., Faye B., Gibon A., 2007. Comment traiter de l'impact des transformations de l'élevage sur les dynamiques des espaces ? Illustrations au Vietnam et dans les Pyrénées. Fourrages, 189, 65-80.
- Dedieu B., Leclerc B., Moulin C.H., Tichit M., Chia E., 2008. Les exploitations d'élevage en mouvement : flexibilités et dynamiques des systèmes d'herbivores. Editions Quae, 256p.
- Delaby L., Decau M.L., Peraud J.L., Accarie P., 1997. AzoPât : une description quantifiée des flux annuels d'azote en prairie pâturée par les vaches laitières : 1. Les flux associés à l'animal. Fourrages, 151, 297-311.
- Dourmad J.Y., Henry Y., 1994. Influence de l'alimentation et des performances sur les rejets azotés des porcs. INRA Prod. Anim., 7, 263-274.
- Dourmad J.Y., Pomar C., Massé D., 2002. Modélisation du flux de composés à risque pour l'environnement dans un élevage porcin. Journ. Rech. Porcine Fr., 34, 183-194.
- Dourmad J.Y., Etienne M., Valancogne A., Dubois S., Van Milgen J., Noblet J., 2008. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of sows. Anim. Fd Sci. Technol., sous presse.
- Fiorelli C., Dedieu B., Pailleux J.Y., 2007a. 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.
- Fiorelli C., Porcher J., Dedieu B., 2007b. Pourquoi faire de l'élevage quand on a un autre travail ? Renc. Rech. Rum., 14, 389-392.
- Gibon A., 2005. Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level. Livest. Prod. Sci., 96, 11-31.
- Gibon A., Hermansen J.E., 2006. Sustainability concept in livestock farming system research orientations. EAAP 2006, Session. 1 Ethics of sustainability, Antalya, Turkey, 12p.
- Gibon A., Roux M., Vallerand F., 1988. Eleveur, troupeau et espace fourrager. Contribution à l'approche globale des systèmes d'élevage. INRA Etud. Rech. Syst. Agr. Dév., 11, 144p.
- Gibon A., Rubino R., Sibblad A.R., Sorensen J.T., Flamant J.C., Lhoste P., Revilla R. 1999. Livestock farming systems research in Europe an dits potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. Livest. Prod. Sci., 96, 11-31.
- Girard N., Bellon S., Hubert B., Lardon S., Moulin C.H., Osty P.L., 2001. Categorising combinations of farmer's land use practices: an approach based on examples of sheep farms in the south of France. Agronomie, 21, 435-459.
- Hubert B., Girard N., Lasseur J., Bellon S., 1993. Les systèmes d'élevage ovin préalpains : derrière les pratiques, des conceptions modélisables. INRA Etud. Rech. Syst. Agr. Dév., 27, 351-385.
- Holling C.S., Berkes F., Folke C., 1998. Science, sustainability and resource management. In: Linking social and ecological systems. Management practices and social mechanisms for building resilience. Berkes F., Folke C. (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 342-362.
- Ickowicz A., Gibon A., Tourrand J.F., 2007. Une grille de lecture pour comparer les transformations des systèmes d'élevage et des territoires et évaluer la faisabilité de leur modélisation générique dans un contexte de changement globalisé. Renc. Rech. Rum., 14, 177-180.
- Ingrand S., 2003. Niveau d'ingestion, comportement alimentaire et performances de vaches Charolaises alimentées en quantités limitées : effet de la composition des groupes. Renc. Rech. Rum., 10, 377-380.
- Ingrand S., Carrasco I., Devun J., Laroche J.M., Dedieu B., 2001. L'implication des éleveurs de bovins-viande dans les filières de qualité correspond-elle à des conduites d'élevage spécifiques ? INRA Prod. Anim., 14, 105-118.
- Jollivet M., 1992. Sciences de la nature, sciences de la société, les passeurs de frontières. CNRS (Ed), Paris, France, 589p.
- Jondreville C., Dourmad J.Y., 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. INRA Prod. Anim., 18, 183-192.
- Jondreville C., Revy P.S., Jaffrezic A., Dourmad J.Y., 2002. Le cuivre dans l'alimentation du porc : oligo-élément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l'Homme et l'environnement. INRA Prod. Anim., 15, 247-265.
- Jouven M., Baumont R. 2008. Simulating grassland utilization in beef suckler systems to investigate the trade-offs between production and floristic diversity. Agric. Syst., accepté pour publication.
- Landais E. 1987. Recherches sur les systèmes d'élevage. Document de travail, INRA SAD Versailles, France, 70 p.
- Landais E., Balent G., 1993. Pratiques d'élevage extensif. INRA Etud. Rech. Syst. Agr. Dév., 27, 385p.
- Landais E., Deffontaines J.P., 1989. Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant de la recherche agronomique. In : Modélisation systémique et système agraire. Brossier J., Vissac B., Lemoigne J.L. (Eds). INRA Editions, Versailles, France, 31-64.
- Lasseur J., Landais E., 1992. Mieux valoriser l'information contenue dans les carnets d'agneage pour évaluer des performances et des carrières de reproduction en élevage ovin-viande. INRA Prod. Anim., 5, 43-58.

Legay J.M., 1997. L'expérience et le modèle. INRA Éditions, Paris, France, 111p.

Lemery B., 2003. Les agriculteurs dans la fabrique d'une nouvelle agriculture. Sociol. Travail, 45, 9-25.

Lemery B., Ingrand S., Dedieu B., Degrange B., 2005. Agir en situation d'incertitude : le cas des éleveurs de bovins allaitants. Econ. Rurale, 288, 57-69.

Le Moigne J.L., 1984. La théorie du système général. Théorie de la modélisation. PUF (Ed), 320p.

Magne M.A., Van Mieghem M.H., Couzy C., Cerf M., Ingrand S., 2007. Analyse des difficultés rencontrées par les conseillers et des façons qu'ont les éleveurs de mobiliser les ressources informationnelles : quelle convergence ? Renc. Rech. Rum., 14, 409-412.

Madelrioux S., Dedieu B., 2008. Qualification and evaluation of work organisation in livestock farms. Animal, 2, 435-447.

Martel G., Dedieu B., Dourmad J.Y., 2007. Do labour productivity and preferences about work load distribution affect reproduction management and performance in pig farms? Liv. Sci., sous presse.

Monteil C., Simon C., Ladet S., Sheeren D., Etienne M., Gibon A., 2008. Participatory modelling of social and ecological dynamics in mountain landscapes subjected to spontaneous ash coloniza-

tion. In: Modelling environmental dynamics. Paegelow M., Camacho Olmedo M. (Eds), Springer International Press, sous presse.

Moulin C.H., 1993. Le concept de fonctionnement de troupeau. Diversité des pratiques et variabilité des performances animales dans un système agropastoral sahélien. INRA Etud. Rech. Syst. Agr. Dev., 27, 73-94.

Mottet A., Ladet S., Coqué N., Gibon A., 2006. Agricultural land-use change and mountain landscape dynamics since 1950: a case study in the Pyrenees. Agric. Ecosyst. Environ., 114, 296-310.

Osty P.L., 1978. L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement, BTI, 326, 43-49.

Pomiés D., Marnet P.G., Cournut S., Barillet F., Guinard-Flament J., Rémond B., 2008. Les conduites de traite simplifiées en élevage laitier : vers la levée de l'astreinte biquotidienne. INRA Prod. Anim., 1, 59-70.

Sébillotte M., 2001. Des recherches en partenariat «pour» et «sur» le développement régional. Ambitions et questions. Nat. Sci. Soc., 9, 5-7.

Sébillotte M., Soler L.G., 1989. Les processus de décision des agriculteurs. In : Modélisation systémique et système agraire. Décision et organisation, Brossier J., Vissac B., Le Moigne J.L. (Eds), INRA Éditions, Versailles, France, 93-101.

Tarondeau J.C., 1999. Approches et formes de flexibilité. Rev. Fr. Gestion, mars-avril-mai, 66-71.

Thompson P.B., Nardone A., 1999. Sustainable livestock production: methodological and ethical challenges. Livest. Prod. Sci., 61, 111-119.

Tichit M., Ingrand S., Moulin C.H., Cournut S., Lasseur J., Dedieu B., 2004. Analyser la diversité des trajectoires productives des femelles reproductrices : intérêts pour modéliser le fonctionnement du troupeau en élevage allaitant. INRA Prod. Anim., 17, 123-132.

Viviani-Rossi E., Theau J.P., Gibon A., Duru M., 1992. Diagnostic des systèmes fourragers à partir d'une enquête: méthodologie et application à la constitution des stocks fourragers dans le Couserans. Fourrages, 130, 123-147.

Vavra M., 1996. Sustainability of animal production systems: An ecological perspective. J. Anim. Sci., 74, 1418-1423.

Vérité R., Delaby L., 1998. Conduite alimentaire et rejets azotés chez la vache laitière. Interrelations avec les performances. Renc. Rech. Rum., 5, 185-192.

Vermorel M., 1995. Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les bovins en France. INRA Prod. Anim., 8, 265-272.

Résumé

Le concept de «système d'élevage» a été développé pour rendre compte et modéliser des interactions entre dimensions humaines et dimensions biotechniques de l'activité d'élevage. Après avoir rappelé l'origine et les bases des approches intégrées de l'élevage, et les applications centrées sur les liens décisions-pratiques-performances de troupeau, nous montrons comment ce concept évolue pour traiter des transformations de l'élevage, tant des attentes des éleveurs (pour un travail maîtrisé) que celles de la société (pour un plus grand respect de l'environnement). La problématique du développement durable appelle un renouvellement des approches des systèmes d'élevage vers l'étude des capacités adaptatives des systèmes socio-écologiques à l'échelle de territoires.

Abstract

Livestock Farming System, a concept when considering breeding transformations

The Livestock Farming System (LFS) concept was developed to assess and model the interactions between the human and biotechnical dimensions of livestock husbandry activities. We recall the origin and the fundamentals of these integrated approaches in animal production, and their applications at the livestock production unit level, for assessing the relationships between farmer's management decisions-practices and herd performances. We illustrate how the concept evolves with the changes in livestock farming, due to the farmers' new expectations for work that is under control and with the society's demands for environmentally friendly agriculture. The LFS approaches are now engaged in a deep renewal in order to adapt the framework to the Sustainable Development issues: what is at stake is to analyse the adaptive capacities of socio-ecological systems at the territorial level.

DEDIEU B., FAVERDIN P., DOURMAD J.-Y., GIBON A., 2008. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. INRA Prod. Anim., 21, 45-58.