

Université  
de Toulouse

# THÈSE

En vue de l'obtention du  
**DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE**

**Délivré par :**

Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse)

**Discipline ou spécialité :**

Espaces, Sociétés Rurales, Logiques Economiques (ESSOR)

---

**Présentée et soutenue par :**

Didier RABOISSON

*le vendredi 10 juin 2011*

Approche institutionnelle de la santé animale :  
place des compétences, des territoires et des collectifs  
dans la gestion de la santé des bovins laitiers en France

---

**Ecole doctorale :**

Temps, Espaces, Sociétés, Cultures (TESC)

**Unité de recherche :**

US-ODR, INRA, Toulouse

**Directeur(s) de Thèse :**

M. Gilles ALLAIRE, Directeur de recherche, INRA, Toulouse

M Pierre SANS, Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

**Rapporteurs :**

M. Henri Seegers, Professeur, ONIRIS-Nantes

M. Jean-Paul DOMIN, Maître de Conférences, Université de Reims Champagne-Ardenne

**Membre(s) du jury :**

M. Gilles ALLAIRE, Directeur de recherche, INRA, Toulouse

M Pierre SANS, Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. Henri Seegers, Professeur, ONIRIS-Nantes

M. Jean-Paul DOMIN, Maître de Conférences, Université de Reims Champagne-Ardenne

M. Pierre DUPRAZ, Directeur de recherche, INRA Rennes



## REMERCIEMENTS

A Gilles ALLAIRE, pour l'inspiration de l'approche économique institutionnelle.

A Pierre SANS, pour sa disponibilité et son encadrement dans les approches typologiques et économétriques.

A Henri SEEGER (ONIRIS), Jean-Paul DOMIN (Université de Reims) et Pierre DUPRAZ (INRA Rennes), pour leur participation au jury de thèse.

A Philippe LEMENAGER (ODR), Mathieu LENIVET (ODR), Roland CHARTIER (ODR), Cédric GENDRE (ODR), Benoit GARCIA (ODR) et Marc ROZE (ODR), pour leur contribution dans la construction et la gestion des bases de données et l'utilisation du système d'information géographique.

A François DELOR (ENVT) et Nicolas HERMAN (ENVT), pour leur contribution dans la validation des indicateurs zootechniques et sanitaires.

A Eric CAHUZAC (ODR), Elise MAIGNE (ODR), Pierre CANTELAUBE (ODR), Didier CONCORDET (ENVT) et Céline NAUGES (Toulouse School of Economics), pour leur soutien dans les méthodes statistiques.

A François BEAUDEAU (ONIRIS), Gilles BRUNSCHWIG (VetAgro Sup) et Joseph DOMONECH (Ministère de l'agriculture) pour leurs conseils dans le cadre du comité de pilotage.

A Pascal DERIU (DGAL) et Christine BERTRAND (CTIG), pour les accès aux bases de données.

Aux doctorants du séminaire C2C, pour leur soutien et leurs commentaires.



## **RESUME**

Ce travail propose une analyse institutionnelle commonsienne de la gestion sanitaire des bovins en termes de compétences collectives et individuelles.

Un modèle conceptuel institutionnel d'analyse de la santé animale est proposé comme alternative possible au modèle micro-économique néoclassique. La gestion de la santé est d'abord abordée à travers les compétences et capacités de l'éleveur au sein de l'exploitation, en mobilisant les relations individus - collectifs inorganisés. Le rôle des collectifs organisés dans la santé animale est ensuite identifié, avec l'identification de collectifs productifs et de collectifs sanitaires. Les compétences individuelles et collectives apparaissent territorialisées.

Ce modèle est ensuite validé à partir de données issues de la Base de Données Nationale d'Identification des bovins et du Contrôle Laitier, pour 2005 et 2006. La mortalité des bovins laitiers et la qualité cytologique du lait (cellules somatiques, témoins d'infection de la mamelle) de chaque exploitation sont respectivement analysées à l'aide de modèles linéaires et de panels statiques et dynamiques. Un effet global des compétences de l'éleveur sur l'ensemble des troubles sanitaires de l'exploitation est observé. Les compétences doivent être au préalable révélées pour se traduire en capacités (actions). La spatialisation des modèles démontre enfin la dimension institutionnelle, souvent territorialisée, de la santé animale.

L'analyse institutionnelle montre qu'une large part de la santé du troupeau repose sur les compétences individuelles des éleveurs et sur des compétences collectives. Ces compétences peuvent être révélées par un renforcement des interventions préventives et de la formation en élevage.

**Mots clés :** Bovin, Santé, Institution, Compétence, Capacité, Eleveur, Collectif, Territoire.

**Laboratoire :** Observatoire des programmes communautaire de développement rural,  
INRA Toulouse, chemin de Borderouge, F-31326 Auzeville

## **ABSTRACT**

This research analyzes cattle health through individual and collective competencies, based on Commons institutionalism.

The first part defines a new institutional conceptual framework, alternative to the neoclassic microeconomic models, to study animal health. Health management is analyzed at farm level in terms of farmers' competencies and capabilities considering the relationship between individuals and unorganized going concern. It integrates thereafter organized going concerns and defines production focused organizations and health focused organizations. The competencies and capabilities have both territorial components.

The model is validated empirically in the second part, using the national cattle identification database and the milk control program database, for 2005 and 2006. Dairy cattle mortality and milk bacteriological quality (somatic counts) are explained with linear models and static and dynamic panel models, respectively. A global effect of farmer's health competencies on the overall health issues of the farm is shown, but competencies must be translated into capabilities (actions) before impacting on health. The spatialization of the models reveals some territorial correlations that clearly show the effect of institutions on animal health.

The institutional analysis shows that an important part of the herd health rests on the farmer's individual competencies, as well as on some collective competencies. These competencies can be strengthened and revealed into capabilities with more accurate and regular preventive interventions in farms and with more farmers' education.

Key words: Cattle, Health, Institution, Competencies, Capabilities, Going concern, Territory

Address : Observatoire des programmes communautaire de développement rural,  
INRA Toulouse, chemin de Borderouge, F-31326 Auzeville

## LISTE DES PUBLICATIONS

**Raboisson D, Cahuzac E, Sans P and Allaire G, 2011.** Herd-level and contextual factors influencing dairy cow mortality in France in 2005 and 2006. *J. Dairy Sci.* 94 :1790–1803.

**Raboisson D, Cahuzac E, Sans P and Allaire G.** Factors influencing average herd somatic cell count in France in 2005 and 2006 (Submitted - *Journal of Dairy Science*)

**Raboisson D, Cahuzac E, Sans P and Allaire G.** Farmer's competencies to explain dairy cow mortality and milk quality (For submission in *Journal of Rural Studies*)

**Raboisson D, Cahuzac E, Maigne E, Sans P and Allaire G.** Spatial correlation of dairy cow health and collective competencies of dairy farmers (For submission in *Journal of Dairy Science*)

**Raboisson D, Derville M, Cahuzac E, Sans P and Allaire G.** Impact of Protected Designation of Origin productions on dairy cow health : a farmer's competency analysis (For submission in *Journal of Rural Studies*)



## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	3
RESUME.....	5
ABSTRACT .....	6
LISTE DES PUBLICATIONS.....	7
TABLE DES MATIERES.....	9
TABLES DES TABLEAUX ET DES FIGURES.....	13
INTRODUCTION.....	15
PARTIE 1 .....	19
VERS UNE APPROCHE INSTITUTIONNELLE .....	19
DE LA SANTE DES BOVINS .....	19
I –LA SANTE DES BOVINS .....	20
1 - Définition de la santé des bovins .....	20
2 - Les enjeux liés à la santé des bovins.....	21
21 - Enjeux sanitaires pour l’homme.....	21
22 - Enjeux économiques pour l’exploitant et la filière .....	22
23 - Enjeux politiques et éthiques .....	23
3 - La santé des bovins, une entité hétérogène .....	24
31 - Divers troubles de santé liés aux types de production et catégories d’animaux .....	24
32 - La santé d’un animal ou d’un lot d’animaux dépendante de facteurs de risque.....	26
33 - Quatre catégories de maladies chez les bovins .....	28
4 – La santé des bovins associée à une gestion diversifiée .....	30
41 - Eradication des maladies mono-infectieuses.....	30
42 - Gestion curative et préventive des maladies de production .....	31
43 - Gestion des maladies nécessitant le recours au médicament vétérinaire .....	34
5 – La santé des bovins implique de nombreux acteurs autour de l’éleveur .....	34
51 - Vétérinaire sanitaire et mandat sanitaire : le dispositif de gestion des maladies réglementées .....	35
52 - Vétérinaire traitant : interventions dans les maladies encadrées, urgences et maladies de production.....	36
53 - GDS et groupements de producteurs : interventions dans les maladies encadrées et maladies de production.....	36
54 - Place des autres organismes dans le dispositif sanitaire .....	37
55 - Bilan : synthèse du dispositif sanitaire.....	38

6 – La santé, une question économique et territoriale .....	39
61 - La santé, un problème d'allocation de ressources et de coordination d'activités .....	39
62 - La santé, une entité territorialisée .....	41
II – INTERETS ET LIMITES DE L'APPROCHE MICRO-ECONOMIQUE DE LA SANTE PROPOSE PAR McINERNEY .....	45
1 – Une méthode audacieuse mais une vision sanitaire simplifiée.....	45
11 - Vers une approche systémique sanitaire et zootechnique ? .....	46
12 - Complexité sanitaire et simplifications du modèle conceptuel sanitaire néoclassique de Mc Inerney .....	48
2 – Optimisation de la gestion sanitaire avec rationalité substantielle de l'éleveur .....	51
21 - Une maîtrise optimale de la maladie .....	51
22- Comportements observés et rationalité substantielle des éleveurs.....	52
3 – Intégrer les préférences des éleveurs : quelle fonction d'utilité ? .....	55
31 - Fonction d'utilité et aversion au risque .....	55
32 - Place des contraintes non marchandes dans les décisions.....	57
4 – Un contexte figé et une exploitation comme système fermé.....	59
41 - Anticipations des éleveurs.....	60
42 - Opportunités productives et sanitaires .....	61
III – APPROCHE INSTITUTIONNELLE DE LA SANTE .....	65
1 - Approche institutionnelle du secteur agricole.....	66
11 - La transaction, unité économique élémentaire .....	66
12- Trois types d'activités économiques et trois types de transactions .....	68
13- Les collectifs organisés ou « <i>going concern</i> » .....	70
2 – Caractéristiques des collectifs organisés du secteur agricole .....	71
21 - Nature des collectifs organisés du secteur agricole.....	71
22 - Des collectifs organisés territorialisés .....	74
23 - Des collectifs organisés dynamiques .....	76
3 - La santé comme un bien, l'action sanitaire comme une transaction .....	78
31 - Transactions et "actions sanitaires" .....	78
32 - Trois espèces de collectifs sanitaires, trois modèles sanitaires et trois régimes sanitaires.....	84
IV – PLACE DES COMPETENCES ET CAPACITES DANS LA GESTION DES MALADIES DE PRODUCTION .....	91
1 – Capacités et compétences individuelles dans la gestion sanitaire .....	91
11 - Capacités et compétences.....	91
12 - Valeurs, compétences et éthiques .....	93

13 - Compétences et diversité des activités .....	95
2 – Compétences collectives et professionnelles.....	97
21 - Conventions professionnelles et convention sanitaire .....	97
22 - Dynamique sanitaire, innovation et diffusion des savoirs.....	99
23 - Territorialisation des compétences professionnelles.....	103
V – EFFICACITE DES REGIMES DE RESPONSABILITE SANITAIRE .....	105
1 – Trois régimes de responsabilité sanitaire .....	105
11 - Une gouvernance publique des maladies réglementées efficace mais tourmentée .....	105
12 - Une gouvernance locale privée de filière peu développée .....	107
13 - Une gouvernance collective vétérinaire émergente pour un bien commun ?.....	108
2 - Quel régime de responsabilité pour les maladies de production ? .....	111
21 - Des professionnels avec leur propre convention professionnelle .....	111
22 - Un régime de responsabilité passive ? .....	112
VI – BILAN ET PROPOSITIONS D’ANALYSE DE LA SANTE DES BOVINS .....	115
PARTIE 2.....	117
MATERIELS ET METHODES .....	117
RESULTATS .....	117
II– FACTEURS INFLUENCANT LA QUALITE CYTOLOGIQUE DU LAIT .....	133
III– VARIATIONS TERRITORIALES DES FACTEURS DE RISQUE SANITAIRES .....	177
0 Previous results.....	177
1 Introduction .....	179
2 Materials and methods.....	179
3 Results .....	180
4 Discussion .....	182
41- Variation of estimators among Dairy Production Areas .....	182
42 - Having a beef or fattening unit and dairy competencies .....	183
4 3 - Dairy specialization, local intensification and dairy health results .....	185
5 Tables .....	187
IV– CORRELATIONS SPATIALES DES FACTEURS DE RISQUE SANITAIRES .....	193
SANITAIRES.....	193
1 Introduction .....	193
2 Materials and methods.....	194
3 Results .....	196
4 Discussion .....	196

5 Tables .....	199
V– SANTE DES BOVINS ET PRODUCTIONS DE QUALITE .....	201
0 Previous results.....	201
1 Introduction .....	203
2 Materials and methods.....	204
3 Results .....	205
4 Discussion .....	207
41 – Protected Designation of Origin areas.....	207
42 - Mortality.....	208
43 - CMSCC.....	209
44 - Capabilities of farmers .....	209
5 Tables .....	211
PARTIE 3.....	219
DISCUSSION GENERALE .....	219
I– LES COMPETENCES DE L’ELEVEUR AU SEIN DU SYSTEME EXPLOITATION .....	221
1 - Les compétences et capacités de l’éleveur comme déterminants sanitaires .....	221
2 - Des compétences révélées en capacités .....	223
3 - Compétences et diversité des activités de l’éleveur .....	225
II– DES COMPETENCES TERRITORIALES ET COLLECTIVES : LE RÔLE DES INSTITUTIONS.....	227
1 - Des compétences et résultats sanitaires territorialisés.....	227
2 - Des compétences collectives institutionnelles .....	228
III– VERS L’IDENTIFICATION DES COLLECTIFS ORGANISES IMPLIQUES DANS LA SANTE ANIMALE.....	231
CONCLUSION .....	233
BIBLIOGRAPHIE .....	234
ANNEXES .....	239

## TABLES DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Tableau 1 : place des intervenants en fonction des catégories de maladies .....	38
Tableau 2 : estimations annuelles en valeur des coûts associés aux pertes, dépenses de maîtrise et traitements des maladies.....	54
Tableau 3 : type, espèce et ordre des collectifs organisés, en fonction de la forme de transaction dominante.....	71
Tableau 4 : quelques exemples des espèces dominantes des collectifs organisés rencontrés dans le secteur agricole.....	72
Tableau 5 : quelques exemples des espèces dominantes des collectifs sanitaires et du type d'éthique rencontrés .....	85
Tableau 6 : associations entre catégories de maladies, espèces dominantes, collectifs sanitaires impliqués et types d'éthique.....	87
Tableau 7 : proposition de trois modèles d'hybridation sanitaire applicables aux maladies enzootiques multifactorielles.....	88
Figure 1 : modèle conceptuel de la santé dans l'exploitation agricole et le territoire .....	43
Figure 2 : fonctions de production avec ou sans maladie .....	46
Figure 3 : exemple de fonctions du niveau de dépenses de contrôle de dommages.....	48
Figure 4 : relation entre pertes totales et dépenses de maîtrise .....	52
Figure 5 : exemple de situations concrètes de pertes et de dépenses.....	53
Figure 6 : la formule de la transaction.....	69
Figure 7 : la formule du collectif organisé .....	70
Figure 8 : approche institutionnelle de la santé : l'action sanitaire .....	79
Figure 9 : formule de la transaction des maladies réglementées .....	82
Figure 10 : formule de la transaction des maladies encadrées .....	82
Figure 11 : formule de la transaction des maladies enzootiques multifactorielles.....	83
Figure 12 : modèle conceptuel de la santé comme articulation entre individus et collectifs .....	92
Figure 13 : les conversions de savoirs.....	102
Figure 14 : les maladies réglementées comme institution.....	107
Figure 15 : l'efficacité antibiotique comme institution .....	109
Figure 16 : les maladies de production (maladies enzootiques multifactorielles) comme institution.	113



## INTRODUCTION

La France regroupe environ 3,9 millions de vaches laitières, 4 millions de vaches allaitantes et 12 millions de bovins de renouvellement ou en engraissement. Elle se situe ainsi en seconde position pour l'élevage laitier en Europe, derrière l'Allemagne (4 millions de vaches laitières) et en première position pour l'élevage allaitant (environ un tiers des vaches allaitantes de l'Europe des 15 ou 25). La production laitière française représente 26 % et 4 % de la production européenne et mondiale, respectivement. La France produit 22% de la viande abattue dans l'Europe des 25 (Eurostat, 2005).

La filière bovine joue un rôle important dans l'organisation des espaces ruraux, en relation avec une forte diversité des systèmes de production bovins, une répartition hétérogène des bovins sur le territoire et l'utilisation d'un grand nombre de races dont certaines sont restées dans leur berceau d'origine. Ainsi, les bovins laitiers sont principalement localisés dans le grand-ouest, le nord, le nord-ouest, les montagnes de l'est, le Massif-Central, et le sud-ouest. Les productions allaitantes sont principalement localisées dans le Massif-Central, et secondairement dans le grand-ouest, le nord et nord-est, et le sud-ouest (Rouquette et Pflimlin, 1995; Sarzeaud et al., 2008). Par ailleurs, environ 20 % du territoire français est situé en zone de montagnes et abrite à la fois des productions allaitantes, principalement liées à des races rustiques, et des productions laitières souvent associées à des signes de qualité. La production laitière individuelle annuelle varie ainsi du simple au double selon les races et la localisation.

La santé des bovins constitue une entité complexe, en raison de la multiplicité des enjeux sanitaires, des différences entre maladies selon le type d'animaux et les systèmes d'élevage, du nombre d'acteurs composant le dispositif sanitaire, de la juxtaposition d'une médecine individuelle -justifiée par la valeur de l'animal- et d'une médecine collective (de troupeau), et enfin, des attentes variables selon les éleveurs.

La santé des bovins renvoie d'une part à des enjeux sanitaires zoonotiques (transmission de l'agent infectieux à l'homme) et/ou commerciaux globaux (statut sanitaire et échanges commerciaux) à l'origine d'un dispositif sanitaire officiel et réglementaire, ayant des fonctions préventives mais mobilisé aussi lors de crise sanitaire.

La santé renvoie d'autre part à des enjeux financiers importants pour les éleveurs, comme illustré par les maladies dites de production : certaines maladies sont spécifiques à chaque catégorie d'animaux (veaux, vaches) et ont un impact quantitatif et qualitatif très important sur la production agricole. L'analyse des maladies de production est complexe car (i) leur définition s'entend par catégorie d'animaux, mais des externalités sanitaires existent entre catégories d'animaux d'un même élevage (ii) leur apparition dépend de nombreux facteurs de risque, (iii) les intervenants potentiels dans leur gestion sanitaire sont nombreux et très diversifiés et (iv) les contraintes agricoles et sanitaires varient selon les territoires. Au bilan, la gestion des maladies de production mobilise un dispositif sanitaire complémentaire et assez indépendant du dispositif officiel. Ce dispositif implique des acteurs issus de sphères techniques et institutionnelles très différentes, entre autres car la santé relève de la manipulation du vivant et mobilise des ressources réglementées (médicaments), réservant

certaines interventions sanitaires -individuelles ou collectives- à certaines catégories d'acteurs.

L'éleveur n'est cependant pas exclu du dispositif de gestion des maladies de production. Il en constitue même un acteur clé dans la mesure où il est directement impliqué dans l'apparition et le contrôle des facteurs de risque des maladies, à travers son travail quotidien. Il assure par ailleurs, à travers ses choix, la cohérence d'ensemble de la gestion tant productive que sanitaire de l'exploitation.

Le premier objectif poursuivi dans ce travail est d'analyser la gestion de la santé des bovins en termes de compétences individuelles, mobilisées dans la coordination des activités sanitaires au sein de l'exploitation. Pour cela, l'efficacité de la santé des bovins est vue comme un régime de coordination des activités sanitaires de l'exploitation. En effet, la coordination des activités sanitaires se traduit par des choix entre la mobilisation de ressources (achats de services, de médicaments, de fournitures, de nutriments ...) et la réduction des baisses de production (réduction de l'impact négatif de la maladie sur la production). Ces choix quotidiens ou stratégiques de l'éleveur mobilisent ses compétences.

L'éleveur n'est cependant pas uniquement un agent isolé au sein de son exploitation, comme le suggère la présence même du dispositif sanitaire et des filières d'élevage. Ses activités prennent forme au sein de territoires et de dispositifs collectifs (institutionnels), et il interagit avec divers individus, professionnels ou non.

Le second objectif de ce travail est ainsi d'aborder la santé à l'échelle territoriale et collective, en considérant la gestion sanitaire comme le résultat de compétences collectives, portées par un groupe d'individus éventuellement territorialisé.

La santé des bovins est ainsi analysée comme l'effet de compétences sanitaires individuelles des éleveurs, en interaction, sur des pas de temps et des champs territoriaux variables, avec des compétences collectives liées aux institutions. En effet, les résultats sanitaires ont des régularités au sein des territoires et des groupes d'individus ; et la coordination des activités sanitaires de l'exploitation peut bénéficier des échanges avec des tiers.

Dans une première partie, un nouveau modèle conceptuel de gestion sanitaire animale est proposé. Après avoir rappelé les enjeux et contraintes de la gestion sanitaire des bovins en France, une analyse critique de l'approche micro-économique de la santé animale, telle que proposée par McInerney, est réalisée. Un nouveau modèle conceptuel, construit à partir de l'approche économique institutionnelle élaborée par Commons, vise à dépasser le modèle de McInerney tout en l'intégrant. Ce modèle est basé d'une part sur le rôle central de l'éleveur et la nécessaire prise en compte simultanée de l'ensemble des processus sanitaires et productifs de l'exploitation, et d'autre part sur l'articulation entre l'individu et les collectifs, en particulier pour les compétences sanitaires. L'analyse conduit à proposer différents régimes de responsabilité sanitaire, dans le contexte français.

Dans un second temps, les trois hypothèses principales de ce travail (présence de compétences sanitaires individuelles, territorialisation des processus sanitaires et présence de déterminants institutionnels de la santé) sont évaluées à l'aide de méthodes économétriques. Pour cela, les données issues de bases de données portant sur la totalité des bovins présents en France sont utilisées. Des indicateurs individuels à l'échelle de l'exploitation et des ateliers bovins sont créés puis mobilisés afin de mettre en évidence la présence des compétences individuelles jouant sur la mortalité des vaches laitières et sur la qualité cytologique du lait. La présence de déterminants sanitaires territoriaux et de compétences collectives est ensuite identifiée.

Enfin, une synthèse replace les résultats obtenus dans le cadre méthodologique proposé, en identifiant les acquis, limites et perspectives du travail mené.



## **PARTIE 1**

# **VERS UNE APPROCHE INSTITUTIONNELLE DE LA SANTE DES BOVINS**

# I – LA SANTE DES BOVINS

## 1 - Définition de la santé des bovins

La santé est définie comme un « *état de bon fonctionnement de l'organisme* » (Larousse). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) précise cette définition, en caractérisant la santé par un « *état de complet bien-être physique, mental et social ne consistant pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité* ». En faisant référence à l'absence de maladie, ces approches se veulent fonctionnelles, mais elles restent statiques car basées sur un "état", [sous-entendu] "à une date donnée". De plus, l'OMS définit la santé à travers un idéal-type (complet bien-être, absence de maladies), limitant ainsi le réalisme de cette définition. Celle-ci reste par ailleurs imprécise, car la notion même de maladie n'est pas définie ; si la maladie fait référence à l'infection par un agent pathogène, l'absence de maladie s'en trouve définie par défaut. Cependant, l'acceptation de maladie dans la définition de l'OMS renvoie à une définition élargie, incluant les affections non infectieuses, et la limite individu malade – individu sain reste floue.

Pour Blum, « *la santé consiste en la capacité de l'individu à maintenir un état d'équilibre approprié à son âge et à ses besoins sociaux, dans lequel l'individu est raisonnablement indemne de profonds inconforts, maladies ou incapacités, et de se comporter d'une façon qui assure la survie de son espèce aussi bien que sa propre réalisation personnelle* » (Blum, 1971). En recentrant le concept de santé sur un « *état d'équilibre* », cette approche permet une analyse dynamique : non seulement l'équilibre est apprécié à un instant donné, mais l'approche fait aussi référence au passé de l'individu (conditions de vie, maladies antérieures) ainsi qu'à son devenir potentiel (futurité). Cette acceptation de la santé centrée sur l'« *état d'équilibre* » s'avère donc en adéquation avec la santé des bovins, gérée par un éleveur propriétaire dans un système, avec des fins d'exploitation, induisant une nécessaire considération des événements passés et une anticipation de la santé future dans la gestion de la santé à un instant donné. Par ailleurs, la définition de la santé par Blum s'oppose à la vision idéaliste de l'OMS, en adoptant une approche sanitaire contextualisée et tenant compte des diverses observations empiriques de la santé. Ainsi, la santé comme état d'équilibre fait l'objet d'une part d'adaptations en fonction des caractéristiques (âge) et des besoins des individus, et d'autre part de nuances sur la nature des signes "indésirables" (« *inconforts, maladies ou incapacités* ») et sur l'intensité de leur manifestation (« *raisonnablement* ») ; elle doit cependant respecter la fonction de reproduction. Là encore, cette approche s'avère en accord avec la notion de santé comme élément joint d'un système de production agricole, où le compromis sanitaire l'emporte sur l'absence absolue de maladies.

Ces considérations permettent d'adapter facilement la définition de la santé de Blum pour l'appliquer aux productions bovines dans le contexte français : *la santé des bovins consiste en leur capacité à maintenir un état d'équilibre approprié au système de production, dans lequel l'individu est raisonnablement indemne de profonds inconforts ou maladies, et de se comporter d'une façon qui assure sa reproduction*. Cette définition de la santé des bovins sera retenue.

L'acceptation de la santé comme « *état d'équilibre* » (Blum) ou « *complet bien-être* » (OMS) rend caduque les rapports ambigus entre bien-être et santé observés lorsque celle-ci est définie comme "simple" absence de maladies. La définition de la santé telle que formulée par Blum exclut les "légers inconforts" qui pourraient être considérés comme des défauts de bien-être. A l'instar des problématiques relatives à la définition de la santé, les frontières entre absence et présence de bien-être restent par ailleurs floues. Ainsi, l'objectivation du bien-être animal chez les bovins est réalisée avec des indicateurs dont la plupart sont des critères diagnostiques ou facteurs de risque de certaines maladies<sup>1</sup> (Blokhuys, 2009), suggérant d'inclure le bien-être animal dans la santé.

## **2 - Les enjeux liés à la santé des bovins**

La santé des bovins représente des enjeux sanitaires, économiques, territoriaux, éthiques et politiques. Chacun de ces enjeux est retrouvé dans la plupart des filières bovines, bien que leur importance relative puisse fortement varier.

### **21 - Enjeux sanitaires pour l'homme**

Les enjeux sanitaires de la santé des bovins reposent sur les zoonoses (contamination infectieuse de l'homme par l'animal infecté) et sur l'antibiorésistance.

Les enjeux zoonotiques sont fortement liés aux modes de transmission des agents infectieux. La coopération des systèmes sanitaires humains et vétérinaires (one health concept) s'avère un outil puissant de maîtrise des risques zoonotiques, tout particulièrement dans les pays en voie de développement où le contact direct et indirect animal - humain est important (Zinsstag et al., 2005). Dans les pays développés, les circuits commerciaux modifient les modes de transmission potentiels des maladies. Lorsque la transmission est uniquement possible d'individu à individu, l'exposition des professionnels est possible et celle des consommateurs faible à nulle (brucellose, tuberculose...). Lorsqu'il y a possibilité de contamination par voie alimentaire, les enjeux concernent l'ensemble des consommateurs, avec des risques systémiques (ESB, cysticerose ...) ou réduits aux produits crus (Brucellose, Fièvre Q, Salmonellose, *E. Coli*). Le rôle de la faune sauvage (transmission indirecte) et des fermes d'accueil (transmission directe) reste réduit et localisé.

L'utilisation d'antibiotiques dans les filières animales représente un enjeu sanitaire croissant pour la santé humaine. En présence d'antibiotiques, une souche bactérienne met en place des mécanismes de résistance, souvent au détriment de son métabolisme (coût

---

<sup>1</sup> Parmi les critères d'évaluation du bien-être, des indicateurs tels que la note d'état corporel, la note de propreté et la note de locomotion sont utilisés. Or, la note d'état corporel est utilisée comme critère diagnostique d'amaigrissement lors de troubles métaboliques (facteur de risque de déficit énergétique). De même, la note de propreté est corrélée aux comptages somatiques du lait (santé de la mamelle) (Barkema et al., 1998). Enfin, la note de locomotion objective le taux de boiterie dans le troupeau, celui-ci étant corrélé à une baisse d'ingestion et de production (Sprecher et al., 1997).

génétique), conduisant à sa disparition à terme. Cette réversibilité partielle de la résistance côtoie cependant des résistances pérennes (Andersson, 2003). L'utilisation d'antibiotiques dans les filières animales induit (i) un risque de présence de résidus d'antibiotiques dans les produits alimentaires, se traduisant par une exposition des consommateurs, et (ii) un risque de transmission de bactéries (pathogènes ou non pathogènes) avec gène de résistance (résistance pérenne) de l'animal à l'homme. En raison des mécanismes de mise en place des résistances, leur risque de développement (ou "usure" des molécules) est corrélé à l'intensité de l'utilisation des antibiotiques (volumes) et à leurs modalités d'utilisation (durée de traitement, respect des délais d'attente) (Scott et al., 2001). Les mêmes familles d'antibiotiques étant utilisées dans les secteurs humains et vétérinaires, l'antibiothérapie induit des externalités négatives au sein et au-delà de son secteur d'utilisation. L'antibiothérapie animale représente ainsi une part du risque total liée à l'antibiothérapie, avec des fortes variations en terme de volume et de modalités d'utilisation des antibiotiques entre espèces (de manière croissante : ruminants et monogastriques) et filières (de manière croissante : bovins allaitants, bovins laitiers, engraissement taurillons et veaux) (Lhermie, 2010).

## **22 - Enjeux économiques pour l'exploitant et la filière**

L'impact économique de la santé se manifeste à l'échelle de l'exploitation et du territoire.

Dans l'analyse micro-économique des troubles sanitaires, les coûts totaux des maladies incluent (i) une augmentation des dépenses liées aux coûts de maîtrise des maladies (augmentation de l'input, moins une éventuelle baisse de consommation de certaines ressources non sanitaires) et (ii) un manque à gagner lié aux pertes provoquées (baisse de l'output). Ainsi, l'adoption par un éleveur de mesures préventives ou curatives dépend entre autres de leur coût et de leurs effets escomptés sur la production. De plus, l'analyse économique de la santé des bovins ne peut être dissociée du contexte productif de l'exploitation : chaque type productif et chaque niveau de production sont associés à des niveaux d'output autorisant, voire justifiant, certains niveaux de coûts de maîtrise (Tisdell, 1995).

L'élevage bovin français a une répartition géographique contrastée et un ancrage territorial marqué, induisant des enjeux économiques territoriaux. D'une part, les maladies infectieuses d'un troupeau exercent une externalité négative sur les troupeaux voisins, en augmentant leur probabilité de contracter ces maladies (Rat-Aspert et Fourichon, 2010). La prévalence territoriale de la maladie et la force de l'externalité au sein du territoire sont négativement corrélées (les animaux séropositifs étant généralement cliniquement protégés ou non sensibles). L'enjeu économique territorial est ainsi associé à chacune des maladies possédant une "externalité infectieuse".

L'enjeu économique territorial associé à la santé des bovins provient aussi de la déstabilisation des marchés et des restrictions d'accès aux marchés, avec des conséquences localisées à nationales. Pour les maladies infectieuses contagieuses, la restriction des

mouvements des animaux autour des foyers infectieux déstabilise fortement les marchés locaux à nationaux et induit une modification du type de produits livrés par les exploitations, tel qu'observé en 2007 en France pour la Fièvre Catarrhale Ovine (FCO) (Mounaix, 2009). En réduisant l'ensemble des activités et la libre circulation des biens et des personnes, les maladies fortement contagieuses induisent des coûts importants sur l'ensemble de l'économie locale ; ainsi, les pertes liées à l'épisode de fièvre aphteuse de 2001 au Royaume-Uni sont aussi élevées pour le tourisme que pour l'agriculture (Rault et Krebs, 2010). A l'échelle nationale, l'apparition de foyers infectieux se traduit aussi par la perte de marchés d'exportation concernant des pays indemnes pour cette maladie ; cette perte de marché est souvent associée à une augmentation d'offre interne et se traduit par une baisse des prix du marché interne qui se prolonge au-delà de l'épidémie (Dijkhuizen et al., 1995).

Selon les mêmes mécanismes de modification de l'offre et de la demande à l'échelle nationale, les troubles sanitaires non infectieux peuvent induire des variations non maîtrisées de l'offre et influencer sur les prix du marché. Sur un cycle de production annuel, cette situation n'est cependant possible que lors d'une apparition simultanée de troubles non infectieux dans un grand nombre d'exploitations, souvent en relation avec des conditions climatiques particulières. Sur une période de temps plus longue, les troubles tels que la mortalité ou la sous-production interfèrent avec le rapport offre-demande et le prix des produits (Ott et al., 1995).

### **23 - Enjeux politiques et éthiques**

Les enjeux éthiques et politiques répondent pour partie aux enjeux sociétaux et découlent des enjeux économiques et sanitaires. L'importance des enjeux politiques a été largement illustrée au cours des dernières années avec plusieurs crises sanitaires (veaux aux hormones, encéphalopathie spongiforme bovine, fièvre aphteuse...) associant enjeux économiques (exportations réduites, chute de consommation) et pression sociétale. Les enjeux politiques associés à l'aménagement du territoire dans des régions à dominante agricole -dont l'élevage- renvoient aux conséquences tant micro que macro-économiques des troubles sanitaires des bovins, sur des échelles temporelles variables (durabilité économique des exploitations et capacité à surmonter les crises).

Les enjeux éthiques sont complexes, hétérogènes en fonction des parties prenantes et évoluent dans le temps ; ils sont fortement liés aux enjeux politiques. Ils renvoient principalement à la sensibilité croissante des consommateurs aux conditions d'élevage des animaux, dans un contexte de soutiens publics auxquels ils contribuent, mais avec une acceptation limitée à payer un surplus. Ces enjeux éthiques complexes sont souvent gérés dans la sphère politique, *via*, par exemple, la conditionnalité des aides et les réglementations de bien-être animal. L'utilisation des antibiotiques dans les filières animales illustre bien la complexité des enjeux éthiques : conservation des molécules pour la santé humaine, obligation "morale" de traiter les animaux malades, forte déstabilisation des filières et augmentation des prix des produits en cas d'interdiction totale des antibiotiques chez les animaux de rente.

Les enjeux liés à la santé des bovins s'avèrent nombreux, complexes et interdépendants. Les dispositifs sanitaires mis en place pour faire face à ces enjeux doivent ainsi répondre à des objectifs parfois discordants, et impliquant des parties prenantes diversifiées, voire en opposition sur certains principes. La conciliation des différents enjeux liés à la santé animale, tant à l'échelle de l'exploitation que du territoire, et impliquant les sphères scientifiques, économiques, politiques, et sociétales, reste le défi majeur rencontré au quotidien dans la gestion de la santé animale. La diversité des enjeux est aussi à relier à l'hétérogénéité et à la complexité des entités impliquées dans la santé des bovins.

### **3 - La santé des bovins, une entité hétérogène**

La diversité des entités sanitaires des bovins est le résultat direct de la multiplicité des types de production rencontrés en France et de la diversité des systèmes d'élevage pour chacun de ces types productifs (Rouquette et Pflimlin, 1995; Sarzeaud et al., 2008).

La multiplicité des types de production provient de l'équilibre entre l'élevage laitier et allaitant naisseur, chacun regroupant environ 4 millions de vaches, auxquels il faut ajouter l'activité d'engraissement de veaux de boucherie, bœufs, génisses et taurillons. L'imbrication des différents types de production au sein de mêmes exploitations et territoires contribue à la complexité de l'élevage bovin français.

La diversité rencontrée au sein même des systèmes laitiers, allaitants ou d'engraissement provient du système alimentaire, en relation plus ou moins étroite avec la localisation, la productivité et les débouchés.

#### **31 - Divers troubles de santé liés aux types de production et catégories d'animaux**

Un des éléments influençant la nature des troubles de santé est donc le type de production, même si certains déterminants communs à tous les types productifs sont observés. L'interaction entre type de production et troubles sanitaires se caractérise à la fois par la réversibilité de ces derniers et par la durée du cycle de production (cycles ronds annuels avec lots de production successifs et indépendants ou cycles longs de carrière animale avec lots de productions continus) (Landais et Bonnemaire, 1994).

La réversibilité des troubles de santé peut être totale (absence de signes cliniques, production "normale"), partielle (présence de séquelles) ou absente (mort de l'animal). La réversibilité totale d'une grande partie des troubles de santé induit un faible impact sur les caractéristiques finales des produits : même si les cycles de production sont courts (6-18 mois), ils restent suffisamment longs pour permettre une croissance compensatrice c'est-à-dire une compensation ultérieure partielle ou totale de la croissance réduite pendant la maladie (Thompson et al., 2006). Le prolongement de la durée d'engraissement ou d'élevage permet le cas échéant d'atteindre les caractéristiques techniques de livraison de l'animal (poids, conformation...) souhaité.

Les troubles de santé se déroulent au sein d'exploitations définies comme un « système de production combinant des facteurs de production » (Brossier, 1987), d'où le terme "système exploitation". La santé, en tant qu'état d'équilibre, entretient donc des relations étroites avec le système de production qu'est l'exploitation agricole ou l'atelier. Chaque atelier est lui-même composé de différents lots d'animaux (représentant les lots physiques), en interaction étroite au sein de l'atelier. Ils seront classés ici en 3 types correspondant à 3 fonctions: lot "troupeau souche" (mères), lot de renouvellement (génisses d'élevage), lot d'animaux en production. Chacun de ces lots peut être affecté par des troubles sanitaires spécifiques (même si l'importance et la nature des troubles varient entre lots), avec interaction plus ou moins forte entre lots (selon le type de production). Cette approche constitue le principe fondamental de la gestion pratique des troupeaux bovins par les éleveurs mais aussi de l'analyse sanitaire pratiquée en médecine de production: chaque trouble est analysé par lot physique, ce qui n'interdit pas une analyse transversale de l'atelier dans un second temps (Brand et Guard, 2001; Andrews et Polle, 2004).

Les ateliers d'engraissement sont uniquement composés d'un lot en production et sont fonctionnellement indépendants au sein de l'exploitation (achat d'animaux, engraissement en bâtiments, revente pour abattage). Associés à des cycles de production courts (5-6 mois pour les veaux de boucherie) à intermédiaires (10-15 mois, pour les taurillons), les troubles de santé restent indépendants entre lots successifs, sauf exception (absence de vide sanitaire). La nature des produits est peu affectée par les troubles dominants (respiratoires) car apparaissant précocement (premier mois d'engraissement) et assez fortement réversibles (peu de non-valeurs économiques, allongement possible de la durée d'engraissement).

Les ateliers allaitants regroupent un lot de génisses d'élevage et un lot de mères suitées, qui sera analysé comme un lot de mères et un lot de production (broutards), leur santé pouvant être considérée comme indépendante. Les diarrhées du jeune veau apparaissent là encore en début de cycle de production et ont un impact quasi-nul sur les caractéristiques du broutard sevré (hors mort); les troubles respiratoires apparaissent tout au long du cycle de production, avec une incidence plus élevée dans les premiers mois, et leur réversibilité reste modérée à élevée (nombreuses rechutes, pertes de fonctionnalité pulmonaire possible). Les broutards sont associés à des cycles de production plutôt courts (6-9 mois) avec une certaine indépendance des troubles d'une année sur l'autre, sauf si les vêlages sont fortement étalés. Cependant, une partie des broutards femelles devenant le lot de génisses de renouvellement de l'année suivante, une dépendance entre ces deux lots apparaît. Le lot de mères est impliqué dans des cycles productifs longs (valorisé *in fine* par la réforme bouchère) mais reste peu affecté par les maladies dans ce contexte (hors accidents). Cependant, le lot de mères est impliqué dans des cycles productifs annuels dans la fonction de reproduction, interagissant avec le lot de production de l'année n+1 (infertilité, avortements, dystocies<sup>2</sup>).

Dans l'approche proposée, les ateliers laitiers se caractérisent par une confusion entre le troupeau souche et le lot de production ; ainsi, les animaux en production sont enrôlés dans des cycles de production longs (plusieurs années). De plus, les principaux troubles sanitaires

---

<sup>2</sup> Difficulté de vêlage

de la vache laitière ont une réversibilité variable : bonne mais avec décalage dans le temps (troubles de la reproduction), modérée dépendant du stade de la maladie (maladies métaboliques, certaines infections intra-mammaires) ou faible à nulle (certaines infections intra-mammaires).

Au bilan, les modes de production (type de produits et durée du cycle productif) interagissent fortement avec les troubles de santé. Cette interaction dynamique et temporelle est particulièrement prononcée entre les lots de renouvellement et les lots de mères : (i) une réversibilité partielle de toute maladie ou mortalité chez les génisses peuvent impacter le futur lot de mères (ii) une réversibilité partielle ou nulle chez les mères augmente les besoins en génisses (iii) pour les maladies infectieuses réglementées, les deux lots sont interdépendants. Au contraire, les lots de production se caractérisent par une certaine indépendance entre lots successifs, avec des troubles sanitaires à réversibilité moyenne à forte, hors mortalité.

La santé des bovins apparaît ainsi comme un élément constitutif du système exploitation, en entretenant des interactions fortes avec le schéma productif. La maladie est à l'origine d'externalités sanitaires entre lots d'un même atelier ou entre ateliers de l'exploitation, ainsi que d'externalités sur le schéma productif de l'exploitation. L'analyse économique sanitaire n'est ainsi envisageable qu'à travers une approche système, englobant processus sanitaires et processus productifs, afin de tenir compte des coûts d'opportunités présents dans la gestion des ateliers.

### **32 - La santé d'un animal ou d'un lot d'animaux dépendante de facteurs de risque**

L'apparition d'une maladie chez un individu est associée à une probabilité, ou risque. Les pratiques ou circonstances associées à ces risques sont nommées facteurs de risque. La différence d'incidence et le risque relatif mesurent le poids du facteur de risque associé à la maladie (Schukken et al., 2001). Pour les maladies monofactorielles, un facteur de risque domine : il est le plus souvent infectieux. Les facteurs de risque (infectieux ou non infectieux) des maladies polyfactorielles peuvent être impliqués indépendamment ou simultanément et agir de manière déterminante ou favorisante.

#### *Maladies mono et polyfactorielles*

Les bovins étant élevés par lots dans des ateliers au sein d'exploitations, l'analyse de l'impact et de la gestion des maladies impose une approche collective (par atelier) et non individuelle.

Pour les maladies infectieuses monofactorielles fortement contagieuses, le risque d'infection lors de contact avec l'agent infectieux est très élevé (fièvre aphteuse) à élevé (BVD<sup>3</sup>). L'agent

---

<sup>3</sup> BVD (Bovine Viral Diarrhea) : maladie virale associée à des troubles divers (diarrhée, avortements, mortalité...) avec possibilité d'excrétion virale continue et permanente (à vie) chez des animaux IPI (Infectés

infectieux circule alors rapidement au sein du lot et peut diffuser dans tous les lots de l'atelier, voire dans les différents ateliers de l'exploitation. Le risque est alors situé au niveau de l'environnement de l'exploitation (risque du troupeau de rencontrer l'agent infectieux). Certaines maladies mono-infectieuses ont un degré de contagion plus faible (IBR<sup>4</sup>) ; le risque est défini à la fois sur la probabilité de contamination du lot/atelier/troupeau, et sur la probabilité de contamination entre animaux (par exemple, facteurs de risque liés à de l'immunodépression...).

Les maladies polyfactorielles peuvent n'impliquer aucun agent infectieux, à l'instar des maladies métaboliques. La plupart des maladies polyfactorielles impliquent des facteurs de risque non infectieux et infectieux. Les agents infectieux sont plutôt spécifiques d'une population (veau nouveau né, veau en croissance, taurillon) et/ou un organe (tube digestif, poumons, mamelle). L'incidence est donc calculée sur la population cible qu'est le lot. Les facteurs de risque associés regroupent ceux liés à la pression d'infection/infestation (ou probabilité de contamination) et ceux liés aux capacités de défense des organismes. En effet, ces agents infectieux sont ubiquistes et toujours présents dans les élevages, soit dans l'environnement ou chez des porteurs sains d'autres lots (mammites, diarrhées) soit chez des animaux du lot contaminés subcliniquement (mammites). L'apparition d'animaux malades dans un lot augmente la probabilité de contamination des autres animaux du même lot (diarrhées, pneumonies). Ces maladies se caractérisent aussi par l'implication possible de plusieurs agents infectieux (simultanément ou pas), conduisant aux mêmes types d'affection (pneumonies, diarrhées, mammites). Aux côtés des agents infectieux, des facteurs de risque non infectieux sont impliqués dans les maladies polyfactorielles, et sont traditionnellement abordés sous l'acronyme ALARME (Alimentation, Logement, Animal, Régie d'élevage, [Microbisme], Eleveur).

### *Structures et pratiques*

Le recours à la notion de facteur de risque pour expliquer l'apparition de maladies est en phase avec le positionnement de la santé au sein du système productif, dans la mesure où les facteurs de risque non infectieux sont liés à la gestion de l'atelier par l'éleveur, et que la manifestation des facteurs de risque infectieux est nuancée par cette même gestion. L'importance accordée aux facteurs de risque revient à attribuer un rôle central à l'éleveur dans la gestion sanitaire des ateliers de bovins.

La gestion de l'atelier par l'éleveur renvoie aux pratiques ainsi qu'aux structures de l'atelier. Les pratiques, que l'on peut scinder en sanitaires ou d'élevage (productives, non sanitaires), correspondent à la traduction concrète des choix (ou des possibilités) de gestion de l'éleveur. Les structures d'élevage peuvent être considérées comme fixes, mais constituent potentiellement des facteurs de risque. Cependant, elles peuvent aussi dépendre de l'éleveur, en considérant un pas de temps moyen à long : aux côtés des pratiques sanitaires pourraient être définies des "structures sanitaires", représentant les modifications de structures pour

---

Permanents Immunotolérants) qui ont été contaminés durant la période fœtale et ayant une durée de vie réduite mais variable.

<sup>4</sup> IBR (Infectious Bovine Rhinotracheitis) : maladie à tropisme respiratoire et génital, ne se manifestant actuellement (quasiment) pas sous forme clinique en France, mais objet d'une certification des élevages dans l'objectif d'obtention d'une qualification indemne de ces élevages, voire de la France à terme.

raisons sanitaires : face à un problème sanitaire, les mesures mises en place sont soit d'ordre structurel (modification du bâtiment, du système de traite), soit d'ordre pratique (schéma vaccinal, détection des malades, pratique de traite).

Ainsi, les facteurs de risque sanitaires sont représentés par les pratiques et structures de l'atelier que l'éleveur a développées et adoptées, dans un système constitué par l'exploitation. Les mesures sanitaires prises peuvent être liées aux structures ou aux pratiques.

### **33 - Quatre catégories de maladies chez les bovins**

A partir des différents enjeux liés aux maladies animales et de la nature des facteurs de risque impliqués, il semble possible de réaliser une classification des entités sanitaires observables dans les systèmes d'élevage français en 4 catégories de maladies. La classification proposée englobe bien toutes les entités sanitaires et ne se limite pas aux maladies infectieuses ou zoonotiques<sup>5</sup>, en accord avec la définition de la santé retenue précédemment.

Certaines maladies mono-infectieuses contagieuses sont réglementées (catégorie 1), en raison de leurs enjeux sanitaires (zoonose) et/ou commerciaux. Pour certaines maladies réglementées, la réglementation établie à l'échelle nationale est basée sur la classification des animaux et troupeaux (indemne / non indemne) ; la classification du pays comme indemne permet d'accéder à des marchés réservés, justifiant l'inclusion de maladies sans enjeux zoonotiques dans cette catégorie. La liste des maladies réglementées est spécifique à chaque pays et varie dans le temps ; elle correspond aux anciennes listes A et B de l'OIE. L'apparition d'un nouveau foyer infectieux se traduit généralement par une diffusion épidémique (contamination d'un grand nombre d'individus ou de groupes d'individus sur une courte période de temps) de la maladie au sein ou au-delà d'un territoire (OIE, 2011).

La gestion des maladies mono-infectieuses contagieuses non réglementées (catégorie 2, nommées maladies encadrées) peut être laissée à la discrétion totale de l'éleveur ou encadrée plus ou moins obligatoirement par certains organismes avec possibilité éventuelle de certification (IBR). Face à ces maladies plutôt endémiques (s'exprimant à bas bruit, sur de nombreux élevages), les motivations des éleveurs sont sanitaires (BVD, paratuberculose) et/ou commerciales (IBR).

A l'instar des maladies réglementées, ces maladies se caractérisent par leur forte externalité infectieuse d'un élevage sur ses voisins (ou lors d'achats), conduisant à une récurrence dans leur éradication : pour le BVD, jusqu'à 10 % des troupeaux bretons assainis auraient été recontaminés dans les années suivantes (Joly, 2010). Ces externalités ont motivé des démarches collectives visant une internalisation territoriale de l'externalité infectieuse. Les

---

<sup>5</sup> Plusieurs classifications de la santé des bovins ont été proposées, mais elles concernent uniquement les maladies infectieuses et/ou réglementées. Ainsi, l'Office International des Epizootie (OIE) définit une liste de maladies (nommées maladies de la liste de l'OIE) regroupant les maladies à caractère zoonotique placées sous surveillance ; une ancienne classification établissait 2 listes (A et B). Dans le cadre des Etats Généraux du Sanitaire de 2010, 3 groupes de maladies ont été proposés : maladies réglementées (groupe 1), maladies réglementées au titre des plus de 60 % (groupe 2) et maladies à lutte volontaire (groupe 3) (Repiquet, 2010).

plans de maîtrise proposés et suivis de manière volontaire par les éleveurs sont basés sur une certification individuelle des élevages, selon un cahier des charges spécifique à chaque maladie et défini par l'Association pour la CERTification de la Santé Animale<sup>6</sup> (ACERSA). Cependant, les plans de maîtrise locaux peuvent viser des objectifs variables pour la même maladie : par exemple, éradication ou « *cohabitation sur le plan sanitaire et économique* » pour le BVD (Joly et al., 2010; Petit, 2010). Certaines démarches peuvent devenir obligatoires sur le territoire (suivant alors une gestion proche des maladies réglementées), lorsque la prévalence de la maladie est faible (IBR...).

Certaines de ces maladies (BVD) sont aussi des facteurs de risque des maladies de production.

Les affections accidentelles (catégorie 3), qu'elles soient infectieuses ou non infectieuses, individuelles ou collectives, se caractérisent par leur caractère ponctuel et difficilement maîtrisable par l'éleveur. Pour les affections individuelles accidentelles (fracture, foudroiement, glissade, panaris, réticulopéritonite traumatique<sup>7</sup>, abcès, dystocies, chirurgies ...), une forte incidence de ces troubles dans un groupe d'animaux suggère la présence d'un facteur de risque et conduit alors à considérer la maladie comme une maladie de production (catégorie 4). Les maladies accidentelles collectives apparaissent spontanément et généralement sans récurrence entre années successives (salmonellose, dysenterie d'hiver<sup>8</sup>).

Les maladies de production (catégorie 4) représentent les maladies enzootiques multifactorielles. Ces maladies souvent polyinfectieuses peuvent toucher l'ensemble du lot d'animaux (souvent un seul lot parmi les lots de mères / renouvellement / production). L'éleveur a un rôle clé dans leur gestion *via* la maîtrise des facteurs de risque : parmi les maladies les plus courantes figurent les diarrhées du veau nouveau-né (< 21 jours), les omphalites du nouveau-né, les pneumonies du jeune veau, du broutard, du taurillon et des génisses d'élevage, les maladies métaboliques des vaches laitières, les mammites, troubles de la reproduction... Ces maladies sont souvent associées à un impact sanitaire et économique important et ont une prévalence variable selon les troupeaux. Chaque entité sanitaire est spécifique d'un type de production et/ou d'une catégorie d'animaux. L'expression de ces maladies (surtout mammites et maladies métaboliques) peut être clinique (associée à des signes cliniques marqués et donc visibles) ou subcliniques (sans signes cliniques associés) ; ces deux modes d'expression renvoient à des enjeux économiques, techniques et sanitaires différents, mais tout aussi importants. Les troubles de la reproduction sont des maladies polyfactorielles (catégorie 4), mais où le facteur infectieux (Chlamydie, Néosporose, Fièvre Q) peut avoir un rôle déterminant (catégorie 1 ou 2).

Les maladies enzootiques multifactorielles peuvent se manifester de manière épidémique (pneumonies sur quelques jours, mammites subcliniques sur quelques mois) ou endémique

---

<sup>6</sup> L'ACERSA est une association de certification, bénéficiant d'un agrément d'Etat en tant qu'organisme concourant à la certification officielle en matière de maladies animales (Arrêté du 20 novembre 2001).

<sup>7</sup> Affection courante accidentelle chez les bovins, suite à l'ingestion de corps étrangers qui traversent alors les pré-estomacs et atteignent la cavité abdominale voire thoracique.

<sup>8</sup> La salmonellose et la dysenterie d'hiver sont des maladies épidémiques, respectivement transmises par *Salmonella spp* et un coronavirus, touchant souvent plusieurs animaux et jusqu'à la majorité des individus du troupeau. Elles se traduisent par des signes cliniques modérés à sévères, pouvant aller jusqu'à la mort de certains animaux.

(pneumonies toute l'année, mammites subcliniques toute l'année, dans la mesure où les animaux sensibles sont présents), avec une récurrence annuelle possible pour les épidémies. Endémies et épidémies sont ici considérées au sein des ateliers, car les maladies enzootiques multifactorielles n'induisent pas ou peu d'externalités d'un troupeau sur un troupeau voisin (agents infectieux présents dans l'environnement) ; une externalité d'un atelier sur l'autre atelier reste possible, si les deux ateliers ont des populations sensibles pour cette maladie. L'absence d'externalité des maladies enzootiques multifactorielles n'exclut pas des phénomènes endémiques ou épidémiques territoriaux, en raison du rôle clé des facteurs de risque dans l'apparition de la maladie. Ces facteurs de risque ont des similitudes territoriales telles qu'en ont les types de production avec des structures et des pratiques proches. Chaque territoire comporte donc des facteurs de risque communs, définissant un niveau territorial endémique de maladies de production. De même, le risque d'épidémies est territorialement plus élevé lorsque des groupes d'animaux géographiquement voisins sont soumis de manière indépendante aux mêmes facteurs de risque (épisode climatique froid / chaud).

#### **4 – La santé des bovins associée à une gestion diversifiée**

Au sein du dispositif sanitaire bovin, chaque catégorie de maladie bénéficie d'une gestion spécifique et adaptée aux enjeux impliqués. Les spécificités de la gestion des maladies réglementées sont ainsi affirmées par des protocoles réglementaires précis. Pour les maladies de production qui constituent une entité plus diversifiée et territorialement marquée, les modalités de gestion s'avèrent plus complexes, avec certaines contraintes réglementaires, mais une forte variabilité dans le rôle joué par l'éleveur.

##### **41 - Eradication des maladies mono-infectieuses**

L'objectif poursuivi face à la majorité des maladies mono-infectieuses réglementées est leur éradication de l'exploitation voire du territoire. Pour les maladies endémiques, l'éradication est basée sur l'élimination des animaux contaminés (abattage) lorsque les enjeux sanitaires sont importants, sans possibilité de traitement (brucellose, tuberculose). La vaccination des animaux atteints afin de limiter la contamination des animaux sains est possible (IBR) surtout lorsque la prévalence de l'infection au sein de l'exploitation ou du territoire est élevée (impossibilité d'abattage de tous les animaux contaminés).

Lors d'épidémie associée à l'introduction accidentelle d'agents infectieux, l'immobilisation des personnes, des produits et des biens autour du foyer vise à limiter la propagation de la maladie (Fièvre aphteuse, FCO). La vaccination (territoriale à nationale) est envisageable (si techniquement possible) lors de propagation importante de la maladie ou d'impact conséquent sur les productions (avortements, chutes de productions), entraînant cependant la perte du statut indemne du pays pour cette maladie.

Les maladies encadrées sont gérées de manière très variable, en fonction de la nature de l'intervenant, éventuellement lié à la présence d'une certification (contraignant la démarche à suivre) et en fonction des contraintes techniques et des caractéristiques du territoire (types de production, et objectifs poursuivis) (Joly et al., 2010; Petit, 2010). Que la gestion vise l'éradication (BVD, paratuberculose) ou la réduction des troubles (Chlamydie, Néosporose, Fièvre Q), la mise en place d'un plan de gestion pluriannuel repose sur l'élimination des animaux excréteurs (IPI, BVD) ou la réduction de l'excrétion (vaccination), le contrôle des statuts des animaux introduits et la réduction de la clinique (vaccination).

En raison du cadre réglementaire rigide, la gestion des MALADIES RÉGLEMENTÉES échappe à l'éleveur. Pour les maladies encadrées, la démarche reste généralement volontaire, mais la mise en place d'une certification se traduit par un strict respect du protocole sanitaire ainsi que des intervenants réglementaires.

#### **42 - Gestion curative et préventive des maladies de production**

Contrairement aux maladies de la catégorie 1 et 2, l'éleveur possède un rôle clé dans la gestion des maladies de catégorie 4, à la fois (i) dans le choix global du système de production, (ii) dans le choix des facteurs de risque sanitaires associés (structures et pratiques), et (iii) à travers la qualité de mise en œuvre concrète et quotidienne des pratiques de gestion productives et sanitaires.

##### *Nature des mesures sanitaires*

La gestion des maladies accidentelles ou de groupe (catégories 3 et 4) mobilise des actions curatives (actes et traitements individuels et collectifs) et préventives, médicales et non médicales.

La gestion curative individuelle inclut des actes (examens cliniques, chirurgies, vêlages, parages...) et des traitements médicaux (antibiotiques, anti-inflammatoires, traitements adjuvants). Le principal traitement médical collectif curatif utilisé chez les bovins est la métaphylaxie, surtout dans le cadre des maladies respiratoires: cette pratique consiste à traiter l'ensemble d'un lot lorsque une partie importante (25 %) du lot est atteinte, vu la forte probabilité que tous les animaux soient atteints dans un avenir proche (Assié et al., 2009). La gestion curative non médicale (individuelle ou collective) repose sur la gestion des facteurs de risque: retrait de l'exposition aux facteurs de risque, mise en place de mesures protectrices. En pratique, la gestion curative collective se confond souvent avec la gestion préventive de la maladie pour l'avenir.

La prévention médicale des maladies est basée sur les vaccins, les antibiotiques et les antiparasitaires, alors que la prévention non médicale repose sur la gestion des facteurs de risque. L'utilisation des antibiotiques en prévention ne s'opère que de manière limitée (maladies respiratoires), hors tarissement de la vache laitière.

La gestion préventive en élevage est réalisée dans le cadre de Plans Sanitaires d'Élevage (PSE). Il regroupe l'ensemble des traitements préventifs à réaliser sur l'élevage pour l'année suivante. Il inclut aussi les modifications de pratiques non médicales.

### *Rôle de l'éleveur dans la gestion des maladies de production*

L'éleveur est directement impliqué dans la gestion des maladies de production, *via* sa réponse apportée aux 3 principales limites des techniques préventives : (i) limites techniques sanitaires de prévention en relation avec le contexte productif, (ii) limites des possibilités adaptatives lors d'épisode sanitaire, et (iii) limites dans la mise en œuvre concrète des pratiques productives et sanitaires.

L'éleveur est tout d'abord confronté à des limites techniques dans sa démarche préventive, en interdépendance avec les choix (ou les contraintes) liés au schéma productif. En effet, chaque type de production possède des facteurs de risque spécifiques, induisant des troubles spécifiques. Par ailleurs, au sein de chaque type de production, les pratiques productives adoptées par les éleveurs varient (étalement des vêlages, achats important d'animaux, mélange de veaux d'âges différents ...) et font par conséquent varier les facteurs de risque sanitaires. Les mesures préventives médicales ou non médicales peuvent couvrir ces risques associées au choix productif, mais les possibilités de prévention médicale connaissent certaines limites d'efficacité.

Ces limites techniques sont bien illustrées par les possibilités vaccinales des lots de production : en effet, si la protection annuelle généralement apportée par les vaccins contre les maladies des troupeaux de mères (Chlamydie, Fièvre Q, BVD) permettent une couverture des périodes sensibles, la protection vaccinale des animaux en production est plus délicate. D'une part, le délai particulièrement long de mise en place de l'immunité vaccinale limite la protection lors des périodes à risque, tout particulièrement pour les maladies respiratoires<sup>9</sup>. D'autre part, les protocoles vaccinaux sont exigeants et les valences vaccinales varient fortement entre spécialités<sup>10</sup>. Enfin, la vaccination est toujours réalisée par lots d'animaux, ce qui conduit à un respect approximatif des recommandations des dates et âges de vaccination lors de vêlages étalés ou en début et fin de période de vêlage. Les antiparasitaires (période prépatente, durée de rémanence du principe actif, stade du parasite contre lequel le xénobiotique est actif ...) connaissent aussi des contraintes d'utilisation, en relation avec le système de production.

Ces exemples illustrent les limites techniques rencontrées dans la prévention médicale, pouvant aboutir à la manifestation significative de maladies dans certains systèmes productifs.

---

<sup>9</sup> Par exemple, la protection des vaccins par voie intramusculaire n'apparaît que 15 jours après le rappel, soit 5 semaines après la première injection, qui ne peut être réalisée avant 2-3 semaines d'âge. Ainsi, la protection vaccinale des veaux nouveau-nés n'est satisfaisante qu'à partir de 8 semaines d'âge, alors que le jeune veau est particulièrement sensible auparavant. De même, les broutards vaccinés le jour de l'allotement (car au pré auparavant ou achetés ce jour là par l'engraisser de taurillons) ne sont pas protégés lors de la période la plus sensible (1<sup>er</sup> mois d'engraissement). Pour les diarrhées du veau nouveau-né, les limites liées à la durée de mise en place de l'immunité sont contrecarrées par la vaccination des mères en fin de gestation.

<sup>10</sup> Par exemple, pour les diarrhées néonatales du jeune veau, la vaccination des vaches doit être réalisée 1 à 2 mois avant le vêlage ± le jour du vêlage (2 injections), sauf pour un vaccin avec 1 injection entre 12 et 3 semaines avant le vêlage.

Au contraire, par un jeu de rétrocontrôles adoptés par l'éleveur, ces limites d'efficacité de la prévention médicale peuvent justifier des modifications du schéma productif, pour réduire les facteurs de risque présents et difficilement maîtrisables.

Le second frein auquel l'éleveur est confronté dans la gestion des maladies de production provient des limites adaptatives des mesures préventives lors d'épisodes sanitaires. Dans de tels cas, plusieurs mesures médicales ou non médicales (par exemple alimentaires et de conduite d'élevage : pratique de traite, utilisation du logement, gestion des lots d'animaux) peuvent être adoptées, jouant un rôle à la fois curatif et préventif pour l'avenir. Les facteurs de risque de type structurel restent cependant difficilement modifiables à court terme (bâtiments, système de traite ...). Cependant, sur une période plus longue, les facteurs de risque associés aux structures s'avèrent aussi dépendants, dans une certaine mesure, des choix de l'éleveur. Ainsi, certains facteurs de risque structurels fixes à court terme sont modifiables à moyen et long terme. Ils s'avèrent un levier du système productif que l'éleveur peut mobiliser dans une vision préventive globale, en particulier en présence de moyens préventifs médicaux limités.

Enfin, l'éleveur est impliqué dans les maladies de production par la qualité de la réalisation des pratiques productives et sanitaires. La plupart des mécanismes physiopathologiques inclut plusieurs étapes ou facteurs déclenchant qui conduisent à la maladie, et qui constituent des points critiques. Par symétrie, l'efficacité de la prévention repose sur l'additivité voire la synergie entre des mesures médicales et non médicales, avec certaines mesures qui apparaissent critiques (point focal) en termes d'efficacité globale du protocole. Par son comportement, son travail et ses qualités propres, l'éleveur constitue le facteur clé de réussite ou d'échec de tout plan de maîtrise ou d'éradication. Cet effet est bien illustré pour les diarrhées du veau, où de nombreux critères sont impliqués (hygiène générale, conditions de logement ...) mais où des points critiques sont mis en avant<sup>11</sup>. De la même manière, le savoir-faire de l'éleveur peut l'amener à privilégier certaines alternatives et stratégies sanitaires<sup>12</sup>.

Au bilan, la gestion des maladies de production implique fortement l'éleveur, *via* un jeu de pratiques agricoles et sanitaires nombreuses et interdépendantes, au sein d'un système productif et sanitaire complexe mobilisant diverses ressources.

---

<sup>11</sup> Par exemple, pour les diarrhées du veau nouveau-né, la consommation du colostrum s'avère un point clé pour permettre le passage des anticorps maternels dans le sang du veau (Transfert d'Immunité Passive, TIP). La concentration en anticorps du colostrum peut être favorisée par la vaccination de la mère. L'ingestion du colostrum par le veau reste sous l'entière dépendance de l'éleveur, à la fois en système laitier (séparation mère veau à la naissance) ou allaitant (veau nouveau-né accédant à la mamelle). Laisser le veau avec sa mère téter seul le colostrum s'avère un facteur de risque majeur de déficit de TIP.

<sup>12</sup> Un éleveur qui maîtrise bien les mesures de dépistage précoce des affections respiratoires sera moins enclin à vacciner contre ces troubles qu'un éleveur qui n'arrive pas (pour des raisons de savoir faire, de temps, ou de structures/organisation) à détecter ces maladies précocement.

### **43 - Gestion des maladies nécessitant le recours au médicament vétérinaire**

Parmi les mesures impliquées dans la gestion des maladies de production auxquelles l'éleveur a un accès en théorie illimité, les médicaments vétérinaires se démarquent par leur accessibilité restreinte et les contraintes liées à leur utilisation, telles que définies dans le Code de Santé Publique (CSP). Chaque médicament est autorisé pour une espèce cible, parfois un type productif (interdit chez les vaches laitières), dans le cadre d'une indication thérapeutique, et avec des posologies et un délai d'attente (délai avant la consommation des produits animaux par les humains).

Sa prescription est obligatoirement réalisée par un vétérinaire, sans que la forme juridique de son mode d'exercice ne soit restreinte<sup>13</sup>, dans deux conditions : après examen clinique du malade ou du groupe d'animaux ou, depuis peu, dans le cadre du protocole de soin. Le protocole de soin autorise à prescrire hors examen clinique ; il est rédigé à la suite d'un bilan sanitaire annuel de l'élevage et regroupe l'ensemble des maladies (courantes) pour lesquelles l'éleveur peut intervenir en première intention, sans avis vétérinaire, et autorise l'accès aux médicaments associés à la prévention ou au traitement de ces maladies (article R.5146-51 du CSP).

La délivrance des médicaments est accordée à trois catégories d'ayant droits. Les cabinets vétérinaires et pharmacies bénéficient d'un plein exercice de délivrance, sur présentation d'ordonnance (sans tenir officine ouverte pour les vétérinaires). Les groupements de producteurs (à vocation économique) agréés par le Ministère de l'Agriculture bénéficient d'un accès restreint aux médicaments (inscrits sur la liste positive définie par les pouvoirs publics) ; ces médicaments à visée préventive doivent être utilisés dans le cadre d'un plan sanitaire d'élevage (PSE) établi et suivi par un vétérinaire (salarié du groupement, le plus souvent).

## **5 – La santé des bovins implique de nombreux acteurs autour de l'éleveur**

Même situé au cœur des décisions sanitaires de l'élevage (hors maladies réglementés), l'éleveur n'en reste pas moins fortement accompagné dans ses choix sanitaires, et le dispositif sanitaire rencontré chez les bovins mobilise de nombreux acteurs se partageant la gestion des quatre maladies et le marché des médicaments vétérinaires. Les maladies de production s'illustrent par le nombre et la diversité des acteurs sanitaires impliqués.

---

<sup>13</sup> Principalement libéraux et salariés.

## **51 - Vétérinaire sanitaire et mandat sanitaire : le dispositif de gestion des maladies réglementées**

La gestion des maladies réglementées est sous la responsabilité du préfet de département, qu'il délègue au directeur de la Direction Départementale de la Protection des Populations (DDPP)<sup>14</sup>. Les actes de police, prophylaxie et surveillance sanitaires sont réalisés par un vétérinaire sanitaire (VS), dans le cadre du mandat sanitaire<sup>15</sup>. Le VS applique les procédures définies pour chaque exploitation (en pratique, souvent des injections ou prélèvements), annuellement pour les maladies endémiques ou de statut indemne, à la demande lors d'introduction d'animaux dans l'exploitation ou ponctuellement lors de nouvelles épidémies. En pratique, le VS est souvent le vétérinaire traitant de l'exploitation. Cette confusion s'avère fort efficace dans les missions de détection précoce et de déclaration des maladies réglementées, et le VS/vétérinaire traitant joue un rôle de sentinelle dans la détection des maladies réglementées. Ce rôle est d'autant plus stratégique que la plupart des maladies réglementées sont très contagieuses. Récemment, les fonctions du VS ont été enrichies par une visite bisannuelle dont l'objectif est d'évaluer le niveau de risque de l'exploitation vis-à-vis des maladies réglementées.

L'éleveur a une obligation de réalisation et de participation aux prophylaxies des maladies réglementées. La création d'associations d'éleveurs reconnues par le Code Rural en tant qu'organismes à vocation sanitaire (OVS) et nommées généralement Groupements de Défense Sanitaire (GDS)<sup>16</sup>, visait à faciliter le respect des obligations sanitaires des éleveurs. Ainsi, le GDS a des missions de sensibilisation et d'information des éleveurs, de mutualisation des moyens financiers (collectés auprès des éleveurs) en complément des aides de l'Etat, et enfin d'aide dans la réalisation des mesures sanitaires obligatoires, dans la gestion de missions déléguées par la DDPP et dans la conduite des prophylaxies collectives obligatoires. En pratique, la quasi-totalité des éleveurs adhère au GDS de son département.

La gestion des maladies réglementées est donc territorialisée, avec des mesures pouvant varier entre départements voisins, en fonction de la prévalence<sup>17</sup> de chaque maladie. Le GDS possède des fonctions sanitaires, administratives et financières, initialement réduites aux maladies réglementées. En fonction des contraintes locales, les missions exercées par le VS dans le cadre du mandat sanitaire sont rémunérées *via* le GDS, selon des tarifs négociés par département et par année.

---

<sup>14</sup> Les DDPP intègrent les ex DSV (Direction Départementale des Services Vétérinaires)

<sup>15</sup> Acte administratif donnant à un vétérinaire le pouvoir de réaliser, pour l'Etat et en son nom, des interventions sanitaires.

<sup>16</sup> Le nom peut varier selon les départements.

<sup>17</sup> Prévalence : nombre de cas déclarés d'une maladie ou d'un trouble (cas nouveaux et cas déjà déclarés) sur une période donnée dans une population indiquée ; à distinguer de l'Incidence : nombre de nouveaux cas d'une maladie donnée pendant une période donnée dans une population indiquée

## **52 - Vétérinaire traitant : interventions dans les maladies encadrées, urgences et maladies de production**

Le vétérinaire traitant intervient sur appel de l'éleveur pour la gestion des cas de médecine individuelle ou collective, qu'il s'agisse d'actions curatives ou préventives. Le recours de l'éleveur au vétérinaire traitant dépend de plusieurs paramètres dont le type d'activité de soin. Pour des actes sanitaires de niveau technique faible à modéré (réhydratation de veau...), le recours au vétérinaire dépend de la technicité de l'éleveur. Pour des actes à technicité élevée (chirurgie), le recours au praticien est systématique (et obligatoire dans certains cas). Les traitements de première (voire de seconde) intention sont de plus en plus souvent réalisés par l'éleveur, sans examen clinique du vétérinaire, pour les maladies à diagnostic "facile". Ainsi, les rôles respectifs des praticiens et des éleveurs dans la gestion sanitaire de première intention restent à la discrétion de l'éleveur, dans les limites réglementaires prévues dans le protocole de soin. Le recours au vétérinaire est alors souvent réservé à la seconde ou troisième intention.

Le praticien n'en reste pas moins placé en première ligne dans la détection des maladies de production et de certaines maladies encadrées. Il peut éventuellement les gérer aux côtés de l'éleveur, même si les GDS et, dans une moindre mesure, les groupements de producteurs possèdent des atouts dans la gestion des maladies de production. De plus, l'activité du vétérinaire traitant dans les maladies de production peut être limitée de part ses compétences techniques (alimentation, gestion de la reproduction, conduite de l'élevage).

Les relations financières vétérinaires traitants – éleveurs restent ambiguës, dans la mesure où la marge réalisée sur le médicament vétérinaire contribue significativement aux revenus des vétérinaires traitants. Ces derniers délivrent la majeure partie des médicaments utilisés chez les bovins (78 % en volume en 2009, toutes espèces confondues, d'après AIEMV<sup>18</sup> (Lhermie, 2010)), soit au chevet de l'animal malade après consultation, soit au cabinet pour les médicaments ciblés par le protocole de soin. La délivrance des médicaments constitue un enjeu majeur pour les vétérinaires libéraux, souvent décriés pour un possible conflit d'intérêt entre prescription et délivrance. Les éleveurs possèdent toutefois la possibilité de mobiliser des acteurs différents dans le cadre de la prescription et/ou de la délivrance, entre autre à travers les GDS et groupements de producteurs (salarient des vétérinaires).

## **53 - GDS et groupements de producteurs : interventions dans les maladies encadrées et maladies de production**

L'amélioration des statuts sanitaires des troupeaux français a progressivement libéré des moyens financiers et humains au sein des GDS, et permis un élargissement de leur champ d'action. Ainsi, tout en conservant leurs rôles dans la gestion des maladies réglementées, les

---

<sup>18</sup> Association Interprofessionnelle d'Etude du Médicament Vétérinaire

GDS ont investi assez logiquement le terrain des maladies encadrées, dont celles associées à une certification, et plus récemment les maladies de production.

En proposant différents plans d'action plus ou moins ciblés (avortements, diarrhées du veau, mammites), et en utilisant des portes d'entrée techniques (détection du BVD dans le lait) et financières (contribution financière aux coûts des analyses), les GDS contribuent à la gestion de certaines maladies de production, s'appuyant sur les praticiens libéraux pour les aspects matériels (prélèvements) liés à l'exécution de leur plan d'action.

La mutualisation des adhésions des éleveurs permet une participation financière du GDS à la fois (i) dans les programmes de détection des maladies, (ii) dans la mise en place des plans de maîtrise ou d'éradication de ces maladies et (iii) dans des dispositifs de type "caisse coup-durs" lorsque les conséquences sanitaires sont financièrement importantes pour l'exploitation. Ces incitations financières contribuent vraisemblablement au fort taux d'adhésion des éleveurs aux GDS (au-delà des raisons historiques). De plus, les dispositifs de contractualisation entre GDS et éleveurs portant sur les plans de maîtrise ou d'éradication de ces maladies visent à améliorer l'observance du plan de maîtrise, le non-respect se traduisant par une perte des aides.

Les groupements de producteurs interviennent également dans la gestion des maladies. Ces organisations sont souvent associées à des schémas de production intégrés (veaux de boucherie<sup>19</sup>) ou semi-intégrés (broutards, réformes et taurillons<sup>20</sup>). Des vétérinaires salariés du groupement (et donc indirectement des éleveurs) contribuent à la mise en place des plans de maîtrise (volontaires) des maladies, réalisent le bilan sanitaire annuel débouchant sur le protocole de soin, ce qui permet la rédaction d'ordonnance et la délivrance de médicaments par le groupement. Cependant, seule la délivrance par le groupement des médicaments préventifs (PSE) est autorisée. Les traitements curatifs du bilan sanitaire peuvent être délivrés par les SEL que les vétérinaires salariés possèdent en parallèle de leur activité salariée (dans les faits plus ou moins dépendant des groupements), ou par les autres ayants droits de délivrance. Certains vétérinaires peuvent aussi intervenir à la demande sur des groupes d'animaux, lors d'épidémie.

#### **54 - Place des autres organismes dans le dispositif sanitaire**

D'autres acteurs ont un impact indirect sur la gestion de la santé des bovins. A l'instar des groupements de producteurs, les clients (coopérative laitière, marchand de bestiaux) et fournisseurs des exploitations sont impliqués dans les choix techniques de production et les éléments sanitaires liés. Ainsi, les fournisseurs d'aliments du bétail peuvent être impliqués dans l'élaboration des rations et donc influencer indirectement sur la prévalence des maladies métaboliques. Les techniciens "qualité" des laiteries jouent un rôle clé dans la gestion

---

<sup>19</sup> Les systèmes de veaux de boucherie sont souvent totalement intégrés, avec une entité économique qui fournit les animaux, l'aliment d'engraissement, les médicaments et le suivi technico-sanitaire, et qui achète ou reprend les animaux finis.

<sup>20</sup> Ces systèmes se traduisent par des contrats de livraison de broutards (naisseurs) ou des contrats d'achat de broutards, d'engraissement et de livraison de taurillons au groupement.

préventive de la qualité cytologique du lait des éleveurs, mais aussi de manière "curative" pour les éleveurs dépassant régulièrement les seuils autorisés en cellules somatiques du lait. Les inséminateurs interviennent dans la gestion de la reproduction (IA et contrôle de gestations ...). L'adhésion de l'éleveur au contrôle laitier induit un conseiller supplémentaire concernant la qualité cytologique du lait et la gestion alimentaire. Des techniciens de la chambre d'agriculture peuvent intervenir sur la gestion et conception des bâtiments, sur la gestion des pâturages...

## 55 - Bilan : synthèse du dispositif sanitaire

Le dispositif sanitaire chez les bovins articule divers acteurs autour des 4 catégories de maladies (Tableau 1).

**Tableau 1 : place des intervenants en fonction des catégories de maladies**

	Maladies				
	Maladies réglementées (catégorie 1)	Maladies encadrées (catégorie 2)	Accidents (catégorie 3)		Maladies enzootiques multifactorielles (catégorie 4)
			Gestion	Médicaments	Gestion
Vétérinaire sanitaire	++	++			
Vétérinaire traitant		+++	++++	++++	++++
GDS	+	++			+ +++
Groupement de producteurs		+	+		+ ++
Autres organismes sanitaires					++

Le nombre de croix représente l'intensité de l'activité ; de fortes variations locales sont possibles. Les médicaments utilisés dans la gestion des maladies encadrées ne sont pas représentés.

## 6 – La santé, une question économique et territoriale

La gestion de la santé mobilise de nombreux arguments techniques, principalement empruntés à la physiopathologie<sup>21</sup>, à la thérapeutique et à l'épidémiologie. La santé animale n'en reste pas moins un problème économique, relatif à l'allocation efficace de ressources (McInerney et al., 1992; McInerney, 1996) tant au sein de l'exploitation qu'à l'échelle du territoire.

### 61 - La santé, un problème d'allocation de ressources et de coordination d'activités

L'approche économique de la santé est souvent réduite à des problématiques monétaires, tel qu'illustré par exemple par les méthodes de budgets partiels (Dijkhuizen et al., 1995). L'analyse des comportements des acteurs impliqués dans la santé s'avère toutefois une clé de lecture directement suggérée par la complexité du dispositif sanitaire, le nombre d'intervenants, la diversité des enjeux et la nature même des différentes maladies.

#### *Quel régime de coordination des activités sanitaires et productives ?*

Pour la santé des bovins, l'allocation des ressources est principalement décidée par un éleveur et celui-ci semble ainsi représenter la pierre angulaire du dispositif sanitaire. Dans un système représenté par l'exploitation agricole, l'analyse économique sanitaire repose sur les processus conduisant aux pratiques productives et sanitaires mais aussi aux éventuels choix de production et de structures.

Une première partie des déterminants sanitaires semble donc à rechercher directement auprès des caractéristiques de l'éleveur. D'une part, l'éleveur est en première ligne dans la réalisation concrète des pratiques agricoles et sanitaires. D'autre part, il est le décideur final dans les choix des mesures à adopter et leur combinaison ou multiplication : il décide ainsi du niveau de protection sanitaire mis en œuvre (sans préjuger de son efficacité). Enfin, il a la possibilité d'adapter, à moyen terme, les structures d'élevage, les moyens de production et les mesures de contrôle : ses décisions sanitaires font partie des décisions générales de gestion de l'exploitation.

La complexité des troubles sanitaires, en particulier des maladies de production, amène à s'interroger sur l'efficacité de la gestion sanitaire de l'éleveur. En effet, celui-ci est confronté d'une part à une importante incertitude sur les effets escomptés, proche de celle rencontrée dans les phénomènes productifs, et d'autre part, à une nécessité de prioriser les activités, selon des couples dichotomiques de type processus productif-sanitaire, mesures sanitaires médicales-non médicales, choix entre les maladies contre lesquelles lutter... Cette complexité sanitaire, à l'image de la complexité productive, suggère de s'interroger sur les qualités et les ressources cognitives nécessaires à la gestion sanitaire dans l'exploitation.

---

<sup>21</sup> Les aspects cliniques et diagnostiques sont considérés comme inclus dans la physiopathologie.

La personnalité de l'éleveur semble intervenir dans la gestion sanitaire, tant sur la stratégie globale de gestion de l'exploitation que sur la gestion du risque, très présent en santé. L'importance de la stratégie globale et de l'aversion au risque conduit à distinguer des mesures adoptées pour la maîtrise de troubles diagnostiqués dans l'élevage (présents auparavant) ou pour prévenir l'élevage contre l'arrivée de nouveaux troubles (assurance).

La gestion sanitaire d'un élevage s'analyse aussi à travers le recours aux intervenants extérieurs et en fonction de la nature des relations bilatérales. Pour analyser la relation éleveur-intervenants, trois clés sont proposées : (i) son niveau de formalisation (conseil ou prestations formalisées par un professionnel, avec traces écrites éventuelles ; réseaux informels professionnels locaux ou à distance, voire familiaux ...), (ii) son équilibre financier (services payants, gratuits ou mutualisés dans une vente produit) et (iii) son niveau d'intégration (du conseil ponctuel à la sous-traitance d'un problème (suivi-reproduction)).

Au final, la question de la santé au sein de l'exploitation peut s'analyser en termes **de régime microéconomique de coordination des activités sanitaires**. Le régime de coordination s'entend à la fois (i) pour les différents intervenants indépendants autour de l'éleveur, (et s'analyse alors en fonction de l'action résultante : antagoniste, additive ou synergique), (ii) entre les différentes activités sanitaires-non sanitaires de l'éleveur, et enfin (iii) entre les différentes mesures sanitaires liées à une maladie (efficacité de gestion). Le régime de coordination des activités sanitaires renvoie ainsi à un régime de coopération d'acteurs mais aussi à un régime de concurrence, dans sa dimension microéconomique (efficacité de la gestion de l'exploitation, en comparaison aux autres exploitants). L'interaction forte entre santé et production, provenant à la fois de la considération des structures et pratiques agricoles comme facteurs de risque, et de la nature « mixte » de certains organismes sanitaires, conduit en fait à analyser la santé à travers un régime de coordination des activités sanitaires et productives. Ce régime de coordination est représenté comme une boîte noire au sein du modèle conceptuel micro-économique de la santé (Figure 1).

#### *Une dynamique sanitaire renouvelant les besoins de coordination*

La nécessité d'une coordination des activités sanitaires et productives à l'échelle microéconomique provient aussi de la dynamique des processus sanitaires et productifs, conduisant à une adaptation permanente des mesures correctives, qu'elles soient productives ou sanitaires. La dynamique renvoie à une échelle d'analyse temporelle ainsi qu'à la déstabilisation permanente du système qu'est l'exploitation agricole.

Par définition, la santé n'est pas un processus figé mais dynamique, s'analysant sur la durée ; l'état de santé à un instant donné n'en est qu'un reflet éphémère. La dynamique sanitaire renvoie ainsi aux événements (productifs ou sanitaires) passés et futurs, à la réversibilité des signes cliniques, à la durée des cycles de production et aux externalités (de la

santé sur la production ou entre processus sanitaires)<sup>22</sup>. Il existe donc une dynamique de l'équilibre sanitaire, définie au sein même du système exploitation.

L'exploitation reste cependant un système largement ouvert, et une partie de la dynamique sanitaire provient des perturbations externes. En effet, tout élément externe déstabilisant l'équilibre fonctionnel de l'atelier s'avère un risque potentiel sur l'état de santé des animaux. Or, les variations du contexte d'exploitation sont nombreuses et régulières. Elles peuvent être d'ordre technique (innovation), climatique (qualité et disponibilité des fourrages), économique (fluctuations des marchés) ou politique (réglementations, politiques sectorielles). Ces variations se traduisent par une déstabilisation permanente externe de l'équilibre sanitaire (entropie sanitaire), accompagnée d'éventuelles déstabilisations ponctuelles fortes (chocs), ajoutant ainsi des fluctuations à la précaire stabilité de la santé hors événements extérieurs.

Les régimes de coordination, sanitaires et productifs, intègrent ces aspects dynamiques à travers les régimes de concurrence (efficacité de la gestion) ou de coopération (entre acteurs). Les forces motrices extérieures à l'exploitation se manifestent de manière plus ou moins directe à travers les différents acteurs sanitaires et productifs (Figure 1).

## **62 - La santé, une entité territorialisée**

Aux côtés de l'approche système et de l'approche dynamique, une troisième dimension - le territoire - doit être intégrée au sein de l'analyse sanitaire.

Chaque exploitation agricole forme un système ouvert, qui interagit fortement avec le contexte général (dynamique du système) dont font partie d'autres exploitations. Les interactions entre exploitations peuvent être directes et sont alors basées sur des proximités géographiques ou des réseaux d'éleveurs. Le territoire est donc composé par une juxtaposition physique d'exploitations en interaction (4 exploitations représentées dans la Figure 1 par les 4 tranches de la perspective). Des relations indirectes entre exploitations prennent forme à travers les intervenants externes (représentés en continue dans la profondeur), qui par définition, interagissent avec de nombreuses exploitations.

Au sein de chaque territoire apparaissent des normes productives et des normes sanitaires (Figure 1). Les normes productives dépendent du type de production et des réseaux locaux entre acteurs.

Le principal élément constitutif de la norme productive territoriale est la similitude entre types de production rencontrés au sein de chaque territoire, définissant le bassin de production ; ce

---

<sup>22</sup> L'apparition des troubles sanitaires sur un lot d'animaux (comptages cellulaires individuels sur vaches laitières, par exemple) peut être compensée par la disponibilité du renouvellement (augmentation de la réforme des vaches). Les troubles sur lots de génisses (mortalité) induisent une baisse de renouvellement pour les années suivantes, ne permettant pas de compenser un éventuel problème sanitaire sur vaches. De même, des problèmes de reproduction endémiques sur vaches induisent une baisse du renouvellement disponible, donc un vieillissement du troupeau de mères, facteur de risque de troubles de reproduction supplémentaire.

type de production est présent pour des raisons historiques, d'avantage économique ou par manque d'alternatives (valorisation des ressources fourragères, conditions pédoclimatiques). Par ailleurs, il existe des relations transversales unissant les différentes exploitations ou acteurs d'une zone géographique, et qui représentent la seconde composante du territoire, aux cotés de la simple "similitude" du type productif. Cette vision correspond à la conception externe à l'exploitation du système d'élevage (Brossier, 1987) ; celui-ci est vu comme "un mode de combinaison entre terres, forces et moyens de productions [...], commun à un ensemble d'exploitations" dans son acception plutôt technique, ou comme "des rapports concrets spécifiques qui s'établissent entre les agents et les unités économiques déterminées", dans son acception sociale.

Enfin, les réseaux locaux professionnels, intégrant des effets de voisinage et d'interrelations entre éleveurs et professionnels, renforcent la présence des normes productives (Darré et al., 1989).

Les normes sanitaires territoriales sont symétriques aux normes productives, et dépendent des similitudes productives, des interactions directes et indirectes entre éleveurs et intervenants sanitaires.

D'une part, pour un type productif donné, les facteurs de risque sont souvent identiques ou proches entre exploitations et représentent des déterminants communs de la santé, à l'origine des fortes similitudes sanitaires territoriales.

D'autre part, la présence du système d'élevage (dans sa conception externe à l'exploitation) se traduit par des échanges entre éleveurs, à travers (i) des réseaux parfois locaux mais toujours disparates, entretenus autour de valeurs communes liées aux ressources et aux animaux (race, génétique, sélection...) et (ii) la valorisation des productions (démarches collectives sous signes officiels de qualité, par exemple AOP ou IGP<sup>23</sup>...). Ces réseaux territoriaux sont susceptibles de modifier la gestion sanitaire de ces groupes d'éleveurs, à l'instar de la gestion productive.

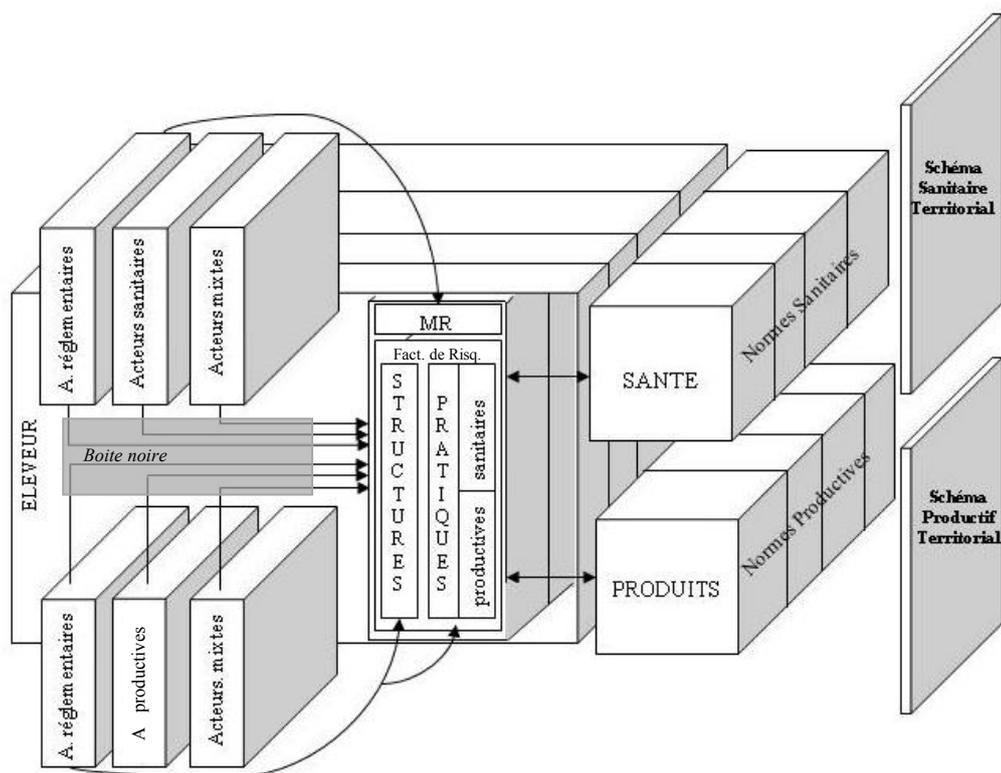
Enfin, le poids des intervenants sanitaires en élevage dans la norme sanitaire peut s'avérer plus importante que celui des intervenants dans la norme productive, le recours aux services sanitaires étant fréquents dans certains systèmes.

Les normes productives et sanitaires rencontrées dans un territoire sont aussi analysées comme le résultat de dynamiques sanitaires et productives, qui ont une certaine homogénéité au sein du territoire. Les intervenants, les normes, les pratiques et les structures de l'exploitation composent un schéma territorial, sanitaire et productif (Figure 1).

Les normes productives et sanitaires territoriales cachent une forte variabilité interindividuelle des résultats productifs ou sanitaires, en accord avec le rôle clé que possède l'éleveur dans la gestion de l'exploitation. Cette variabilité justifie une analyse sanitaire à travers les régimes de coordination des activités microéconomiques, tout en tenant compte des effets territoriaux sur les résultats individuels.

---

<sup>23</sup> AOP : Appellation d'Origine Protégée ; IGP : Indication Géographique Protégée



**Figure 1 : modèle conceptuel de la santé dans l'exploitation agricole et le territoire**

MR : maladie réglementée

En tant que question économique, la santé animale a fait l'objet de nombreux développements. Une part importante des analyses économiques de santé animale est inspirée de l'approche micro-économique et néoclassique proposée par McInerney. Ces travaux visent à répondre à la problématique d'allocation des ressources au sein de l'exploitation, et seront présentés dans un premier temps, tout en soulignant les limites.

La santé renvoie aussi à une problématique de coordination des activités, au sein de l'exploitation mais aussi à l'échelle territoriale, et articule donc des processus individuels et collectifs. La présence des normes sanitaires territoriales témoigne de ces composantes collectives et territoriales de la santé. Par ailleurs, la santé est un processus dynamique. L'ensemble de ces caractéristiques conduit à dépasser l'approche micro-économique pour rechercher une analyse associant l'individu et le collectif. Ceci sera réalisé dans un second temps.



## **II – INTERETS ET LIMITES DE L’APPROCHE MICRO-ECONOMIQUE DE LA SANTE PROPOSEE PAR McINERNEY**

Chaque catégorie de maladie favorise un raisonnement économique à une échelle géographique donnée, en accord avec les enjeux et processus impliqués. Ainsi, la gestion des maladies réglementées est généralement centralisée à l’échelle nationale. L’échelle géographique du raisonnement économique concernant les maladies enzootiques multifactorielles (maladies de production) varie de la micro à la macroéconomie, selon que le raisonnement porte sur les allocations de ressources décidées par l’éleveur ou sur les effets des maladies enzootiques multifactorielles sur le marché *via* les lois de l’offre et de la demande.

L’approche microéconomique des maladies animales a débuté dans les années 1970, dans une vision adossée à la théorie néoclassique du producteur, avec le principe de productivité marginale décroissante des retours de production sur les moyens mis en œuvre (Morris et Flechter, 1988). Les besoins formulés dans l’analyse de l’allocation des ressources destinées à la maîtrise de la santé en élevage ont motivé les agents à intégrer des approches économiques (surtout financières) dans leurs activités, aboutissant de fait à une articulation entre santé et production (McInerney et al., 1992).

L’approche microéconomique néoclassique de la santé animale développée par McInerney dans les années 1980 a fortement inspiré plusieurs séries de travaux théoriques et empiriques (McInerney et al., 1992; Seegers et al., 1994; Chi et al., 2002; Bennett, 2003). Cependant, plusieurs critiques pourraient être formulées. D’une part, la méthode proposée, bien qu’ambitieuse, a recours à une simplification importante des processus sanitaires observés empiriquement. D’autre part, des hypothèses fortes sur les comportements des acteurs sanitaires sont formulées : rationalité substantielle et optimisation de la gestion sanitaire, neutralité au risque et préférences non monétaires des éleveurs. Enfin, l’analyse, centrée sur l’exploitation, intègre peu les relations dynamiques entre aspects internes et externes au système.

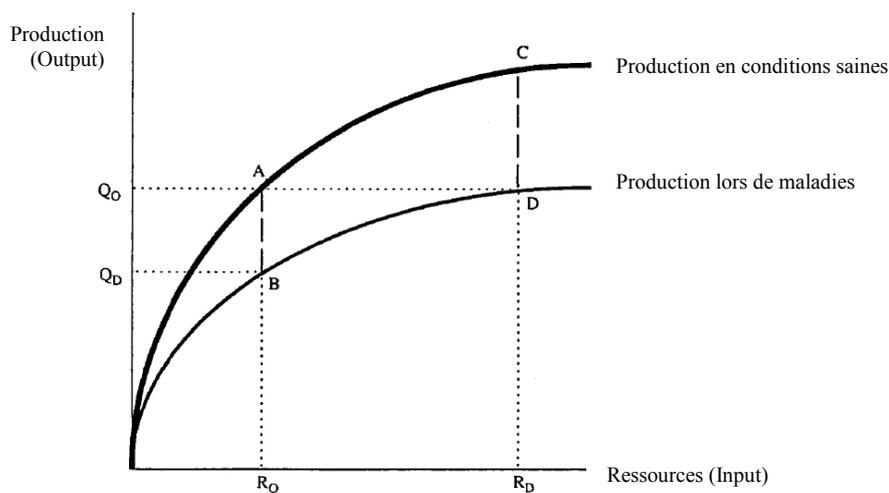
### **1 – Une méthode audacieuse mais une vision sanitaire simplifiée**

L’analyse sanitaire microéconomique est basée sur la définition d’une fonction de production, reliant les ressources mobilisées et la production obtenue. Cette fonction permet une simplification de la complexité technique du processus de production, tout en autorisant l’introduction de la santé en tant que ressource supplémentaire ou élément modifiant la production (McInerney et al., 1992).

## 11 - Vers une approche systémique sanitaire et zootechnique ?

### *Fonction de production*

En conceptualisant une fonction de production et les événements sanitaires à l'origine des baisses de production et/ou hausses des ressources (nécessaires à la gestion des maladies), cette approche intègre les problématiques sanitaires au sein des processus productifs et attribue à l'éleveur son rôle clé de gestionnaire, tel que décrit précédemment (Figure 1). La fonction de production ( $f$ ) répond au concept de productivité marginale décroissante (Figure 2), avec  $Q = f(R/N, K)$  [Equation 1] ; le volume d'output  $Q$  est ainsi fonction du volume de facteurs de production  $R$  (ressources variables (alimentation, travail, soins sanitaires et non sanitaires), la taille du troupeau  $N$  et ressources fixes  $K$ ).



**Figure 2 : fonctions de production avec ou sans maladie (McInerney et al., 1992)**

La comparaison des courbes en situation théorique saine et en présence de maladie (Figure 2) répond de manière satisfaisante aux différentes observations empiriques habituellement réalisées en santé animale. La présence de maladie se traduit par une baisse de l'output à niveau d'input constant ( $C \rightarrow D$ ) ; l'éradication de la maladie se traduit réciproquement par un gain d'output ( $D \rightarrow C$ ) ; de plus, le même volume de production est permis avec moins de ressources en situation saine, comparé à la présence de maladie ( $D \rightarrow A$ ). Enfin, l'effet d'une même maladie est plus faible dans les systèmes extensifs qu'intensifs ( $[AB] < [CD]$ ).

### *Substituabilité entre ressources*

Afin d'intégrer directement des coûts de maîtrise des maladies, le terme  $R$  peut être scindé en ressources sanitaires  $S$  (préventives et curatives) et autres ressources (alimentation, travail, soins non sanitaires ;  $R'$ ). L'équation 1 devient alors  $Q = f(R', S/N, K)$  [Equation 2], avec  $R = R' + S$ .

La substituabilité économique entre les ressources sanitaires ( $S$ ) et non sanitaires ( $R'$ ) est en accord avec la substituabilité technique des mesures sanitaires et zootechniques impliquées dans la gestion des maladies enzootiques multifactorielles, et apporte le caractère systémique

au modèle : par exemple, la gestion des mammites cliniques peut mobiliser des traitements antibiotiques ou des mesures zootechniques d'hygiène (McDougall et al., 2009) ; de même, le risque d'apparition de maladies respiratoires dans un lot de broutards peut être géré à travers la vaccination des animaux ou l'amélioration des conditions d'ambiance au sein du bâtiment (Meyer et Raboisson, 2008).

La distinction des mesures sanitaires préventives (Sp) ou curatives (Sc) est aussi possible, en introduisant au sein de l'équation 2 les termes Sp et Sc, avec  $S = Sp + Sc$ . Là encore, la substituabilité économique entre ressources sanitaires préventives (Sp) et ressources sanitaires curatives (Sc) est en accord avec la substituabilité technique des mesures préventives et curatives : par exemple, la gestion des maladies respiratoires d'un lot de veaux peut être associée à la vaccination ou à des traitements curatifs (antibiotiques) (Assié et al., 2009).

La substituabilité entre ressources sanitaires (S) et non sanitaires (R') ou entre ressources sanitaires préventives (Sp) et ressources sanitaires curatives (Sc) semble assez réaliste, à un niveau de production constant. Cependant, la substituabilité entre ressources non sanitaires (R') et ressources sanitaires curatives (Sc) paraît plus incertaine : lors d'apparition de maladies, la mise en place d'un traitement s'accompagne d'une augmentation du coût total de la maladie, car R' ne diminue pas ou peu mais Sc augmente fortement.

La substituabilité entre ressources sanitaires préventives (Sp) et sanitaires (Sc) est en fait reliée à la probabilité d'apparition de la maladie. Ainsi, la substituabilité provient de la forte probabilité d'avoir plus de traitements en absence qu'en présence de vaccination, tel qu'observé lors des maladies respiratoires du jeune bovin : il n'y a en réalité substituabilité qu'entre les ressources sanitaires préventives (Sp) et une partie des ressources sanitaires curative Sc (celle non observée lors de la mobilisation de Sp). L'analyse économique de la santé est ainsi complexifiée par les incertitudes associées à l'efficacité thérapeutique, aux risques d'apparition de la maladie et aux effets seuils dans la relation ressources-productions. Ces incertitudes peuvent être gérées concrètement par le recours à des équations mathématiques adaptées (Lhermie, 2010).

### *Cas des multi-maladies*

Se positionner dans une approche systémique impose à l'analyse économique d'intégrer le cas des multi-maladies (Tisdell, 1995). En effet, l'interdépendance des maladies est particulièrement présente dans le cas des maladies enzootiques multifactorielles. L'interdépendance provient d'une part du fait que l'apparition d'une maladie représente un facteur de risque pour toutes les autres maladies, et l'interdépendance s'apparente à ce titre à des externalités dans un modèle mono-maladie. L'interdépendance apparaît d'autre part au niveau des ressources, car les traitements mobilisés pour une maladie interfèrent avec l'apparition des autres.

Economiquement, l'interdépendance des maladies peut justifier l'adoption de mesures où chaque euro dépensé rapporte largement moins que l'euro investi, et peut parfois ne rapporter aucun euro si l'évaluation porte sur une seule maladie. Tisdell propose ainsi une adaptation de la méthode de McInerney, avec une maximisation du revenu de l'exploitation intégrant plusieurs maladies simultanément (Tisdell, 1995). Des résultats empiriques suggèrent la

possibilité d'intégrer plusieurs maladies au sein d'une analyse économique, dans une certaine limite (Swinkels et al., 2005).

Au final, l'approche économique proposée s'avère systémique dans la mesure où elle intègre tant les processus sanitaires que productifs et où elle mobilise conjointement les ressources et les produits impliqués. Elle intègre en un tout le système exploitation dans lequel évolue l'éleveur (Figure 1). Cependant, une seconde lecture de ce modèle conceptuel en suggère plusieurs limites.

## 12 - Complexité sanitaire et simplifications du modèle conceptuel sanitaire néoclassique de Mc Inerney

Les limites du modèle de Mc Inerney sont liées (i) aux simplifications associées à la fonction de production avec ou sans maladie, (ii) à la nécessité d'ajustement des ressources, (iii) à la substituabilité uniquement vérifiée à un niveau de production donné et (iv) à la difficulté de définir les situations de référence saines ou avec un niveau sanitaire acceptable.

### *Quelle forme de fonction de production en présence et absence de maladie ?*

La fonction de production, telle que définie par McInerney, postule une diminution marginale du bénéfice avec la mobilisation de ressources (productivité marginale décroissante, Figure 2). Si cette fonction peut être acceptée pour la production, elle semble trop restrictive pour la santé. Il est par exemple possible que la fonction de bénéfice soit d'abord positive puis négative (ou l'inverse), lorsque le volume de ressources augmente (Tisdell, 1995). La fonction associant le bénéfice aux ressources peut ainsi prendre différentes formes, tel qu'illustré par la courbe des bénéfices en fonction des dépenses (Figure 3). Cette courbe peut inclure des effets seuils, à la fois lorsque les ressources sont trop basses (niveau minimal de ressources) et au delà d'un certain niveau de ressources.

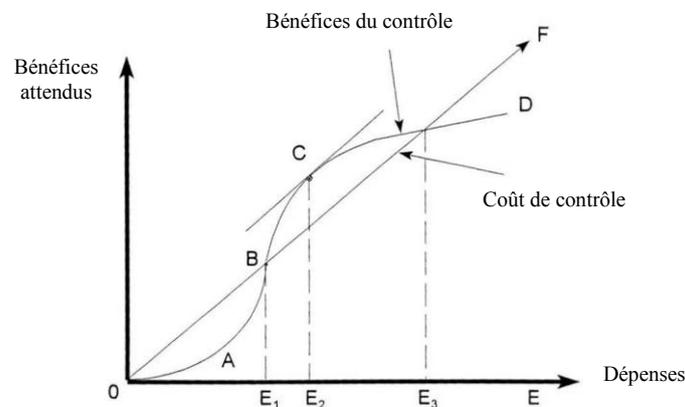


Figure 3 : exemple de fonctions du niveau de dépenses de contrôle de dommages (Tisdell, 1995)

La diversité des fonctions associant un effet productif à la mobilisation de ressources et les effets seuils sont largement observés en santé animale.

#### *Nécessité d'ajustement des ressources*

Une évaluation rigoureuse de l'impact économique des maladies doit prendre en considération les coûts associés à l'ajustement des ressources. En effet, si la maladie induit une diminution de production, elle diminue aussi les ressources. L'importance de l'ajustement des ressources est largement acceptée et est d'ailleurs intégrée dans les approches de budget partiel ou de coût-bénéfice (Dijkhuizen et al., 1995). Par exemple, l'ajustement des ressources est illustré, lors de l'allongement de l'intervalle vêlage-vêlage (IVV), par une baisse de production lactée des vaches en lactation avancée, associée à une baisse de l'ingestion. Cependant, l'ajustement des ressources ne doit pas être analysé comme un mécanisme de conduite d'élevage dépendant d'une décision de l'éleveur, mais plutôt comme un mécanisme physiologique : ainsi, si la circulation d'un agent infectieux au sein d'un lot se traduit par une baisse de production (GMQ, production laitière) et de consommation de ressources (baisse d'ingestion), les deux sont associés physiologiquement sans pouvoir définir de relations de cause à effet entre eux.

#### *Substituabilité des ressources à niveau constant de production et additivité des ressources*

La substituabilité économique décrite entre ressources non sanitaires ( $R'$ ) et sanitaires ( $S$ ) ou entre ressources sanitaires préventives ( $S_p$ ) et curatives ( $S_c$ ) (Equation 2) n'est, en toute rigueur, observée qu'à un niveau de production donné. En effet, la modification de la productivité d'un lot est associée à celle du risque sanitaire, toutes autres choses égales par ailleurs, tel qu'illustré par l'exemple de la production laitière. La production laitière du début de lactation dépend entre autre de l'équilibre azote-énergie de la ration. Augmenter l'apport azoté permet une meilleure expression du pic de lactation : cette situation est généralement économiquement intéressante si une augmentation modérée de l'azote alimentaire est d'un coût acceptable. Cependant, l'augmentation de production se traduit par de nouveaux risques sanitaires : risque d'accroissement du déficit énergétique (augmentation de la production sans augmentation équivalente des apports énergétiques, l'ingestion étant limitée), d'amaigrissement excessif des animaux et risque de baisse de l'efficacité de la reproduction (détérioration de l'intervalle vêlage-conception<sup>24</sup>) (Madouasse et al., 2010).

Ainsi, il convient de distinguer la mobilisation de ressources pour augmenter la production ou pour éviter une réduction de la production. Dans le second cas, les ressources  $S$  répondent plus précisément à une fonction ( $f'$ ) de contrôle de dommages ( $X_i$ ) qu'à un input équivalent à un input de production ( $Z_i$ ), avec  $S = f'(X_i)$  (Chi et al., 2002).

En pratique, l'augmentation des ressources liées à la production est souvent accompagnée par une augmentation des ressources visant la gestion sanitaire : il s'agit donc plus d'additivité des ressources que de leur substituabilité. Cette association n'est pas

---

<sup>24</sup> Plus couramment nommé intervalle V-IAF : intervalle vêlage – insémination artificielle fécondante

physiologique (contrairement à l'ajustement des ressources), mais découle directement de la régie de l'atelier par l'éleveur, tel qu'illustré précédemment dans le cas de la production laitière : l'augmentation de la production laitière nécessitera par exemple des ressources en maîtrise de reproduction plus importantes (diagnostic de métrites, recours aux hormones, plus d'IA par IA fécondante ...) (Yániz et al., 2008).

Par construction, le modèle conceptuel néoclassique proposé par McInerney est en théorie capable d'intégrer la complexité illimitée en termes de ressources et productions, telle que retrouvée au sein du système exploitation. Il apparaît cependant clairement que la traduction monétaire (c'est-à-dire chiffrée) d'un tel modèle systémique est difficilement envisageable dans des situations proches des conditions réelles, en raison du nombre de paramètres impliqués. Mais la forte simplification des paramètres retenue dans le modèle néoclassique conduit à une forte inexactitude vis-à-vis des événements réels. Ce point souligne une importante limite de l'approche économique néoclassique de la santé des bovins telle que proposée par Mc Inerney.

### *Quelles références en termes d'absence de maladie ?*

Le modèle conceptuel de la santé proposé par McInerney fait référence à une situation saine (Figure 2). Si celle-ci est facilement envisageable pour les maladies mono-infectieuses, elle reste problématique pour les autres, tout particulièrement les maladies enzootiques multifactorielles. La recherche d'une situation de référence (*gold standard*, sans maladie) est un des problèmes de cette approche microéconomique de la santé.

La norme territoriale (Figure 1) est parfois utilisée comme référence, partant du principe qu'elle est représentative de la situation moyenne. Concernant le schéma productif, le *gold standard* est parfois constitué à partir d'une sélection des meilleurs éleveurs de système équivalent, tel que pratiqué par exemple dans le dispositif des Réseaux d'Élevage. Cependant, une forte variabilité individuelle se cache derrière ces indicateurs moyennés, et le système exploitation peut fortement varier entre les individus à analyser et les référents.

De plus, pour une grande partie des maladies enzootiques multifactorielles, une confusion existe entre les ressources liées à la production et celles liées à la gestion des maladies. Pour lever cette confusion, les ressources R de l'équation 1 seront ici dissociées en ressources variables sanitaires "fixes" R'' (insensibles au statut sanitaire mais variables au sens ressources productives) et ressources sanitaires (RS) avec  $R = R'' + RS$ . Distinguer R'' et RS revient à définir la limite entre phénomènes productifs et sanitaires. Répondre à la question « Où commence la maladie ? » s'avère particulièrement ambigu pour les maladies enzootiques multifactorielles, tel que suggéré par l'exemple des maladies métaboliques.

Ainsi, la présence de déficit énergétique est corrélée au niveau de production laitière et aux ressources alimentaires mobilisées. La maîtrise du déficit énergétique peut par exemple passer par la densification énergétique de la ration (techniquement limitée et assez onéreuse) et par la distribution d'un précurseur énergétique (mono propylène glycol) aux vaches en début de lactation.

L'acidose ruminale chronique (liée à une baisse postprandiale modérée mais régulière du pH ruminal, induisant à terme divers troubles) se manifeste entre autres par une modification des

taux du lait (baisse du taux butyreux (gras) et stabilité ou hausse du taux protéique) (Kleen et al., 2003; Oetzel, 2004; Enjalbert et al., 2008). Ce profil de lait est valorisé par les règles de paiement du lait (protéine) et par le schéma de quota matières grasses (GEB, 2005). L'optimisation des taux de matière utile du lait place les troupeaux des éleveurs sensibles à la valorisation du prix du lait dans des situations proches de l'acidose ruminale chronique (fibrosité réduite de la ration, haute densité énergétique avec pourcentage de concentrés élevé).

Dans les deux cas, une partie des ressources alimentaires (variables) peut être soit considérée comme fixe au sens sanitaire, soit être analysée comme des ressources de contrôle de dommages sanitaires (RS). L'ensemble des pratiques alimentaires "particulières" (complémentation, supplémentation ...) est aussi l'objet de controverses quant à leur classification en tant que ressources sanitaires.

La difficulté de définir la nature sanitaire ou productive de certaines ressources limite la pertinence d'une approche économique sanitaire, tel que proposée par McInerney, en ne permettant pas de définir réellement l'efficacité économique d'un système sanitaire. Cela n'interdit cependant pas d'appliquer ce modèle dans une vision systémique si aucune distinction dans la nature des ressources (sanitaires *vs* non sanitaires) n'est réalisée.

De la même manière, la gestion des multi-maladies s'avère possible avec cette approche systémique axée sur l'exploitation (Tisdell, 1995), sous réserve des limites techniques liées à l'interférence des maladies et à la complexité du modèle final.

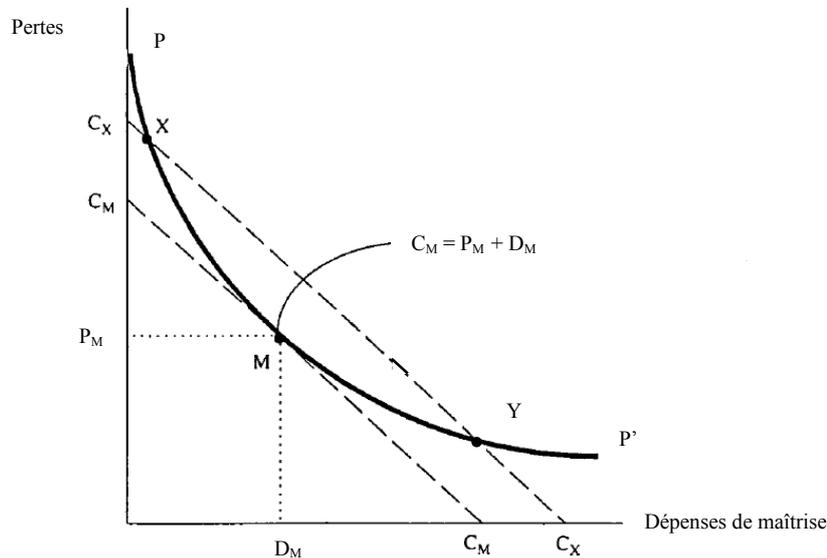
## **2 – Optimisation de la gestion sanitaire avec rationalité substantielle de l'éleveur**

En empruntant une entrée strictement sanitaire, et outrepassant les limites précédentes, le coût total de la maladie est représenté par la somme des pertes de revenus (diminution de l'output moins ressources non consommées) et des dépenses requises pour la maîtrise sanitaire. L'éleveur est le garant des arbitrages entre pertes de production occasionnées par la maladie et mesures à mettre en place pour les atténuer. Dans la vision néoclassique de Mc Inerney, la stratégie de l'éleveur est de minimiser le coût total de la maladie, en optimisant la gestion sanitaire. Ceci suppose une rationalité substantielle de l'éleveur, peu probable en raison de la complexité sanitaire et de l'information imparfaite associée.

### **21 - Une maîtrise optimale de la maladie**

Evaluer l'efficacité économique de la gestion sanitaire consiste à évaluer l'ensemble des situations associées à chaque combinaison de mesures sanitaires possibles, à savoir coûts des pertes totales associées aux dépenses de maîtrise. Ceci est représenté par la courbe des

pertes en fonction des dépenses de maîtrise (courbe de frontière pertes-dépenses) (Figure 4). Sans dépense de maîtrise, le coût total est représenté par les pertes (point P). Augmenter les dépenses de maîtrise réduit les pertes totales, jusqu'à une valeur seuil (P'). Entre P et P', différents couples pertes-dépenses sont observés.



**Figure 4 : relation entre pertes totales et dépenses de maîtrise (McInerney et al., 1992)**

Chaque point (X) de la courbe de frontière pertes-dépenses définit des coûts de perte ( $P_X$ ) et de dépenses ( $D_X$ ) spécifiques, mais le coût total  $C_X = (P_X + D_X)$  est alors équivalent à un autre équilibre Y (situé sur la courbe, à droite de M), où  $C_X = (P_X + D_X) = (P_Y + D_Y) = C_Y$ . La courbe de frontière est donc une courbe d'iso-utilité, avec une situation économique équivalente pour les points de part et d'autre du point M : la situation "faibles dépenses – fortes pertes" est économiquement équivalente à "forts dépenses – faibles pertes". Ainsi, les utilités des points X et Y sont équivalentes, lorsque l'utilité est définie en termes de revenus. Par contre, la fonction d'utilité représentant les préférences des éleveurs, certains éleveurs pourraient préférer les points Y à X, ou l'inverse.

Le point M représente la situation associant le coût total ( $P_M + D_M$ ) minimal, et correspond donc à l'optimum économique. C'est le point théorique de référence des coûts économiques pour chaque entité sanitaire.

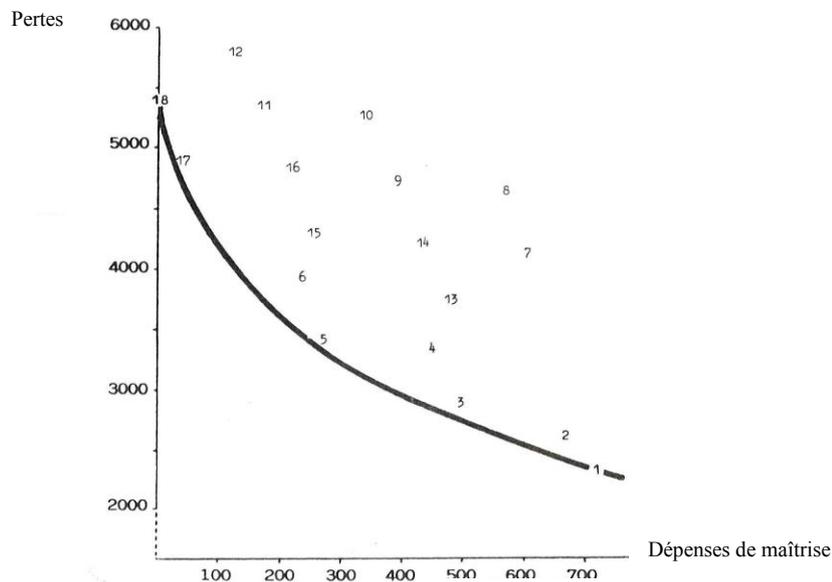
## **22- Comportements observés et rationalité substantielle des éleveurs**

L'économie de la santé animale néoclassique est basée sur le principe de rationalité substantielle associée à une information parfaite et une absence d'incertitude, avec les « individus qui utilisent au mieux les ressources dont ils disposent, compte tenu des contraintes qu'ils subissent » (Guerrien, 1989). Ces hypothèses se traduisent par un raisonnement économique en termes de maximisation des revenus (ou minimisation des coûts

totaux c'est-à-dire situation du point M), synonyme d'optimisation de la gestion sanitaire. Plusieurs résultats empiriques suggèrent de nuancer les hypothèses de rationalité substantielle et d'information parfaite.

#### *Observations empiriques de la frontière pertes-dépenses*

Le caractère maximisateur de la frontière pertes-dépenses est illustré par la représentation graphique (Figure 5) des pertes et dépenses, observées pour 18 procédures de gestion des mammites en élevage (McInerney et al., 1992). Ces observations empiriques suggèrent la possibilité d'une gestion sanitaire optimale, avec certaines exploitations sur la frontière pertes-dépenses, voire à l'optimum de cette frontière (proche du point M, cas n° 5). La plupart des ateliers se trouvent cependant dans une situation sub-optimale, où les coûts de dépenses et les pertes décrivent des différences importantes.



**Figure 5 : exemple de situations concrètes de pertes et de dépenses (McInerney et al., 1992)**

#### *Observations empiriques des différents coûts*

L'approche économique néoclassique de la santé animale a été appliquée à plusieurs entités pathologiques (mono-infectieuses ou pas) sur le cheptel du Royaume-Uni (Bennett, 2003), en définissant les pertes (P), les dépenses de maîtrise supplémentaires liées à la maladie hors coûts sanitaires (R'), les coûts sanitaires curatifs (Sc) et les coûts sanitaires de prévention (Sp) (Tableau 2).

**Tableau 2 : estimations annuelles en valeur (millions de £, 1996) des coûts associés aux pertes, dépenses de maîtrise et traitements des maladies ; d'après (Bennett, 2003)**

	P + R'			Sc		Sp	
	Bas*	Haut*	Moyen*	Bas*	Haut*	Bas*	Haut*
IBR	1	4	3	<1	2	4	4
Boiteries	30	65	48	6	51	3	5
Mammites cliniques	57	185	121	45	78	4	4

P : pertes ; R' : dépenses de maîtrise supplémentaires liées à la maladie hors coûts sanitaires ; Sc : coûts sanitaires curatifs ; Sp : coûts sanitaires de prévention

\* : Différentes estimations (bas, haut, moyen) sont reportées en fonction des différences annuelles de prévalence des maladies

Les trois exemples retenus illustrent trois situations différentes. Pour l'IBR (expression clinique), les mesures prophylactiques ne sont pas économiquement justifiées à l'échelle microéconomique, car les coûts de traitements sont faibles par rapport aux pertes totales hors sanitaire (P+R'). Pour les boiteries, les mesures sanitaires curatives et préventives sont d'efficacité économique proche et économiquement intéressantes (Sp, Sc << (P+R')), sauf si la prévalence est élevée dans le cas des mesures curatives. Pour les mammites cliniques, les mesures prophylactiques sont d'un intérêt économique incontestable, comparées aux pertes et dépenses (P+R') ou aux traitements curatifs (Sc). Ce dernier exemple s'avère illustratif des limites de l'approche néoclassique : en effet, ces résultats suggèrent un intérêt économique certain et très conséquent des traitements préventifs des mammites et un intérêt modéré des traitements curatifs. Ces résultats conduisent à chercher les raisons pour lesquelles l'effort préventif réalisé en élevage n'est pas plus prononcé. En effet, même si les pratiques préventives des mammites sont utilisées en élevage, leur mobilisation semble être très en dessous des suggestions découlant de cette analyse économique. Par exemple, le taux d'adoption des diverses pratiques préventives varie de 22 à 84 % des éleveurs suivant un programme spécifique de qualité cytologique du lait (Rodrigues et Ruegg, 2005). De même, l'adoption des pratiques préventives est modérée tant dans les élevages avec des comptages cellulaires bas (CCS = 135 000 cellules/ml) que moyens (CCS = 265 000 cellules/ml), mais restent plus importants dans la première catégorie d'élevages ( $P < 0,05$ ) (Chassagne et al., 2005).

#### *Complexité, information imparfaite et rationalité*

Les exemples précédant illustrent les limites associées à l'hypothèse de rationalité substantielle et d'information parfaite.

Dans le contexte de la santé animale, il est fortement probable de rencontrer une rationalité limitée et une information imparfaite des éleveurs : celles-ci proviennent de la complexité propre de chaque maladie (nombreux facteurs de risque pour les maladies enzootiques multifactorielles), de la présence simultanée de plusieurs maladies dans l'atelier (maladies enzootiques multifactorielles et autres catégories), du risque potentiel d'apparition de nombreuses maladies (toutes catégories dont maladies enzootiques multifactorielles), de l'interaction potentielle entre les différentes maladies (maladies enzootiques multifactorielles principalement) et de l'interaction entre maladies et processus productifs (maladies

enzootiques multifactorielles). De plus, la maladie intervient au sein d'un système complexe qu'est l'exploitation agricole, où l'éleveur est déjà confronté à de multiples autres contraintes. Dans le domaine sanitaire, l'incomplétude de l'information peut résulter d'une asymétrie d'information prenant forme dans une interaction marchande (entre un vendeur de médicament, par exemple, et l'éleveur) mais elle se manifeste de manière importante dans les mécanismes physiopathologiques complexes liés à une maladie, à l'origine de l'art du diagnostic, et de manière encore plus forte dans l'indétermination des interactions entre événements sanitaires, qui exige des conduites adaptatives.

Ces éléments à l'origine de l'asymétrie d'information connaissent cependant de fortes variations selon les acteurs impliqués. Il n'est ainsi pas impossible qu'un éleveur ait une information assez complète sur une maladie, ayant regroupé et recoupé diverses informations sur cette entité, ou y étant déjà confronté depuis plusieurs années. Le rôle des intervenants extérieurs s'avère alors crucial, en sensibilisant les éleveurs aux problèmes de l'exploitation et en modifiant leur regard sur leur propre exploitation.

En adoptant une hypothèse d'information parfaite et de rationalité substantielle, l'approche de McInerney positionne la situation sanitaire de référence à un niveau théorique quasiment non atteignable par les éleveurs et surestime ainsi le gain financier atteignable.

### **3 – Intégrer les préférences des éleveurs : quelle fonction d'utilité ?**

Pour tenir compte des limites associées aux processus d'optimisation des résultats, la théorie néoclassique propose de définir une fonction d'utilité tenant compte des comportements préférentiels des individus, qui peuvent être motivés par des raisons non financières. L'objet d'analyse devient alors la maximisation de la fonction d'utilité et la pertinence de l'analyse dépend alors des critères inclus dans cette fonction. En économie néoclassique de la santé animale, où les acteurs sont des professionnels impliqués dans des processus productifs, l'utilité est généralement définie par une fonction dépendant à la fois des revenus mais aussi d'autres contraintes, comme la charge (cognitive, émotionnelle) du travail (McInerney, 1996; Bennett, 2003; Rat-Aspert et Fourichon, 2010). Intégrer les préférences des éleveurs s'avère cependant difficile, en raison des niveaux variables d'aversion au risque, et du nombre de critères non financiers impliqués dans les préférences des éleveurs.

#### **31 - Fonction d'utilité et aversion au risque**

Les comportements des éleveurs oscillent entre l'aversion au risque et le goût du risque (Seegers et al., 1994). Les résultats empiriques montrent une forte tendance à l'aversion au risque des individus dans le monde agricole (Binici et al., 2003), quitte à ce que

les décisions induisent un revenu inférieur. L'optimisation de l'utilité peut ainsi différer de l'optimisation du revenu (Rat-Aspert et Fourichon, 2010). Les observations empiriques suggèrent que les comportements de décisions sanitaires sont aussi réalisés dans un contexte d'aversion au risque. Par ailleurs, il n'apparaît pas de raison particulière pour que les décisions liées au schéma sanitaire ou productif soient motivées par un comportement différent vis-à-vis du risque.

L'aversion au risque semble un élément clé dans le choix des éleveurs des mesures préventives et beaucoup de programmes sanitaires s'avèrent en réalité proches de contrats d'assurance des productions. Qu'il s'agisse des maladies encadrées ou des maladies enzootiques multifactorielles, les plans de prévention des éleveurs dépendent directement du niveau de risque accepté pour les productions futures. Niveau de risque acceptable et probabilité d'apparition des troubles sanitaires s'avèrent indissociables dans le raisonnement économique. La situation des maladies encadrées ou maladies enzootiques multifactorielles est alors différente.

Pour les maladies encadrées, le caractère mono-infectieux et contagieux au sein de l'élevage peut conduire à un raisonnement économique de type "binaire", tel qu'illustré dans l'exemple du BVD<sup>25</sup>. Dans la mesure où la maladie est absente d'un élevage, l'optimisation des ressources conduit à l'absence de vaccination et de détection de la maladie à l'introduction. Le revenu à court terme s'en trouve amélioré. En absence de vaccination et de circulation depuis plusieurs années, le taux d'animaux séronégatifs augmente fortement. Or les effets zootechniques de la maladie seront d'autant plus marqués lors d'introduction accidentelle du virus que la proportion d'animaux séronégatifs est élevée. Ainsi, l'absence de prévention induit une incertitude de revenu à moyen terme, et une possibilité de forte détérioration des revenus une année, avec une mortalité très élevée chez les veaux, sans correction possible par l'éleveur cette année là. Le risque apparaît donc binaire (présent/absent), mais associé à une forte perte en cas de circulation virale dans un troupeau séronégatif. Les mesures préventives représentent un contrat d'assurance des productions, pour cette maladie. Une situation intermédiaire consiste à adopter des mesures à l'introduction (dépistage, quarantaine), sans vaccination.

Pour certaines maladies enzootiques multifactorielles, le recours aux traitements curatifs est possible lors d'apparition de la maladie. Cette possibilité, traduisant la substituabilité entre ressources préventives et une partie des ressources curatives, donne à l'éleveur la possibilité d'alternatives plus diversifiées que lors de risque binaire absence/présence d'agent infectieux.

Par exemple, dans le cas des maladies respiratoires des jeunes bovins ou des diarrhées du veau nouveau-né, les mesures préventives (par exemple la vaccination) visent à réduire la prévalence de la maladie (nombre d'animaux atteints), la probabilité d'apparition d'une épidémie ainsi que la sévérité des signes cliniques dont le nombre de morts. L'absence de prévention se traduit alors par un risque plus élevé de troubles sanitaires importants.

---

<sup>25</sup> Le BVD possède une forte externalité infectieuse d'un élevage sur ses voisins (ou lors d'achats), conduisant à une forte probabilité de (re)contamination.

La légitimité économique de la prévention s'analyse alors en fonction de la prévalence de la maladie sans prévention, et de la volonté de prévention d'une épidémie lors d'un cycle de production. Dans le premier cas, une prévalence faible permet l'absence de prévention sanitaire (dont vaccination) et donc l'optimisation du revenu à court terme, sans prise de risque importante en cas d'épidémie car un recours curatif (antibiothérapie, anti-inflammatoires, fluidothérapie) est alors possible. Une partie importante de la décision économique est associée à l'efficacité du vaccin (nature de la protection, valences incluses, délais et durée de protection) et aux coûts des traitements curatifs. De plus, les épisodes infectieux viraux conduisent à nuancer le raisonnement en raison de l'efficacité curative plus incertaine (inefficacité des antibiotiques). Dans le second cas (volonté de prévention d'une éventuelle épidémie), les mesures préventives représentent un contrat d'assurance, à l'instar du BVD.

Les prises de décisions sanitaires, et particulièrement la prévention, répondent *in fine* à la problématique de la sensibilité au risque de l'éleveur, même s'il apparaît une grande complexité liée à la nature des maladies. L'aversion au risque des éleveurs conduit à penser que l'adoption de mesures préventives est importante ; elle constitue du moins une visée stratégique de l'éleveur. Mais l'efficacité réelle des moyens préventifs et curatifs, la représentation qu'en ont les éleveurs, généralement partagée dans un groupe local (Darré et al., 1989), et la multiplicité des maladies présentes en élevage pourraient s'avérer des facteurs limitant à la prévention. Par ailleurs, l'aversion au risque augmente subjectivement la prévalence observée (ressentie) de la maladie (sur-traitements). Le modèle néoclassique de santé animale peut intégrer les probabilités d'apparition des maladies et d'efficacité des traitements, mais tient difficilement compte de l'aversion au risque des éleveurs.

### **32 - Place des contraintes non marchandes dans les décisions**

Les caractéristiques des systèmes de production bovins français (et européens) suggèrent de donner une place importante aux critères non financiers dans la fonction d'utilité. Les mécanismes de prise de décision rapportés dans les exploitations de taille réduite décrivent une sub-optimalité économique, une réserve à l'utilisation des innovations techniques, un recours important à la prévention (aversion au risque) et une diversification pour limiter le risque global (Chilonda et Van Huylenbroeck, 2001). La relation au vivant et l'ancrage familial de l'exploitation, la facilité de mise en œuvre des pratiques et la sensibilité aux maladies connues sont alors proposées comme des déterminants des prises de décisions sanitaires. Ils renvoient à des dimensions patrimoniales (survie de l'exploitation familiale) et comportementales en rapport avec la charge cognitive et émotionnelle du travail, particulièrement élevée dans les domaines du vivant et du médical (Batifoulier, 1999).

D'une part, les structures agricoles bovines françaises restent majoritairement basées sur un format familial de taille réduite, et maintiennent une relation éleveur-animal permettant difficilement l'assimilation de l'animal ou de la santé à un bien marchand classique. Cette relation avec le vivant, renforcée dans la filière bovine par la longueur des cycles de

production et la filiation des animaux, a été récemment illustrée par la pratique de l'euthanasie. L'augmentation du nombre de bovins euthanasiés dans les années 2000 provient d'une "découverte" ou vulgarisation de la pratique lors des crises ESB, période pendant laquelle le financement de l'euthanasie a été pris en charge par l'Etat. Parallèlement, une diminution du seuil de tolérance des éleveurs vis-à-vis de l'état physique des animaux est démontrée (Thomsen et Sorensen, 2008). Ce seuil de tolérance permet d'expliquer la stabilité de la prévalence des euthanasies après l'arrêt des prises en charge financières.

D'autre part, le choix entre différentes stratégies sanitaires repose aussi sur le fonctionnement global de l'exploitation (temps disponible) et la facilité de mise en œuvre des mesures. Ainsi, des mesures médicales onéreuses peuvent être privilégiées par l'éleveur face à des mesures non médicales souvent moins coûteuses, même si ces dernières sont peu chronophages. Les préférences des éleveurs s'entendent ainsi en termes de "tranquillité d'esprit", favorisant des mesures ponctuelles même si importantes (vaccination de tout le cheptel) à des mesures banales peu onéreuses mais quotidiennes. Cette attitude est renforcée lorsqu'il y a agrandissement du troupeau, recours à des salariés (cas de plus en plus fréquent dans les élevages laitiers) ou même lorsqu'il y a plusieurs intervenants (GAEC) ou encore automatisation (robot de traite), car l'attention accordée à chaque animal est alors modifiée. Cette attente est particulièrement bien prise en compte par les laboratoires pharmaceutiques, communiquant de plus en plus sur la facilité d'utilisation des produits, les volumes d'injection réduits et la simplicité des protocoles. Les vaccins commercialisés aux Etats Unis s'avèrent à ce titre démonstratifs, intégrant plus d'une dizaine de valences pour certains d'entre eux. La facilité d'utilisation (1 vaccin vs 2 ou 3) s'avère aux yeux de l'éleveur aussi importante que son efficacité propre. Dans ce contexte, des mesures qui conduiraient à modifier sensiblement le schéma productif sont difficiles à faire admettre à l'éleveur, même associé à des dépenses de maîtrise faibles à nulles.

Par ailleurs, l'éleveur alloue plus facilement des ressources aux entités pathologiques auquel il est sensible. Le poids des expériences passées s'avère à ce niveau déterminant, tout particulièrement les épisodes épidémiques associés à des coûts importants sous forme de pertes et de dépenses ou à une nécessité accrue de main d'œuvre (nursing). De même, l'information (presse professionnelle et groupes d'éleveurs) et les intervenants extérieurs jouent sur la connaissance et la sensibilité des éleveurs aux maladies animales.

Enfin, les « incitations productives » peuvent conduire à des comportements sanitaires spécifiques. Les aides couplées à la production en système allaitant (PMTVA<sup>26</sup> pour la vache et PSBM<sup>27</sup> pour le veau mâle) sont soumises à conditions particulières, telles que le chargement de l'exploitation et le maintien sur l'exploitation des mâles entre 7 et 9 mois d'âge. Ces conditions pouvaient conduire l'éleveur à augmenter les ressources sanitaires pour les veaux mâles, en comparaison avec les femelles, lors de l'élevage (naissance ...) ou de la période spécifique 7-9 mois, dans la mesure où la mort de l'animal se traduisait par la perte de

---

<sup>26</sup> PMTVA : Prime au Maintien du Troupeau de Vaches Allaitantes. En 2005, environ 300, 260 et 220 euros par tête, si le chargement était respectivement < 1,4, <1,8 et > 1,8 UGB/ha.

<sup>27</sup> PSBM : Prime Spéciale Bovin Mâle. En 2005, environ 280, 240 et 200 euros par tête, si le chargement était respectivement <1,4, <1,8 et 1,8 UGB/ha. Découplée en 2006 et intégrée dans le droit à paiement unique (DPU).

l'aide (ou l'obligation de remplacement de l'animal). De la même manière, une réduction ou une augmentation de la production peut être envisagée, entre autre via la mobilisation de ressources sanitaires, pour répondre aux contraintes des quotas laitiers, sur les derniers mois de la campagne voire sur toute la campagne. Dans les deux cas, le recours aux achats d'animaux augmente le risque sanitaire de l'élevage (Thomsen et al., 2006).

La place accordée aux préférences des éleveurs dans l'approche économique sanitaire semble justifiée par les observations empiriques des pratiques sanitaires. Dans l'analyse micro-économique, ces préférences se reflètent dans la fonction d'utilité, de façon globale, et dans une plus ou moins grande aversion au risque. L'éventuelle pertinence de l'approche micro-économique dépend alors fortement, sur ce point, de sa capacité à bien intégrer l'aversion au risque et les préférences non financières des éleveurs.

Le modèle conceptuel microéconomique de Mc Inerney paraît à même de traiter la question économique, car il autorise une approche systémique, en l'absence de distinction entre la nature des ressources (sanitaires ou productives) mobilisées, et en intégrant simultanément plusieurs maladies. L'aversion au risque étant une caractéristique globale d'un individu, il semble s'appliquer à l'ensemble de la gestion de l'exploitation, incluant processus sanitaires et non sanitaires, et l'ensemble des maladies. Au contraire, les préférences non financières des éleveurs semblent plus difficiles à intégrer au sein de l'approche néoclassique de Mc Inerney et, de manière plus générale pour l'économie néoclassique, au sein de la fonction : en effet l'homogénéité du comportement d'un éleveur dans ses préférences non financières n'est pas garantie, et peut varier entre chaque maladie, et entre les processus sanitaires et non sanitaires.

#### **4 – Un contexte figé et une exploitation comme système fermé**

Les trois critiques de l'approche microéconomique jusqu'alors formulées (incapacité de séparer santé et production, rationalité substantielle, optimisation de la gestion sanitaire, et difficulté à prendre en considération les préférences) sont centrées sur l'exploitation et sur l'éleveur ; elles renvoient aux processus impliqués au sein du système initialement défini comme une boîte noire (Figure 1). Or, les processus et choix sanitaires et productifs sont en interaction permanente avec l'extérieur, ou en d'autres termes dépendent de ressources ou de contraintes externes, à travers les relations avec les différents acteurs sanitaires et les éleveurs du territoire et de la filière.

Le modèle conceptuel microéconomique de la santé peut, en théorie, intégrer un ensemble de maladies simultanément, ainsi que plusieurs types de ressources par maladie, au sein du système exploitation. Il intègre une partie de la dynamique productive et sanitaire présente sur le pas de temps de l'analyse. Or, l'échelle temporelle associée à cette analyse peut varier, mais reste définie *a priori* pour chaque analyse : elle correspond en général à la durée d'un cycle de production.

Cet *a priori* temporel du modèle sanitaire proposé par McInerney conduit à deux réserves quant à sa capacité d'analyse dynamique. D'une part, la capacité de nuancer un processus qui

varie au cours de la période d'étude est limitée, comme par exemple la saisonnalité lors d'une analyse avec un pas de temps annuel. D'autre part, la capacité à détecter des comportements d'anticipation, associés à des changements progressifs et longs, est aussi réduite.

Les forces motrices des dynamiques de l'exploitation agricole peuvent être de nature sanitaire ou productive, et impliquer des pas de temps courts ou longs. Elles se traduisent par (i) des anticipations des éleveurs sur des critères sanitaires (dynamique sanitaire) ou productifs (politiques publiques) et (ii) des opportunités productives et sanitaires (marchés et innovations).

#### **41 - Anticipations des éleveurs**

La dynamique de l'exploitation provient d'une part des mécanismes d'anticipations, tant sanitaires que productives, qui renvoient à des investissements productifs et/ou sanitaires.

##### *Anticipations sanitaires*

Les anticipations sanitaires sont illustrées par les effets à longs et court termes de certaines mesures sanitaires. Par exemple, en absence d'apports réguliers, des cures d'oligo-éléments distribuées à des vaches allaitantes en fin de gestation permettent à la fois des effets à court terme (saison n) sur le veau à naître, mais aussi à long terme (saison n+1) sur la productivité numérique. En effet, la distribution de 15 ppm (contre 0,1 ppm) de sélénium pendant 3 semaines avant le vêlage permet une amélioration du statut sélénique du veau à la naissance et un meilleur transfert d'immunité passive (protection contre les diarrhées) (Lacetera et al., 1996). L'amélioration du statut sélénique des veaux leur confère de meilleures défenses immunitaires (par exemple, protection contre les maladies respiratoires) (Reffett et al., 1988; Pollock et al., 1994). De plus, l'amélioration du statut sélénique des vaches permet de limiter le risque de non-délivrances et de métrites (saison n), d'améliorer indirectement l'IVV de la saison n/n+1 et donc de maintenir une productivité numérique satisfaisante en saison n+1 (Galyean et al., 1999). Il apparaît clairement que l'efficacité économique des mesures sanitaires entreprises en saison n interfère avec la production de la saison n+1.

Par ailleurs, la gestion d'une maladie, traduite par l'adoption de mesures sanitaires médicales et non médicales, peut être associée à l'apparition de facteurs de risque d'une nouvelle maladie, celle-ci apparaissant alors progressivement dans l'exploitation. Ces relations sont souvent observées lors d'une modification importante des pratiques d'élevage : l'accès au pâturage ou au parcours de vaches initialement en zéro-pâturage s'avère une solution souvent efficace pour résoudre les problèmes locomoteurs, mais peut induire des flambées de mammites estivales, en particulier en peu d'accès à l'ombre (concentration des animaux) et en présence de logettes (facteurs de risque de mammites réduits).

Enfin, l'ensemble des mesures destinées au pré-troupeau ne peut être intégré dans l'analyse économique qu'à travers une période très longue, en théorie au minimum égale à la durée des cycles longs de la production (carrière des vaches).

### *Anticipations productives*

Les fonctions productives sont dynamiques, et les variations des productions peuvent se manifester sur des pas de temps longs, impliquant plusieurs cycles productifs : les choix de production s'inscrivent dans un système de production avec plus ou moins de flexibilité, tant au niveau de l'exploitation que du territoire lorsque le système de production repose sur des ressources communes.

C'est par exemple le cas des incitations productives (aides couplées) et des politiques publiques. Une fois ces mécanismes en place, ils font partie intégrante du système d'élevage. Ils apportent une complexité à l'analyse économique de l'exploitation, à travers les effets seuils (chargements et aides politiques, par exemple) et le couplage des aides, lorsque l'analyse porte sur des durées courtes (un cycle de production, par exemple).

Ces incitations et politiques sont aussi l'objet d'anticipations de la part des éleveurs, lorsqu'abordées sur des pas de temps longs. Leur impact sur les structures d'élevage a été démontré. Par exemple, l'agrandissement des exploitations a été favorisé par des mesures structurelles (cessations laitières) ainsi que par les paiements directs des aides aux éleveurs (Ahearn et Yee, 2005; Hey et Roberts, 2007). La concentration des exploitations intra-départementale a été favorisée par la mise en place des quotas laitiers, les mesures du second pilier de la PAC et certaines mesures structurelles (Piet et al., 2010). Cependant, les productions fortement soutenues dans le cadre de la PAC ont moins tendance à se concentrer géographiquement que celles non concernées par les soutiens internes (Daniel et Maillard, 2000).

Ces variations peuvent se traduire par des modifications concrètes sur les différents lots d'animaux présents dans une exploitation : par exemple, la prévision de couplage ou de découplage des aides animales peut conduire à restreindre ou favoriser certaines productions et la suppression des quotas laitiers peut conduire à sur ou sous-dimensionner le pré-troupeau quelques années auparavant.

Ainsi, la dynamique productive d'une exploitation provient d'une modification continue du contexte économique et notamment des règles publiques qui concernent les marchés et les structures productives.

## **42 - Opportunités productives et sanitaires**

### *Opportunités productives et mobilisations de ressources*

Dans l'approche microéconomique de la santé animale, l'éleveur est assimilé à un preneur de prix, car vendant et achetant les produits agricoles au prix du marché. Une partie de la dynamique sanitaire provient des fluctuations des prix des productions et des ressources non sanitaires, induisant des fluctuations de la marge brute. En effet, ces fluctuations sur des pas de temps courts ou moyens peuvent induire des comportements d'opportunité (ou de contrainte) chez les éleveurs, en mobilisant (ou démobilisant) les ressources sanitaires pour modifier le volume de production. En absence d'alternative, la rentabilité de la production peut être modifiée par l'instabilité des marchés. Celle-ci peut aussi conduire à une

modification de la nature des ressources ou du type de production de l'atelier. Les pas de temps impliqués sont variables, plutôt courts pour la substituabilité des intrants ou lorsque la modification du type de produit est possible en cours de cycle, plutôt longs pour les modifications de productions (après vérification que le changement est structurel et pérenne). Ces modifications liées aux opportunités productives peuvent se traduire par des variations dans la mobilisation de ressources sanitaires. Par exemple, le prix de vente d'un veau mâle laitier de 8 jours peut varier du simple au double au cours de la même saison. En cas de maladie, le coût des traitements pourra dans certains cas être supérieur à la valeur marchande espérée de l'animal. De même, une augmentation des prix de vente du lait peut amener les éleveurs à mobiliser des ressources supplémentaires, dont une partie est sanitaire, pour augmenter immédiatement le volume de production : consultation vétérinaire en première intention, traitements plus agressifs des mammites cliniques ou subcliniques (moins de lait exclu) et réduction ou report des réformes des animaux ; la mobilisation de ressources pour la gestion de la reproduction est par contre associée à une anticipation sur la campagne suivante.

### *Innovations techniques*

Les innovations techniques sont sources de dynamisme. Elles peuvent s'analyser comme des opportunités productives et sanitaires, avec un effet sur le long terme. Elles induisent des modifications (i) dans la gestion des élevages, (ii) dans les mobilisations de ressources et (iii) dans les productions. Par exemple, le robot de traite permet une allocation différente des ressources humaines (plus de flexibilité) mais modifie l'attention portée à chaque animal. La pratique de l'enrubannage a aussi contribué à la modification des pratiques alimentaires des animaux et des pratiques de fenaison. Les innovations sanitaires s'avèrent des outils de contrôle de dommages autorisant de nouvelles productions dans un atelier, ou modifiant l'allocation des ressources pour une production. Ainsi, l'antibiothérapie longue action (activité pendant plus d'une semaine suite à une seule injection) représente une innovation permettant dans une certaine mesure la modification des stratégies d'élevage des bovins à l'engrais (Assié et al., 2009).

Au bilan, les systèmes productifs sont soumis à une instabilité structurelle permanente, associée aux anticipations des acteurs sur l'évolution sectorielle ou à leur capacité à saisir les opportunités. De plus, les stratégies productives et sanitaires des éleveurs impliquent des retombées à court ou long terme des mesures entreprises. Les anticipations et comportements d'opportunités à court, moyen ou long terme se traduisent par un chevauchement temporel des actions stratégiques des éleveurs. L'*a priori* temporel observé dans le modèle sanitaire proposé par McInerney réduit sa capacité d'analyse dynamique. Le coût total de la maladie évalué par cette méthode en ressort sur ou sous évalué, en fonction de l'intensité des investissements productifs et sanitaires qui ont eu lieu pendant la période d'analyse.

L'analyse microéconomique de la santé proposée par McInerney rencontre plusieurs limites : forte simplification de la complexité sanitaire, hypothèses de rationalité substantielle et d'information parfaite des éleveurs, prise en compte partielle des préférences et *a priori* temporel de l'analyse.

Elle permet cependant une approche globale du système exploitation, et articule en ce sens santé et production. En théorie, l'ensemble des ressources et des productions d'un atelier peut être intégré dans l'analyse, mais la spécification concrète de la complexité des relations reste difficile voire impossible. De plus, la traduction financière des volumes de ressources et de production pose problème, en raison des *a priori* temporels et des difficultés de l'estimation financière (coûts de revient, prix du marché, coûts d'opportunité).

Pour répondre aux limites de la méthode proposée par McInerney, Tisdell propose de revenir à des approches coûts-bénéfices et d'utiliser cette approche pour prioriser les ressources allouées à chaque maladie (Tisdell, 1995). Cette proposition ne répond cependant que très partiellement aux limites formulées précédemment. Le recours à l'approche institutionnelle peut se révéler pertinente, en intégrant et dépassant l'approche néoclassique de la santé animale telle que proposée par Mc Inerney. D'une part, l'institutionnalisme peut apporter un éclairage sur le fonctionnement du système exploitation, et notamment sur les déterminants des prises de décisions sanitaires, en prenant en compte les interactions avec l'ensemble du dispositif sanitaire. Il répond ainsi à une partie des critiques concernant les hypothèses de rationalité substantielle, d'information parfaite et de préférence des éleveurs. D'autre part, l'institutionnalisme autorise une approche dynamique de la problématique sanitaire.



### III – APPROCHE INSTITUTIONNELLE DE LA SANTE

L'approche institutionnelle proposée par Commons (Commons, 1931) mobilise l'économie, le droit et l'éthique, et autorise une analyse de la santé animale en articulant (i) la mobilisation de ressources, (ii) le recours à des pratiques réglementées et à des biens réservés et (iii) la référence aux règles de l'organisation sanitaire. L'approche institutionnelle permet la prise en compte de la dynamique collective sur les comportements individuels, incluant à la fois les facteurs temporels et spatiaux. La dynamique temporelle institutionnelle concerne autant l'échelle des interactions économiques (pas de temps de la transaction) que celle du temps historique (changements institutionnels) (Allaire, 2007), et peut ainsi répondre aux stratégies à court et long terme des acteurs sanitaires. La dynamique institutionnelle est aussi spatiale, incluant une dimension microéconomique (l'atelier), échelle des prises de décisions sanitaires concrètes, et une dimension méso voire macroéconomique, articulant les différentes filières géographiquement imbriquées.

L'approche institutionnelle, basée sur « l'action collective en contrôle de l'action individuelle », n'est pas une approche holiste<sup>28</sup>, et accorde une place conséquente à l'individu, ici l'exploitant agricole ou l'exploitation agricole. L'institutionnalisme commonsien semble ainsi répondre aux trois clés d'analyse de la santé des bovins que sont le fait d'être un problème économique, d'être territorialisée et d'être dynamique.

L'objectif poursuivi dans cette partie est de caractériser la gestion sanitaire bovine comme un régime institutionnel, au sein d'un contexte institutionnel plus général qu'est l'élevage.

Le régime institutionnel est entendu ici comme un champ –par exemple le champ sanitaire– correspondant à des acteurs, des politiques, des croyances, des représentations, des modèles de gestion. Plusieurs régimes peuvent être distingués, dans le temps, selon le « référentiel » utilisé. Ainsi au régime moderniste qui visait une rationalisation et une simplification du travail, permettant l'agrandissement des troupeaux, succède un régime où les pratiques sont plus normalisées et où, par exemple, la question du bien-être animal n'est plus une question de pratique professionnelle mais est devenu une question sociétale à l'origine d'une production normative.

La santé des bovins a été définie précédemment comme un « état d'équilibre », d'une part dépendant des types productifs et des catégories d'animaux et d'autre part résultat de l'exposition à des facteurs de risque. La notion d'équilibre ne désigne pas ici un équilibre de marché, mais plutôt l'idée d'une gestion équilibrée, prenant en compte plusieurs pas de temps (ou horizons temporels) et reposant sur ce que l'on peut appeler des « valeurs raisonnables » (en reprenant un terme de Commons). Ces valeurs sanitaires raisonnables résultent de l'expérience collective et sont traduites en règles. La caractérisation conceptuelle de cet équilibre ne peut donc que s'inclure au sein d'un cadre conceptuel plus large s'appliquant à l'élevage. Les principes fondateurs de l'institutionnalisme seront donc présentés à partir de

---

<sup>28</sup> L'institutionnalisme commonsien peut être considéré comme un hol-individualisme, car il articule une vision holiste de la chose (société présente en tant que totalité), avec une vision individuelle (individu avec intentionnalité).

l'exemple de l'exploitation agricole, avec l'ensemble des relations sur lesquelles repose la mise en œuvre de l'élevage et des mesures sanitaires, pour ensuite être déclinés plus spécifiquement à la gestion sanitaire des bovins.

## **1 - Approche institutionnelle du secteur agricole**

L'approche institutionnelle de l'élevage des bovins se construit autour de l'éleveur et de l'atelier, ces deux éléments étant définis à la même échelle. L'exploitation (ou l'atelier) représente un système ouvert, impliquant des flux de biens matériels ou immatériels, qui correspondent aux ressources et productions de l'approche néoclassique. L'éleveur est un individu en interaction permanente avec d'autres individus, éleveurs ou non, et s'active autour de choix entre plusieurs alternatives balisées par des dispositifs institutionnels. Le propre de l'approche institutionnelle est de renoncer à l'analyse des relations homme-biens pour se concentrer sur l'interaction homme-homme, à travers l'unité économique élémentaire qu'est la transaction (Commons, 1931).

### **11 - La transaction, unité économique élémentaire**

Pour Commons, l'unité minimale de l'économie n'est pas le bien, mais une « *unité d'activité* », impliquant « *une transaction et ses participants* » (Commons, 1931). La transaction représente « *la conceptualisation des relations entre individus* », sous le contrôle de l'action collective. Elle dépasse les « *échanges de marchandises* », et représente « *l'aliénation et l'acquisition, entre les individus, des droits de propriété et de liberté créés par la société* ». La particularité de l'institutionnalisme est donc de ne pas partir des biens, mais des transactions, en réponse à l'approche centrée sur la relation homme-homme.

Ainsi, l'analyse institutionnelle du secteur agricole n'est plus uniquement centrée sur les ressources et les produits agricoles. Au contraire, elle est basée sur la transaction qui apparaît clairement dans l'interaction entre l'éleveur et les intervenants en élevage ou entre l'éleveur et les autres éleveurs auxquels il est confronté (Figure 1). La transaction n'est pas un acte solitaire, mais un acte impliquant l'autre (une « trans-action »), d'où la place prépondérante du collectif dans l'institutionnalisme.

Certaines « *unités d'activité* » agricoles (par exemple, une pratique), pourraient apparaître comme des comportements individuels, indépendants du collectif. Cependant, ces actions de l'éleveur ne sont en aucun cas déconnectées du collectif, car liées à des « *droits et libertés* » acquis par l'individu auprès du collectif : cette pratique est autorisée, tolérée, conseillée par le collectif (la société). De plus, chaque action est, au moins indirectement, associée à un échange de biens (modifications des ressources et productions, selon l'approche microéconomique), et mobilise ainsi des transferts de droits de propriété, dans une relation avec d'autres individus.

L'existence même des transactions repose sur la "socialisation" des acteurs. Commons considère ainsi que le comportement individuel "ne part pas de rien", mais que les individus sont des « *esprits institutionnalisés* », qu'ils sont « *socialisés* » et qu'ils héritent « *des hypothèses habituelles, des croyances, des règles, des lois et des coutumes* ». Ce "contexte" permet à tous les individus d'une société d'interagir, mais il permet aussi aux acteurs d'un secteur (par exemple, agricole) d'interagir facilement, car possédant certaines références communes et partagées qu'ils vont mobiliser.

Le fait pour des individus de posséder ces références communes se traduit concrètement par le respect de « *règles opérantes* », ou règles de fonctionnement, résultat de « *l'ensemble des relations économiques corrélatives et réciproques qui unissent les individus* ». Les règles opérantes représentent l'action du collectif sur l'individu ; la conformité du comportement individuel est assurée par les « *arrangements privés et coutumiers* », partagés à différents niveaux : sociétal, local, sectoriel ...

Ces règles opérantes ou coutumes ont un pouvoir très important dans la société, car elles sont ancrées dans les habitudes des acteurs, qui les perpétuent inconsciemment. Ainsi, l'existence et la manifestation concrète des règles de fonctionnement assurent une « *reproduction dans le temps sous forme récurrente des transactions* », condition émise dans la définition même d'une transaction (Théret, 2005). Ce sont donc les transactions dites routinières qui sont mobilisées au quotidien par les acteurs et qui assurent la pérennité de fonctionnement.

L'action du collectif sur l'individu pourrait apparaître uniquement comme contrôlant ses propres actions. Cependant, par le jeu des règles opérantes et de la conformité des comportements, l'action collective (i) libère et (ii) étend l'action individuelle. Elle libère dans le sens où la connaissance et le respect des règles de fonctionnement par tous permettent à l'individu de se conformer aux comportements des autres pour assurer son propre fonctionnement : l'action collective libère l'action individuelle de certaines contraintes, de la discrimination et de la concurrence déloyale. Par exemple, se conformer aux règles de fonctionnement (en livrant des produits identiques aux autres) permet de se libérer de certaines contraintes dans la gestion de son exploitation (rechercher des débouchés). Mais, l'organisation des marchés qui « libère » le producteur individuel, ouvre également des espaces d'opportunité qui lui permettent, par exemple, de se différencier des autres (productions spécifiques versus génériques, différenciation dans le service offert). Cette opportunité existe (et est limitée) du fait de l'organisation du marché, qui est le support pour que le producteur puisse écouler son produit différent: en ce sens, l'action collective étend le champ de l'action individuelle « *au-delà de ce que lui permettrait ses propres moyens* » (Commons, 1931). « *L'institution [est justement] une action collective qui contrôle, libère et étend le champ de l'action individuelle* » (Commons, 1931).

Une autre caractéristique de l'approche institutionnelle est sa capacité d'intégration des processus dynamiques. En effet, des "lois" sont créées à travers les décisions prises lors des résolutions des conflits, et constituent de nouvelles règles de fonctionnement en devenant des précédents. La jurisprudence ou l'expérience partagée induisent donc des changements continus et permanents des règles de fonctionnement au cours de l'histoire d'une institution. De plus, la référence à l'intentionnalité des individus permet de définir des « *transactions*

*stratégiques* », aux côtés des « *transactions routinières* ». Ces *transactions stratégiques*, individuelles ou collectives, contribuent à l'évolution du secteur, en faisant évoluer le contexte sectoriel.

## 12- Trois types d'activités économiques et trois types de transactions

Les transactions peuvent être ramenées à trois types d'activités économiques : il existe ainsi des transactions de marchandage [bargaining transactions], de management (ou direction) [managerial transactions] et de répartition [rationing transactions]. Les transactions mobilisent trois principes fondamentaux (retrouvés de manière proéminente dans certains types de transaction) que sont la rareté, l'efficacité et la futurité (Commons, 1931).

### *Trois types de transaction*

La transaction de marchandage dérive de la formulation familière d'un marché. C'est « *une relation horizontale, contractuelle et égalitaire* » entre des participants. L'hypothèse égalitaire renvoie aux contraintes de « *concurrence et de discrimination* ». Son objet est « *d'obtenir des droits de propriété sur les choses qui sont (ou sont jugées comme) nécessaires au bon déroulement de la vie* » : ainsi, pour l'exploitation agricole, cette transaction est associée aux ressources ou productions, qu'il s'agisse de biens matériels ou immatériels (conseils). La transaction de marchandage est motivée par l'incitation du gain monétaire et la menace de pauvreté (contrainte du pouvoir économique) et répond au principe universel de « *la rareté* » (naturelle ou construite) des ressources. Les transactions marchandes sont régies par des relations de « *conflit d'intérêt* », au sens où les intérêts des deux participants sont contradictoires, à l'origine « *des règles de fonctionnement* ». Ces dernières apaisent ces conflits, sans en supprimer la source liée à l'interdépendance des individus.

Les transactions de management (ou de direction) répondent au principe universel d'efficacité. La coordination des activités permet une réduction de la rareté des ressources et mobilise pour cela des relations de supériorité/infériorité entre participants ou entre ressources. L'efficacité de la gestion des ressources implique l'obéissance et le respect des commandements, mais l'obéissance reste cependant acceptée dans la mesure où l'autorité est raisonnable. L'homogénéité des comportements garantit l'efficacité. Ainsi, dans le secteur agricole, cette transaction se traduit par la conformité des modalités de production et des produits livrés aux attentes (normes) des individus en amont et en aval de la filière.

Les transactions de répartition opposent et soumettent « *l'individu au collectif souverain, qui opère une centralisation et répartition des ressources* », y compris en définissant les régimes de propriété sur les ressources communes. Les négociations, politiques, prennent une forme d'argumentation, de plaidoirie ou d'éloquence, mais ces transactions se manifestent par des contraintes juridiques, normes et droits, qui en dernier ressort renvoient au monopole de la violence physique légitime, qui appartient à l'Etat. Elles correspondent, concrètement, aux régularités d'origine réglementaire. La futurité apparaît ainsi à travers les transactions de répartition et de direction.

### Formule générale de la transaction

Les transactions possèdent une structure commune qu'il est possible de formaliser au sein d'une formule, tel que proposé par Théret. Cette formule est composée de trois termes (Figure 6) : l'ordre institutionnel des règles opérantes, l'autonomie individuelle des transacteurs et leur interdépendance, renvoyant respectivement aux transactions de répartition, marchandage et direction (Théret, 2005).

Les trois types de transaction représentent *in fine* trois cas-types de transactions théoriques, où le marchandage, la direction et la répartition seraient respectivement seuls présents. Cependant, chaque transaction concrète d'un individu regroupe un peu de marchandage, de direction et de répartition, et définit donc une formule de transaction. La formule générique (Figure 6) regroupe donc les trois types de transaction sans présupposer de l'importance de chacune. Chaque transaction concrète répond à une formule, qui définit les parts de marchandage, de direction et de répartition qui la composent.

La formule générale de la transaction met en jeu deux oppositions binaires : action collective *versus* individuelle et opposition d'intérêts *versus* intérêt d'un accord. Elle illustre clairement que chaque interaction entre deux participants est réalisée « sous contrôle » de l'action collective. L'action individuelle est ainsi subordonnée à l'action collective.

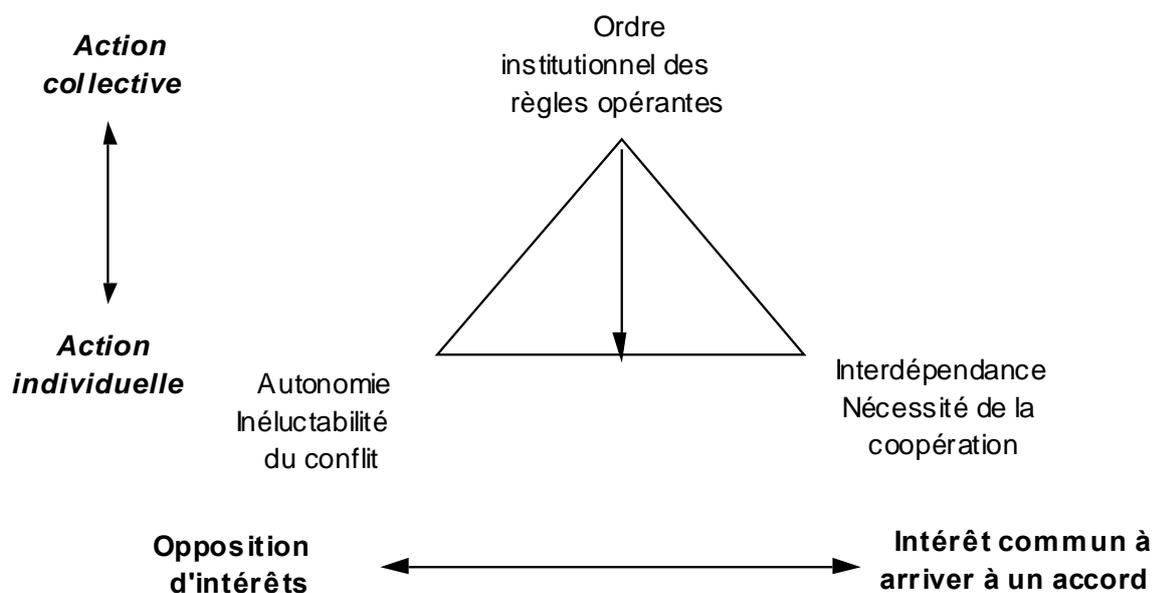


Figure 6 : la formule de la transaction (Théret, 2005)

La transaction représente l'unité élémentaire économique commonsienne, et ne se réalise « *réellement et momentanément qu'entre individualités* », reléguant le collectif dans sa forme inorganisée. La forme organisée du collectif n'apparaît qu'à travers le "collectif organisé".

### 13- Les collectifs organisés ou « *going concern* »

Le « *going concern* », traduit sous la dénomination « *organisation* » ou « collectif en mouvement », et nommé ici collectif organisé, correspond à la forme organisée du collectif et représente la « *répétition attendue de transactions interdépendantes* » (Commons, 1931). Les collectifs organisés peuvent prendre des formes concrètes très variables : famille, banque, entreprise, syndicat. Le collectif organisé a une « *structure de complexité supérieure à celle de la transaction dans la mesure où il en articule les trois formes* », rendant la formule du collectif organisé isomorphe à celle de la transaction (Théret, 2005) (Figure 7).

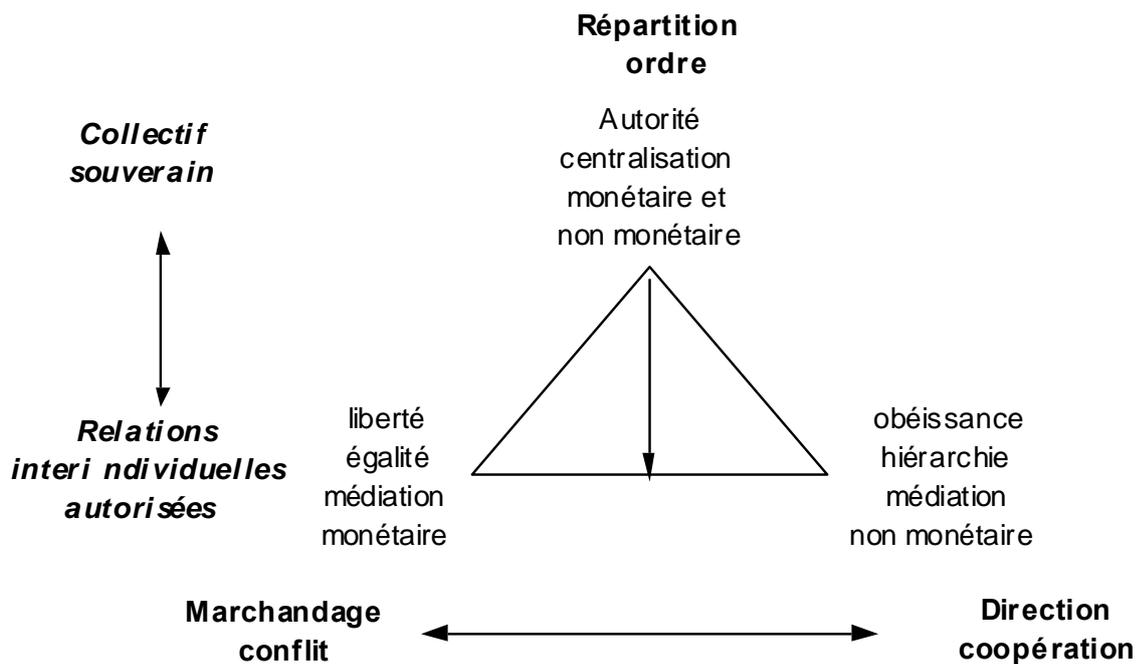


Figure 7 : la formule du collectif organisé (Théret, 2005)

Un collectif organisé mobilise chacun des trois types de transaction, avec un type qui domine. Le collectif organisé possède ainsi trois caractéristiques : celle d'être une « *affaire économique* » (transaction de marchandage, médiation monétaire), celle d'être « *un lieu de déploiement de techniques matérielles et d'activités physiques* » (transaction de direction, médiation non monétaire) et celle d'être un « *groupement politique souverain* » (transaction de répartition, autorité). Les oppositions binaires "collectif" *versus* "individu" et "liberté" *versus* "obéissance" sont ainsi retrouvées (Figure 7).

Les collectifs organisés peuvent être caractérisés par leurs types, espèces et ordres, en référence aux transactions majoritairement impliquées (Tableau 3). Ainsi, chaque type d'action collective mobilise ou est mû majoritairement par une espèce d'action collective, en référence à un ordre (Théret, 2005).

**Tableau 3 : type, espèce et ordre des collectifs organisés, en fonction de la forme de transaction dominante ; d'après (Théret, 2005)**

Type de transaction dominante au sein du collectif organisé	Type du collectif organisé	Espèce définissant le collectif organisé	Ordre du collectif organisé
Marchandage	Entreprise privée	Economique	Marchand
Direction	Association	Morale	Culturel
Répartition	Administration	Souveraine	Juridico-politique

Si la transaction est illustrée par l'interaction entre l'éleveur et les acteurs extérieurs à l'exploitation (Figure 1), le collectif organisé, en tant que répétition attendue de transactions interdépendantes, apparaît, de manière concrète, à travers les divers groupes de participants extérieurs avec lesquels l'éleveur interagit. Les collectifs organisés agricoles se manifestent donc sous des formes très variables. Certains prennent une apparence formalisée, concrète, par exemple à travers des organismes (banques, syndicats, entreprises, organismes départementaux). D'autres représentent des mouvements collectifs plus abstraits, mais toujours sous la forme organisée, tels que des réseaux plus ou moins formels, reliant des participants qui partagent certaines caractéristiques : par exemple, un groupe d'éleveurs pratiquant l'agriculture biologique ou la vente directe peut être considéré comme un collectif organisé.

La mise en évidence des collectifs organisés au sein du secteur agricole conduit à s'interroger sur leur nature et leurs caractéristiques.

## **2 – Caractéristiques des collectifs organisés du secteur agricole**

Les collectifs organisés impliqués dans le monde agricole s'avèrent diversifiés. Chaque exploitation agricole est confrontée à plusieurs collectifs organisés, et les relations qu'ils entretiennent sont plus ou moins étroites; chaque éleveur est par défaut partie prenante des collectifs organisés avec lesquels il interagit.

Analyser les interactions entre exploitations et collectifs organisés conduit à s'interroger sur (i) les finalités propres de chaque collectif organisé et sur l'articulation entre le droit et l'éthique, sur (ii) la territorialisation des collectifs organisés et sur (iii) leur évolution dans le temps.

### **21 - Nature des collectifs organisés du secteur agricole**

Classer les collectifs organisés selon leurs espèces s'avère particulièrement intéressant, car les espèces sont révélatrices des finalités des collectifs organisés et font référence aux stratégies mobilisées et aux objectifs poursuivis. Les espèces sont économiques, morales ou

souveraines, selon qu'elles mobilisent majoritairement des transactions de marchandage, de direction ou de répartition (Tableau 3). Si l'espèce morale fait référence aux propriétés éthiques des transactions impliquées, il s'avère cependant que la notion d'éthique revêt plusieurs acceptions (Théret, 2005), rendant ainsi nécessaire l'articulation entre collectif organisé et éthique.

*Quelles espèces de collectifs organisés dans le secteur agricole ?*

Une première catégorie de collectifs organisés peut être définie lorsque l'espèce souveraine domine (Tableau 4). Ces collectifs organisés répondent généralement à des fonctions administratives, associées à l'application des réglementations (environnementales par exemple), à l'instar de la Direction Départementale de l'Agriculture (DDA). La composante morale, représentée par les fonctions de service public, est secondaire, mais présente. Enfin, la composante économique, illustrée par certains services payants et une certaine autonomie financière de l'organisme, apparaît mineure.

Les collectifs organisés d'espèce morale sont représentés par des organismes parapublics et associatifs, basés sur l'entraide et le volontariat, où la composante économique vise uniquement à pérenniser l'organisation et où la composante souveraine est nulle à faible (absence de contrainte).

Enfin, d'autres collectifs sont principalement animés par des revendications économiques, souvent dans la fourniture de biens (technico-commerciaux) ou de services à l'exploitant. Ils répondent aussi à des motivations morales ou souveraines ; celles-ci peuvent même s'avérer stratégiques, leur développement (limité) peut être associé à une volonté dans la conquête/stabilisation de marchés, en modifiant l'image de ce collectif.

Les motivations morales des collectifs organisés d'espèce économique se manifestent à travers la composante technique et la compétence sectorielle : volonté d'obtenir un résultat satisfaisant et satisfaction du travail bien fait (efficacité et management). La réputation est aussi à l'origine de la qualité du travail et renvoie à la composante morale. La composante souveraine peut provenir du monopole ou de l'asymétrie d'information et elle est alors généralement limitée dans l'espace ou dans le temps. La contractualisation peut aussi être analysée comme un renforcement de la composante souveraine, limitée dans le temps et l'espace.

**Tableau 4 : quelques exemples des espèces dominantes des collectifs organisés rencontrés dans le secteur agricole.**

	Espèce impliquée dans le collectif organisé		
	Economique	Morale	Souveraine
DDA	+	+++	+++
Groupement d'employeurs	+	+++	
UPRA – Herd book	+	++	+
Techniciens conseillers CL-EDE	+	++	+
Technico-commerciaux amont / aval	+++	+	+ -
Services (mécanique...)	+++	+	+ -

Le nombre de croix représente l'intensité de l'activité ; de fortes variations locales sont possibles.

EDE : établissement départemental de l'élevage

Quelle que soit l'espèce dominante du collectif organisé, la composante morale revêt un rôle capital en modérant les comportements opportunistes et abusifs des intervenants extérieurs à l'exploitation. Le poids relatif de la composante morale est d'autant plus important que le collectif organisé possède une composante économique dominante : dans ce cas, la composante morale est un indicateur de l'éthique du collectif organisé. L'approche institutionnelle ne résume cependant pas l'éthique à la composante morale des collectifs organisés, et en propose quatre conceptions.

#### *Ethique et collectifs organisés du secteur agricole*

L'approche institutionnelle articule 4 définitions de l'éthique (Théret, 2005). Chacune renvoie à des droits et responsabilités pour les acteurs impliqués.

Dans une première acception, l'éthique est d'origine « divine » ou « naturelle », et renvoie à des droits subjectifs. Commons distingue en effet des transactions autorisées, légales et des transactions non autorisées ou éthiques. Ces dernières ne sont pas basées sur une relation entre droits d'un transacteur et obligations respectives de l'autre transacteur, car elles ne bénéficient pas (ou pas encore) d'un consensus sociétal. En effet, ces droits liés à l'éthique sont revendiqués par des groupes sociaux particuliers, mais pas par la société entière, et sont de ce fait opposables par n'importe quel tiers. Cette éthique naît donc de la négation de l'autorité et serait en ce sens proche de l'anarchie. Pour l'élevage, cette éthique est par exemple représentée par le droit (divin) des animaux, tant dans le contexte des conditions d'élevage que d'abattage : c'est bien au regard du droit animal que des collectifs organisés (généralement associatifs) dénoncent certaines conditions d'élevage ou d'abattage (voir l'abattage lui-même), bien que ces pratiques soient autorisées et contrôlées par les instances réglementaires.

La seconde définition de l'éthique renvoie à la composante morale des espèces de collectifs organisés, en relation avec les transactions de direction. L'éthique est alors une forme particulière de sanction et d'incitation de l'action référée à l'opinion collective. Cette acception de l'éthique renvoie au respect des règles de conduite et assure la conformité des comportements en mobilisant l'obligation morale, la valeur symbolique, la sanction de nature émotionnelle et la valeur de type sacré. Cette éthique est rencontrée chez les éleveurs dans le respect des normes de productions, de la qualité des produits livrés et des pratiques agricoles reconnues par la profession. Pour les collectifs organisés agricoles, cette éthique est illustrée par la qualité des ressources apportées à l'exploitation ou la qualité des services. L'éthique comme obligation morale est donc associée à l'appartenance à un collectif organisé ou à une profession, et le non respect des règles opérantes se traduit par l'exclusion de ce collectif. L'identité professionnelle et la réputation sont ainsi impliquées dans ce type d'éthique.

La troisième conception de l'éthique correspond à la subordination de soi aux autres et répond à une rationalité comportementale qui s'oppose à la rationalité économique telle que classiquement définie (favorisant le soi aux autres). Cette définition de l'éthique est illustrée dans les règles de gestion des communs, où l'intérêt collectif domine l'intérêt individuel grâce

aux règles de gestion inventées par les collectifs organisés. De plus, cette définition de l'éthique renvoie aux limites formulées quant à la fonction d'utilité considérée dans l'approche microéconomique. En effet, les préférences des individus répondent pour partie à des critères d'éthique opposés à la rationalité économique et qu'il est donc possible de qualifier de rationalité comportementale. La mutualisation des moyens correspond par exemple à cette forme d'éthique.

Enfin, la quatrième et dernière acception de l'éthique renvoie à l'autorité symbolique supérieure, ensemble de valeurs partagées définissant culturellement et politiquement la société dans son ensemble. Pour le secteur agricole, elle se traduit par les droits accordés aux producteurs à travers les politiques publiques agricoles, en réponse à la conceptualisation de l'agriculture par la société ; cela se traduit par exemple actuellement par l'ensemble des réflexions sur le développement durable. Ainsi, cette définition de l'éthique en fait une instance supérieure, en dominant le droit qui domine à son tour l'économie.

Chaque collectif organisé apparaît donc motivé par des stratégies variables, en réponse à des principes fondateurs différents, tel qu'illustré tant par leur espèce dominante que par la catégorie d'éthique dont ils se revendiquent.

## **22 - Des collectifs organisés territorialisés**

L'exploitation agricole, et plus largement le secteur agricole, s'organisent au sein d'un schéma productif territorial (Figure 1). Ceci conduit à analyser l'inscription territoriale des transactions et des collectifs organisés.

Les collectifs organisés prennent précisément forme au sein de territoires dont ils contribuent à la définition. Le territoire naît de l'association de forces productives et d'une gouvernance (Allaire, 2002). Le territoire est en effet « constitué d'instances collectives, qui résultent des coopérations locales autour de problèmes considérés communs » (Pecqueur, 2005).

### *Forces productives localisées et bassins de production*

Le territoire est, dans une première vision, un espace productif dont la délimitation géographique est définie par les transactions impliquées. Ces transactions ne peuvent en effet s'exercer que si les forces productives sont présentes. Or, ces dernières sont localisées.

La première contrainte pour la présence des forces productives provient des conditions pédoclimatiques, qui donnent un avantage comparatif à certaines régions et exercent une concurrence spatiale entre territoires. L'avantage comparatif donné à un territoire provient en effet des ressources naturelles disponibles sur celui-ci, découlant directement des conditions pédoclimatiques.

Les forces productives sont le résultat de l'activation des ressources locales, car la présence seule des ressources n'induit pas la présence de forces productives. L'activation des ressources est un processus institutionnel de socialisation, et se traduit concrètement par la

présence de transactions (collectifs inorganisés) et dans une moindre mesure de collectifs organisés. Ainsi, l'homogénéité locale des forces productives ne provient pas uniquement de l'homogénéité des conditions locales, mais aussi de l'homogénéité des comportements individuels, via la mise en œuvre de règles opérantes : ce sont donc bien les collectifs inorganisés qui permettent de passer des ressources locales aux forces productives. Il est aussi possible de voir les collectifs organisés, en tant que « *lieu de déploiement des techniques matérielles et d'activités physiques* » comme contributeurs à l'homogénéité locale des productions. Cependant, les forces productives dépendent en fait plus des transactions de marchandage et de direction que de collectifs organisés économiques et moraux, car les transactions de répartition n'apparaissent que dans la gouvernance territoriale.

Ainsi, c'est bien la forme inorganisée de collectifs qui est majoritairement impliquée dans les forces productives. La territorialisation des productions, sous la dépendance des conditions locales et des institutions, correspond à la présence de déterminants communs observés au sein des bassins de production.

### *Gouvernance territoriale*

La présence de forces productives ne constitue pas à elle seule le territoire. Celui-ci implique aussi une gouvernance, dans une acception collective et publique, renvoyant aux formes de l'Etat (Allaire, 2002). Ainsi, la gouvernance territoriale renvoie à la présence des collectifs organisés, et tout particulièrement à leur composante souveraine.

La majeure partie de ces collectifs prend forme sur des champs géographiques administratifs, dans la plupart des cas départementaux, parfois à l'échelle de collectivités territoriales plus petites. Cette forme unitaire et indivisible de gouvernance est souveraine sur une zone géographique, mais sans correspondance *a priori* avec les bassins de production.

L'absence de recouvrement entre bassins de production et gouvernance souveraine publique est aussi observée pour les collectifs organisés liés aux schémas productifs spécifiques et géographiquement localisés (AOP, IGP...). Cependant, ces collectifs organisés possèdent, en parallèle, une gouvernance propre, souveraine sur la zone géographique concernée et pour les participants, dans la mesure où des transactions de répartition y sont mobilisées.

### *Des déterminants institutionnels communs et spécifiques à un territoire*

Les relations entre (i) les collectifs et (ii) les forces productives et la gouvernance ont été analysés comme l'association entre les formes inorganisés de collectifs et les forces productives d'une part et entre les formes organisés de collectifs et la gouvernance d'autre part. Cependant, il est aussi possible de définir les forces productives comme associées aux collectifs inorganisés et aux collectifs organisés d'espèces économique et morale et de réserver la gouvernance aux collectifs organisés d'espèce souveraine.

Cette seconde approche permet de traiter la complexité de la territorialisation des institutions. La complexité de l'organisation territoriale provient ainsi de la juxtaposition et/ou du recouvrement imparfaits, au sein d'espaces géographiques, des collectifs organisés tant liés aux forces productives qu'aux gouvernances. L'enchevêtrement des collectifs organisés (des deux catégories) prend vie de manière originale au sein de chaque territoire, à travers

l'appropriation par le collectif de ces combinaisons institutionnelles uniques. Un territoire peut ainsi se définir par la présence de déterminants institutionnels communs et spécifiques.

La norme productive territoriale (Figure 1) peut alors s'analyser, en termes institutionnels, comme le résultat des avantages comparatifs locaux (ressources et type de productions) et des déterminants institutionnels du territoire (inorganisés et organisés). Chaque exploitation est alors caractérisée par des structures et des pratiques dont une partie est reliée à l'homogénéité territoriale des forces productives et des déterminants institutionnels, l'autre partie constituant ses caractéristiques propres.

### **23 - Des collectifs organisés dynamiques**

Par définition, un collectif organisé est continu, permanent et dynamique, en raison de la répétition de transactions (une traduction proposée est "collectifs en mouvement"). Il est donc "vivant" et en continuel renouvellement. Ainsi, les évolutions du secteur agricole peuvent s'analyser à travers la dynamique des collectifs organisés.

#### *Trois facteurs à l'origine de la dynamique des collectifs organisés*

Comme précisé auparavant, la dynamique du secteur agricole repose sur des variations d'ordre politique (réglementations, politiques sectorielles) associées à des anticipations des éleveurs, économique (fluctuation des marchés) induisant des opportunités productives, technique (innovation), et climatique (qualité et disponibilité des fourrages). La dynamique se manifeste à travers les relations entre le système exploitation et les acteurs extérieurs (Figure 1).

Un parallèle apparaît donc entre les facteurs de variations économiques, techniques et politiques et les espèces de collectifs sanitaires (respectivement de marchandage, de direction et de répartition). Les variations d'ordre climatique peuvent être ramenées aux composantes territoriales des collectifs organisés.

Les trois déterminants de la dynamique institutionnelle sont ainsi à l'origine des modifications continues du contexte institutionnel que rencontrent les exploitations, dans l'interaction avec les collectifs organisés.

Les marchés représentent la principale source de dynamique du secteur agricole. Ils agissent principalement à travers les collectifs organisés d'espèce économique (Tableau 3), et se traduisent pour les éleveurs (et les autres acteurs) par des opportunités productives (ou économiques ou sens classique du terme). Les variations des marchés se caractérisent par leur intensité (volatilité des prix) et leur ubiquité (tous les produits, ressources ou productions peuvent être concernés).

Les changements de politiques publiques et les modifications réglementaires sont traduits par la dynamique des collectifs organisés (principalement) d'espèce souveraine. L'impact des politiques publiques et des réglementations sur les collectifs organisés et les exploitations peut être sectoriellement ciblé. Les pas de temps associés à ces variations sont généralement longs, sur plusieurs cycles productifs, même si des effets dates sont possibles.

La dynamique portée par les collectifs organisés ayant une composante morale est sensible à l'innovation technique, à travers l'efficacité et le management. Ces collectifs organisés interviennent à la fois dans la genèse de nouvelles capacités techniques sectorielles, mais aussi dans leur diffusion, agissant comme catalyseur d'adoption des innovations.

### *Dynamique et territorialité des collectifs organisés*

L'approche institutionnelle permet ainsi d'appréhender l'exploitation agricole comme un système ouvert autour et au sein duquel divers collectifs organisés dynamiques s'activent. L'exploitation est soumise à l'influence extérieure par l'intermédiaire des collectifs organisés, selon des effets plus ou moins directs et sur des pas de temps variables : les collectifs organisés transmettent, traduisent et répercutent les évolutions contextuelles à l'exploitation, après les avoir intégrées au sein de leurs propres organisations, et donc partiellement modifiées. Concrètement, ces effets se manifestent au sein de l'exploitation par des modifications des structures ou/et de pratiques (Figure 1). Ainsi, l'approche institutionnelle suggère d'analyser les trois types d'acteurs (Figure 1) à travers les collectifs organisés marchands, moraux et souverains, sans qu'il existe pour autant de relations 2 à 2 de ces types de qualificatifs (le fait qu'il existe 3 catégories dans les 2 cas est totalement fortuit).

La dynamique et la territorialité des collectifs organisés ne sont pas deux caractéristiques indépendantes : les collectifs organisés connaissent en effet des régularités spatiales et temporelles permanentes et simultanées, et la dynamique peut alors être définie comme spatio-temporelle. L'impact des évolutions institutionnelles sur les modifications des structures ou/et de pratiques diffère entre territoire. Chaque collectif organisé possède un champ d'intervention géographique (régularités spatiales) propre, qui se superpose partiellement avec ceux d'autres collectifs organisés. L'horizon temporel stratégique (régularités temporelles) varie aussi entre chaque collectif organisé, en relation avec les pas de temps préalablement décrits.

Associer espaces géographiques, acteurs, institutions et fonctionnement dynamique revient à appréhender le territoire comme un système : « *le territoire est un système complexe dont la dynamique résulte de la boucle de rétroaction entre un ensemble d'acteurs et l'espace géographique qu'ils utilisent, aménagent et gèrent* » (Moine, 2005). Le territoire peut aussi s'analyser comme un ensemble de sous-systèmes en interaction dynamique et permanente. L'approche institutionnelle appliquée au secteur agricole permet donc, via les collectifs organisés, d'intégrer le territoire et le système d'élevage.

L'approche institutionnelle du secteur agricole permet une articulation entre l'individu (l'éleveur) et les intervenants extérieurs (collectifs organisés), tout en analysant la nature des relations les unissant (espèce du collectif organisé). Elle permet en plus d'intégrer les dynamiques sectorielles et territoriales tant à l'échelle individuelle que collective. Ceci conduit à s'intéresser à l'intégration du problème sanitaire au sein de l'approche institutionnelle agricole.

### **3 - La santé comme un bien, l'action sanitaire comme une transaction**

La problématique sanitaire fait partie du schéma productif agricole, que ce soit à l'échelle individuelle (exploitation) ou collective (territoire) (Figure 1). A l'instar du modèle sanitaire néoclassique de McNerney, l'approche institutionnelle proposée ici aborde le sanitaire comme un des éléments du système de production : la conceptualisation du modèle sanitaire bovin proposée est ainsi isomorphe au modèle institutionnel du secteur agricole.

En articulant économie, droit et éthique, l'approche institutionnelle semble adaptée pour conceptualiser le système sanitaire bovin. La santé des bovins est un problème économique dans la mesure où elle traite de l'allocation de ressources. Elle renvoie aussi au droit en mobilisant diverses réglementations (maladies réglementées, médicaments, intervenants...) et à l'éthique avec une diversité des intervenants potentiels et le fait de traiter du vivant. Enfin, le concept sanitaire doit aussi bien intégrer les pratiques individuelles que les pratiques coopératives et les démarches sanitaires collectives, ce qui semble autorisé par l'approche commonsienne, organisée autour du jeu d'interaction entre éleveurs et collectifs organisés.

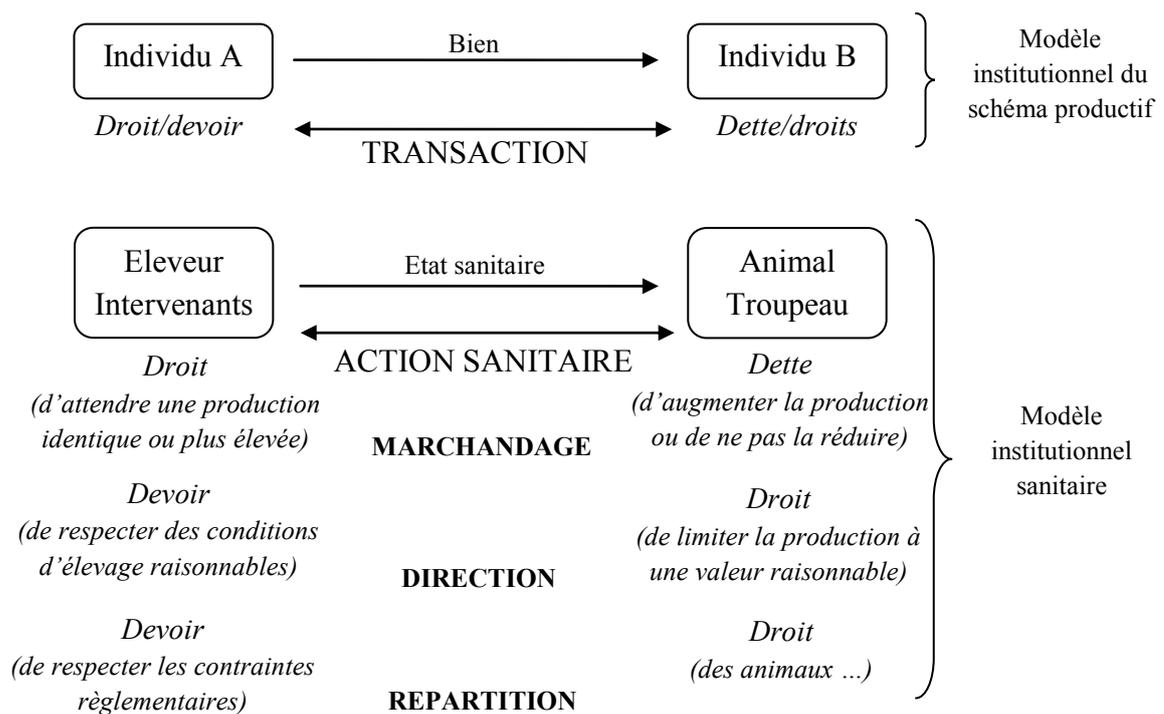
#### **31 - Transactions et "actions sanitaires"**

##### *L'action sanitaire, unité sanitaire élémentaire*

L'économie institutionnelle ne s'intéresse pas directement aux biens, mais aux "transactions" entre individus, « unités d'activités économiques élémentaires ». Dans sa déclinaison sanitaire, un parallèle est réalisé entre « le bien » et "l'état de santé" d'une part et entre la « transaction », ou « l'unité d'activité » et "l'action sanitaire" d'autre part. Ainsi, l'institutionnalisme appliqué à la santé ne focalise pas sur la santé en tant qu'état, mais sur les pratiques sanitaires, à savoir les mesures adoptées par l'éleveur pour obtenir un état sanitaire correspondant à son objectif. Recentrer l'analyse sanitaire sur l'action sanitaire et non sur l'état sanitaire autorise, de fait, une approche dynamique de la santé. Les actions sanitaires sont ainsi des conceptualisations des relations entre l'éleveur et l'animal (ou le troupeau).

##### *Trois types d'actions sanitaires*

L'institutionnalisme repose sur un jeu de transactions, associé à des droits/devoirs du vendeur et des dettes/droits de l'acheteur du bien, comme illustré pour le schéma productif (Figure 8).



**Figure 8 : approche institutionnelle de la santé : l'action sanitaire**

Dans le modèle conceptuel sanitaire, l'action sanitaire appliquée à l'animal (ou au troupeau) se traduit par un (meilleur) état sanitaire (potentiel) pour l'animal. Ainsi, le troupeau possède un état sanitaire permis par les moyens mis en place par l'éleveur : cette situation est analysée comme une "dette" contractée par le troupeau vis-à-vis de l'éleveur. La mise en place d'une action sanitaire correspond ainsi à l'acquisition d'un état sanitaire (potentiel) et est assimilable à un "droit" de l'éleveur sur le troupeau. La dette du troupeau sera acquittée lorsque les productions permises par le troupeau dépasseront les moyens investis, induisant la perte des droits de l'éleveur sur le troupeau. Cette première approche correspond à une transaction de marchandage.

Les actions sanitaires de marchandage représentent ainsi des transactions contractuelles égalitaires mises en place pour obtenir un niveau sanitaire nécessaire au bon fonctionnement de l'élevage. Ce type de transaction, basé sur la contrainte économique et la menace de pauvreté, renvoie directement à l'approche sanitaire néoclassique, en mobilisant des relations conflictuelles et concurrentielles entre contractants : ce type de transaction fait référence au rapport mobilisation de ressources / production escomptée, dans un objectif de "bon fonctionnement de l'élevage" et non "d'optimisation du niveau sanitaire". Ainsi, l'approche sanitaire institutionnelle intègre l'approche néoclassique, et la complète via les deux autres types de transactions.

Les actions sanitaires de marchandage renvoient ainsi au « *bénéfice futur* », lié à la disparition d'un dommage (action curative) ou à l'absence de dégradation d'une situation (action préventive).

Cependant, l'action sanitaire de marchandage préalablement définie est simultanément soumise à des actions sanitaires de direction (Figure 8) : le rapport ressources / productions s'entend dans les limites du raisonnable (par exemple, jusqu'où augmenter la production laitière ?), tant pour l'éleveur que pour le troupeau. En ce sens, les actions sanitaires de direction font référence aux possibilités techniques et aux limites d'efficacité. En santé, les facteurs limitants représentent ainsi des limites techniques, mais surtout les limites dans l'allocation des ressources pour la santé, choix réalisé par les participants dans leurs arbitrages.

Les actions sanitaires de direction renvoient aussi aux besoins de comportements coopératifs visant l'utilisation optimisée des ressources sanitaires disponibles : par exemple, une transaction de marchandage (vaccin contre état sanitaire) devient caduque si le troupeau est infecté par un tiers (l'infection par ce tiers lève la dette du troupeau). Ainsi, les actions sanitaires de direction sont stimulées par la rareté (ou l'abondance) dans le choix des alternatives, et les circonstances dans lesquelles les individus sont placés jouent sur leur réponse au problème sanitaire. En santé, la rareté se manifeste à la fois à travers l'état de santé, en réponse à l'entropie sanitaire, mais aussi et surtout à travers les mesures sanitaires possibles, généralement limitées, parfois absentes.

La multitude des mesures possibles en réponse à un problème sanitaire cache souvent une faible efficacité de chacune des mesures, contraignant à leur multiplication. Face à l'éventuelle absence de mesure réellement efficace directement sur l'origine du problème sanitaire, des mesures ciblées sur des facteurs de risque sont mises en place. La rareté ne peut ainsi être dissociée de l'efficacité.

Enfin, les actions sanitaires de marchandage et de direction sont aussi soumises à des actions sanitaires de répartition, correspondant aux transactions verticales hiérarchiques fixant les limites réglementaires des mesures adoptées par l'éleveur (sa liberté d'action sanitaire est limitée par la réglementation). Les actions sanitaires de répartition prennent une importance particulière pour les actions sanitaires de type vétérinaire, impliquant par exemple la réglementation liée à l'utilisation des médicaments et le Code Rural pour les maladies réglementées.

#### *Intérêts d'une approche sanitaire institutionnelle*

Le découpage proposé de la mesure sanitaire permet de lever plusieurs limites rencontrées dans le modèle néoclassique.

Premièrement, aborder la santé en termes de transactions permet de dépasser la définition strictement monétaire de l'économie sanitaire, et d'inclure, à travers les trois types de transactions (marchandage, direction, répartition), les notions de préférence et d'utilité des éleveurs. L'absence de recours à l'évaluation monétaire permet de limiter les imprécisions et erreurs d'estimations (fluctuations, coûts d'opportunités).

Deuxièmement, comme illustré auparavant, la relation entre mesure sanitaire et état sanitaire n'est pas stricte, en raison de la complexité des maladies, leur coexistence, des interférences entre maladies, des anticipations sanitaires et du nombre d'intervenants

potentiels, dont l'éleveur. C'est la raison pour laquelle une mesure induit un état sanitaire potentiel (et non absolu). Aussi, l'approche institutionnelle ne cherche pas à associer chaque action sanitaire à un état sanitaire, contrairement à l'approche néoclassique, mais va les considérer de manière globale, comme un ensemble d'actions touchant un ou plusieurs problèmes sanitaires. Pour cela, l'état sanitaire est mis en relation avec les compétences /capacités des transactants et l'implication des collectifs organisés de nature sanitaires (nommés collectifs sanitaires) car ces derniers représentent une succession d'actions sanitaires interdépendantes. La transaction possède en effet trois composantes (personnalité des transactants, circonstances de la transaction et facteurs limitant de la transaction) dont la première est directement reliée aux compétences (Commons, 1931).

De plus, étant donné que plusieurs collectifs sanitaires sont impliqués autour du même problème sanitaire, se pose aussi la question de la régulation spontanée ou forcée des collectifs sanitaires.

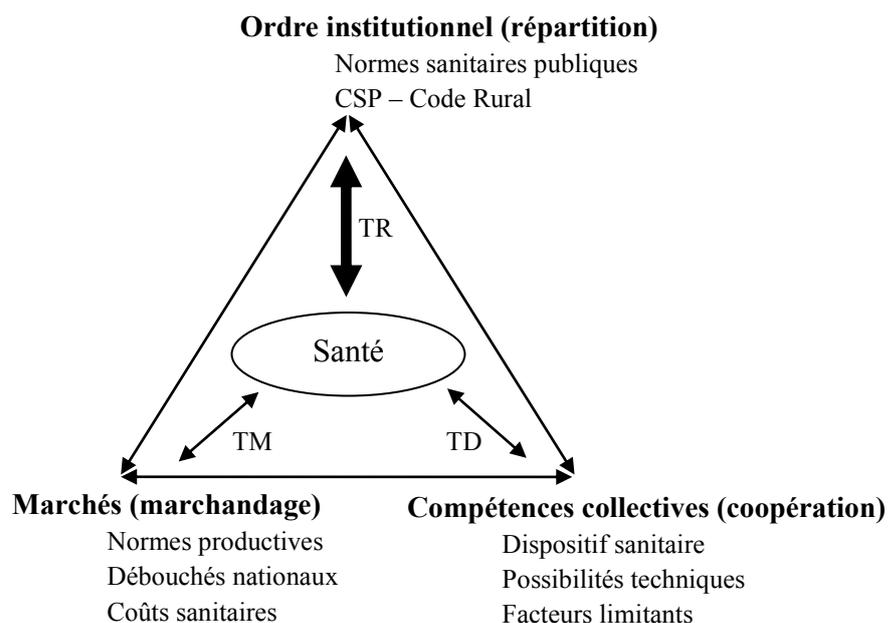
Enfin, le raisonnement en termes de droits et de dettes induit une approche économique associant santé et production, la dette étant remboursée par la production (Figure 8). Les difficultés quant à la qualification des mesures (sanitaires ou non sanitaires) sont ainsi levées.

#### *Trois formules possibles pour la santé des bovins*

A chaque catégorie de maladies peut être associée une « formule » de transaction sanitaire (Figures 9 à 11). La formule sanitaire générique implique les trois types d'actions sanitaires. L'importance relative à chacun des types d'action sanitaire varie selon les maladies envisagées.

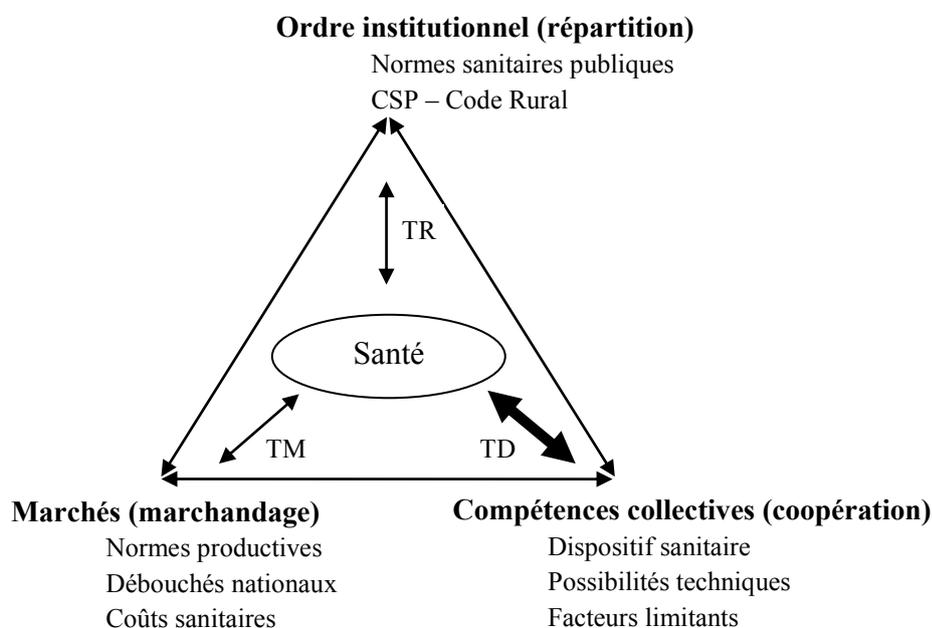
Chaque formule est centrée sur le troupeau ou la santé, qui interagissent à travers les trois types d'actions sanitaires (TR, TM et TD), avec l'ordre institutionnel, les marchés et les compétences collectives (inorganisés et organisés). Ces trois types d'actions sanitaires interagissent par ailleurs, en dehors de la santé (contexte institutionnel agricole).

Les maladies encadrées et maladies réglementées sont centrées sur la santé en raison de la composante infectieuse dominante, et mobilisent majoritairement des transactions de direction et de répartition. Au contraire, les maladies enzootiques multifactorielles sont centrées sur le troupeau, en raison de la proximité et des limites floues entre processus sanitaires et productifs. Par ailleurs, les maladies enzootiques multifactorielles mobilisent les 3 types d'actions sanitaires dans des proportions pouvant être considérées comme équivalentes.



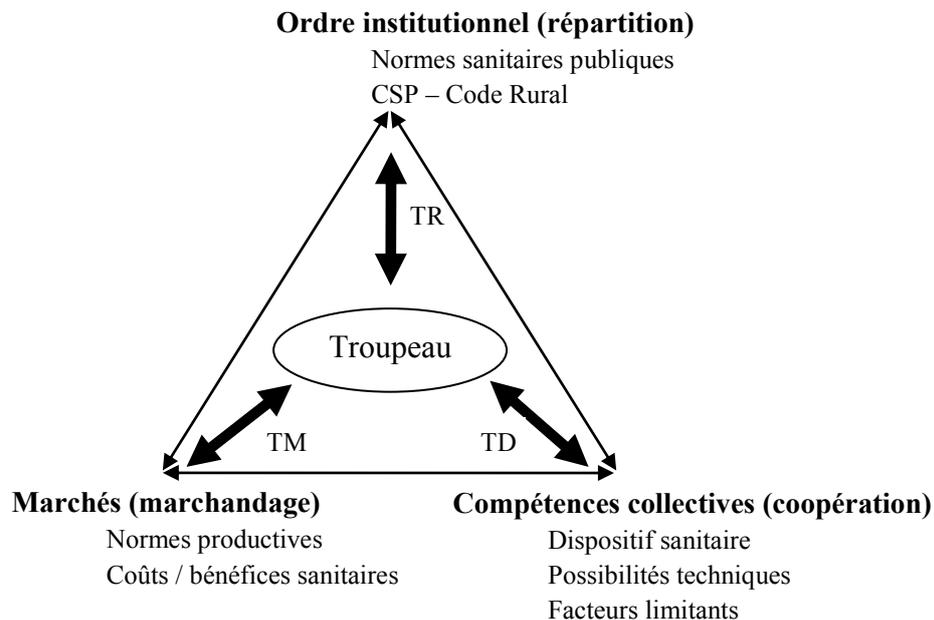
**Figure 9 : formule de la transaction des maladies réglementées**

TR : transaction de répartition ; TM : transaction de marchandage ; TD : transaction de direction



**Figure 10 : formule de la transaction des maladies encadrées**

TR : transaction de répartition ; TM : transaction de marchandage ; TD : transaction de direction



**Figure 11 : formule de la transaction des maladies enzootiques multifactorielles**

TR : transaction de répartition ; TM : transaction de marchandage ; TD : transaction de direction

### *Transactions, actions sanitaires, pratiques, structures et compétences*

Les transactions et actions sanitaires sont les unités d'activité économiques élémentaires, et représentent à ce titre les pratiques et modifications de structures dont l'éleveur a la charge. Les actions sanitaires répondent ainsi aux facteurs de risque des maladies. L'action sanitaire, telle que définie auparavant (incluant dettes et droits ; Figure 8), dépasse la simple interaction collectifs sanitaires-individus (éleveurs) et englobe santé et production : elle "va" ainsi du collectif sanitaire (intitulé "acteurs" dans la figure 1) à l'état de santé et aux productions (Figure 1).

L'action sanitaire définie dans cette acception large accorde une place centrale à l'éleveur. En effet, l'efficacité sanitaire dépend de la coordination des activités élémentaires (pratiques, structures), tant productives que sanitaires, par l'éleveur (en englobant les collectifs, l'état de santé et les productions). C'est donc bien les compétences de l'éleveur qui vont permettre l'optimisation de la gestion productive et sanitaire (Figure 1). Ceci conduit à s'intéresser à la personnalité des participants, qui renvoie à la diversité des réponses et des comportements des individus face à une situation. Les différences entre individus concernant « leur pouvoir d'incitation » et « leur réponse aux incitations et aux sanctions » occupent une place centrale dans l'analyse de la gestion sanitaire des bovins. Recentrer l'analyse sanitaire sur l'action sanitaire et sur la coordination des activités sanitaires et productives autorise, de

fait, une approche dynamique de la santé, intégrant, par exemple, les anticipations et les opportunités sanitaires.

### *Individus et collectifs*

Même si l'éleveur est au cœur de la gestion sanitaire, il n'en reste pas pour autant isolé. Ainsi, dans l'approche sanitaire institutionnelle, les collectifs apparaissent sous deux formes.

D'une part, la définition des actions sanitaires à l'échelle de l'exploitation et sous la responsabilité de l'éleveur, fait directement référence aux différentes formes de collectifs inorganisés, tel que suggéré par les trois types d'actions sanitaires. De plus, des mouvements collectifs sanitaires plus ou moins formels, de type réseaux, contribuent, à travers les échanges réguliers et les partages d'expériences, à modifier les compétences sanitaires et les pratiques sanitaires des éleveurs. L'identité communautaire professionnelle agricole s'avère ainsi un dispositif collectif agissant sur la manière dont les éleveurs gèrent la santé.

D'autre part, des collectifs organisés formalisés et facilement identifiables, représentent un élément clé du dispositif sanitaire. Leur importance sur la santé des bovins provient à la fois de leur organisation formalisée, de leur spécialisation dans le domaine sanitaire et dans leur déploiement territorial. Chaque collectif sanitaire mobilise des compétences propres, et donc diversifiées, impliquées dans les interactions avec les éleveurs, et donc dans le dispositif sanitaire.

## **32 - Trois espèces de collectifs sanitaires, trois modèles sanitaires et trois régimes sanitaires**

### *Trois espèces de collectifs sanitaires*

Les actions sanitaires se répètent dans le temps de manière continue et interdépendante, conduisant à la formation de collectifs organisés de type sanitaire. Ces collectifs sanitaires sont de 3 espèces (économique, morale et souveraine) en fonction du type d'action sanitaire et d'éthique qui y dominant (Tableau 4). Force est de constater que certains collectifs sont à la fois de type productifs et sanitaires. Cette dualité rencontrée pour certains collectifs concerne principalement les maladies de production, et est en accord avec la continuité existante entre transactions et actions sanitaires.

**Tableau 5 : quelques exemples des espèces dominantes des collectifs sanitaires et du type d'éthique rencontré**

	Espèce définissant le collectif sanitaire			Type d'éthique dominant
	Economique	Morale	Souveraine	
DDPP – DDA	+	+++	++++ (limitée <sup>1</sup> )	(4)
Praticiens vétérinaires libéraux : MS	++	+++	++++ (limitée <sup>1</sup> )	(4)
ANSES - ACERSA – (ENV – ENSV)		+++	++ (limitée <sup>1</sup> )	4
GDS	++	++	++	3, (4)
Techniciens conseillers Contrôle laitier - EDE	++	++		3, 1
Praticiens vétérinaires libéraux : hors MS	++++	++	+	2, 1, 3
Laboratoires pharmaceutiques	++++	+	+	?
Groupements d'éleveurs	++++	+		2, 1
Autres organismes (mixtes)	++++	+		2, 1

Le nombre de croix représente l'intensité de l'activité ; de fortes variations locales sont possibles. Type d'éthique dominant : 1 : éthique naturelle et divine, transactions non autorisées ; 2 : éthique comme conformité à la règle ; 3 : éthique comme subordination de soi aux autres ; 4 : éthique comme autorité supérieure, liée au bien commun. L'éthique de chaque collectif est notée par importance décroissante.

1 : la limitation est géographique (DDPP, DDA, mandat sanitaire) ou sectorielle (ACERSA)

Les collectifs sanitaires publics (ANSES - ACERSA - ENV - ENSV - DDPP - DDA<sup>29</sup>, vétérinaires agissant dans le cadre du mandat sanitaire et pour partie GDS) comportent une composante souveraine dominante, cependant limitée géographiquement (département) ou sectoriellement (ENSV, ACERSA). La composante économique de ces collectifs publics est nulle à réduite.

La composante morale est développée et renvoie à une acception de l'éthique comme autorité supérieure et symbolique sociétale ; cette qualification de ces collectifs organisés est surtout vérifiée pour les instances nationales qui font autorité sur l'éthique sanitaire animale, en rapport au bien commun sociétal, alors que les autres collectifs sanitaires n'ont qu'un rôle d'intermédiaire.

Les collectifs sanitaires associatifs (GDS) et mixtes parapublics (Contrôle laitier (CL), EDE) possèdent une composante morale dominante, associée à une éthique de rationalité comportementale, et basée sur des valeurs de mutualisation et de solidarité.

L'éthique associée au respect des règles de conduite et à la conformité des comportements est mise en avant dans les organismes à vocation sanitaire (GDS). Elle permet une efficacité de

<sup>29</sup> ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ex AFSSA) - ACERSA : Association pour la CERTification de la Santé Animale en élevage (statut loi 1901 agréé par l'état) - ENV : Ecole Nationale Vétérinaire - ENSV : Ecole Nationale des Services Vétérinaires - DDPP : Direction Départementale de Protection des Populations (ex DSV) - DDA : Direction Départementale de l'Agriculture

gestion sanitaire pour les maladies réglementées, même si celles-ci sont dépendantes de la composante souveraine. L'éthique est surtout associée à la gestion des maladies non réglementées (maladies encadrées ou maladies enzootiques multifactorielles) à travers des plans de contrôles, généralement pré-établis, et donc identiques pour tous : la conformité de comportement est alors un élément indispensable à la réussite des projets. La composante économique de ces collectifs reste importante, même si la mutualisation est souvent pratiquée.

Les autres collectifs ont une dominante économique importante et largement dominante sur les composantes morale et souveraine.

Les collectifs de type laboratoire pharmaceutique peuvent avoir une composante souveraine limitée (monopole sur un médicament / maladie). Le développement de la composante morale est souvent recherché et est réalisé à travers des offres de services aux praticiens et/ou éleveurs.

Les collectifs mixtes (dont les groupements d'éleveurs) représentent souvent des firmes services (technico-commerciaux, Tableaux 1 et 4), dont l'activité ne concerne qu'indirectement la santé. Ces collectifs répondent à une éthique de type normative (conformité à la règle), principalement dans le secteur productif voire dans leur secteur d'activité précis (alimentation, problématique produits ...). Dans la mesure où ils ne sont pas strictement des collectifs sanitaires, leur implication dans la problématique sanitaire renvoie plutôt à une éthique basée sur les transactions non autorisées, en référence aux droits naturels des animaux. Ils ne pratiquent pas la médecine vétérinaire, mais peuvent s'impliquer dans une problématique sanitaire globale des troupeaux, avec généralement des approches parallèles aux approches médicales. L'ambiguïté auparavant définie entre pratiques productives et sanitaires (alimentation, reproduction ...) s'avère à ce titre une porte d'entrée pour ces collectifs. Dans une certaine mesure, ce type d'éthique peut être également avancé pour les collectifs organisés tels que les CL et intervenants EDE.

Enfin, les vétérinaires (hors cadre du mandat sanitaire et hors salariés) possèdent, en plus de la composante économique, une composante souveraine limitée et une composante morale importante. La composante souveraine provient de leur positionnement à la fois sur les accidents ou urgences et sur les interventions en tant que vétérinaire sanitaire. La composante morale est complexe et renvoie à trois acceptions de l'éthique. D'une part, et de manière prépondérante, l'éthique mobilisée dans les collectifs sanitaires vétérinaires provient de la conformité à la règle déontologique, tel que décrit dans le serment de Bourgelat (équivalent du serment d'Hippocrate). Le non respect de la règle renvoie à l'exclusion du collectif. Mais l'éthique vétérinaire renvoie aussi à la subordination de soi aux autres, dans un contexte de rationalité de comportement, tel qu'illustré, par exemple, par l'utilisation du bien commun que représentent les antibiotiques (risques liés à la sur-prescription). Enfin, la troisième acception de l'éthique mobilisée par les praticiens fait référence à l'éthique naturelle et au droit de l'animal, à travers par exemple, les pratiques médicales non autorisées ou les pratiques hors Autorisation de Mise sur le Marché (AMM). Ces pratiques sont des actions sanitaires non autorisées, mais justifiées par le "droit animal" à la santé et à la gestion de la souffrance. Récemment, ces droits ont été partiellement reconnus et ne sont donc plus opposables par n'importe quel tiers (Article L5143-4 du CSP) : lorsqu'aucune spécialité ayant une AMM pour l'espèce et pour l'indication considérée n'existe, le principe de la cascade thérapeutique permet au vétérinaire d'avoir recours en priorité à une spécialité autorisée dans

la même espèce mais pour une autre indication, ou à défaut dans une autre espèce animale, ou enfin, à défaut, un médicament à usage humain.

La définition des types de collectifs sanitaires, en fonction de la composante dominante et de la forme d'éthique impliquée, conduit à s'intéresser à l'articulation des collectifs sanitaires et les catégories de maladies.

*Trois modèles sanitaires pour quatre catégories de maladies*

L'approche institutionnelle de la santé permet alors de proposer trois modèles sanitaires correspondant aux catégories de maladies, à partir de leurs enjeux, du type de transactions impliqué et des collectifs sanitaires qui contribuent à leur gestion (Tableau 6). Les maladies réglementées sont gérées par des collectifs d'espèce souveraine et impliquent majoritairement des transactions de répartition. Les maladies accidentelles renvoient aux transactions de direction. Les maladies enzootiques multifactorielles mobilisent tous les types de transactions et toutes les espèces de collectifs sanitaires. Les maladies encadrées répondent aux mêmes conditions que les maladies réglementées ou maladies enzootiques multifactorielles, selon les cas.

**Tableau 6 : associations entre catégories de maladies, espèces dominantes, collectifs sanitaires impliqués et types d'éthique**

	Espèce du collectif sanitaire impliqué			Collectifs sanitaires dominants	Type d'éthique dominant
	Economique	Morale	Souveraine		
Maladies réglementées	+	++	++++	DDPP - GDS Vétérinaires libéraux : MS	4
Maladies accidentelles	++	+++	+	Vétérinaires libéraux : hors MS	2, (1,3)
Maladies enzootiques multi-factorielles	+++	+++	+++	DDPP - GDS Groupements d'éleveurs Vétérinaires libéraux : hors MS Laboratoires pharmaceutiques Techniciens conseillers CL-EDE Technico-commerciaux amont / aval	2,1,3,4

Le nombre de croix représente l'intensité de l'activité ; de fortes variations locales sont possibles. Type d'éthique dominant : 1 : éthique naturelle et divine, transactions non autorisées ; 2 : éthique comme conformité à la règle ; 3 : éthique comme subordination de soi aux autres ; 4 : éthique comme autorité supérieure, liée au bien commun. L'éthique de chaque collectif est notée par importance décroissante.

Les maladies de production apparaissent dans une situation particulière, à la fois en raison du nombre de collectifs impliqués et en raison de l'équilibre entre les trois

composantes souveraine, morale et économique. Une analyse ciblée sur cette catégorie semble justifiée.

*Trois régimes sanitaires pour les maladies enzootiques multifactorielles*

Les maladies enzootiques multifactorielles représentent un niveau de complexité important sur le plan institutionnel. L'imbrication des collectifs sanitaires impliqués dans les maladies enzootiques multifactorielles peut être analysée via un modèle d'hybridation sanitaire (Tableau 6). L'hybridation correspond à des « adaptations ou compromis qui affectent les formes d'organisations économiques privées ou collectives » dans un « processus de nature évolutionniste » (Allaire, 2002) ; l'hybridation renvoie au processus assurant le passage progressif d'un modèle d'organisation à un autre. Considérant le modèle sanitaire local comme historique, les modèles privés et publics apparaissent alors comme hybrides.

**Tableau 7 : proposition de trois modèles d'hybridation sanitaire applicables aux maladies enzootiques multifactorielles**

Modèle d'hybridation sanitaire	Espèce du collectif sanitaire impliqué			Collectifs sanitaires impliqués
	Economique	Morale	Souveraine	
Local	+	+++	+	Vétérinaires libéraux
Privé	++++	+	+	Groupements d'éleveurs Technico-commerciaux amont / aval
Public	+	+++	+	GDS Techniciens conseillers CL-EDE

Le nombre de croix représente l'intensité de l'activité ; de fortes variations locales sont possibles.

Le modèle historique est qualifié de local, en référence à la proximité géographique des praticiens aux exploitations. Il implique fortement les praticiens libéraux dans l'ensemble de la gestion sanitaire de l'exploitation, et mobilise une composante morale forte, associée à un niveau de confiance important. Des pans entiers de la gestion sanitaire peuvent être confiés à l'intervenant (parages, reproduction), éventuellement associés à des interventions régulières (suivis).

Une des particularités de ce modèle est la fourniture conjointe du diagnostic et du service (traitement, dont délivrance du médicament) et la possibilité d'un effet d'induction en donnant une fausse information (ou une information limitée) à l'éleveur (Darby et Karni, 1973). La fraude ainsi induite est difficile voire impossible à détecter par le client, en raison du coût élevé de la découverte de la fraude. La qualité d'un achat peut prendre trois valeurs : qualité liée à la recherche (qualité connue facilement avant l'achat), qualité liée à l'expérience (qualité connue lors de l'utilisation) et qualité de croyance (qualité impossible à évaluer, même après achat, car le coût est prohibitif). Les qualités de croyance du service sanitaire

posent ainsi problème à la fois au client (prix payé) et pour la société (usage des antibiotiques).

Sans préjuger de l'existence d'une fraude, il semble légitime de s'intéresser aux motivations d'un fournisseur de services joints pour pratiquer une fraude, et de la quantifier (Darby et Karni, 1973). Les motivations pour surévaluer les traitements sont fonction de la probabilité de perte de la vente présente mais surtout future. La tendance à la fraude apparaît comme d'autant plus petite que les profits futurs sont évalués comme potentiellement élevés. Lors de pics de travail, la fraude pourrait plus reposer sur la facturation de services non réalisés, pourrait éventuellement concerner la durée de consultation en santé animale. Ainsi, la fraude est partiellement attribuable à l'asymétrie d'information entre praticien et l'éleveur ; la réduction de l'asymétrie d'information, via une information de l'éleveur, devrait probablement, mais non nécessairement, réduire la fraude (Darby et Karni, 1973).

Dans la relation éleveur-praticien, la régularité des échanges, les contraintes éthiques du vétérinaire et les compétences des éleveurs (professionnels) contribuent à la réduction de la fraude. Cependant, la possibilité de fraude pourrait être un des éléments d'explication de l'apparition de nouveaux modèles sanitaires.

Le modèle sanitaire privé proposé ici repose sur une dominance de la composante économique. Il est tout d'abord associé à une technicité élevée des éleveurs, permettant une soustraction partielle aux intervenants sanitaires historiques : cependant, les compétences productives et sanitaires de l'éleveur réduisent le coût d'accès à l'information sanitaire, et tendent à réduire les motivations d'un fournisseur de services joints à frauder. De plus, le recours massif à des services mutualisés déjà financés se traduit par une orientation vers les services techniques des fournisseurs agricoles. Enfin, la focalisation sur les postes budgétaires sanitaires importants dont le médicament tend à induire un recours aux groupements d'éleveurs. La différence de prix selon les délivreurs de médicaments induit un sentiment de suspicion de fraude, et donc de fuite, des vétérinaires par les éleveurs par exemple.

Enfin, le modèle public proposé repose sur une dominance des collectifs sanitaires publics ou parapublics sur les autres collectifs. L'hybridation peut être favorisée par le collectif sous la forme d'incitations techniques ou financières (mutualisation, caisse coups durs). La place des éleveurs dans le choix de ce modèle reste donc faible, du moins individuellement.

Les modèles proposées sont des modèles d'hybridation type, où la part de chacune des parties prenantes au sein de chaque modèle peut fortement varier localement. De plus, dans les modèles privés ou publiques, les cabinets vétérinaires (généralement de taille conséquente et organisés en fonction) peuvent dispenser des composantes d'offre proches des services proposés par les acteurs majoritaires de ces modèles (groupements et GDS). Ces cabinets se positionnent alors en fonction des autres acteurs locaux et peuvent adopter des stratégies renvoyant à des espèces dominantes proches de celles majoritairement mobilisées dans les modèles d'hybridation privés et publics (morale ou souveraine).

Les trois modèles d'hybridation sanitaire proposés (tableau 7) articulent les divers collectifs sanitaires impliqués dans les maladies enzootiques multifactorielles (tableau 6), et renvoient à l'hypothèse d'une territorialisation institutionnelle sanitaire. En effet, chaque territoire possède des régularités spatiales d'actions sanitaires, à l'origine des déterminants institutionnels sanitaires territoriaux. La norme sanitaire territoriale est alors constituée par la mise en relation de la norme productive territoriale et des déterminants institutionnels sanitaires territoriaux. Ces derniers peuvent s'analyser comme le résultat de la présence, sur un territoire, d'un modèle d'hybridation sanitaire dominant.

Malgré la mise en avant d'un collectif sanitaire dans chaque territoire, la coordination des collectifs sanitaires entre eux et avec les collectifs productifs reste à analyser.

En considérant les actions sanitaires de manière globale, comme un ensemble de mesures pour un ou plusieurs problèmes sanitaires, l'approche institutionnelle permet de dépasser l'approche économique néoclassique de la santé jusqu'alors proposée, tout en l'intégrant (entre autre au niveau des transactions de marchandage). Chaque collectif, en tant que succession d'actions sanitaires, est relié à une ou plusieurs caractéristiques de la santé animale ce qui permet, en association avec l'analyse des compétences, de dépasser l'identification et l'analyse successive de toutes les pratiques sanitaires.

Ainsi, l'analyse institutionnelle sanitaire proposée focalise sur les compétences des transactants et sur la coordination territoriale des collectifs sanitaires.

## **IV – PLACE DES COMPETENCES ET CAPACITES DANS LA GESTION DES MALADIES DE PRODUCTION**

L'approche institutionnelle permet d'aborder dans sa globalité l'ensemble des actions sanitaires associées à un problème, en focalisant simultanément sur les compétences des transactants et sur les collectifs sanitaires (et productifs) impliqués. Ce positionnement s'accompagne donc d'une analyse basée sur les compétences des individus, et non plus sur les ressources, comme dans l'approche néoclassique.

Les compétences renvoient aux individus et aux collectifs : les caractéristiques de chaque éleveur jouent sur le résultat sanitaire de son exploitation et le collectif est impliqué dans les partages et échanges de compétences.

### **1 – Capacités et compétences individuelles dans la gestion sanitaire**

#### **11 - Capacités et compétences**

##### *Capital humain*

Le capital humain représente l'ensemble des connaissances tacites que l'individu possède (Savage, 1994). Cette définition rejoint l'approche socialisée de l'individu de l'institutionnalisme commonsien : le capital humain part du fait que l'individu a un certain nombre de connaissances et d'hypothèses habituelles voire de croyances. Le capital humain est en ce sens un capital social.

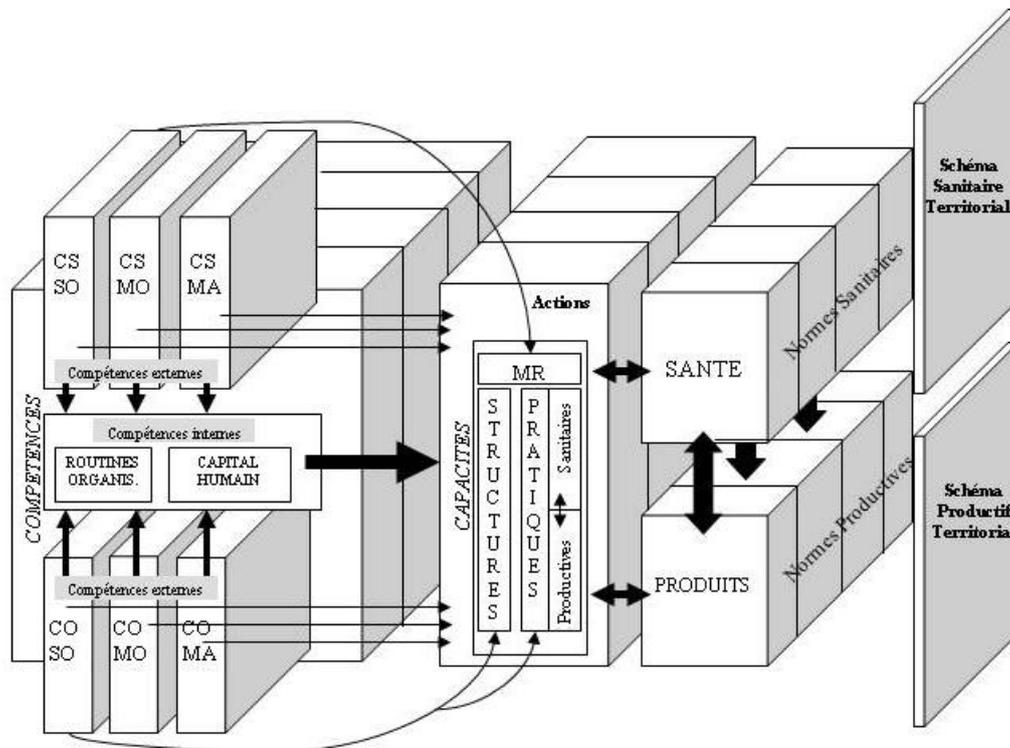
Le capital humain est associé à l'éducation mais aussi à l'expérience. Par exemple, le capital humain d'un éleveur est modifié par les expériences sanitaires passées, affectant sa sensibilité à ce ou à ces problèmes sanitaires. Ainsi, la résolution du problème sanitaire n'est possible qu'après la perception de la situation comme étant problématique (Khaita et al., 2000).

Les routines sont des activités répétitives (routinières), qui mobilisent des connaissances tacites, et qui par conséquent représentent le capital humain (Savage, 1994).

##### *Compétences et capacités*

Les compétences représentent l'ensemble des atouts d'un individu ou d'un collectif (Savage, 1994). Elles englobent ainsi le capital humain. Chaque individu ou collectif possède des compétences internes ainsi que des compétences externes qu'il va rechercher sur le marché ou auprès d'un réseau. L'exploitation agricole et ses relations avec les collectifs organisés et sanitaires peuvent s'analyser en termes (i) de compétences internes représentées par le capital humain et des routines organisationnelles et (ii) de compétences externes représentées par les collectifs organisés et sanitaires (Figure 12). Les routines d'organisation représentent un élément clé dans les collectifs de taille importante (firmes), et sont ainsi

distinguées du capital humain ; au contraire, dans l'exploitation, les compétences internes sont majoritairement représentées par le capital humain, les routines organisationnelles apparaissant comme secondaires.



**Figure 12 : modèle conceptuel de la santé comme articulation entre individus et collectifs**

CS : Collectif sanitaire ; CO : Collectif organisé (productif)  
 SO : Souverain ; MO : Moral ; MA : Marchand

Les capacités représentent les activités qui peuvent être entreprises avec un ensemble donné de compétences (Savage, 1994). Un parallèle entre capacités et transactions apparaît donc, les deux faisant référence à des activités : les capacités reflètent l'efficacité des actions sanitaires, qui sont des transactions routinières. Les capacités, qui renvoient à l'action sanitaire ou à la transaction, sont représentées par les pratiques sanitaires et non sanitaires et par la nature des structures. En termes sanitaires, les capacités représentent les facteurs de risque (structurels et de pratiques) (Figure 12).

Les capacités sont cependant confrontées à « l'ambiguïté causale », cette imprécision des facteurs réellement impliqués dans la réussite, induisant le recours à l'expérience pour identifier les capacités impliquées dans les résultats (Dumez, 2007). Pour les maladies enzootiques multifactorielles, l'ambiguïté causale se manifeste dans la multitude des facteurs de risque de chaque maladie et dans la difficulté de hiérarchiser leur implication lors d'épisode sanitaire. Ceci rend difficile l'identification de ses propres capacités par l'éleveur, mais aussi parfois par l'expert sanitaire extérieur à l'exploitation. L'ambiguïté causale conforte la méthode d'analyse systémique de la santé retenue ici.

### *Cœur de compétences*

Les compétences stratégiques, constitutives, d'un individu représentent ses compétences de base. Elles sont structurantes, car stratégiques et reflètent la capacité d'absorption des savoirs. Ces capacités foncières de l'individu sont l'objet de la priorité de l'attention cognitive. Les autres compétences sont qualifiées de complémentaires, et sont éventuellement externalisables (Cohendet et Llerena, 1999).

Les compétences de base des éleveurs concernent tant les processus productifs que sanitaires. Ces compétences donnent un avantage comparatif aux acteurs les possédant : aussi, un cœur de compétences idéal pourrait être défini pour chaque type de production, en fonction des éléments productifs et sanitaires y apparaissant comme stratégiques. Ainsi, en système allaitant, la compétence de base concerne la naissance et l'élevage du jeune veau. C'est une compétence stratégique et associant production et santé, car associée à des risques importants (vêlages difficiles, diarrhées, pneumonies) et non réversibles (mortalité des veaux). En système laitier, la gestion de la reproduction et la qualité cytologique du lait s'avèrent stratégiques car directement associées à la production actuelle (prix du lait, menaces d'arrêts de collecte) et future (vêlages, difficultés de restauration d'une situation dégradée en qualité du lait).

Les compétences et capacités des éleveurs constituent ainsi des "déterminants globaux" de la santé des bovins, dépassant les processus techniques et intégrant l'ensemble du capital social de l'éleveur. Cette approche systémique de l'exploitation rejoint la notion de valeur mis en avant, comme représentation cognitive d'un individu.

## **12 - Valeurs, compétences et éthiques**

Le recours à l'échelle valeurs-attitudes-comportements pour caractériser l'éleveur est courant tant dans les processus productifs que sanitaires (Tarabla et Dodd, 1990; Barkema et al., 1999; Beaudeau et al., 2002; Jansen et al., 2009). La notion de valeur apparaît associée au capital humain, et donc aux compétences, et englobe les quatre conceptions de l'éthique, telles que définies par Commons (Commons, 1931).

### *Valeurs, attitudes et comportements*

La valeur correspond à des représentations cognitives des objectifs abstraits et sont similaires aux besoins motivant l'action (motivations) mais différents des traits de la personnalité (Roccas et al., 2002). Les attitudes découlent des valeurs, mais restent "appliquées" à un objet ou une situation ; les attitudes sont motivées par les valeurs mais elles ne prennent forme que dans certaines circonstances. Ainsi, une valeur se traduit par plusieurs attitudes pour un même individu. L'attitude est le niveau qui mesure le degré de conviction de la personne dans son comportement (Chaiken et Stangor, 1987). Le comportement représente le niveau inférieur de l'échelle d'analyse, et traduit de manière concrète les valeurs et les

attitudes des personnes à travers leurs actes : en terme de maladies enzootiques multifactorielles, il correspond aux facteurs de risque. Un changement de valeur va se traduire par des changements d'attitudes et de comportements (Grube et al., 1994). Déterminer les attitudes et les valeurs permet d'analyser la réaction des individus aux situations diverses et de comprendre les déterminants de leurs comportements.

La focalisation sur les valeurs et les attitudes permet une approche systémique d'un problème sanitaire, et d'expliquer plus de variation du résultat sanitaire que les comportements (Fiske et Taylor, 1984). Par exemple, la part de la variance d'un modèle linéaire expliquant les mammites cliniques ou le comptage cellulaire de tank est 2 à 3 fois plus grande (14 vs 33 % et 15 vs 48 %, respectivement) lorsque les variables d'attitude remplacent les variables de comportement (Jansen, 2009). De même, les facteurs socio-psychologiques expliquent 10 à 25 % des critères sanitaires retenus, contre 0 à 15 % pour les variables comportementales (Bigras-Poulin et al., 1985). Enfin, les facteurs liés aux valeurs, aux attitudes et aux critères sociodémographiques expliquent autant ou davantage de la variation des comptages cellulaires que les facteurs de type pratiques managériales (comportements) (Tarabla et Dodd, 1990).

#### *Valeurs, compétences et éthique*

Les notions de valeur et compétences peuvent être rapprochées sur plusieurs critères.

D'une part, elles possèdent des éléments communs à leur définition : elles font toutes les deux référence au capital humain et aux représentations cognitives, à travers les objectifs, motivations, croyances, hypothèses, expériences et éducation des individus.

Par ailleurs, la notion de valeur renvoie aux quatre formes d'éthique retrouvées dans l'approche institutionnelle : à l'éthique divin (par exemple, valeurs associées au droit animal), à l'éthique normative (valeur des règles de conduite et respect des normes collectives), à l'éthique comme subordination de soi aux autres (valeurs collectives du groupe) et à l'éthique comme valeur absolue souveraine.

De plus, la notion de valeur des individus est retrouvée dans l'approche institutionnelle, principalement dans la résolution du conflit d'intérêt associé à la transaction de marchandage. La « *valeur raisonnable* » représente le compromis issu de la négociation entre les deux parties (Commons, 1931). En santé, la valeur raisonnable correspond à l'objectif sanitaire raisonnable. Elle est illustrée, par exemple, par la plus forte sensibilité des éleveurs à une baisse des prix (pénalités) associés à une mauvaise qualité cytologique du lait qu'à une prime associée à une excellente qualité (Valeeva et al., 2007) ; les objectifs paraissent raisonnables dans le premier cas, mais vraisemblablement non raisonnables (trop difficile à atteindre) dans le second, en fonction des différences de prix associées.

Enfin, le parallèle entre valeurs et compétences est suggéré par la notion de « *farmer's style* ». Le "farming style" est un indicateur typologique global, développé pour prendre en considération l'hétérogénéité des pratiques de production en relation avec les valeurs auxquelles l'éleveur se réfère (combinaison d'idées normatives et stratégiques) (Ploeg, 1994).

Sa déclinaison sanitaire est le « *management style* », « *combinaison d'objectifs et de motivations au sein d'un contexte d'élevage, tels que les quotas laitiers et le système de paiement du lait* » (Beaudeau et al., 1996; Barkema et al., 1999). Cette approche a permis de distinguer les éleveurs travaillant de manière « *rapide et sans hygiène* » ou « *proprement et de manière précise* », ou 5 types de "culling style": « *conventionnels, traditionnels passifs, activistes, volontaires tolérants et traditionnels silencieux* » (Beaudeau et al., 1996; Barkema et al., 1999). Cet exemple montre bien que les caractéristiques des éleveurs ainsi mises en évidence (travail propre et appliqué) sont à la fois des valeurs et des compétences.

### **13 - Compétences et diversité des activités**

Des compétences de base, sanitaires ou productives, peuvent être associées, par type de production, à une gestion sanitaire efficace. Ceci ne préjuge cependant pas de leur présence effective ni de l'étendue possible du champ des compétences des éleveurs. En effet, si le maintien et le développement d'un cœur de compétences peuvent faire l'objet d'une stratégie dans une firme de taille importante, via l'attribution de ressources, elles correspondent plutôt à un résultat associé à la personnalité de l'éleveur pour l'exploitation agricole. Ainsi, les éleveurs finlandais se décrivent autant comme entrepreneurs que comme producteurs (Vesala et Vesala, 2010). De même, « *un élevage efficient qui répond aux obligations réglementaires* » s'avère une motivation clé des élevages danois (Valeeva et al., 2007). Dans ces deux cas, les pratiques agricoles ou la santé des animaux ne semblent pas associées aux valeurs premières des éleveurs.

L'association compétences-santé s'analyse donc en termes de correspondance entre le cœur de compétences et les activités sanitaires stratégiques de l'atelier. En ce sens, cette correspondance pourrait être meilleure dans les exploitations avec des activités spécialisées.

Il semble utopique de postuler une correspondance systématique entre le cœur de compétences et les composantes productives et sanitaires stratégiques de l'exploitation : certaines tâches stratégiques s'avèrent donc hors du champ de compétences de base de l'éleveur. Cette relation doit cependant être relativisée, car les compétences de base et les activités stratégiques sont difficiles à cerner et varient entre exploitations, avec une situation spécifique pour chaque exploitation, entre autre en raison des multiples combinaisons d'activités. Ainsi, aux côtés des compétences spécialisées (sectorielles, pour un type de production) et transversales (communes à tous types de production ; vermifugation par exemple), les compétences dites spécifiques sont propres à chaque situation ou individu (Allaire, 2006).

Ceci étant, il semble qu'une diversité des activités a une forte probabilité d'être associée à une baisse de l'efficacité de la gestion sanitaire. La diversité des activités peut recouvrir plusieurs formes : pluriactivité de l'éleveur, plusieurs ateliers dans l'exploitation ; la multifonctionnalité est aussi une forme de diversité d'activités. Cependant, la relation entre cœur de compétences et activités stratégiques s'avère complexe dans les exploitations avec

plusieurs ateliers et/ou dans les ateliers avec des activités diversifiées. L'impact sur l'efficacité productive et sanitaire pourrait ainsi être positif ou négatif.

Dans une première lecture, la diversité des activités apparaît associée négativement aux résultats techniques (sanitaires et productifs). Ainsi, la multifonctionnalité et la pluriactivité diversifient les activités et pourraient réduire la sensibilité des éleveurs aux problèmes sanitaires et leurs compétences techniques dans la résolution des problèmes sanitaires. Diversifier les activités induirait une diversification voire une dilution des valeurs et des compétences des individus et donc une dégradation de la relation entre cœur de compétences et activités sanitaires stratégiques. Multifonctionnalité et pluriactivité auraient ainsi un rôle propre négatif sur le sanitaire, à niveau d'intensification et de production constant.

Le même mécanisme pourrait être impliqué dans les exploitations possédant plusieurs ateliers. Ainsi, la présence d'un atelier allaitant pourrait conduire à une efficacité productive et sanitaire détériorée dans l'atelier laitier, du fait de la diversité des compétences et de la relation dégradée entre cœur de compétences et activités stratégiques de l'atelier laitier (reproduction, cellules). Au contraire, la compétence acquise avec l'atelier allaitant pourrait s'avérer bénéfique pour l'atelier laitier (mortalité des veaux), même si cette pathologie est peu stratégique en élevage laitier (faible valeur des veaux mâles, faible prévalence des dystocies en élevage laitier sans croisement).

La diversification des activités est manifeste dans le cas des productions sous signe de qualité ou lors de vente directe. A niveau de production et d'intensification constant, l'implication dans des productions sous signe de qualité pourrait induire une détérioration de la santé des bovins. En effet, le respect des cahiers des charges et l'implication des éleveurs dans l'aval de la filière induit une déconstruction et reconstruction des compétences de base de la production primaire vers la transformation et la valorisation (Nicourt, 2010). L'effet délétère sur la santé serait corrélé à l'intensité du changement du cœur de compétences et concernerait donc plus les productions fermières que laitières, de coopératives ou de fruitières et les exploitations avec ateliers de transformation.

De plus, la dégradation des résultats sanitaires concernerait principalement les éléments liés à la production primaire (vêlages, soins classiques aux animaux d'élevage). Au contraire, une amélioration des résultats productifs et sanitaires des éléments avals (engraissement en filière viande ou qualité du lait en filière lait), en réponse à la relation entre cœur de compétences et activités stratégiques, pourrait être observée.

Les productions sous signe de qualité sont cependant souvent associées à un niveau d'intensification et de productivité plus faible que les productions génériques, compensant l'effet délétère lié aux compétences, et justifiant un raisonnement à niveau d'intensification constant.

L'impact de la diversité des activités sur les compétences des éleveurs et la santé du troupeau a été jusqu'alors abordé de manière statique. Or, la gestion maladies enzootiques multifactorielles renvoie à un processus dynamique (apparition de nouvelles maladies,

changement du contexte productif). Les perturbations externes sont d'ordre technique, climatique, économique ou politique. Elles se manifestent, pour l'éleveur, à travers les collectifs productifs et sanitaires et les échanges territoriaux.

Les modifications du contexte d'exploitation autorisent une évolution du champ de compétence des éleveurs et un décalage (recentrage) de leur cœur de compétences. Ces évolutions sont le fruit de la modification du capital social de l'individu, permise par l'interaction au sein de sa profession, mais aussi avec les autres collectifs. L'ensemble de ces collectifs représente un système d'information, source potentielle d'informations et de solutions.

## **2 – Compétences collectives et professionnelles**

La présence de systèmes d'information et de réseaux de diffusion des savoirs professionnels devrait conduire à une gestion sanitaire optimale via l'adoption de pratiques adaptées. De manière plus générale, la non-adoption des alternatives qui paraissent plus intéressantes économiquement ou techniquement et la faible diffusion des pratiques recommandées, obligatoires ou encouragées, conduisent nécessairement à s'interroger sur les raisons de ces comportements (Allaire, 2004). Si tout changement est associé à des incertitudes liées aux coûts et aux gains, la résistance rationnelle est réduite par les collectifs organisés et les instances professionnelles (Allaire, 2004).

L'évolution des compétences et des capacités peut être freinée ou catalysée par des contraintes identitaires propres aux collectifs professionnels. De plus, les mécanismes de transmission des savoirs techniques peuvent influencer l'efficacité des systèmes d'information et des réseaux de diffusion des savoirs professionnels.

### **21 - Conventions professionnelles et convention sanitaire**

Une profession est définie comme un réseau d'alliances stratégiques au sein d'une communauté d'individus partageant des compétences fondamentales (Savage, 1994). L'éleveur appartient à une profession et partage avec celle-ci un certain nombre de compétences (Allaire, 2004). Ainsi, les compétences (sanitaires ou productives) de l'éleveur impliquées dans la gestion de son exploitation sont reliées aux compétences collectives de la profession.

#### *Professions et normes professionnelles*

Le réseau définissant la profession représente un collectif mobilisé dans l'échange de capital, de produit ou de connaissances, sans qu'une formalisation explicite de propriété ou d'investissement soit évoquée ou sous entendue (Savage, 1994). Ce réseau est soudé autour de

compétences fondamentales, dans lesquelles chaque membre se reconnaît, et qui constituent l'identité de la profession. Ces compétences fondamentales professionnelles sont collectives et pour partie partagées, sans qu'un individu puisse les porter toutes. Ainsi, les compétences fondamentales d'une profession représentent l'ensemble des compétences de base des individus la composant. L'appartenance à un groupe professionnel peut ainsi faciliter l'accès à des informations précieuses sur les comportements, les possibilités et les besoins des autres membres voire de membres extérieurs.

Le capital social d'un individu provient de l'appartenance à différents réseaux (professionnels ou non professionnels). Le capital professionnel provient de l'appartenance à la profession, et regroupe les savoirs collectifs, mais aussi les représentations communes (Allaire, 2004).

Ainsi, la gestion sanitaire et productive des troupeaux est liée à l'appartenance à un réseau professionnel d'éleveurs. Malgré la diversité de leurs cœurs de compétences, des valeurs et compétences communes à la profession sont partagées. Les comportements professionnels sont ainsi régis par un certain nombre de règles collectives (*working rules* à la Commons) auxquelles la communauté professionnelle se réfère et qui constituent une convention professionnelle. Le mode de coordination est horizontal et basé sur la représentation du groupe professionnel (Batifoulier, 1999). La convention professionnelle est donc à l'origine de normes professionnelles collectives, associées à une saillance cognitive collective : la connaissance et le respect des règles opérantes permettent la coordination collective. Ainsi, la profession représente un collectif organisé, au sens institutionnel, où la convention professionnelle représente les règles opérantes associées aux transactions. La convention professionnelle traduit aussi les préférences collectives d'un groupe d'individu, et pourrait être mobilisée dans la définition d'une fonction d'utilité collective professionnelle.

Les normes professionnelles peuvent être appréciées par profession ou précisées à différentes "échelles" professionnelles (par exemple par type de produit ou par filière) ou à différents secteurs (productif vs sanitaire). La convention sanitaire associée à un type productif regroupe ainsi les règles sanitaires collectives qui y sont habituellement adoptées. Elle mobilise alors éventuellement plusieurs professions, considérées comme englobées dans un unique collectif sanitaire.

En ce sens, la diversification des activités au sein d'une exploitation n'est donc pas seulement un élargissement ou une modification des compétences de base, mais elle est aussi associée à l'accès, pour l'éleveur, à de nouvelles conventions professionnelles. La modification des compétences de base est en ce sens indissociable de l'accès à de nouvelles conventions professionnelles.

La convention professionnelle peut influencer la diffusion des pratiques recommandées, selon si celles-ci sont en adéquation ou en décalage avec l'identité professionnelle.

#### *L'identité professionnelle comme déterminant sanitaire*

La convention professionnelle (ou sanitaire) est sous-optimale, car elle ne favorise pas la meilleure option, mais l'option qui n'est pas jugée moins bonne que n'importe quelle autre.

La sous-optimalité provient d'une part de la prudence imposée à l'individu par le collectif, et d'autre part des critères identitaires d'appartenance à la communauté. L'appartenance à la communauté est associée à la réputation de l'individu au sein du collectif.

La convention professionnelle fait office d'étalon d'effort au sein de la communauté professionnelle, tel que suggéré par le "*road side farming*", pratique consistant à comparer ses résultats à ceux des voisins en analysant (en se promenant) l'état de leurs champs et animaux (Burton, 2004). La convention d'effort est ainsi plus dépendante des résultats voisins que des progrès possibles. Aussi, l'évaluation économique sanitaire proposée par McInerney, basée sur les progrès possibles, conduit à une surestimation de l'objectif sanitaire réellement atteint (ou atteignable) (McInerney et al., 1992). La convention d'effort contribue par ailleurs à la définition de la norme productive territoriale (Figure 12).

De plus, l'identité professionnelle agricole est basée sur des symboliques sociales précises (Burton, 2004), traduites par certains critères techniques. Par exemple, la classification entre bons ou mauvais agriculteurs/éleveurs par les pairs repose sur des critères techniques facilement identifiables par l'autre (propreté et rangement ; rendements céréaliers et aspect physique du champ ; morphologie et croissance des animaux ...), qui possèdent une valeur symbolique forte. Les critères économiques (difficilement accessibles) apparaissent secondaires.

L'identité professionnelle et les symboliques sociales des éleveurs contribueraient à l'échec de certaines politiques publiques et sont reconnues comme des freins à la diversification du rôle des éleveurs (Burton, 2004). Elles pourraient aussi être impliquées dans les résultats sanitaires. En effet, l'identité professionnelle pourrait influencer directement sur les troubles sanitaires visibles par des tiers de manière directe (mortalité, boiteries) ou indirecte (GMQ...). Par contre, les troubles sanitaires sans manifestation clinique visible "à l'œil nu" seraient moins ou pas sensibles à l'effet identitaire agricole (cellules du lait...).

La convention professionnelle des éleveurs implique donc les résultats sanitaires dans des processus collectifs identitaires, tout en permettant des échanges de compétences. Elle n'en reste pas moins à même de répondre aux changements contextuels institutionnels ou marchands et de développer des ressources sanitaires adaptées aux nouveaux besoins.

## **22 - Dynamique sanitaire, innovation et diffusion des savoirs**

La dynamique du système productif et l'entropie sanitaire conduisent les éleveurs à développer continuellement de nouvelles capacités (solutions techniques) pour prévenir la dégradation des résultats techniques. La capacité dynamique « *consiste à savoir identifier et réaliser des activités proches de celles que l'on maîtrise déjà et dans lesquelles on a acquis au fil du temps une facilité à faire* » (Dumez, 2007).

La capacité dynamique d'une exploitation peut mobiliser des compétences internes ou externes. Dans le premier cas, il s'agit de création de compétences par les éleveurs. Dans le

second cas, l'accès aux sources de savoirs externes, qu'elles soient publiques, collectives ou privées, se fait à travers des processus coopératifs, qui peuvent être marchands ou non. L'ensemble permet une construction de connaissances collectives et contribue à l'évolution de la convention professionnelle.

### *Dynamique et création de savoirs et savoir-faire*

Les professionnels doivent constamment répondre aux nouveaux problèmes en combinant leurs routines et leurs propres expériences : l'innovation est ainsi produite par l'individu (le professionnel) et sera ensuite diffusée (Savage, 1994). L'innovation repose sur la capacité d'expérimentation et la capacité d'intégration (Cohendet et Llerena, 1999). La capacité d'expérimentation recouvre la capacité à produire et traiter de l'information, résultat de la confrontation continue aux problèmes sanitaires. La capacité d'intégration concerne la capacité à recourir aux savoirs externes pour construire son propre savoir.

Le terme *capacité*, au singulier, représente la possibilité (*ability* en anglais) et diffère du terme *capacités*, au pluriel, entendu comme des actions (*capabilities* en anglais) (Figure 12). De plus, les termes savoirs et savoir-faire représentent à la fois les compétences et capacités, au sens de la figure 12, sans qu'une distinction entre les deux soit réellement réalisée dans cette partie. En effet, l'acquisition de nouvelles connaissances se traduit par de nouvelles compétences et/ou capacités. Les savoir-faire représentent plus les capacités que les compétences, et les savoirs plus les compétences que les capacités, mais des relations croisées existent.

La capacité d'expérimentation permet le développement de nouvelles routines, via l'adaptation, et face aux changements du contexte d'activité. Les routines impliquées sont donc des transactions stratégiques et représentent ainsi plus des capacités que des compétences. La création de nouvelles capacités par le professionnel correspond principalement à des savoirs indigènes, définis comme des savoirs et savoir-faire opérationnels, reconnus dans la sphère des techniciens et praticiens. Ces capacités indigènes sont l'objet d'une transmission principalement horizontale, dans le cadre familial ou du groupe d'amis pour l'agriculture (Allaire, 2004). Créées par un individu, ces capacités sont spécifiques, adaptées à une exploitation. Cependant, l'innovation obtenue peut ensuite être diffusée et devenir alors spécialisée pour un type de production ou une filière.

La capacité d'intégration de l'information mobilise l'« *attention cognitive* » de l'individu, contribuant à la création de savoirs ou de savoir-faire de "valeur supérieure", éventuellement couplée à une expérimentation des connaissances intégrées. Au sein de l'exploitation agricole, cela se traduit par une intégration du nouveau savoir-faire au sein des processus déjà en cours, en substitution ou addition d'autres pratiques selon la meilleure solution technique. Dans le cas contraire, le fait de simplement "prendre acte" de l'information se traduit par une modification faible à nulle des pratiques, mais par une amélioration des compétences individuelles. L'amélioration sanitaire individuelle associée n'est pas forcément nulle, mais réduite par rapport au premier cas ; dans ce cas, par contre, il n'y a pas de construction de connaissance collective.

Via les processus d'intégration et d'expérimentation, les élèves tirent parti des savoirs et savoir-faire externes et ils contribuent, à travers la création de savoir et savoir-faire internes ensuite exportés, au maintien, voire au développement ou à la modification de la convention professionnelle, véritable patrimoine collectif des savoirs sanitaires (Allaire, 2004). La capacité d'expérimentation et d'intégration varie fortement selon les élèves ; les motivations qu'a l'élève à développer des compétences ou capacités qui vont bénéficier au patrimoine collectif proviennent de la résolution rapide de son propre problème, en rapport avec une satisfaction psychologique et/ou économique. Cependant, la création de compétences ou capacités est chronophage, et ce, d'autant plus que les compétences développées sont éloignées du cœur de compétences.

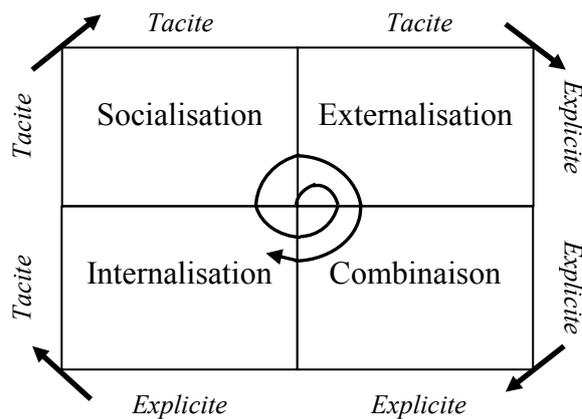
A défaut de créer des savoirs indigènes, ou en parallèle à leur création, les élèves peuvent aussi mobiliser des compétences externes. Cependant, la transmission de savoirs professionnels rencontre plusieurs difficultés.

#### *Transmission des savoirs et savoir-faire professionnels*

Les savoirs et savoir-faire peuvent être explicites ou implicites. Le passage entre ces deux formes de savoirs et savoir-faire et les transmissions de savoirs et savoir-faire de même forme seront abordés à partir de l'exemple des savoirs, bien qu'extrapolables aux savoir-faire.

La transmission de savoirs concerne tant les savoirs indigènes que les savoirs techniques. Ces derniers correspondent aux savoirs scientifiques, reconnus dans la sphère académique et transmis principalement par voie verticale (Allaire, 2004). Le principal frein dans la transmission de savoirs provient de la présence de connaissances tacites, aux côtés des connaissances explicites. Même si la relation entre les savoirs indigènes/techniques et la connaissance tacite/explicite n'est pas stricte, une part importante des savoirs indigènes mobilisent des connaissances tacites alors que les savoirs techniques sont souvent plus explicites. La connaissance codifiée est facilement transmissible sous forme de messages ou de supports formalisés, alors que la connaissance tacite revêt un caractère fortement personnalisé le rendant difficile à formaliser et communiquer, hors imitation. Or, une partie des compétences professionnelles sont portées sous forme tacite.

Les conversions entre savoirs explicites et tacites décrivent 4 processus dont l'enchaînement est figuré par une spirale (Figure 13) (Nonaka et al., 2000).



**Figure 13 : les conversions de savoirs, d'après (Nonaka et al., 2000)**

La socialisation des savoirs tacites correspond aux échanges des savoirs non codifiés et fortement contextualisés, au sein de communautés de pratiques et mobilisant les groupes professionnels locaux (Darré et al., 1989). Ces savoirs tacites correspondent aux modalités de mise en œuvre pratique des mesures agricoles ou sanitaires, aux savoirs de l'éleveur, pouvant concerner des points très précis de pratiques mais qui s'avèrent critiques dans le schéma physiopathologique. L'externalisation de ce savoir tacite en savoir explicite passe par leur énonciation, leur description, et implique les réseaux de groupe professionnels ; elle est associée à une généralisation du savoir via sa décontextualisation. L'externalisation en savoir explicite permet une diffusion large du savoir, leur mise en commun au sein de réseaux à travers le phénomène de combinaison de savoirs explicites. Enfin, l'internalisation de savoirs explicites en savoirs tacites s'accompagne d'une remise en contexte du savoir générique.

La création de savoirs professionnels, par l'expérimentation et l'intégration, et leur transmission, permettent une dynamique sanitaire et contribuent ainsi à l'efficacité sanitaire, tant à l'échelle individuelle que collective. La convention sanitaire est donc le résultat « *d'une co-construction de connaissances* » à partir de « *coopérations horizontales et verticales entre réseaux scientifiques, industriels et professionnels qui s'interpénètrent* » (Allaire, 2004).

La complexité des processus d'intégration et d'expérimentation des savoirs et la présence de savoir tacites et explicites sont associées à l'ambiguïté causale rencontrée dans la gestion sanitaire. La réussite ou l'échec d'une démarche sanitaire tient à des effets cognitifs nombreux et complexes, interdépendants, qu'il est difficile d'isoler ou d'objectiver à travers quelques facteurs de risque (même si certains d'entre eux s'avèrent stratégiques). L'analyse en termes de convention sanitaire représente une approche systémique à l'échelle de l'exploitation. En tant que phénomène collectif, la convention sanitaire renvoie aussi au territoire.

### **23 - Territorialisation des compétences professionnelles**

Les compétences professionnelles prennent forme au sein des territoires. En effet, elles sont associées aux types productifs, eux même territorialisés, et aux mécanismes de constructions et d'échanges de connaissances, supposant par définition une certaine proximité. La territorialisation des compétences professionnelles répond ainsi à la territorialisation des schémas productifs et à la territorialisation institutionnelle.

Il est ainsi possible de définir une convention sanitaire territoriale, correspondant aux déterminants institutionnels sanitaires territoriaux précédemment définis. La norme sanitaire territoriale est alors le résultat de l'interaction entre la norme productive territoriale et la convention sanitaire territoriale.

La convention (professionnelle) sanitaire territoriale devrait donc se traduire par une corrélation spatiale des résultats sanitaires des troupeaux. Les mesures sanitaires entreprises par un éleveur ne sont pas indépendantes des pratiques et des résultats sanitaires de son voisin, car ils partagent la même convention sanitaire.

Aux côtés des conventions professionnelles sanitaires, des conventions de groupe prennent forme au sein des territoires (Dupuy et Gilly, 1996) . Ces conventions de groupe, collectifs organisés non-professionnels (non-agricoles et non-sanitaires), renvoient aux autres activités territoriales dans lesquelles évoluent les collectifs professionnels. Ainsi, l'industrialisation, le degré d'urbanisation et la densité en habitants induisent la présence de groupes dans lesquels les éleveurs prennent place. Les problématiques de gestion de l'espace et des nuisances agricoles sont souvent gérées au sein de ces groupes, construisant ainsi des conventions de groupe. L'appartenance à ces groupes non sectoriels et par définition territoriaux induit (i) des phénomènes de déconstruction et de reconstruction de compétences et (ii) de modification du cœur de compétences et de sensibilités sanitaires de l'éleveur. Les phénomènes impliqués sont proches des problématiques de multifonctionnalité et de pluriactivité.

Enfin, l'impact des conventions professionnelles varie selon les territoires.

D'une part, l'importance et la dynamique des conventions professionnelles pourraient être positivement corrélées à la densité d'élevage, par un simple effet d'agglomération (concentration géographique) (Pecqueur, 2005). En effet, les échanges et les mécanismes de construction de compétences et donc le capital professionnel des individus sont plus importants lorsque la densité d'élevage est élevée. De plus, la densité d'élevage favorise la présence de collectifs organisés ayant des compétences précises et adaptées à la demande.

D'autre part, la densité d'élevage pourrait être associée à des phénomènes de spécialisation et de spécification, en plus de l'effet d'agglomération (Pecqueur, 2005). La spécialisation met en œuvre des processus de coordination/complémentarité qui engendrent des interdépendances autour d'une spécialité et dont résulte un bien public. La spécialisation peut être illustrée par la complémentarité sanitaire entre les schémas productifs allaitants et laitiers. Par exemple, l'effet bénéfique de la présence de troupeaux allaitants sur la santé néonatale des troupeaux

laitiers du territoire serait d'autant plus important que la densité territoriale en troupeaux allaitants augmente (avec un éventuel effet seuil). En effet, l'apparition d'une convention sanitaire territoriale "allaitante" de force conséquente, renforcerait la baisse des troubles sanitaires des veaux laitiers. La convention sanitaire territoriale allaitante serait issue des réseaux d'éleveurs et des collectifs sanitaires.

La spécification est la capacité collective créatrice apte à internaliser certains effets externes. Elle permet l'identification de nouvelles possibilités de développement territorial, basé sur les caractéristiques propres du territoire. Elle correspondrait en santé des bovins à une internalisation des troubles sanitaires au sein d'un schéma productif local et spécifique. La gestion collective du BVD adoptée en Bretagne permet d'illustrer cette situation. En effet, celle-ci est permise par la spécificité territoriale bretonne, avec une forte concentration d'élevages et une orientation territoriale laitière. Ces caractéristiques autorisent une facilité de dépistage et une détection rapide d'éventuelles nouvelles infections (Joly et al., 2010). Le schéma proposé est donc spécifique au territoire (difficilement extrapolable), internalise l'externalité sanitaire infectieuse et représente donc une démarche collective territoriale.

La gestion des maladies de production est ainsi assurée par les compétences individuelles mais aussi par les compétences collectives, qui sont par ailleurs professionnelles (productives et/ou sanitaires). Ceci conduit à s'intéresser aux interactions entre les différents collectifs organisés et sanitaires, porteurs de compétences professionnelles, autour de l'éleveur, et ce pour chaque catégorie de maladies.

## V – EFFICACITE DES REGIMES DE RESPONSABILITE SANITAIRE

La gestion des maladies des bovins mobilise divers acteurs et collectifs sanitaires, ayant des motivations variables, d'ordre économique, moral ou souverain (Tableau 5). Les collectifs sanitaires sont nombreux et parfois récurrents entre catégories de maladies, ce qui rend nécessaire des dispositifs de régulation des activités sanitaires. La régulation de la gestion sanitaire varie selon les maladies, conduisant à définir plusieurs régimes de responsabilité sanitaire.

Les structures de gouvernance sanitaire sont définies en fonction des « acteurs-clés » qui y participent (Gilly et Perrat, 2003). La notion de gouvernance s'entend donc comme un espace local de régulation, correspondant aux actions de coopération entre acteurs ou collectifs et donc s'analyser en terme de coordination (Allaire, 2002). Ainsi, la notion de gouvernance renvoie aux responsabilités des acteurs impliqués. La gouvernance correspond en ce sens à des régimes de responsabilité, entendu comme un champ de régulation des activités sanitaires.

A l'instar de nombreux domaines agricoles, la santé des bovins répond à un système de coordination sectorielle et territoriale (Allaire, 2002). En raison de la récurrence de l'implication des collectifs sanitaires entre catégories de maladies, une entrée par la nature des dispositifs de coordination de la santé des bovins paraît plus adaptée qu'une analyse basée sur la nature des acteurs impliqués. Ceci amène à définir trois régimes de responsabilité sanitaire : public, privé sectoriel et collectif. Il apparaît cependant que les maladies de production ne répondent à aucun de ces régimes de responsabilité, conduisant à la recherche d'un quatrième régime.

### 1 – Trois régimes de responsabilité sanitaire

#### 11 - Une gouvernance publique des maladies réglementées efficace mais tourmentée

La gouvernance publique renvoie à des « *objectifs globaux* » (biens publics) et à des « *procédures générales* » (extra-locales) (Allaire, 2002). Ce régime de responsabilité répond précisément à la gestion des maladies réglementées (maladies réglementées, catégorie 1), tant sur les enjeux de biens publics (zoonose, statut officiellement indemne du pays) que sur les modalités pratiques de gestion (procédures établies nationalement par maladies, gestion centralisée des épidémies). L'organisation de la gouvernance publique sanitaire animale apparaît comme rigoureuse et efficace. Tout coercitif qu'il soit, le régime de responsabilité reste un dispositif de coordination et connaît deux types de déstabilisations : le refus d'application des mesures et la difficulté des négociations lors de la préparation des procédures.

Le refus d'application des mesures concerne principalement les éleveurs. C'est un phénomène marginal, mais ayant pris une importance croissante -bien que réduite- lors de la crise FCO<sup>30</sup> (2006-2009). Il est sanctionné pénalement, en accord avec la composante souveraine dominante des collectifs impliqués dans la gestion des maladies réglementées (Tableau 5). Un blocage est aussi apparu au sein de la chaîne d'application des mesures lors de la grève du Mandat sanitaire suivie dans plusieurs départements par les vétérinaires sanitaires, sur la saison 2004-2005.

Les plus grosses difficultés que rencontre la gouvernance publique des maladies réglementées apparaissent lors de la construction des procédures, incluant les différentes parties prenantes. La crise de légitimité des acteurs est souvent associée à une crise de financement des actions sanitaires. La crise de légitimité implique principalement les collectifs vétérinaires sanitaires et les éleveurs autour de la problématique de la réalisation et de la responsabilité des actes sanitaires (vaccination et prélèvements) ; les premiers se réfugiant derrière une approche réglementaire, administrative et de certification<sup>31</sup>, les seconds derrière une approche technique (la technique des actes est simple et déjà pratiquée par les éleveurs pour les maladies de production). La crise de légitimité, qui peut s'analyser comme une crise identitaire, est compliquée par la crise financière (financement des procédures<sup>32</sup>). Celle-ci se manifeste surtout lors d'apparition d'une nouvelle maladie réglementée, tel que ce fut le cas de la FCO en 2006. La force de la contestation a conduit à la gratuité pour les éleveurs de la vaccination en 2009-2010, et la mise en place des Etats Généraux du Sanitaire. Ceux-ci ont abouti à une rénovation de la politique sécuritaire, sans toutefois en changer les principes de base (MAAPRAT, 2010; Repiquet, 2010).

En considérant la santé liée aux maladies réglementées comme une institution, l'analyse du changement institutionnel proposé par Allaire à partir de 4 clés de lecture que sont les principes, les procédures, les statuts et les interprétations (Boyer, 2003; Allaire, 2007) répond clairement au régime de responsabilité publique (Figure 14). Les maladies réglementées renvoient à des principes réglementaires et de bien commun, accepté mais interprété de manière différente selon les parties. Les statuts des acteurs sanitaires sont à l'origine d'une certaine résilience, associée à une flexibilité nulle des procédures. Enfin, l'interprétation des procédures, des principes et des statuts par les éleveurs évolue dans le temps et dépend du contexte tant sanitaire (quelle maladie ?) qu'agricole (rentabilité, temps disponible).

---

<sup>30</sup> FCO : Fièvre catarrhale ovine

<sup>31</sup> Les maladies sont réglementées, au sens de l'OIE (maladies de la liste de l'OIE)

<sup>32</sup> Le financement est principalement assuré par les éleveurs, et l'implication des VS (acte) augmente fortement le prix total (vaccin ou analyse et acte)

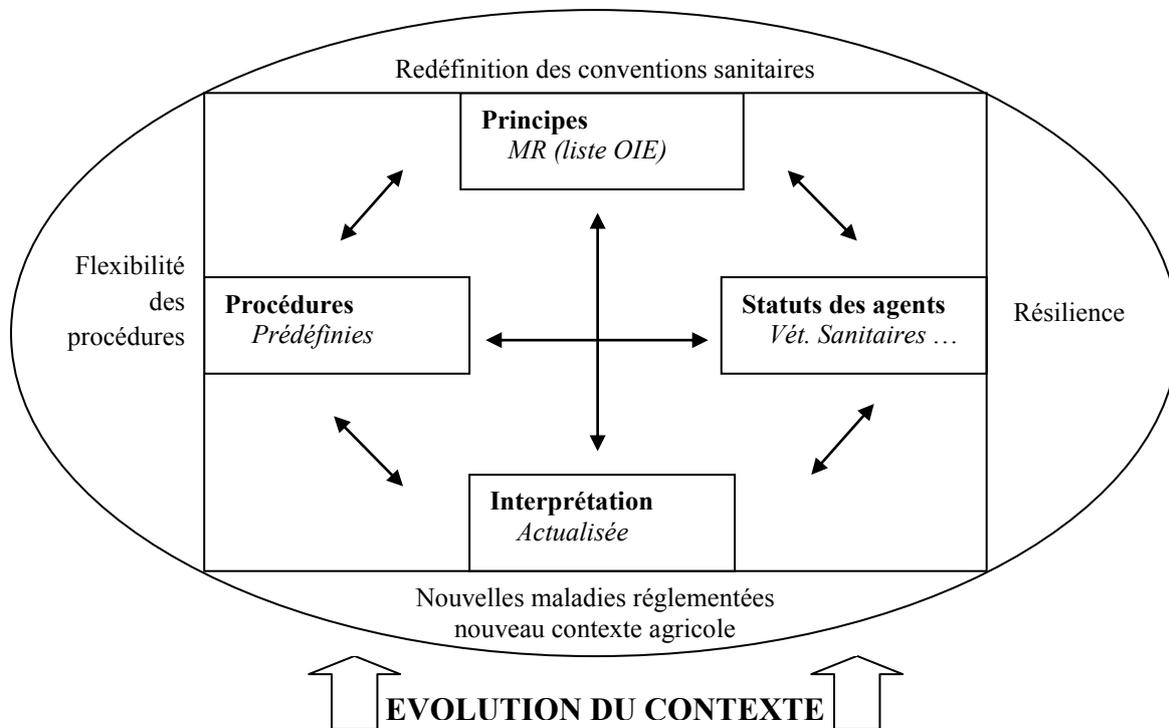


Figure 14 : les maladies réglementées comme institution (Boyer, 2003; Allaire, 2007)

## 12 - Une gouvernance locale privée de filière peu développée

La gouvernance privée vise à tirer une considération ou une valeur (rente d'innovation) d'une démarche coopérative via la différenciation et la singularisation. Ce type de gouvernance est généralement local et sectoriel : il consiste à faire coopérer divers acteurs indépendants autour d'une problématique sectorielle locale. La démarche apparaît comme collective (et est parfois présentée ainsi) mais reste avant tout privée dans la mesure où l'initiative est privée (ainsi que le financement) et que la rente finale revient majoritairement à l'initiateur du projet. La démarche est souvent associée à une approche pluridisciplinaire ou pluri-acteurs, focalisée sur l'obtention d'un consensus pratique ou d'un atout sectoriel.

Ce type de gouvernance concerne des événements sanitaires impliquant l'aval de la filière : mortalité animale, qualité cytologique du lait dans les filières au lait cru, qualité des abats. L'acteur initiateur est souvent un industriel dont la problématique sanitaire déstabilise l'activité. La rente associée à la démarche peut être pour partie redistribuée en amont (éleveurs). La coopération touche ainsi l'industriel, les éleveurs, des collectifs interprofessionnels et des acteurs sanitaires, potentiellement vétérinaires. La démarche est

observée localement sur de nombreuses filières<sup>33</sup>. Elle souffre cependant d'un manque de visibilité générale car très locale et réduite à une période de temps court : la coopération se termine ou du moins s'étiole après la mise en place des procédures de gestion sanitaires répondant au problème ponctuel initial. Cette limite ne préjuge cependant pas de son efficacité.

### **13 - Une gouvernance collective vétérinaire émergente pour un bien commun ?**

La gouvernance sanitaire collective mobilise un groupe professionnel local ou un groupe d'acteurs territoriaux autour d'une problématique qui relève d'intérêts privés (Allaire, 2002). Les arguments impliqués dans le maintien de la coopération sont d'ordre publics (civiques) et privés (financiers). Ce régime de responsabilité est actuellement illustré dans la gestion des médicaments vétérinaires et particulièrement des antibiotiques : face à la montée des enjeux associés à l'antibiorésistance, une démarche collective semble mouvoir les vétérinaires dans leurs activités de prescription et de délivrance des antibiotiques. Les arguments mobilisés sont publics-moraux (efficacité antibiotique ; légitimité de prescription et de délivrance) et financiers (prescription et délivrance<sup>34</sup>). Si les activités associées aux antibiotiques rejoignent le domaine des maladies de production, la problématique des antibiotiques se distingue par la nature des parties-prenantes (éleveurs, vétérinaires et professionnels de la santé humaine pour la prescription ; éleveurs, ayants-droits et laboratoires pour la délivrance) et la présence imposante du bien commun (efficacité antibiotique).

En présence d'antibiotiques, les bactéries mettent en place des résistances qui peuvent subsister dans leur génome (Andersson, 2003). Elles possèdent la propriété de transférer horizontalement (d'une bactérie à l'autre) ces gènes. L'incidence des souches résistantes à un antibiotique baisse lors d'arrêt d'utilisation de cet antibiotique, mais rebondit rapidement lors de la réintroduction de l'antibiotique. La transmission horizontale et la persistance des gènes d'antibiorésistance conduisent à considérer la résistance bactérienne comme un phénomène global et intemporel (Anomaly, 2010). De manière simplifiée, le risque de développement et de propagation d'antibiorésistance est corrélé à l'intensité d'utilisation des antibiotiques<sup>35</sup>. L'efficacité antibiotique s'apparente plus à un bien commun qu'à un bien public, dans la mesure où il est "excluable" (délivrance soumise à prescription et délivrance par ayants-droits) et "non-rival" de manière impure : en effet, l'antibiorésistance étant corrélée à la consommation d'antibiotiques, la consommation aujourd'hui peut affecter l'efficacité future, à défaut d'avoir un effet sur l'efficacité contemporaine (Scott et al., 2001). En tant que bien commun, et la rareté de l'efficacité étant corrélée à l'intensité de l'utilisation des antibiotiques, l'antibiorésistance est considérée comme une tragédie des biens communs (Bacquero et Campos, 2003).

---

<sup>33</sup> A titre d'exemple : saisie à l'abattoir des foies en filière veau d'Aveyron, gestion des risques de listériose et salmonellose en filière Saint-Nectaire fermier

<sup>34</sup> Malgré l'absence de données précises, la délivrance des médicaments semble représenter entre 1/3 et 2/3 des revenus nets des praticiens exerçant une activité mixte en milieu rural.

<sup>35</sup> Plus un antibiotique est utilisé, plus le risque de développer des résistances est important. Cependant, mesure l'intensité d'utilisation d'un antibiotique est difficile et sujet à discussion (Lhermie, 2010)

Les principaux facteurs de risque de réduction de l'efficacité antibiotique reconnus en médecine humaine et vétérinaire sont le prix (favorisant la consommation), l'efficacité réduite de la restriction d'accès (effet d'induction<sup>36</sup> et demande du patient/client lors de la prescription), une sur-prescription médicalement injustifiée (assurance<sup>37</sup> du praticien, manque de temps et de diagnostic alternatif<sup>38</sup>, diagnostic thérapeutique) et un manque d'observance<sup>39</sup> du patient/client (Bacquero et Campos, 2003; Foster et Grundmann, 2006; Anomaly, 2010).

Les mécanismes et facteurs de risque de l'antibiorésistance montrent l'insuffisance des aspects réglementaires (restriction des accès) dans la gestion de l'efficacité antibiotique, et le rôle clé des pratiques et des acteurs. La démarche collective des prescripteurs vétérinaires est ainsi axée sur l'analyse de leur convention professionnelle et éventuellement sur sa modification. Cette démarche est légitimée par le positionnement et la reconnaissance par tous (professionnels de la santé humaine, professionnels de la santé animale et éleveurs) du médicament comme cœur de compétences des vétérinaires.

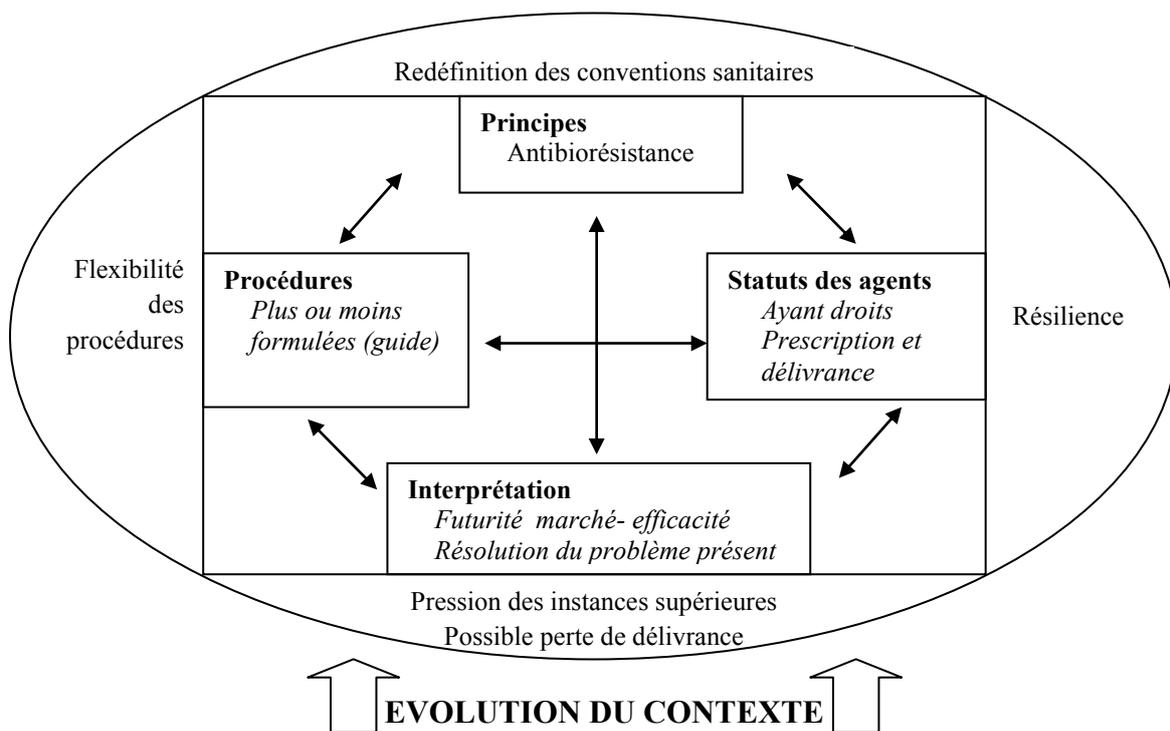


Figure 15 : l'efficacité antibiotique comme institution (Boyer, 2003; Allaire, 2007)

<sup>36</sup> L'effet d'induction de la demande est rencontré lorsque l'offre et la demande d'un produit sont gérées par le même acteur, comme pour le médicament (le médecin juge du besoin de médicament).

<sup>37</sup> Utilisation d'antibiotiques pour limiter le risque d'échec thérapeutique lié à une erreur diagnostique.

<sup>38</sup> Certains outils diagnostiques peuvent aider dans le choix thérapeutique, mais induisent souvent la mise en place retardée de la thérapeutique.

<sup>39</sup> Correspondance entre le comportement d'un patient et la prescription thérapeutique.

En considérant cette fois l'institution comme l'efficacité antibiotique vétérinaire, le régime de responsabilité collective qui se dessine pour l'antibiorésistance correspond aussi à un changement intentionnel (Figure 15). En effet, la problématique conduit à la redéfinition de la convention professionnelle sanitaire (ce qui se faisait ne peut plus se faire). Cependant, les procédures précises sont encore floues, et sont l'objet de controverses selon les parties prenantes. L'interprétation du problème pour le prescripteur est liée à la résolution du problème sanitaire actuel (recours aux antibiotiques) tout en considérant l'efficacité future et l'éventuelle perte de la délivrance. L'interprétation est donc directement liée aux statuts des agents.

Les solutions consensuelles face à l'antibiorésistance sont (Bacquero et Campos, 2003; Foster et Grundmann, 2006; Anomaly, 2010):

- d'ordre technique : arrêt du diagnostic thérapeutique et meilleur ciblage thérapeutique via le développement et la vulgarisation d'outils diagnostiques ; s'y ajoute en médecine vétérinaire un outil absent en humaine, le développement des alternatives thérapeutiques médicales (principalement vaccinales) et non médicales (gestion des facteurs de risque zootechniques) ;
- d'ordre moral : sensibilisation des prescripteurs via des sessions de brainstorming et des constructions actives de référentiels (Ray et al., 1985; Avorn et al., 1988) (et non leur parachutage administratif (Faryna et al., 1987)) ; sensibilisation des utilisateurs finaux (réduction de l'effet d'induction et de l'asymétrie d'information) ;
- d'ordre politique : mise en place de taxes pigouviennes, de quotas de prescription et prolongement de la durée des brevets.

Ces solutions représentent bien une modification de la convention professionnelle des prescripteurs (outils diagnostics, sensibilisation des prescripteurs). La problématique de l'antibiorésistance fait l'objet d'une appropriation au sein de la collectivité vétérinaire, tel que suggéré par les thèmes de la presse professionnelle et de la formation continue professionnelle, et ce, même si la mobilisation est parfois "forcée" par les instances nationales syndico-techniques (SNGTV<sup>40</sup>). La problématique est associée à une modification du capital social des vétérinaires, incluant les jeunes diplômés vis-à-vis du comportement mimétique des aînés (Batifoulier, 2004). Enfin, la problématique de l'antibiorésistance comprend une composante locale et territoriale, la convention professionnelle vétérinaire étant territorialisée. De plus, elle relève d'intérêts privés, tel que suggéré (i) par la part des revenus issus de la délivrance de médicaments, (ii) par la possibilité d'alternatives non médicales à l'antibiothérapie (gestion des facteurs de risque) et (iii) par les mesures de type taxe pigouviennne et quotas par prescripteurs.

Ainsi, ces différents éléments démontrent que la problématique de l'antibiorésistance fait actuellement l'objet d'une gouvernance collective au sein de la santé des bovins.

Deux limites apparaissent au régime de gouvernance collective de la santé des bovins.

---

<sup>40</sup> SNGTV : Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires. Association loi 1901 à vocation technique (et dans une moindre mesure et officieusement syndicale)

D'une part, la composante politique du consensus de gestion de l'antibiorésistance suggère une part de gouvernance publique dans l'efficacité antibiotique. D'autre part, il convient de s'interroger sur la nature réellement collective du type de gouvernance. La sensibilisation et le développement des compétences des éleveurs, la possibilité d'alternatives thérapeutiques et les modalités de gestion d'une taxe pigouvienne suggèrent une nuance, car il apparaît un élargissement du nombre des partie-prenantes autour du médicament, lié à la présence de prescripteurs hors circuit libéral. Ceci suggérerait l'absence de gouvernance strictement collective dans la santé des bovins, et renverrait à une gouvernance d'un bien commun proche de celui des maladies de production.

## **2 - Quel régime de responsabilité pour les maladies de production ?**

La place des vétérinaires praticiens dans la gestion des maladies de production est historiquement proche de celle qu'ils occupent aujourd'hui pour les urgences et actes spécifiques (catégorie 3). Batifoulier propose une approche de la relation patient/médecin à travers l'éthique médicale en tant que convention professionnelle (Batifoulier, 1999; 2004). Cette relation est globalement retrouvée dans la relation vétérinaire/éleveur pour les maladies accidentelles. L'urgence et l'accident rendent la demande peu élastique au prix ; de plus, le vétérinaire a la faculté de manipuler la demande, via l'effet d'induction de la demande par l'offre (l'éleveur remet dans une certaine mesure ses animaux dans les mains du professionnel de santé). La régulation proposée est basée sur la convention professionnelle qu'est l'éthique, ayant un pouvoir coordinateur plus important et plus large que le code déontologique ou que les contrats incitatifs. La coordination repose sur le partage de valeurs professionnelles qui passent par le revenu (définition d'un revenu cible, que le professionnel de santé atteint et dont il se contente) et la sanction du patient/client via la réputation, la désacralisation de la profession et la perte de confiance. Du point de vue technique, la convention professionnelle ne mobilise pas une rationalité substantielle, mais procédurale, qui permet de vérifier la convention d'effort sans obligation de résultat, caractéristique importante en milieu médical. Cette approche conceptuelle des maladies accidentelles des bovins semble adaptée, malgré deux différences contextuelles que sont la facturation réelle au client (pas de mécanismes d'assurance) et la délivrance du médicament moyennant une marge.

Les maladies de production se distinguent des maladies accidentelles par l'absence de contrainte d'urgence et par un effet d'induction moindre.

### **21 - Des professionnels avec leur propre convention professionnelle**

Les trois modèles d'hybridation sanitaire sont définis à partir des collectifs sanitaires dominants (tableau 6) mais cachent une grande diversité des collectifs sanitaires mineurs impliqués dans ces exploitations. La diversification des collectifs sanitaires impliqués dans les

maladies de production par rapport aux autres maladies est en accord avec la nature même de ces maladies. Ainsi, chacun de ces collectifs possède un ou des cœurs de compétences, parfois éloigné des problématiques sanitaires, mais en relation avec au moins une maladie de production. Ainsi, la nature non sanitaire du cœur de compétences de ces collectifs sanitaires ne permet pas de préjuger de l'efficacité de ce collectif dans la gestion d'un problème sanitaire.

En comparaison avec les maladies accidentelles, la levée de la contrainte d'urgence rend la demande liée aux maladies de production élastique aux prix. L'argument budgétaire est d'autant plus important que ces maladies sont par définition fortement corrélées à l'équilibre économique de l'exploitation. Au sein d'un collectif, les règles tarifaires connaissent un minimum d'homogénéité, par mimétisme professionnel, et elles répondent à des standards géographiques, à l'instar des pratiques tarifaires des médecins (Batifoulier, 2000). Cependant, les conventions financières varient fortement entre collectifs sanitaires, tant sur leur forme que sur le montant des prestations. En effet, la prestation sanitaire (acte ou expertise sanitaire, dont consultation vétérinaire) réalisée par différents collectifs est facturée à l'acte (praticiens), au forfait (par exemple, inséminateurs lors de diagnostics de gestation, contrôle laitier) ou mutualisé (firmes d'aliments, groupements de producteurs).

Chaque collectif sanitaire est ainsi coordonné par une convention professionnelle dérivant de ses compétences de base et de l'homogénéité des pratiques budgétaires. Cette convention professionnelle intervient dans la régulation d'activités non sanitaires pour les collectifs mixtes (non sanitaires et sanitaires), mais aussi dans la régulation de leur activité sanitaire, fut-elle réduite. Les différents collectifs sanitaires ne partagent pas de convention professionnelle, ni sur le plan technique, ni sur le plan financier. Soit ils ignorent la convention professionnelle des autres collectifs, soit ils la connaissent sans en partager les valeurs.

Ceci suggère une absence de coordination des activités sanitaires des collectifs autour de l'éleveur, y compris sur des domaines sanitaires précis (qualité cytologique du lait ...). Le point focal de l'organisation reste l'éleveur. Celui-ci est ainsi seul coordinateur des activités sanitaires de son exploitation, et agit en amont sur les collectifs. Ce positionnement conduit à s'interroger sur la présence d'un régime de responsabilité pour la gestion des maladies enzootiques multifactorielles et sur l'efficacité du dispositif sanitaire.

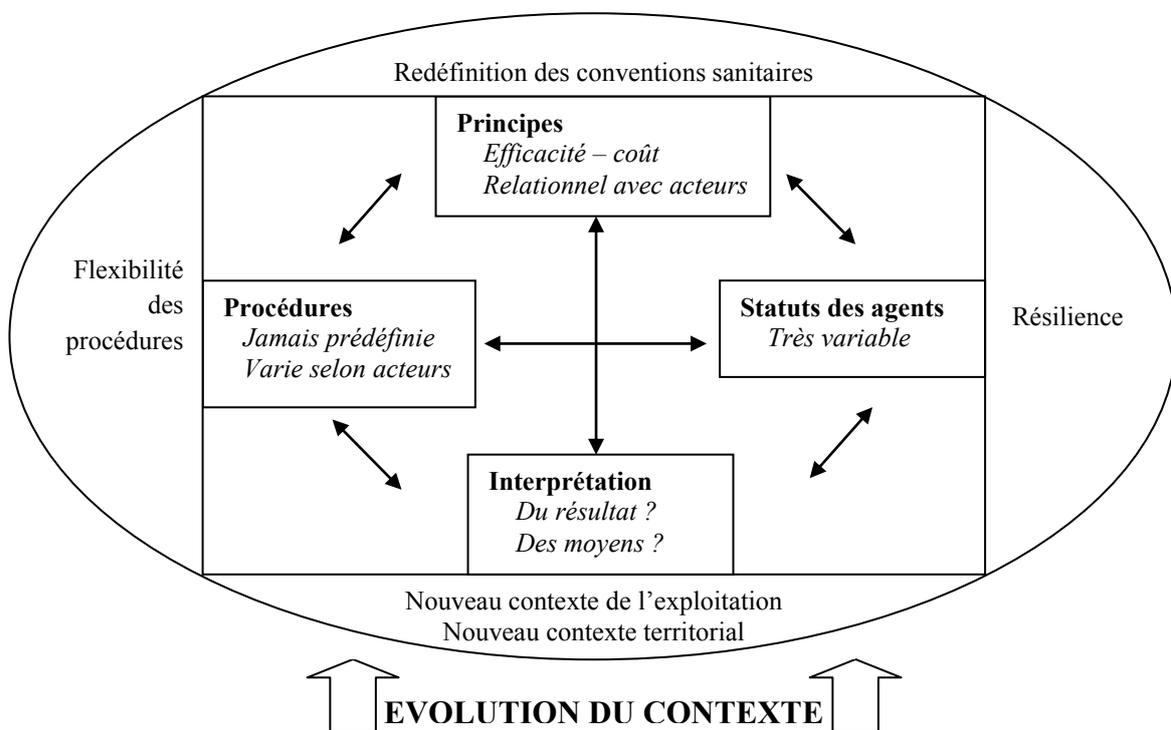
## **22 - Un régime de responsabilité passive ?**

En l'absence de convention sanitaire partagée par les différents professionnels d'un espace géographique, même au sein d'un domaine sanitaire, des mécanismes de coordination de ces collectifs semblent toutefois apparaître.

Ceci conduit à définir un régime de "responsabilité passive", comme des régularités ou tolérances spatio-temporelles et sectorielles des activités sanitaires. Ce type de gouvernance répond aux observations empiriques montrant que le même type d'activité sanitaire peut être majoritairement réalisé par un seul collectif sanitaire, mais différent selon le territoire. Ce

positionnement dominant d'un collectif répond à un avantage concurrentiel qu'il a sur les autres collectifs. La mise en place de la position dominante par un collectif suit un effet qualifié d'"induction-like", dans la mesure où son positionnement initial lui donne un avantage comparatif dans un nouveau domaine sanitaire. C'est le cas des vétérinaires pour la gestion des maladies réglementées et maladies accidentelles, des GDS pour les maladies réglementées et des collectifs non sanitaires par leur position de fournisseurs. Si le point d'entrée des collectifs sanitaires dans les exploitations se fait généralement sur des arguments techniques, les arguments financiers explicites ou implicites (gratuité de la prestation sanitaire par exemple) sont intégrés dans le choix de l'éleveur. La convention professionnelle de chaque collectif sanitaire est connue ou reconnue, avec une précision plus ou moins grande, par l'éleveur, qui mobilise ainsi ces compétences sanitaires, avec un coût associé.

Le régime de responsabilité passive est centré sur les collectifs d'éleveurs, car ils ont un rôle régulateur clé à travers la mobilisation des collectifs sanitaires, et la réponse faite par les différents collectifs sanitaires. Le régime de responsabilité passive correspond ainsi à un développement territorial endogène (Lamarche, 2003). En considérant les maladies enzootiques multifactorielles comme institution, il apparaît une forte variabilité tant des principes, des procédures, des statuts des acteurs et de l'interprétation qu'en font l'éleveur et l'intervenant (Figure 16).



**Figure 16 : les maladies de production (maladies enzootiques multifactorielles) comme institution (Boyer, 2003; Allaire, 2007)**

Cette hétérogénéité au sein des 4 constituants de l'institution conduit à s'interroger sur la présence même du régime de responsabilité des maladies enzootiques multifactorielles. La présence du régime apparaît cependant clairement dans (i) des régularités sectorielles car chaque domaine sanitaire concerne des collectifs différents, (ii) des régularités territoriales du fait des collectifs présents et (iii) des régularités temporelles du fait de la dynamique de la santé et des cycles de production.

Le régime de responsabilité passive reste toutefois largement concurrentiel, et la coordination indirecte entre les collectifs sanitaires apparaît comme faible. Ce régime ne réduit donc pas la pertinence des questions relatives aux capacités des éleveurs à gérer la coordination des activités et à l'efficacité du dispositif. Ceci renvoie à s'intéresser aux effets synergiques, additifs ou antagonistes possibles entre des collectifs sanitaires impliqués dans la même exploitation sur des domaines sanitaires identiques ou différents. De même, il convient de se demander si les choix opérés par les éleveurs correspondent à une maximisation de l'efficacité sanitaire. Le régime de gouvernance passive ne préjuge ainsi pas de l'efficacité la gestion sanitaire.

## **VI – BILAN ET PROPOSITIONS D'ANALYSE DE LA SANTE DES BOVINS**

En bilan, la construction d'un modèle conceptuel institutionnel d'analyse de la santé permet de répondre à certaines limites de l'approche microéconomique néoclassique de la santé animale proposée par Mc Inerney, en la dépassant tout en l'intégrant. En articulant, économie, droit et éthique, l'institutionnalisme répond bien aux différents enjeux de la santé des bovins. Les compétences et capacités des éleveurs peuvent alors constituer des déterminants globaux de la santé des bovins. L'association compétences-santé s'analyse donc en termes de correspondances entre cœur de compétences et activités sanitaires stratégiques de l'atelier (maîtrise des facteurs de risque clés). Les compétences collectives représentent des déterminants institutionnels de la santé, éventuellement territorialisés. L'articulation entre collectifs sanitaires et catégories de maladies permet de définir différents régimes de responsabilité sanitaire.

Une partie du modèle conceptuel proposé sera validée à partir de trois hypothèses liées aux compétences.

La première hypothèse repose sur l'adéquation entre le cœur de compétences d'un éleveur et les activités sanitaires stratégiques de l'atelier comme garant d'une gestion sanitaire efficace. Dans ce premier temps d'approche micro-économique, la santé serait avant tout dépendante des individus, à travers leurs capacités. Cependant, les institutions interviennent indirectement sur ces comportements individuels, sous la forme inorganisée des collectifs. Cette question sera abordée à travers la description de la mortalité des vaches laitières et des cellules somatiques du lait –vu comme un des témoins de la qualité cytologique du lait livré et de la santé de la mamelle-, pour chaque atelier laitier (partie 2, chapitres I et II). L'analyse vise à mettre en évidence la présence de facteurs de risque sanitaires qui peuvent être associées aux compétences des éleveurs.

La seconde hypothèse émise est la territorialisation des compétences sanitaires et des processus sanitaires. En effet, la présence de normes territoriales productives et sanitaires conduit à penser que les résultats sanitaires et les compétences sanitaires de chaque éleveur varient de manière interdépendante au sein d'un territoire. Les compétences sanitaires individuelles des éleveurs sont liées à la forme inorganisée des collectifs, et ces formes institutionnelles (croyances, habitudes ...) peuvent prendre des tournures propres à chaque territoire.

Pour décrire les variations territoriales des résultats sanitaires et des facteurs de risque sanitaires reliés aux compétences des éleveurs, en fonction des caractéristiques productives et historiques de chaque bassin de production, la mortalité et la qualité du lait seront analysées au sein de chacun de ces espaces géographiques (partie 2, chapitre III). Le calcul des corrélations spatiales des résultats sanitaires permettra de caractériser la composante territoriale de la santé animale (partie 2, chapitre III).

Enfin, la dernière hypothèse repose sur la présence de déterminants institutionnels agissant sur la santé des bovins. Les institutions mentionnées ici font référence à une forme organisée des collectifs, et renvoient à la place des collectifs organisés sanitaires dans la santé des bovins.

L'objectif est alors de définir la présence d'un effet institutionnel. Ceci est identifié (i) par la présence d'une variable territoriale omise, non liée aux conditions pédoclimatiques, et expliquant les résultats sanitaires (partie 3, chapitre IV), (ii) par la variabilité des déterminants de la santé des bovins entre bassins de production (partie 3, chapitre III) et (iii) par les différences des performances sanitaires entre groupes d'exploitations impliqués dans des productions à forte spécificité ou dans des productions génériques (partie 3, chapitre V).

## **PARTIE 2**

### **MATERIELS ET METHODES**

### **RESULTATS**

Les matériels et méthodes utilisés pour l'ensemble des travaux sont explicités en détail dans les deux premières publications (chapitres I et II).

Les matériels et méthodes spécifiques à certains traitements réalisés sont détaillés dans les parties présentant les résultats de ces travaux (chapitres III à V).

Des précisions complémentaires quant à la nature des bases de données utilisées sont mentionnées en annexes I et II.



## Herd-level and contextual factors influencing dairy cow mortality in France in 2005 and 2006

D. Raboisson,\*†<sup>1</sup> E. Cahuzac,† P. Sans,\* and G. Allaire†

\*Université de Toulouse, Ecole Nationale Vétérinaire, 23 chemin des Capelles, F-31076 Toulouse Cedex 3, France

†Observatoire des programmes communautaires de développement rural, INRA Toulouse, chemin de Borde-Rouge, F-31326 Auzeville, France

### ABSTRACT

Dairy cow mortality causes financial loss and is increasing over time; it indicates suboptimal herd health or welfare. To describe the herd-level and contextual factors affecting cow mortality, the French National Bovine Dataset Identification was used to create dairy, beef, or fattening units within farms, for 2005 and 2006. Mortality rate (MO-RA, outcome variable) and most variables were calculated at the unit level, whereas contextual variables were defined at the municipality level [cattle density, inhabitant density, agricultural land always with grass on overall agricultural land (ALWG/OAL)]. The localization (11 dairy production areas, representative of the farming systems) was also included. The statistical analysis was performed with a probit regression model (MO-RA = 0 or >0) and with a linear model corrected by the Heckman method for bias sample selection. For 2005 and 2006, 3.8 and 3.7 million dairy cow-years, 101,445 and 96,954 dairy units, and 141,677 and 143,424 deaths were recorded, respectively. Over one-third of the units had no dairy cow mortality in 2005 or 2006. Overall MO-RA was 3.7 and 3.8% for 2005 and 2006, respectively. Restricted MO-RA (farms without death excluded) was 5.8% for 2005 and 2006. The correlation of MO-RA among units between the 2 yr was 0.25. The same effects and close estimate values were reported for 2005 and 2006 with both models. Mortality rate was positively associated with the number of cow-years, having a beef unit in addition to a dairy unit, the proportion of purchased cows, the proportion of first-calving cows, the average calving interval, being a Milk Control Program member, inhabitant density, not being in dairy production area Grand-Ouest, and ALWG/OAL. Negative associations were reported for breed other than Holstein, being a Good Breeding Practices member, having a calving peak in autumn, culling rate, and municipal cattle density. This study reports an average mortality rate for the French dairy

cows. It suggests that the farmer's management style highly influences mortality. In addition, farming system has an effect on the mortality. A possible association between municipal intensification of production and decreased mortality was also reported.

**Key words:** dairy cow mortality, France, herd-level factor, contextual factor

### INTRODUCTION

Dairy cow death causes financial loss, including the value of the animals, the cost of their replacement, the loss of milk production, and the extra labor. Moreover, high mortality rates may indicate suboptimal health or welfare (Thomsen et al., 2006). Few studies have focused on dairy cow mortality; most have focused on describing mortality relative to the population characteristics (Gardner et al., 1990; Faye and Perochon, 1995; Menzies et al., 1995; Smith et al., 2000; Thomsen et al., 2004; Miller et al., 2008; Pinedo et al., 2010), on specifying the causes of death (Esslemont and Kossabati, 1997; McConnel et al., 2009, 2010), or on defining the risk factors of dairy cow mortality (Milian-Suazo et al., 1988; Thomsen et al., 2006; McConnel et al., 2008). Moreover, they reported an increase of the death frequency among dairy cows (Thomsen and Houe, 2006). Currently, a comprehensive overview of the natural or normal level of mortality in a dairy herd does not exist, but a review reported that dairy cow mortality rates ranged from 1 to 5% (Thomsen and Houe, 2006).

Cattle are very important in France, with approximately 19 million animals on 300,000 farms, in 2005. They represent 22% of cattle in the European Union (EU, 25 countries). This cattle population consists of approximately 4 million dairy cows (17% of EU dairy cows, ranked second after Germany), 4 million suckler cows (33% of EU beef cows, ranked first), and 12 million replacement and fattening animals (Eurostat, 2005; Sorensen et al., 2006). Moreover, much of Europe's diversity in livestock production can be found in France. The north is mainly focused on dairy cattle, whereas the central and southern regions are predominantly focused on beef, sheep, and goat production.

Received July 19, 2010.

Accepted January 7, 2011.

<sup>1</sup>Corresponding author: d.raboisson@envt.fr

Furthermore, one-fifth of French land is at mountain altitude, where beef and Protected Geographical Indication milk production occur (Rouquette and Pflimlin, 1995; Sarzeaud et al., 2008). This territorial diversity of livestock production describes the French breeding systems. At the farm level, various combinations of units exist within one farm, including dairy, beef, and fattening cattle as well as goats, sheep, poultry, or pigs (Renting et al., 2009).

The possible relationship between herd factors and cow mortality was investigated in recent studies (Smith et al., 2000; Thomsen et al., 2006; McConnel et al., 2008). Herd risk factors of cow mortality include structural factors, management practices, and the farmer's management style. A farmer's management style corresponds to his or her attitudes, and previous studies suggest that it should be distinguished from management practices. The farmer could contribute to variations in farm performance, in addition to the management practices (Bigras-Poulin et al., 1985; Tarabla and Dodd, 1990; Beaudeau et al., 1996). Nevertheless, the classification of mortality risk factors into structural factors, management practices, and farmer's management styles is debatable.

The territorial characteristics of cattle production are rarely taken into account in cow mortality studies, even if some effects of the farm location are observed (Gardner et al., 1990; Smith et al., 2000; Stull et al., 2008). Specific and homogeneous risk factors of mortality are observed within a farming system. Including the farming system in an analysis summarizes a global effect that is greater than the sum of specific factors of this area, because farming system includes some nonobserved effects that are difficult or impossible to "trap" into an indicator (Faye, 1992). The way farming is organized depends heavily on the individuals and the organizations involved in it, particularly in relation to strategies and practices used (Ploeg and Renting, 2002).

The data sets used in studies dealing with dairy cow mortality come from the national cattle database or survey systems (Thomsen et al., 2004, 2006; McConnel et al., 2008), milk control programs (Smith et al., 2000; Hare et al., 2006; Thomsen et al., 2006; Dechow and Goodling, 2008; Miller et al., 2008; Pinedo et al., 2010), stratified random samplings based on census (Menziez et al., 1995), local information systems related to ambulatory clinics (Milian-Suazo et al., 1988; Esslemont and Kossaibati, 1997), specific questionnaires (Gardner et al., 1990; Faye and Perochon, 1995), or several large herds (McConnel et al., 2009, 2010). Studies excluding the nonmember farms or including only a few herds could have a bias in the estimation of the risk factors. The present study is based on the hypothesis that mor-

tality depends on both herd-level and contextual risk factors. First, it aims to describe cattle mortality in France. Second, it quantifies the weight of some risk factors of mortality, taking into account the farming systems and using a data set including all herds for 2005 and 2006.

## MATERIALS AND METHODS

### *Data from the French National Bovine Database Identification*

The French National Bovine Database Identification (BDNI) was built in 2000 and combined several local databases to enhance French cattle traceability after the bovine spongiform encephalopathy crisis in 1996 and 2000. It is managed by a specific office (Information Systems) of the French Ministry of Agriculture and Fisheries. It contains routine records from farmers and merchants (gathering centers), including data on herds, animals, and the presence of cattle on farms. All animals, farms, farmers, and gathering centers are individually identified. Animal data include identification number, sex, date of birth, farm of birth, breed, and identification of dam and sire (if available), and date of first calving for females. The presence of an animal on a farm is recorded with the date and reason (birth, purchase, or renting) of entrance and the date and reason (death, slaughter, selling, renting) of exit. Data on farms include herd size (after calculation) and location based on the municipality administrative areas ("commune," 36,679 units in France, mean area = 1,550 km<sup>2</sup>). All farmers breeding at least one animal are required by law to report data to BDNI; 2% of the farms are controlled spontaneously each year, and lack of conformity induces important financial penalties on the Common Agricultural Policies subsidies (Henke and Sardonnie, 2003).

Data from the BDNI concerning all cattle were collected using MySQL software (MySQL, version 5.0, Oracle Corp., Redwood City, CA). All animals present at least 1 d during 2005 and 2006 were included in the data set, which represented 5.3 and 5.1 million dairy cows for 2005 and 2006, respectively. For all cows, previous and next (until 2009 included) calvings and calves also were recorded. Years 2005 and 2006 were selected because movement limitations due to the European bluetongue outbreak occurred in 2007 and 2008. Depending on the location and the months, movements of animals were stopped (except to the slaughterhouse) or restricted. If years 2007 and 2008 had been taken into account instead of years 2005 and 2006, the number of cow-years and consequently the mortality rates would probably be biased and misrepresentative.

### Other Data Sets

The records from herds on the Milk Control Program (MCP) in France during 2005 and 2006 were provided by France Livestock Genetics (<http://www.france-genetique-elevage.fr/>). The records included lactation number, date of calving, all test-day milk results, and lactation data (length and production) for all lactations with at least 1 d in 2005 or 2006. Farms registered as Good Breeding Practices (GBP, “Charte des bonnes pratiques d’élevage”) members for 2005 and 2006 were provided by the National Breeding Institute (<http://www.inst-elevage.asso.fr/>). The charter of GBP is a voluntary program that includes constraints on identification, sanitary management, feeding and breeding schemes, milk production hygiene, and welfare of cattle (Dockes et al., 2006). The MCP and GBP herds were identified with the same code as BDNI, and were consequently geo-located.

Data on municipalities were provided by the National Statistic and Economic Studies Institute (<http://www.insee.fr>; “Institut national de la statistique et des études économiques”) for the number of inhabitants and the area (km<sup>2</sup>). The 2000 National Census carried out by the French Ministry of Agriculture and Fisheries and conducted by the Central Service for Survey and Statistical Studies (<http://agreste.agriculture.gouv.fr/>; “Service central des enquêtes et études statistiques”) was used to determine the agricultural land as “always with grass” (ALWG) and the overall agricultural land (OAL) as well as the price of the milk for each dairy production area (DPA) and each month. The DPA were defined according to the Interprofessional National Milk Industry Center scheme (<http://www.cniel.com/>; “Centre National Interprofessionnel de l’Economie Laitière”).

### Data Control

Some information was registered in more than one way and the concordance within and between data sets was investigated, according to its plausibility. Some automatic procedures were built to correct errors that were suspected or detected on individuals or groups of animals, as follows. In BDNI, cows >20 yr old or with parities >15 were not included in the study. Entrance and exit reasons were used to determine the origin and future of the animals. The relationship between each birth and the calving of the dam was checked. An entrance for purchase without previous event was considered as an import and was consistent with the identification code of the animal (specific for each country). The slaughterhouse and incineration databases were not available to investigate the concordance of

the information when the exit cause was reported as death or slaughter. When selling was reported by the farmer as the exit cause and the animal was not found on another farm thereafter, the animal was considered as exported (for breeding or slaughterhouse). Moreover, because the transfer between 2 herds was registered in both the exit and entrance herds, the concordance between the dates was investigated and modifications occurred if necessary. Calvings were removed when the interval from the previous calving was <300 d and a live calf was born. If a stillborn calf was recorded, the calving was not removed and it was considered as an abortion. The modifications or deletions made up <0.05% of all individual information.

Because BDNI is a recent global data set, its accuracy has been evaluated. Data were compared with the national agricultural census in 2000 and to the annual structural questionnaires. The number of animals, cows, calvings, and breed proportions were correlated among the 3 data sets (Monniot et al., 2007). The agreement between individual-level BDNI and MCP data was also investigated. All cows registered in a farm in MCP were found in the same farm in BDNI. The calving dates rarely (<0.05%) differed between the 2 data sets, and the BDNI date was then considered. Data of herd-level BDNI and MCP was compared. All MCP herd identification codes were known in BDNI and no significant difference between the number of dairy cows was found. All GBP herd identification codes were also known in BDNI.

### BDNI Unit-Level Data Editing

Because the BDNI data record is the animal and the farmer, not the unit, it was necessary to define 3 units: dairy, beef (suckler cows), and fattening (bulls, steers, or veal calves). The units were defined on the first of each month for the 2-yr period. A unit could exist a maximum of 24 times for 1 farm. The animals were considered as cows on the first calving day. Dairy, beef, or fattening units were created when at least 6 dairy cows, beef cows (according to the breed), or fattening animals were present, respectively. This threshold was defined and usually used by the National Breeding Institute and the Central Service for Survey and Statistical Studies of the French Ministry of Agriculture and Fisheries.

In total, 94,839 (85%) dairy units were present 24 times, and 97,435 (87%) dairy units were present at least 11 times a year. The same pattern was reported for the beef units, but less stability was observed for the fattening units (data not shown). Units were then defined for 2005 and 2006 independently when they were present for most of the months of the year. When

a unit was only present 1 or 2 mo of a year it was not considered as a unit for that year, and was deleted. Related cows were excluded from the study. The relationships between the animals and the units were then established according to reciprocal rules of the unit definition. The dairy calves, heifers, and cows were linked to the dairy units.

### Variables

**Mortality Rate.** The mortality rates (**MO-RA**) were calculated for each year and each dairy unit as the total number of dairy cow deaths on the number of cow-years at risk. The number of cow-years equaled the sum of all the days and all the cows of the unit for 1 year divided by 365 d. Only cows after the first calving were taken into account, and no distinction was made between in-milk or dry cows. The calculation of the restricted **MO-RA** excluded the units without mortality.

**Dairy Unit Factors.** All the unit factors available in the data set were used except if a high correlation with another variable was detected or if the data were lacking for an important proportion of units (**MCP**, for example). The number of cow-years (**NUMB**) was calculated yearly as described for the mortality rate. The predominant breed (**BRD**) was defined as the breed that contributed to more than 75% of the different cows of the unit during the study period. Five groups were determined: Holstein (reference breed), Montbéliarde, Normande, no predominant breed (several dairy breeds within the unit), and other breeds (mainly Abondance, Simmental, Brune, Tarentaise, Pie Rouge des plaines, or crossbred cattle). The farm typology (**TYPO**) was defined yearly with a 3-level categorical factor: dairy (**D**; reference), when no other unit was described in the farm; dairy and beef (**DB**) if dairy and beef units were reported irrespective of fattening units; dairy and fattening (**DF**) if dairy and fattening units but no beef unit were reported.

The purchase of cows from other farms (**PU-COW**) was calculated yearly as the number of purchased cows on the number of cow-years. It was then transformed into a categorical factor: no purchase, low purchase, or high purchase. The threshold used to distinguish low from high purchase levels were 27 and 19% for 2005 and 2006, respectively. These values were the 75% quartile of the purchased cow proportion for 2005 and 2006, respectively. The yearly proportion of primiparous cows (**PR-PR**) was the number of first-calving cows on the overall number of calvings in the year. The culling rate (**CU-RA**) was the number of sold cows on the number of cow-years, irrespective of the in-milk or dry status and of the reasons for the removal; dead cows were not included in the culling rate. The average calving

interval (**ACI**, d) was calculated yearly. The monthly calving percentage represented the percentage of the annual calvings that occurred in this month. An autumn calving peak (**ACP**) was defined by (1) 2 successive months with a monthly calving percentage above 10%, (2) a monthly calving percentage >25% for 1 of these 2 mo, and (3) the first of the 2 mo between July and November (inclusive). This variable aimed to capture the sensitivity of farmers to produce milk during the best-paid period of the year. Milk Control Program member (**MCP-Mb**) and GBP member (**GBP-Mb**) were defined once for the 2-yr period. The average parity and the average age of the cows were calculated too, but they were not retained as explanatory variable in the models because of their high correlation with **PR-PR** ( $r > 0.7$ ).

**Contextual Factors.** Three explanatory quantitative variables were calculated for each municipality: the cattle density [**CA-DE**, livestock units (**LU**)/km<sup>2</sup>], the inhabitant density (**IN-DE**, number/km<sup>2</sup>), and the proportion of agricultural land always with grass within the overall agricultural land (**ALWG/OAL**, %). Cattle density was expressed in **LU**, as suggested by a previous study (Sarzeaud et al., 2008). Livestock unit was the number of animal-years corrected by the age and breed of the animals with specific coefficients: 1, 0.85, 0.8, 0.9, 0.6, 0.32, and 0.44 for dairy cows, beef cows, all other females over 24 mo of age, all males over 24 mo of age, cattle between 12 and 24 mo of age, females under 12 mo of age, and males under 12 mo of age, respectively. For instance, a dairy cow present for 100 d in a year accounted for 0.27 cow-years ( $1 \times 100/365$ ) and a beef cow present 200 d in a year for 0.46 cow-years ( $0.85 \times 200/365$ ).

**Dairy Production Areas.** Eleven DPA were used to characterize the French territories (Figure 1). These areas were determined according to the industrial organization of the milk collection, but they overlap approximately with the French breeding systems (Rouquette and Pflimlin, 1995; Sarzeaud et al., 2008).

### Statistical Analysis

Data was analyzed using R (version 2.10.1, 2009–12–14, The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). A *t*-test was performed to compare the values of variables for 2005 and 2006. Moreover, 2 models were used in the study. First, the probability of having at least 1 death, (probability of having mortality, **PR-MO**), was analyzed by using a probit regression. Second, a linear regression using the Heckman correction and involving the previous probit regression results was done on **MO-RA** (the Heckman model). The 2 models were applied separately for 2005 and 2006.

**Heckman Correction.** The R package “sample-Selection” (Toomet and Henningsen, 2008) was used for the 2-stage Heckman method (Heckman, 1979). Mortality rate was categorized into 2 levels (MO-RA = 0.0% or MO-RA >0.0%) and named Ca-MO-RA. In addition, MO-RA was transformed according to the following formula to become Ln-MO-RA, with a normal distribution:

$$\text{Ln-MO-RA} = \text{Ln}[\text{MO-RA}/(1 - \text{MO-RA})].$$

The Heckman correction offers a way of correcting for nonrandomly selected samples that can lead to erroneous conclusions and poor policy. It involves a normality assumption and provides a test for biased sample selection and a formula for bias-corrected models.

The Heckman correction took place in 2 stages. First, a probit regression model focused on the probability of having at least 1 death (Ca-MO-RA = 1) [1]. The estimation of the model yield's results was used to predict the probability of mortality for each unit. In the second stage, a linear regression model was corrected for self-selection by incorporating a transformation of these predicted individual probabilities (the inverse Mill's ratio; **IMR**) as an additional explanatory variable [2] (Heckman, 1979). The equations used were:

$$\text{Prob}(\text{Ca-MO-RA} = 1 \mid \mathbf{Z}) = \Phi(\mathbf{Z}\gamma), \quad [1]$$

where  $\mathbf{Z}$  was a vector of explanatory variables,  $\gamma$  was a vector of unknown parameters, and  $\Phi$  was the cumulative distribution function of the standard normal distribution.

$$\begin{aligned} E[\text{Ln-MO-RA} \mid X, \text{Ca-MO-RA} = 1] = \\ X\beta + \rho\sigma_u \lambda(\mathbf{Z}\gamma), \end{aligned} \quad [2]$$

where E was a conditional expectation of mortality rate (if not null),  $\rho$  was the correlation between unobserved determinants of propensity to die and unobserved determinants of overall mortality risk  $u$ , X was a vector of explanatory variables,  $\beta$  was the estimator of the variables,  $\sigma_u$  was the standard deviation of  $u$ , and  $\lambda$  was the IMR.

**Definitive Models.** The initial probit model was

$$\begin{aligned} \text{Probit}(\text{Ca-MO-RA}) = \mu + \text{NUMB} + \text{BRD} \\ + \text{TYPO} + \text{PU-COW} + \text{PR-PR} + \text{CU-RA} \\ + \text{ACP} + \text{ACI} + \text{MCP-Mb} + \text{GBP-Mb} \\ + \text{CA-DE} + \text{IN-DE} + \text{DPA} + \varepsilon, \end{aligned}$$



**Figure 1.** Definition of the dairy production areas (DPA). Numbers refers to DPA: 1 = Grand-Ouest; 2 = Normandie; 3 = Nord; 4 = Est; 5 = Centre; 6 = Poitou; 7 = Massif Central; 8 = Rhône-Alpes; 9 = Sud-Ouest; 10 = Franche-Comté; 11 = Savoies.

where  $\mu$  was the intercept value and  $\varepsilon$  was the residuals. The variables DPA or ALWG/OAL were used alternatively. Nonsignificant explanatory variables of the previous models for 2005 and 2006 were removed and the definitive model became

$$\begin{aligned} \text{Probit}(\text{Ca-MO-RA}) = \mu + \text{NUMB} + \text{BRD} \\ + \text{PU-COW} + \text{PR-PR} + \text{CU-RA} + \text{ACP} + \text{ACI} \\ + \text{MCP-Mb} + \text{GBP-Mb} + \text{DPA} + \varepsilon, \text{ [model 1]} \end{aligned}$$

Model 1 became model 1' when ALWG/OAL replaced DPA.

The Heckman model was

$$\begin{aligned} \text{LM}(\text{Ln-MO-RA}) = \mu + \text{NUMB} + \text{BRD} + \text{UNIT} \\ + \text{PU-COW} + \text{PR-PR} + \text{CU-RA} + \text{ACP} \\ + \text{ACI} + \text{MCP-Mb} + \text{GBP-Mb} + \text{CA-DE} \\ + \text{IN-DE} + \text{DPA} + \text{IMR} + \varepsilon. \text{ [model 2]} \end{aligned}$$

In model 2', ALWG/OAL was used instead of DPA.

All possible 2-factor interactions were included (one by one) in the model with all of the main effects. The degree of interaction of the statistically significant ( $P < 0.05$ ) interactions was evaluated by comparison of

**Table 1.** Mortality characteristics of French dairy cows and herds in 2005 and 2006

Characteristic	2005	2006
Number of different cows <sup>1</sup> ( $\times 1,000$ )	5,300	5,100
Number of cow-years ( $\times 1,000$ )	3,828	3,753
Deaths, n		
Overall	141,677	143,424
0–30 d after calving, n (%)	49,780 (35.1)	48,680 (33.9)
0–100 d after calving, n (%)	78,345 (55.2)	77,625 (54.1)
First lactation, n (%)	39,627 (27.9)	39,109 (27.2)
Second lactation, n (%)	25,562 (18.0)	26,344 (18.6)
Individual relative risk of death compared with cows in lactation $\geq 3$		
Cows in first lactation	0.75*	0.74*
Cows in second lactation	0.63*	0.63*
Units without mortality, n (%)	37,128 (36.6)	33,997 (35.1)
Units with mortality		
All, n (%)	64,317 (63.4)	62,957 (64.9)
With 1 death, n (%)	29,161 (28.7)	27,599 (28.4)
With 2 deaths, n (%)	16,776 (16.5)	16,354 (17.1)
With 3 deaths, n (%)	8,609 (8.4)	8,637 (8.9)
Mortality rate (MO-RA), %		
Minimum	0	0
Maximum	88.5	98.4
Mean	3.7	3.8
SE	4.4	4.5
Median	2.8	2.9
Restricted mortality rate, % (MO-RA = 0 excluded)		
Minimum	0.6	0.5
Maximum	88.5	98.4
Mean	5.8	5.8
SE	4.4	4.4
Median	4.6	4.6

<sup>1</sup>The number of different cows was higher than the number of cow-years because some cows stayed in the herd for less than a whole year.

\* $P < 0.05$ .

the estimate weight for the different combinations of interactions in question. If the differences between the estimate values were small for different levels of interactions, it was interpreted as a significant interaction without any biological importance. The interaction was then removed from the model.

The original estimate (Est) values of the Heckman models were transformed into Es-MO-RA according to the following formula, to allow a direct interpretation of the effect relative to the mean value of MO-RA (0.5):

$$\text{Es-MO-RA} = [\text{Exp}(\text{Est}) / (1 + \text{Exp}(\text{Est}))].$$

Then, the estimates of the probit models and Es-MO-RA were transformed into mortality change and expressed in percentage of change when quantitative variables changed by 1 unit or compared with reference for categorical variables.

## RESULTS

### *Descriptive Analysis of Mortality*

As shown in Table 1, 3.8 and 3.7 million cow-years were registered in 101,445 and 96,954 units for 2005 and 2006, respectively. The number of different cows

was higher than the number of cow-years, because some cows stayed in the herd for less than an entire year. More than 140,000 dairy cows died in France in 2005 and 2006, and more than one-third of the units had no dairy cow mortality in 2005 or 2006 (Table 1). The units with 1 to 3 deaths/yr represent half of the units. The correlation between the number of cow-years and the number of deaths (0 excluded) was 0.44 for both 2005 and 2006. The overall MO-RA and restricted MO-RA were not different ( $P > 0.05$ ) between 2005 and 2006.

When the units with animals in both 2005 and 2006 were considered (6,034 and 1,543 units excluded for 2005 and 2006, respectively), 44,936 (47.1%) units had at least one dead cow in 2005 and 2006, and 16,316 (17.1%) units had no cow mortality in either 2005 or 2006. Moreover, 16,686 (17.5%) and 17,473 (18.3%) units had cow mortality only in 2005 or 2006, respectively. The correlation of MO-RA between 2005 and 2006 was 0.25; it was 0.38 if calculated on the 44,936 units with mortality in both 2005 and 2006. The number of deaths per month was between 9,609 and 14,285 cows (Figure 2) and its correlation with the number of calvings per month was 0.34. Over one-third of the deaths occurred in the first month after calving and more than half of the deaths within 100 d after calving (Table 1).

**Table 2.** Descriptive statistics of continuous variables in 2005 and 2006

Item	Year	Minimum	Maximum	Mean	SE	Median
Cow-years, n	2005	5.1	404.2	37.7	20.3	34.4
	2006	5.1	421.1	38.7	20.7	35.2
First-calving cow proportion, %	2005	0.0	100	28.6	12.7	30.0
	2006	0.0	100	28.0	12.9	29.4
Culling rate, %	2005	0.0	100	21.3	13.6	20
	2006	0.0	100	21.6	14.4	20
Average calving interval, d	2005	244	1,565	416	43	408
	2006	237	1,799	417	43	409
Cattle density, livestock units/km <sup>2</sup>		0.01	3.18	0.55	0.35	0.51
Inhabitant density, n/km <sup>2</sup>		0.01	31.21	0.64	1.05	0.38
Agricultural land always in grass/overall agricultural land, %		0.01	1	0.55	0.25	0.53

In 2005, 31.0 and 24.0% of the 3,614,501 calvings occurred in first and second lactations, respectively. Respective proportions for 2006 were 30.5 and 24.1% of the 3,493,500 calvings. Around 27 and 18% of the cows died in their first and second lactations, respectively. Compared with parities  $\geq 3$ , the relative risk of death was around 0.75 (0.74–0.76) and 0.63 (0.62–0.64) for first and second parity, respectively ( $P < 0.05$ ; Table 1). The descriptive statistics for quantitative and categorical variables are reported in Table 2 and Table 3, respectively. In Table 3, the overall number of units per category and the number of units with mortality per category represent the distribution of units among categories within the probit and Heckman models, respectively.

The distribution of units and cows was heterogeneous among DPA. Thirty and 15% of the dairy units or cows were in DPA 1 and 2, respectively; DPA 4, 5, and 11 accounted for less than 5% of French dairy units or cows each, and all other DPA for 5 to 10% each (Table 3). No differences ( $P > 0.05$ ) were observed on NUMB, PR-PR, CU-RA, and ACI values between 2005 and 2006.

When the threshold used to define a unit ( $>5$  cow-years) was increased to 10 or 15 cow-years, the proportions of herds, cows, and deaths excluded were 4, 1, and 1% for the 10 cow-years threshold and 10, 3, and 3% for the 15 cow-years threshold, respectively. Proportions of units with or without mortality and of units with 1, 2, or 3 deaths were not affected by the thresholds used (5, 10, or 15 cow-years). Mortality rate and restricted MO-RA were 3.7 and 5.8% for the 10 cow-years threshold and 3.6 and 5.4% for the 15 cow-years threshold, respectively.

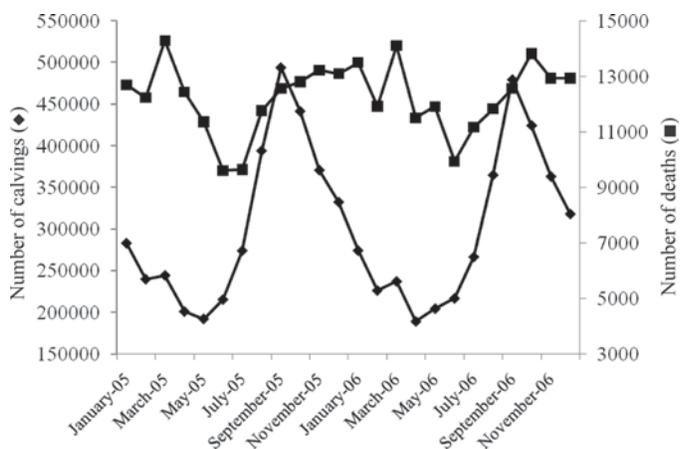
### Regression Analysis

The same effects ( $P < 0.05$ ) and very close estimate values were reported for 2005 and 2006 in the model 1 (probit; Table 4). The variables NUMB, PR-PR, ACI, PU-COW, and MCP-Mb were positively associated ( $P$

$< 0.05$ ) with PR-MO (model 1), whereas the association was negative ( $P < 0.05$ ) for CU-RA, BRD (no Holstein), ACP, and GBP-Mb. Being in a DPA other than DPA 1 (Grand-Ouest) increased MO-PR for all DPA ( $P < 0.05$ ), except for DPA 11 (decreased MO-PR;  $P < 0.001$ ). The effects for DPA 10 (2005) and DPA 5 (2006) were not significant.

For model 2 (Heckman), all the explanatory variables were associated ( $P < 0.05$ ) with MO-RA in 2005 and 2006, except TYPO (DF compared with D) and CA-DE ( $P > 0.05$ ; Table 4). The signs (positive or negative) of all effects are the same between models 1 and 2. Moreover, TYPO (DB compared with D) and IN-DE were positively associated ( $P < 0.001$ ) with MO-RA (model 2). The inverse Mill's ratio had an effect ( $P < 0.001$ ) in 2005 and 2006.

The same effects ( $P < 0.05$ ) with very close estimate values were observed in models 1' and 2' compared with models 1 and 2 (data not shown), except for CA-DE (model 2',  $P < 0.05$ ). The mortality changes for an increase of 10 LU of CA-DE were  $-12.1$  and  $-10.2\%$  for 2005 and 2006, respectively ( $P < 0.05$ ). The variable

**Figure 2.** Number of calvings and deaths by month of study.

**Table 3.** Descriptive statistics of categorical variables in 2005 and 2006

Complete name and abbreviation	Category	Overall number of units per category <sup>1</sup>		Number of units with mortality per category <sup>2</sup>	
		2005	2006	2005	2006
Predominant breed (BRD)	Holstein	57,496	55,041	40,948	40,013
	Montbéliarde	16,034	15,408	8,297	8,258
	Normande	9,024	8,470	4,442	4,347
	No predominant	16,170	15,402	9,534	9,224
	Other breeds	2,721	2,633	1,109	1,118
Farm typology (TYPO)	Dairy	48,220	45,507	26,252	28,280
	Dairy and beef	17,625	17,313	10,988	11,106
	Dairy and fattening	35,624	34,144	24,093	23,574
Purchased cow proportion (PU-COW)	No purchase	75,585	71,571	46,746	45,241
	Low purchase	23,386	21,157	15,937	14,862
	High purchase	2,474	4,226	1,647	2,857
Milk Control Program member (MCP-Mb)	No	38,941	36,196	20,642	19,843
	Yes	62,504	60,758	43,688	43,117
Good Breeding Practices member (GBP-Mb)	No	39,090	35,353	22,043	20,474
	Yes	62,355	61,601	42,287	42,486
Autumn calving peak (ACP)	No	79,116	76,090	50,394	49,672
	Yes	22,329	20,864	13,936	13,288
Dairy production area (DPA)	1 (Grand-Ouest)	31,662	30,263	20,424	19,994
	2 (Normandie)	14,400	13,701	9,377	9,240
	3 (Nord)	9,348	8,899	6,319	6,158
	4 (Est)	8,130	7,828	5,927	5,913
	5 (Centre)	1,697	1,597	1,179	1,099
	6 (Poitou)	2,905	2,755	2,072	1,980
	7 (Massif Central)	8,628	8,320	5,090	4,839
	8 (Rhône-Alpes)	7,617	7,204	4,190	3,982
	9 (Sud-Ouest)	9,442	9,010	5,859	5,721
	10 (Franche-Comté)	5,226	5,077	2,786	2,913
	11 (Savoie)	2,390	2,316	1,007	1,121

<sup>1</sup>Distribution of units among categories within the probit model.

<sup>2</sup>Distribution of units among categories within the Heckman model.

ALWG/OAL was not associated with PR-MO (model 1';  $P > 0.05$ ), but it was associated with MO-RA (model 2',  $P < 0.001$ ) for 2005 and 2006. The mortality changes for a 10% increase in ALWG/OAL were +9.1 and +12.3% for 2005 and 2006, respectively.

Most of the significant interactions were considered biologically irrelevant because their effects on MO-RA were very small. The interactions involving NUMB and BRD were the most important interactions. Their inclusion in the Heckman model induced small variations of mortality changes for NUMB and BRD and no modifications of the  $P$ -values. After the inclusion of these interactions, the multiple  $R^2$  values were 0.26 and 0.25 (model 2) and 0.25 and 0.24 (model 2') for 2005 and 2006, respectively.

## DISCUSSION

### Data Sets

Milk Control Program and Survey Systems are reported to represent 80 to 90% of the dairy cows and herds (Thomsen et al., 2006; McConnel et al., 2008). In this study, MCP represented approximately 60% of

the herds and cows and 85% of the milk produced. The present study was based on BDNI and included all animals and farms with at least 6 dairy cows. Few studies on dairy cow mortality have used exhaustive data sets (Thomsen et al., 2004). Membership in MCP was associated with an increased MO-RA in all models of the present study, suggesting an overestimation of MO-RA in studies based on MCP data sets. Moreover, several data sets were restricted to the Holstein breed (Milian-Suazo et al., 1988; Esslemont and Kossaibati, 1997), which could induce a bias of the MO-RA evaluation, as suggested by the association of BRD and MO-RA in the present study.

### MO-RA Calculation

The mortality rate was calculated as the number of deaths per cow-years, as suggested by previous studies (Gardner et al., 1990; Faye and Perochon, 1995; Esslemont and Kossaibati, 1997; Miller et al., 2008). Other studies used mortality risk (mortality per cow lactation; Thomsen et al., 2004), sometimes restricted to the first 100 d of lactation (Thomsen et al., 2006). Lactational mortality risk as a measure of mortality

**Table 4.** Mortality change with the probit and Heckman models for dairy production areas<sup>1</sup>

Item	Category	Mortality change (%)			
		2005		2006	
		Model 1 (Probit)	Model 2 (Heckman)	Model 1 (Probit)	Model 2 (Heckman)
Intercept		-149***	-49.8***	-149***	-49.8***
Number of cow-years <sup>2</sup> (NUMB)		25.0***	2.0***	25.0***	2.0***
Predominant breed (BRD)	Holstein	Reference	Reference	Reference	Reference
	Montbéliarde	-37.5***	-12.5***	-36.3***	-13.5***
	Normande	-44.9***	-15.7***	-46.6***	-16.3***
	No predominant	-19.9***	-6.2***	-22.4***	-7.3***
	Other breeds	-58.4***	-20.4***	-56.9***	-19.3***
Farm typology (TYPO)	Dairy	Removed <sup>3</sup>	Reference	Removed	Reference
	Dairy and beef		8.0***		8.0***
	Dairy and fattening		-15.0		0.1
Purchased cow proportion (PU-COW)	No purchase	Reference	Reference	Reference	Reference
	Low purchase	22.6***	8.2***	21.8***	7.5***
	High purchase	44.7***	17.6***	33.8***	13.0***
First-calving cow proportion <sup>4</sup> (PR-PR), %		3.0***	1.0***	3.0***	1.0***
Culling rate <sup>4</sup> (CU-RA), %		-6.0***	-2.0***	-5.0***	-2.0***
Average calving interval <sup>5</sup> (ACI), d		2.0***	1.0***	2.0***	1.0***
Autumn calving peak (ACP)	No	Reference	Reference	Reference	Reference
	Yes	-6.9***	-2.7***	-7.9***	-3.1***
Milk Control Program member (MCP-Mb)	No	Reference	Reference	Reference	Reference
	Yes	10.6***	2.5***	8.3***	1.4***
Good Breeding Practices member (GBP-Mb)	No	Reference	Reference	Reference	Reference
	Yes	-7.1***	-3.6***	-6.1***	-3.7***
Cattle density <sup>6</sup> (CA-DE), LU/km <sup>2</sup>		Removed	3.1	Removed	-3.0
Inhabitant density <sup>7</sup> (IN-DE), n/km <sup>2</sup>		Removed	2.1***	Removed	3.2***
Dairy production area (DPA)	1 (Grand-Ouest)	Reference	Reference	Reference	Reference
	2 (Normandie)	13.7***	6.8***	16.2***	6.4***
	3 (Nord)	10.1***	4.7***	8.5***	4.4***
	4 (Est)	22.9***	9.9***	27.9***	10.3***
	5 (Centre)	8.6*	5.1***	0.8	2.7***
	6 (Poitou)	12.0***	5.3***	9.9***	4.9***
	7 (Massif Central)	19.7***	8.6***	13.5***	6.2***
	8 (Rhône-Alpes)	16.3***	7.7***	11.8***	6.0***
	9 (Sud-Ouest)	10.7***	5.4***	12.3***	5.7***
	10 (Franche-Comté)	2.5	0.9*	10.6***	3.9***
	11 (Savoie)	-13.5***	-4.1***	-9.7**	-2.6***
Inverse Mill's ratio			38.4***		37.8***
Adjusted R <sup>2</sup>			0.249		0.234

<sup>1</sup>The results are expressed in mortality change (%). For instance, an increase in herd size of 10 cows was associated with a +25% change in the probability of mortality and a mortality rate change of +2.0% in 2005. Further, using Montbéliarde rather than Holstein as the predominant breed in the herd was associated with a -37.5% change in the probability of mortality, and a mortality rate change of -12.5%, in 2005.

<sup>2</sup>For an increase in herd size of 10 cows.

<sup>3</sup>The effect was removed from the model (see Materials and Methods).

<sup>4</sup>For an increase of 10%.

<sup>5</sup>For an increase of 10 d.

<sup>6</sup>For an increase of 10 livestock units (LU).

<sup>7</sup>For an increase of 10 inhabitants.

\* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ ; \*\*\* $P < 0.001$ .

was recommended because it prevents bias related to the calving distribution in the data set (Thomsen and Houe, 2006). However, calculating the mortality risk on the first 100 d of lactation would have excluded half of the dairy cow deaths in the current study. In the present study, approximately 35 and 55% of the deaths were registered during the first 30 and 100 d of lactation, respectively. This observation agrees with other studies that found a high proportion of deaths

during the first 15 to 30 d of lactation (Milian-Suazo et al., 1988; Faye and Perochon, 1995; Menzies et al., 1995; Thomsen et al., 2004; Miller et al., 2008). The correlation between the monthly number of deaths and calvings remained low ( $r = 0.34$ ).

### MO-RA Values

The average MO-RA among French dairy cows (3.7 and 3.8% in 2005 and 2006, respectively) was higher

than those reported in studies published in the 1990s but lower than or in agreement with recent studies. The annual mortality rates were 2% among 43 Californian dairy herds (Gardner et al., 1990), 1.6% for 1,069 dairy herds in Northern Ireland (Menziez et al., 1995), 0.96% among 47 herds in Brittany, France (Faye and Perochon, 1995), 1.6% in 50 English Holstein-Friesian herds (Esslemont and Kossaibati, 1997), and 1% among 249 herds in Ireland (Leonard et al., 2001). The mortality per cow-lactation was 1.2% among 34 herds in New York State (Milian-Suazo et al., 1988), and the risk of mortality during the first 100 d of lactation was 2.5% (Thomsen et al., 2006). Recent studies tend to report higher mortality rates. The annualized mortality rate among 3 million lactations was 6.6% for the 2001 to 2006 period (Pinedo et al., 2010), and it was 5.7% among US cows in 2007 (USDA, 2007).

Mortality rate has tended to increase for the last several years. The mortality risk among Danish dairy cows was approximately 2% in 1990, 3.5% in 1999, and 5% in 2005 (Thomsen et al., 2004; Thomsen and Sorensen, 2009). For US dairy cows, it was 3.8% in 1996, 4.8% in 2002, and 5.7% in 2007 (USDA, 2007). The increased mortality in Danish herds was caused in part by an increased number of killed cows, with a lower threshold for euthanasia in 2006 compared with the previous 5 to 10 yr (Thomsen and Sorensen, 2008). In France, a clinical veterinary inspection has been performed at slaughterhouses on all animals since 2000, and a financial subsidy for euthanasia costs was given by the government from 2000 to 2004. Some of the cows that are currently euthanized on the farm would probably have been sent to slaughter before the bovine spongiform encephalopathy crisis.

In this study, a dead or slaughtered cow was registered by the farmer but no control was made with the slaughterhouse or incineration databases at the animal level. A misestimation of the mortality rate due to errors in exit reason was not likely to occur. No difference was shown between BDNI and incineration data sets when compared at the national level (Monniot et al., 2007).

### **MO-RA Variations**

The ranges of MO-RA were very important among herds, with minimum values at 0% and maximal values close to 100% (Table 1). Units without cow mortality were not rare, suggesting the distinction between the units with or without mortality. Approximately 1 of 3 units had no cow mortality. This is in accordance with the few studies reporting a percentage of farms without mortality: 31% among 47 herds in Brittany (Faye and Perochon, 1995), 18.2% for 1,069 dairy herds in

Northern Ireland (Menziez et al., 1995), and 26.9% for 6,839 Danish dairy herds (Thomsen et al., 2006). The maximum mortality rate among herds was very high in the present study. However, few herds had similarly high rates as suggested by the 90th percentile, which is around MO-RA equal to 10% for both years.

### **Heckman Correction and IMR**

The Heckman method corrects for selection bias. This study aimed to estimate factors associated with cow mortality. However, the descriptive statistics showed a large number of units without mortality and important variations of MO-RA among the units with mortality. A logistic regression based on mortality or no mortality would not have taken into account the difference between the units with low or high mortality rates. Regressing MO-RA for only units with mortality did not allow observation of the equation for the population as a whole (units without mortality were excluded). The IMR is the ratio of the probability density function over the cumulative distribution function of a distribution; it took into account the fact that a herd was with or without mortality.

In this study, the effects of the IMR were highly significant for all models with very low *P*-values and high estimate values. This suggests that MO-RA value and being in the category "with mortality" were not independent. Some nonobserved effects related to the classification of a unit in the category "with mortality" had a positive effect on the MO-RA value of this unit. Moreover, the use of the Heckman model increased the  $R^2$  compared with a previous linear model (data not shown). This suggests the usefulness of this model and the pertinence of the explanatory variables used in the present study.

### **Effect of Herd Size on MO-RA**

An increase in the herd size of 10 cows was associated with a PR-MO change of 25% and with a MO-RA change of 2%, in both 2005 and 2006. Mortality has been reported to increase with herd size in several studies (Smith et al., 2000; Thomsen et al., 2006; McConnel et al., 2008; Pinedo et al., 2010), even if the relation was not found in others (Batra et al., 1971). Increased mechanization, less personal attention, and greater levels of physiologic stress could explain the higher mortality rates in large compared with small herds. Furthermore, average milk production and concentrate consumption could also be involved (Nørgaard et al., 1999). The variations among studies could come from the average herd size; it was dramatically higher in US studies (small herds were defined as <100 cows) com-

pared with this study (Smith et al., 2000; McConnel et al., 2008) and intermediate in a Danish study (median = 67 and interquartile range = 48 cows; Thomsen et al., 2006).

### ***Effect of Breed on MO-RA***

The effects of breed on both PR-MO and MO-RA were high, with a change up to 20% of the MO-RA. This is in accordance with higher MO-RA for Holstein compared with Jersey, Red dairy, or other breeds (Thomsen et al., 2006). In the present study, the effect of BRD on MO-RA could partially originate from the milk yield differences among breeds. Regression of mortality on lactation milk yield was established to equal +0.37 to 0.47%/1,000 kg, depending on the breed (Miller et al., 2008). The 2005 French average milk production was 8,500, 6,500, 5,900, 6,700, 6,600, 5,300, 5,100, and 4,100 kg of milk for Holstein, Montbéliarde, Normande, Pie Rouge des plaines, Brune, Simmental, Abondance, and Tarentaise, respectively. The within-herd differences among breeds were small in a US study when milk yields were included in the model (Miller et al., 2008).

### ***Effect of Having a Beef Cow Unit on Dairy Cow MO-RA***

Having a beef cow unit increased dairy cow mortality. To our knowledge, this effect has not been reported previously. Three main explanatory hypotheses can be formulated. First, the management of 2 units could lead to less attention for the dairy cows compared with farms with only 1 unit. Second, biosecurity measures are probably less efficient and more difficult to achieve when several units are present within the same farm. This is particularly true when the 2 herds are not strictly separated as is often the case in France. Third, the farmers without another cattle unit could have better management acumen for dairy production than the other farmers. Further investigations focusing on farms with several units or including analysis per DPA are needed to confirm these hypotheses.

### ***Effect of Purchasing Cows on MO-RA***

Purchasing cows induced a +5 to +15% change in MO-RA and a +20 to +40% change in PR-MO, compared with the units without purchase. The effect was higher when the proportion of purchased cows was high compared with moderate. This is in agreement with previous results on Danish herds (Thomsen et al., 2006). Perhaps the purchased cows failed to adapt successfully to their new environment or they were exposed

to new infectious agents. Alternatively, the increased mortality could come from the nonpurchased cows, if they were exposed to new infectious agents from the purchased cows. It is difficult for farmers to respect the quarantine delay if cows are producing milk at entrance. This study did not investigate the effects of purchasing calves, heifers, or animals for other units of the farms, which could indirectly lead to an increased risk for infectious diseases.

### ***Effect of Primiparous Percentage on MO-RA***

At the animal level, primiparous cows were less likely to die compared with the other cows, but at the herd level, a 10% increase of PR-PR was associated with a +1 to +3% change in MO-RA or PR-MO. This animal-level effect is in agreement with previous studies. The mortality risk was higher for parity  $\geq 3$  compared with cows in the first and second parity in Danish herds, and death frequency increased linearly with parity for US cows (Thomsen et al., 2004; Miller et al., 2008; Pinedo et al., 2010). The increase of MO-RA with PR-PR at the herd level could come from an indirect effect of having many primiparous cows, such as modifications of herd management (nutrition, care of the animals) or decreased attention for multiparous cows. Reluctance to treat and a lower threshold for euthanasia of multiparous cows may occur when many primiparous cows are available for replacement.

### ***Effect of Culling Rate on MO-RA***

The CU-RA effect is in agreement with a US study based on 953 dairy units. An early lactation culling rate between 2 and 20% was associated with a decreased MO-RA compared with a culling rate under 2% (McConnel et al., 2008). Culling rate and mortality were negatively associated in a study of 2,054 US herds (Pinedo et al., 2010). In the present study, CU-RA did not include dead cows in the numerator in spite of the advice of previous studies (Fetrow et al., 2006), because the number of deaths was included in the outcome variable. The correlations between CU-RA and PR-PR were low ( $r = 0.11$  and  $0.08$  for 2005 and 2006, respectively), leading to the inclusion of these 2 explanatory variables in the models. This low correlation also suggests variations in dairy herd size between 2005 and 2006.

### ***Effect of ACI and ACP on MO-RA***

The positive association between ACI and MO-RA was previously reported (McConnel et al., 2008). An autumn calving peak is motivated by the higher price

of the milk and the lower feeding costs (with grass availability) in autumn. The association between mortality, ACI, and ACP could be explained by certain general management factors. A high level of management is needed to achieve a low ACI and to gather calvings over a few months. A beneficial effect of this level of management on MO-RA is likely to occur. The influence of the management style on milk production, disease, and culling has been described previously (Bigras-Poulin et al., 1985; Tarabla and Dodd, 1990; Beaudeau et al., 1996). Management style represents farmers' socio-psychological characteristics and attitudes toward a situation. It refers to the fact that 2 farmers are not likely to make the same decision regarding a cow with similar individual characteristics in a given herd (Bigras-Poulin et al., 1985; Tarabla and Dodd, 1990).

#### **Effect of Being an MCP or GBP Member on MO-RA**

The best farmers with high levels of management and good farm performances generally have a higher probability of joining MCP or GBP compared with other farmers (Bourgier, 1980). If this occurred, the estimates of MCP-Mb or GBP-Mb would be biased and would include confounding effects linked to MCP-Mb and GBP-Mb. This would induce differences between the residuals of the models for the members or the non-members units. Because no difference (mean and SE) was found (data not shown), the interpretation of the estimate values was allowed. Being an association member was previously considered a socio-demographic characteristic of the farmers (Beaudeau et al., 1996).

A lower MO-RA (or PR-MO) was expected for MCP-Mb because these farmers were expected to give more attention to the cows and to have better practices and a higher mean genetic value. However, MCP-Mb and MO-RA (or PR-MO) were positively associated. Certain confounding effects of milk yield could occur, because milk yield was suspected to be higher in farms with MCP compared with farms without MCP. The association between the herd-average milk yields and MO-RA is not clear, with a positive relationship (Dechow and Goodling, 2008; Miller et al., 2008), a negative relationship (Smith et al., 2000; Thomsen et al., 2006), or no relationship (Batra et al., 1971) having been described previously. Membership in GBP was associated with an average -5% change in MO-RA and PR-MO. This effect appears to be high when compared with the limited conditions relative to membership (Dockes et al., 2006). The effect of organic compared with conventional production on MO-RA was of the same order (Thomsen et al., 2006).

#### **Effect of IN-DE on MO-RA**

Inhabitant density had a positive effect on MO-RA. This could originate from the difficulties of farming in periurban lands (Jarrige, 2004; Vianey et al., 2006). High mortality risk could be the result of specific practices and particular farming strategies in relation to local population claims. This suggests that local inhabitant characteristics should be considered when evaluating farm performance.

#### **Effect of ALWG/OAL and CA-DE on MO-RA**

The variables ALWG/OAL and CA-DE were relative to all productions, including cattle, small ruminants, and cereal crop. The calculation of ALWG/OAL at the administrative level instead of at the farm level limited its accuracy. Yet, all the dairy farms within a municipality were likely to have values of the same order, and the municipal ALWG/OAL values ranged from 0 to 100%. Variables ALWG/OAL and CA-DE can be considered indicators of the intensification level of the local farming system. The association between CA-DE and ALWG/OAL with MO-RA suggests that some indicators of the farming systems should be considered within mortality analyses. Nevertheless, the associations reported must be taken with caution and attempts to define more accurate and pertinent indicators should be made.

#### **Effect of DPA on MO-RA**

The localization of the unit among DPA had an important effect on MO-RA and MO-PR changes. This is in agreement with the effect of the states in a US study (Smith et al., 2000) or with the U-shaped relationship between cow mortality and monthly average temperature (Stull et al., 2008). Dairy production area was an efficient way to trap effects that cannot be investigated with specific indicators. Important variations in weather and altitude between DPA were observed. Because the DPA overlap the French breeding systems and because the structural characteristics of the DPA differ strongly, an analysis of mortality at this geographical level should be useful.

#### **Risk Factors and Causes of Mortality**

Some explanatory variables used in previous studies were not included here because data were not available. For instance, housing systems have an important effect on mortality but were not explored within this study (Thomsen et al., 2006). Preventive health measures such as vaccination or the number of curative

treatments were not included either. The coefficient of determination of the model would probably be higher if these kinds of explanatory variables had been taken into account.

Pathologic causes of death were defined in recent studies (Faye and Perochon, 1995; Esslemont and Kossaihati, 1997; Thomsen et al., 2004; Watson et al., 2008; McConnell et al., 2009, 2010). Even if the cause of the death cannot be determined by the risk factors, some relationships were reported (McConnell et al., 2010). For instance, death during early lactation is related to the risk factor “negative energy balance,” and the risk factor “failure of disease recognition” is linked to death with infectious components. This suggests that some risk factors give insight into the cause of death.

### ***Mortality as Sporadic Phenomenon or Within-Herd Interdependent Phenomenon***

Only around 25% of the variability of the data was explained by the Heckman models. This low value, the low correlation between MO-RA of 2005 and 2006, and the high number of units with few deaths per year are in agreement with the sporadic characteristics of dairy cow mortality. In another study dealing with the cow mortality among US herds enrolled in DHI, the total coefficient of determination of the model was only 8.4%, with year, month, parity, lactation stage, and breed as explanatory variables (Miller et al., 2008).

Contrarily, deaths within a herd seemed to be interdependent as suggested by the significant effect of the IMR values in the Heckman models. This is consistent with the number of units having many deaths as well as the moderate correlation between the number of cow-years and the number of deaths. The positive value of the IMR estimate suggests that having at least one death (MO-RA >0) would be a risk factor to have a high MO-RA. In other words, having one death would be a risk factor to have other deaths, and having no death would be a “protective factor” relative to having one death. This is consistent with the fact that mortality depends on risk factors, which generally concern several animals over a long period.

### ***Risk Factors of MO-RA***

This study shows that having no mortality or very low mortality rates are close situations in the field. Most of the explanatory variables significant in both the probit and Heckman models were the same. The results confirm that having mortality compared with having no mortality and being at a high mortality level compared with a low level were caused by essentially the same factors. In spite of low  $R^2$  and low correlation of MO-

RA between 2005 and 2006, this study clearly shows that the same factors influenced dairy cow mortality in both years and that the weight of each effect was close for 2005 and 2006. Even if the units with mortality or without mortality were not the same in 2005 and 2006, and even if the units with low or high mortality differed between 2005 and 2006, the same herd-level factors were involved in the mortality variation. This strongly suggests that MO-RA is the result of several herd-level and contextual factors that can be considered as risk factors for mortality at the farm level.

## **CONCLUSIONS**

This study shows an average mortality rate for French dairy cows. Several herd-level risk factors have an effect on dairy cow mortality. Among them, the association between farms specializing in dairy production and lower MO-RA suggests better management skills in specialized farmers. The study also confirms the influence of the farmers’ management style on the mortality. The association between the contextual factors and mortality shows the usefulness of including territorial considerations in mortality studies. The farming system has its own effect on mortality, probably taking into account some nonobserved effects. The relationship between municipal farming intensification and decreased mortality must be considered with extreme caution. Improving the understanding of mortality requires the calculation of accurate and discerning herd-level and contextual indicators. Moreover, a national survey of the annual mortality of dairy cows with data sets including all dairy herds would be useful.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

The authors thank Pascal Deriu (Information Systems, French Ministry of Agriculture, Paris, France) for the data disposal; Roland Chartier, Philippe Lemenager, Mathieu Lenivet, Benoit Garcia, Cedric Gendre, and Marc Roze (INRA, Toulouse, France) for data management support; Elise Maigne, Pierre Cantelaube (INRA, Toulouse, France), and Didier Concordet (Statistics Unit, Toulouse University, France) for statistical support; and Steven Hunt and Glen Almond (Population Health and Pathobiology, North Carolina State University, Raleigh) for English reviewing.

## **REFERENCES**

- Batra, T. E., E. B. Burneside, and M. G. Freeman. 1971. Canadian dairy cow disposals: II. Effects of herd size and production level on dairy cow disposal patterns. *Can. J. Anim. Sci.* 21:85–87.
- Beaudeau, F., J. D. van der Ploeg, B. Boileau, H. Seegers, and J. P. T. M. Noordhuizen. 1996. Relationships between culling criteria

- in dairy herds and farmers' management styles. *Prev. Vet. Med.* 25:327–342.
- Bigras-Poulin, M., A. H. Meek, S. W. Martin, and I. McMillan. 1985. Attitudes, management practices, and herd performance—A study of Ontario dairy farm managers. II. Associations. *Prev. Vet. Med.* 3:241–250.
- Bourgier, J. P. 1980. Hommes et techniques d'élevage: La diffusion de la sélection laitière dans le département de la Loire. *Rev. Geogr. Lyon* 55:373–398.
- Dechow, C. D., and R. C. Goodling. 2008. Mortality, culling by sixty days in milk, and production profiles in high- and low-survival Pennsylvania herds. *J. Dairy Sci.* 91:4630–4639.
- Dockes, A., B. Frappat, and C. Godefroy. 2006. [The Charter of Good Practices in Cattle Farming, a way to develop traceability on farms. Elements for an evaluation]. Pages 184–186 in *Renc. Rech. Ruminants. I. I. d. l'Élevage, Paris, France.*
- Esslemont, R. J., and M. A. Kossaibati. 1997. Culling in 50 dairy herds in England. *Vet. Rec.* 140:36–39.
- Eurostat. 2005. Database. Agriculture: Livestock. Accessed Jun. 20, 2010. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/agriculture/data/databse>.
- Faye, B. 1992. Interrelationships between health-status and farm-management system in French dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 12:133–152.
- Faye, B., and L. Perochon. 1995. [Mortality of dairy cows in an ecopathologic survey in Brittany.] *Vet. Res.* 26:124–131. (In French)
- Fetrow, J., K. V. Nordlund, and H. D. Norman. 2006. Invited review: Culling: Nomenclature, definitions, and recommendations. *J. Dairy Sci.* 89:1896–1905.
- Gardner, I. A., D. W. Hird, W. W. Utterback, C. Danaye-Elmi, B. R. Heron, K. H. Christiansen, and W. M. Sischo. 1990. Mortality, morbidity, case-fatality, and culling rates for California dairy cattle as evaluated by the national animal health monitoring system, 1986–87. *Prev. Vet. Med.* 8:157–170.
- Hare, E., H. D. Norman, and J. R. Wright. 2006. Survival rates and productive herd life of dairy cattle in the United States. *J. Dairy Sci.* 89:3713–3720.
- Heckman, J. 1979. Sample selection bias as a specification error. *Econometrica* 47:153–161.
- Henke, R., and R. Sardonne. 2003. The reorientation process of the CAP support: Modulation of direct payments. Pages 93–106 in *Role of Institutions in Rural Policies and Agricultural Markets.* G. van Huylenbroeck, W. Verbeke, and L. Lauwers, ed. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.
- Jarrige, F. 2004. Les mutations d'une agriculture méditerranéenne face à la croissance urbaine: Dynamique et enjeux atour de Montpellier. *Cah. Agric.* 13:64–74.
- Leonard, N., J. Egan, J. Griffin, A. Hanslon, and D. Poole. 2001. A survey of some factors relevant to animal welfare on 249 dairy farms in the Republic of Ireland. Part 2: Data on incidence of disease, culling and biosecurity measures. *Ir. Vet. J.* 59:454–456.
- McConnel, C. S., F. B. Garry, A. E. Hill, J. E. Lombard, and D. H. Gould. 2010. Conceptual modeling of postmortem evaluation findings to describe dairy cow deaths. *J. Dairy Sci.* 93:373–386.
- McConnel, C. S., F. B. Garry, J. E. Lombard, J. A. Kidd, A. E. Hill, and D. H. Gould. 2009. A necropsy-based descriptive study of dairy cow deaths on a Colorado dairy. *J. Dairy Sci.* 92:1954–1962.
- McConnel, C. S., J. E. Lombard, B. A. Wagner, and F. B. Garry. 2008. Evaluation of factors associated with increased dairy cow mortality on United States dairy operations. *J. Dairy Sci.* 91:1423–1432.
- Menzies, F. D., D. G. Bryson, T. McCallion, and D. I. Matthews. 1995. A study of mortality among suckler and dairy cows in Northern Ireland in 1992. *Vet. Rec.* 137:531–536.
- Milian-Suazo, F., H. N. Erb, and R. D. Smith. 1988. Descriptive epidemiology of culling in dairy cows from 34 herds in New York State. *Prev. Vet. Med.* 6:243–251.
- Miller, R. H., M. T. Kuhn, H. D. Norman, and J. R. Wright. 2008. Death losses for lactating cows in herds enrolled in dairy herd improvement test plans. *J. Dairy Sci.* 91:3710–3715.
- Monniot, C., J. Devun, M. Pascal, B. Piednoir, and C. Perrot. 2007. [For a better quantitative and qualitative assessment of French beef production: The contribution of the BDN]. *Renc. Rech. Ruminants. I. I. d. l'Élevage, Paris, France.* (In French)
- Nørgaard, N. H., K. M. Lind, and J. F. Agger. 1999. Cointegration analysis used in a study of dairy-cow mortality. *Prev. Vet. Med.* 42:99–119.
- Pinedo, P. J., A. De Vries, and D. W. Webb. 2010. Dynamics of culling risk with disposal codes reported by Dairy Herd Improvement dairy herds. *J. Dairy Sci.* 93:2250–2261.
- Ploeg, J. D., and H. Renting. 2002. Environmental co-operatives reconnect farming, ecology and society. Pages 222–227 in *Ancient Roots, New Shoots. Endogenous Development in Practice.* B. Haverkort, K. van't Hooft, and W. Hiemstra, ed. ETC/Compas, Leusden, the Netherlands.
- Renting, H., W. A. H. Rossing, J. C. J. Groot, J. D. v. d. Ploeg, C. Laurent, D. Perraud, D. J. Stobbelaar, and M. K. v. Ittersum. 2009. Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. *J. Environ. Manage.* 90(Suppl. 2):S112–S123.
- Rouquette, J. L., and A. Pflimlin. 1995. Major livestock production regions: A zoning proposal for France. In *Symposium International sur la Nutrition des herbivores (SINH).* INRA, Clermont-Ferrand, France.
- Sarzaud, P., F. Bécherel, and C. Perrot. 2008. A classification of European beef farming systems. Pages 23–31 in *EU Beef Farming Systems and CAP Regulations.* Vol. 9. P. Sarzaud, A. Dimitriadou, and M. Zjalic, ed. EAAP Technical Series, Paris, France.
- Smith, J. W., L. O. Ely, and A. M. Chapa. 2000. Effect of region, herd size, and milk production on reasons cows leave the herd. *J. Dairy Sci.* 83:2980–2987.
- Sørensen, J. T., S. Edwards, J. Noordhuizen, and S. Gunnarsson. 2006. Animal production systems in the industrialised world. *Rev. Sci. Tech.* 25:493–503.
- Stull, C. L., L. L. Messam, C. A. Collar, N. G. Peterson, A. R. Castillo, B. A. Reed, K. L. Andersen, and W. R. VerBoort. 2008. Precipitation and temperature effects on mortality and lactation parameters of dairy cattle in California. *J. Dairy Sci.* 91:4579–4591.
- Tarabla, H. D., and K. Dodd. 1990. Associations between farmers personal characteristics, management practices and farm performance. *Br. Vet. J.* 146:157–164.
- Thomsen, P. T., and H. Houe. 2006. Dairy cow mortality: A review. *Vet. Q.* 28:122–129.
- Thomsen, P. T., A. M. Kjeldsen, J. T. Sorensen, and H. Houe. 2004. Mortality (including euthanasia) among Danish dairy cows (1990–2001). *Prev. Vet. Med.* 62:19–33.
- Thomsen, P. T., A. M. Kjeldsen, J. T. Sorensen, H. Houe, and A. K. Ersboll. 2006. Herd-level risk factors for the mortality of cows in Danish dairy herds. *Vet. Rec.* 158:622–626.
- Thomsen, P. T., and J. T. Sorensen. 2008. Euthanasia of Danish dairy cows evaluated in two questionnaire surveys. *Acta Vet. Scand.* 50:33.
- Thomsen, P. T., and J. T. Sorensen. 2009. Factors affecting the risk of euthanasia for cows in Danish dairy herds. *Vet. Rec.* 165:43–45.
- Toomet, O., and A. Henningsen. 2008. Sample selection models in R: Package sampleSelection. *J. Stat. Softw.* 27:1–23.
- USDA. 2007. Dairy 2007, Part 2: Changes in the U.S. Dairy Cattle Industry, 1991–2007. USDA-APHIS-VS, CEAH. Fort Collins, CO.
- Vianey, G., S. Bacconnier-Baylet, and I. Diuvernoy. 2006. (Land management in periurban municipalities: Maintaining agriculture to preserve which rurality?) *Rev. Econ. Regionale Urbaine* 3:355–372.
- Watson, E. N., G. P. David, and A. J. Cook. 2008. Review of diagnostic laboratory submissions of adult cattle 'found dead' in England and Wales in 2004. *Vet. Rec.* 163:531–535.

## **II– FACTEURS INFLUENCANT LA QUALITE CYTOLOGIQUE DU LAIT**

### **Interpretative summary**

Factors influencing average herd somatic cell count in France

RABOISSON

Mastitis remains a costly dairy production disease. Elevated somatic cell count (SCC) is associated with increased risk of antibiotic residues violation, lesser cow and herd milk yields and reduced milk price for producers. This study used linear, static panel and dynamic panel data models to explain composite weighted mean cow SCC (**CMSCC**). It showed the impact of subacute ruminal acidosis and negative energy balance on CMSCC, the importance of farmer's motivation for udder health issues and the effects of some contextual factors on somatic cells. The dynamic approach appeared as a promising tool for both research and farm surveys.

### **AVERAGE HERD SOMATIC CELL COUNT IN FRANCE**

#### **Factors influencing average herd somatic cell count in France in 2005 and 2006**

D. Raboisson\*<sup>‡</sup>, E. Cahuzac<sup>‡</sup>, P. Sans\*, G. Allaire <sup>‡</sup>

\* Université de Toulouse, Ecole Nationale Vétérinaire, 23 chemin des Capelles, F- 31076 Toulouse Cedex 3

<sup>‡</sup> Observatoire des programmes communautaires de développement rural, INRA Toulouse, chemin de Borde-

Rouge, F- 31326 Auzeville

## ABSTRACT

Mastitis is a multifactorial disease that remains the most costly dairy production illness. To describe factors affecting composite weight mean cow SCC (**CMSCC**), 5 models were used with yearly or monthly CMSCC (**YE-CMSCC**; **MO-CMSCC**) as explanatory variables: 2 linear models (2005 and 2006), a monthly static panel data model (24 months) and 2 dynamic panel data models (2005 and 2006). The average CMSCC was 266,000 cells/mL. The correlation between 2005 and 2006 CMSCC was 0.69. 50, 33 and 10% of the units had a CMSCC > 250, 300 and 400,000 cells/mL in 2005 or 2006, respectively. In the linear and the static panel data models, the number of cows, having a beef or fattening unit in addition to the dairy unit, the number of days in milk, the age at first calving, the proportion of purchased cows, the proportion of cows at risk for subacute ruminal acidosis (**SARA**) and negative energy balance (**NEB**), the average calving interval and having at least one dead cow were positively associated with CMSCC, whereas the association was negative for a predominant breed other than Holstein, the milk production, the dry-period length, the proportion of first calving cows, having an autumnal calving peak, being a good breeding practices member, the municipal cattle density and the municipal agricultural grass land on overall land ratio. CMSCC was negatively associated with the previous year (but not the current) culling rate. Compared to dairy production area Grand-Ouest, the 5 dairy production areas with high Protected Denomination of Origin density were negatively associated with CMSCC whereas the association was positive for the others. In the dynamic panel data models, MO-CMSCC was positively associated with the previous and penultimate MO-CMSCC, the penultimate cow proportion at risk for SARA, the previous milk production and the current number of cows, the day in milk and the cows proportion at risk for NEB. A negative association was described for the 3<sup>rd</sup> previous month MO-CMSCC, the current milk production and the current proportion of first calving cows. This study showed the impact of

SARA and NEB on CMSCC and the high importance of farmer's motivations for udder health issues, among them the specialization of farmers into dairy production. The contextual factors including farming system, local milk payment conditions and cattle intensification had an important effect on CMSCC. The dynamic approach appeared as a promising tool for both research and farm surveys.

**Key words:** SCC, herd-level factor, contextual factor, panel data model.

## INTRODUCTION

Mastitis is a common multifactorial disease and remains the most costly production issue in dairy cows (Seegers et al., 2003). Bulk milk SCC (BMSCC) is a function of the prevalence of IMI within a dairy herd and is a key indicator of the udder health and the milk quality. The association between BMSCC and the clinical mastitis rate is weak, whereas high correlation ( $r = 0.75$ ) between BMSCC and the percentage of individual cow milk samples  $> 200,000$  cells/mL is reported. Moreover, composite weighted mean cow SCC (CMSCC) is highly correlated with both BMSCC ( $r = 0.77$ ) and with the percentage of individual cow milk samples  $> 200,000$  cells/mL ( $r = 0.72$ ) (Valde et al., 2005). BMSCC  $> 200,000$  is also positively associated with the proportion of cows and heifers with 2 consecutive milk samples  $> 200,000$  cells/mL or with an increase of cow's SCC above 200,000 cells/mL (Madouasse et al., 2010b).

Herds with greater SCC exhibit an increased risk of antibiotic residues violation (Ruegg and Tabone, 2000) because of their increased antibiotic usage and their higher prevalence of subclinical mastitis. Moreover, elevated SCC is associated with lesser cow and herd milk yields (Hortet and Seegers, 1998; Koldewejj et al., 1999; Ott and Novak, 2001; Hagnestam-Nielsen et al., 2009), resulting in potential losses in farmer's income. The financial impact of SCC also comes from the use of BMSCC as one of the measurement factors for milk payment to producers. A negative relationship between SCC and casein composition, shelf life of processed fluid milk, cheese yield and quality is described (Ali et al., 1980; Ma et al., 2000). The legal maximum BMSCC is 400,000 cells/mL in the European Union (Directive 92/46/EEC). In France, the monthly geometric BMSCC mean is used to calculate penalties ( $> 250,000$  cells/mL) or to pay premiums ( $< 250,000$  cells/mL); their amounts depend on areas and processing operators.

The major factors influencing BMSCC or CMSCC are the prevalence of IMI within the herd. A lot of epidemiological studies reported several herd-level factors influencing BMSCC. Many studies focused on the effect of the milking procedures and general cleanliness on BMSCC, including quiet milking atmosphere, use of forestripper, teat washing and disinfection, pre and post dipping, characteristics of the milker, cows locked in locked-ups after milking, housing characteristics and cows cleanliness (Dohoo and Meek, 1982; Barnouin et al., 1986; Valde et al., 1997; Barnouin et al., 2004; Skrzypek et al., 2004; Chassagne et al., 2005; Rodrigues et al., 2005; Elmoslemany et al., 2010). Even if milking practices and general cleanliness are considered as key factors for BMSCC, other herd-level factors are known to impact SCC. First, effects related to the lactation, such as milk production or milk yields, day in milk and parity were reported to impact SCC at both the individual or herd levels (Dohoo and Meek, 1982; Harmon, 1994; Fenlon et al., 1995; McDougall, 2003; De Vliegher et al., 2004; Skrzypek et al., 2004; Berry et al., 2006; Wenz et al., 2007; Green et al., 2008; Madouasse et al., 2010b). Secondly, some structural farm characteristics and management practices have been associated to BMSCC: herd size, culling and replacement management, first calving cows proportion (Fenlon et al., 1995; De Vliegher et al., 2004; Rodrigues et al., 2005; Wenz et al., 2007; Elmoslemany et al., 2010). Thirdly, farmers' attitudes were reported to highly influence clinical mastitis (Jansen et al., 2009) and BMSCC (Barkema et al., 1999; Rougoor et al., 1999; Khaita et al., 2000). The effect of farmer's perception of BMSCC as a problem and the association of BMSCC with farmers working characteristics (precise or fast workers) were shown; some ways to improve communication with farmers were proposed (Valeeva et al., 2007; Jansen et al., 2010). Interestingly, few studies evaluated the direct effect of nutrition or metabolic diseases on BMSCC (Barkema et al., 1998; Johnson and Young, 2003; Nyman et al., 2008; Nyman et al., 2009).

French dairy cows are 3.9 million (17% of the European Union dairy cows, ranked second after Germany) and produce annually 23 million liters of milk (26 and 4% of the European Union and world annual production, respectively). Moreover, France has a large livestock diversity, with dairy cattle in the north, beef, sheep and goat in the center and the south and Protected Designation of Origin milk productions in mountains (a fifth of the agricultural land) (Rouquette and Pflimlin, 1995; Sarzeaud et al., 2008). The livestock farming systems as well as the various combinations of units (dairy, beef, fattening cattle, goats, sheep, poultry and pigs) within one farm (Renting et al., 2009) are consequently of high importance in France. Few studies dealing with SCC directly focus on the geographical areas or on the territorial characteristics of the dairy production (Allore et al., 1997; Norman et al., 2000).

The first hypothesis of this study is that high CMSCC depends on both herd-level and contextual risk factors, including structural, management practice and farmer's attitude factors. The second hypothesis is that dynamic SCC analysis allows describing effects that are difficult or impossible to detect with static models. Mastitis is a polyfactorial disease and its control requires several management and intervention practices. The modification of the management practices takes time to improve cow or mean herd SCC. Most of the studies compared risk factors and BMSCC at the same time. Very few studies have included the impact of previous management practices or herd characteristics on further BMSCC (Norman et al., 2000; McDougall, 2003).

First, this study aims at describing CMSCC in France and secondly it quantifies the weight of some risk factors of CMSCC, taking into account the farming systems and using static and dynamic approaches.

## MATERIALS AND METHODS

### *Datasets*

Data concerning all cattle and herds were processed with MySQL (MySQL, version 5.0, Redwood City, USA). All farms were identified with the same identification number and were geo-located.

***Milk control program.*** French Milk Control Program is close to the US ‘Dairy Herd Improvement Association’, dealing with recording milk production and advising farmers on udder health, nutrition and reproduction. The records from French herds in Milk Control Program during 2005 and 2006 were provided by France Livestock Genetics (<http://www.france-genetique-elevage.fr/>). 4,294 million cows with at least one control in 2005 or 2006 were included. Lactational records were the date of calving, the lactation number, the lactational milk production, the 305-days corrected milk production and the date of the drying-off. The drying-off duration was the number of days between the drying-off date and the next calving date. Test-days records were 24 h. milk production, fat percentage, protein percentage and SCC.

All test-days with less than 6 cows per test-day and per unit were removed. All test-day dates were transformed into month and numbered from #1(January 2005) to #24 (December 2006). The number of units controlled per month was between 50,000 and 60,000, except on July and August (approximately 38,000 and 25,000 units controlled, respectively), because of the summer holidays. Among the 64,234 units of the 2 year period (1,262,810 test-days), 31,196 (542,717 test-days), 5,316 (44,811 test-days) and 586 (14,064 test-days) units have at least 20, less than 15 and 24 test-days per unit, respectively.

***National Bovine Database Identification (BDNI).*** Detailed characteristics of BDNI and unit definition were previously described (Raboisson et al., 2011). Briefly, it contains routine records from farmers and merchants, including individual data on herds (size and

municipality location), animals (identification number, sex, date and farm of birth, breed, identification of dam and sire and date of first calving) and the presence of cattle in farms (date and reason for entrance and exit). 5.3 and 5.1 million dairy cows were identified for at least one day and 3.8 and 3.7 million cow-years were reported for 2005 and 2006, respectively. All farmers are required by law to report data in BDNI and controls occur regularly (Henke and Sardonne, 2003).

Because the BDNI data record was the animal and the farm and not the unit, it was necessary to define dairy, beef (suckler cows) and fattening (bulls, steers or veal calves) units within each farm. The units were defined on the first of each month, for the 2 year period, when at least 6 dairy cows, beef cows -according to the breed- or fattening animals were present. The units were then defined for 2005 and 2006 independently, when they were present for most of the months of the year. The relationships between the animals and the units were then established, according to reciprocal rules of the unit definition. The dairy calves, heifers and cows were linked to the dairy units. The animals were considered as cow at the first calving day.

***Other datasets.*** Other datasets were previously described (Raboisson et al., 2011). Briefly, this included the farms registered as charter of Good Breeding Practices member, the dairy production areas, the municipal number of inhabitants, the municipal overall area (km<sup>2</sup>), the municipal agricultural land as “always with grass” (grass land) and the municipal overall agricultural land (overall land). Protected Designation of Origin (PDO) areas were provided from the National Institute for Quality ([www.inao.gouv.fr](http://www.inao.gouv.fr)) and from the European Commission (<http://ec.europa.eu/agriculture/quality/schemes>).

***Data control.*** Some information was registered in more than one way and the concordance within and between datasets was investigated, as reported previously (Raboisson et al., 2011). The modifications or deletions concerning BDNI made up < 0.05% of all

individual information. The agreement between individual-level BDNI and Milk Control Program data was very good. The calving dates rarely (<0.05%) differed among the 2 datasets; when it occurred, the BDNI date was considered.

### ***Variables***

***Variables calculated for each month.*** All these variables were calculated on the lactating animals present in the farm the day of the control. The monthly composite weighted mean cow SCC (MO-CMSCC) was the herd arithmetic mean of all individual SCC weighted by each cows' 24 h milk production on the test-day, as previously suggested (Valde et al., 2005). The test-day number of cows (herd size), test-day 24 h milk-production, test-day number of days in milk and test-day primiparous cows proportion were the number of controlled cows, the average 24 h milk production, the average days in milk and the number of cows in lactation 1 on herd size, respectively. The monthly proportion of cows at risk for negative energy balance (NEB) and subacute ruminal acidosis (SARA) were calculated as the percentage of cows with milk protein-to-fat ratio  $\leq 0.66$  (Duffield, 1997) and with fat percentage minus protein percentage  $\leq 0.30\%$  (including fat percentage < protein percentage), respectively. When the predominant breed was not Holstein, the thresholds were calculated according to the mean milk and fat protein percentages of the breed. NEB thresholds used were 0.65, 0.68, 0.75, 0.68, 0.68 and 0.74 and SARA thresholds were 0.32, 0.23, 0.13, 0.28, 0.25 and 0.14 for Normande, Montbéliarde, Tarentaise, Brune, Simmental and Abondance, respectively.

***Variables calculated for each year.*** The yearly indicators corresponding to herd size, monthly CMSCC, monthly NEB and monthly ARA (yearly CMSCC, yearly NEB and yearly SARA) were calculated similarly with all the test-day performed in the unit during the whole year. The mean milk production of the herd was the average 305-days milk production for all cows with a calving the current year. The yearly NEB and yearly SARA were also calculated

for the 4 first months of the lactation. The yearly average age at first calving and the yearly average length of the dry-off period were also calculated.

The other variables were calculated for 2005 and 2006 from the BDNI database, as previously described (Raboisson et al., 2011). Briefly, the yearly proportion of primiparous cows was the number of first calving cows on the overall number of calvings in the year. The purchase of cows from other farms was calculated yearly as the number of purchased cows on the number of cow-years. It was then transformed in a categorical factor: No purchase, Low purchase or High purchase. The culling rate was the number of sold dairy cows (death excluded) on the number of cow-years, irrespectively of the lactating or dry status and of the reasons for the removal. The average calving interval was calculated yearly. The variable “autumn calving peak” was defined by a peak of calving in autumn: at least 25 % of the annual calvings must occur on a 3 month period that was between July and November. The aim of this variable was to detect the sensitivity of farmers to produce milk during the best paid period of the year. The annual mortality was a categorical variable defined by “No dairy cow death” or “Having at least one dairy cow death”. The mortality rate was calculated for units with at least one death.

*Variables calculated for the 2 year period.* The predominant breed (> 75 % of the dairy cows of the unit) and the farm typology were previously described (Raboisson et al., 2011). The predominant breed was a 5 class variable: Holstein (reference breed), Montbéliarde, Normande, No predominant breed and other breeds. The typology was a 3 levels categorical factor, according to units present in the same farm: Dairy (reference); Dairy and Beef; dairy and fattening. Being a good breeding practice member was defined once for the 2 year period.

The variables two-year age at first calving, two-year culling rate, two-year dry-off length period, two-year average calving interval and two-year mortality rate were defined for the 2

year period as the mean 2005 and 2006 age at first calving, culling rate, dry-off length period, average calving interval and mortality rate, respectively. The variables “two-year autumn calving peak” and “two-year at least one death were” “No” or “No dairy cow death” if the variables were “No” or “No dairy cow death” for 2005 and 2006; in other side, the respective values was “Yes” or “At least one dairy cow death”. The “two year purchase cow proportion” was “No” and “High” if the variables were “No” and “High” for 2005 and 2006, respectively; elsewhere, it took the value “Low”.

***Contextual factors and dairy production areas.*** The 3 contextual factors were previously described (Raboisson et al., 2011): cattle density (LU/km<sup>2</sup>), inhabitant density (number/km<sup>2</sup>) and municipal grass land on overall agricultural land ratio (named grass on land ratio). The cattle density was expressed in livestock unit (LU), as suggested by a previous study (Sarzeaud et al., 2008). The 11 dairy production areas (Figure 1) used to characterize the French territories (Raboisson et al., 2011) overlap approximately the French livestock farming systems (Rouquette and Pflimlin, 1995; Sarzeaud et al., 2008).

### ***Statistical analysis***

Data were analyzed using R (version 2.10.1 [2009-12-14], The R Foundation for Statistical Computing). Semi-log models were used: MO-CMSCC and YE-CMSCC were ln-transformed for all models, because graphic representation of the outcome variables showed non linear distribution. Coefficients of the model were not exponentiated but directly reported in the results of the tables: estimates reported are consequently expressed in % change of CMSCC.

Three models were used in the study. Firstly, YE-CMSCC was analyzed separately for 2005 and 2006 with a linear regression model: variables were defined for each year or the 2 year period [Models 1 and 1’]. Secondly, a static panel data model was applied to the 24 months database, with MO-CMSCC as outcome variable and monthly, yearly or 2 year period

factors as explanatory variables [Model 2]. Thirdly, a dynamic panel data model was applied separately to 2005 and 2006 balanced panel datasets, with MO-CMSSC as outcome variable and monthly factors as explanatory variables [Model 3 and 3’].

**Panel data econometrics.** The R package “plm” (Croissant and Millo, 2008) was used for models 2, 3 and 3’. Panel data models are particularly well suited to exploit Milk Control Program data in which a number of observational units (also called individuals) are followed over time. Panel data models are useful to control for unobserved, time-invariant, individual-specific heterogeneity, possibly correlated with some of the explanatory variables.

The basic linear panel data model is written as follows:

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + u_{it}$$

where  $i$  is the individual (unit),  $t$  is the time index (month),  $x_{it}$  is the vector of explanatory variables,  $\beta$  is the vector of corresponding coefficients, and  $u_{it}$  is the random disturbance term of mean 0.

To model individual heterogeneity, the error term is commonly specified as the sum of two components ( $\mu_i$  and  $\varepsilon_{it}$ ), where  $\mu_i$  is the individual unobserved heterogeneity. The panel data model incorporating individual-specific heterogeneity is written as:

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

The idiosyncratic error  $\varepsilon_{it}$  is usually assumed of mean 0 and of constant variance, and independent from the regressors  $x_{it}$  and the individual error component  $\mu_i$ .

In the present study, the Breush Pagan and Wooldridge tests confirmed the presence of unobserved individual-specific effects. Fixed effect models (i.e., OLS applied to the model in which all variables are deviated from their time means) always give consistent estimates for  $\beta$ , but most efficient estimates can be obtained with a random effect model when the individual component and the regressors are independent (Hausman and Taylor, 1981). The Hausman

test rejected the null hypothesis of no correlation between the individual component and the explanatory variables in the random effect model, but it did not reject the null when the instrumental variable Hausman-Taylor model was used with two-year autumn calving peak as instrumental variable (Hausman and Taylor, 1981). The Hausman-Taylor model provided consistent estimates for  $\beta$ . Because the Baltagi and Li locally robust test showed serial correlation in idiosyncratic errors, heteroscedasticity-robust covariance estimators (sandwich estimators) were calculated.

The Breush-Godfrey/Wooldridge test showed serial correlation in idiosyncratic errors, suggesting the use of a dynamic model. Dynamic panel data models are commonly estimated with the generalized method of moments (Arellano and Blond, 1991):

$$y_{it} = \rho y_{it-1} + \beta x_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

The model is first differenced to get rid of the individual effects:

$$\Delta y_{it} = \rho \Delta y_{it-1} + \beta \Delta x_{it} + \Delta \varepsilon_{it}$$

Dynamic models allow including lagged variables (i.e., from previous months) of the dependent as well as the independent variables. In the present study, all lags were tested and the lagged variables that were not found significant were removed from the model. The serial correlation tests of order 1 and 2 suggested the use of instrumental variables (log (MO-CMSSCC), herd size, primiparous proportion, monthly SARA, monthly NEB). For the 2005 and 2006 models, Sargan tests accepted the null assumption of instrument validity ( $P > 0.1$ ; i.e. validity of the argument) and Wald tests rejected the null hypothesis ( $P < 0.001$ ; i.e. true-value of the parameters based on the sample estimate).

Definitive databases and models. The linear model was:

$$\ln(\text{YE-CMSSCC}) = \mu + \text{herd size} + \text{breed} + \text{typology} + \text{305 days milk production} + \text{dry-off period length} + \text{first calving proportion} + \text{age at first calving} + \text{culling rate} + \text{purchase cow percentage} + \text{yearly SARA} + \text{yearly NEB} + \text{average calving}$$

**interval + autumn calving peak + having at least one death + good breeding practice member + cattle density + dairy production area +  $\epsilon$**

The linear model was applied for 2005 and 2006 on the database built with a line per unit. The units with YE-CMSCC < 5,000 or >1,000,000 cells/mL were deleted (50 and 57 units deleted, for 2005 and 2006, respectively). The variable “2005 YE-CU-RA” was added to the model for 2006.

The static panel model was:

**$\ln(\text{MO-CMSCC})_i = \mu + \text{month}_t + \text{test-day herd size}_{it} + \text{breed}_i + \text{typology}_i + \text{test-day milk production}_{it} + \text{test-day days in milk}_{it} + \text{two-year dry-off period length}_i + \text{two-year first calving proportion}_i + \text{two-year age at first calving}_i + \text{two-year culling rate}_i + \text{two-year purchase cow percentage}_i + \text{monthly SARA}_{it} + \text{monthly NEB}_{it} + \text{two-year average calving interval}_i + \text{two-year having a autumn calving peak}_i + \text{two-year having at least one dairy cow dead}_i + \text{two-year good breeding practice}_i + \text{cattle density}_i + \text{dairy production area}_i + \mu_i + \epsilon_{it}$**

where  $i$  is the individual and  $t$  the time (month)

The static panel model was applied on the database built with a line per unit and per months (1,254,753 lines). The lines with MO-CMSCC < 5,000 or > 1,000,000 were deleted (14,363 lines deleted, 9 units entirely deleted).

For the linear and the static panel models, all the factors available in the dataset were used. The variable inhabitant density was removed because its effect was not significant in either model. The average parity and the average age of the cows were not retained as explanatory variable in the models, because of their high correlation with primiparous proportion and age at first calving ( $r > 0.7$ ). All the possible two-factor interactions were included (one by one) in the model with all the main effects. If the differences between the estimate values were small for different levels of interactions, it was interpreted as a

significant interaction without any biological importance. The interaction was then removed from the model.

In additional linear and static panel data models, dairy production area and having at least one cow death were replaced by grass on land ratio and mortality rate, respectively.

The dynamic panel model was:

$$\ln (\text{MO-CMSSC})_{i,t} = \ln (\text{MO-CMSSC})_{i,t-1} + \ln (\text{MO-CMSSC})_{i,t-2} + \ln (\text{MO-CMSSC})_{i,t-3} + \text{test-day herd size}_{i,t} + \text{test-day milk production}_{i,t} + \text{test-day milk production}_{i,t-1} + \text{days in milk}_{i,t} + \text{monthly first calving proportion}_{i,t} + \text{monthly SARA}_{i,t-2} + \text{monthly NEB}_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

where  $i$  is the individual and  $t$  the time (month)

It means that MO-CMSSC was explained by the MO-CMSSC values of the 3 previous months, the milk production of the current and previous months, the MO-SARA of the penultimate month and the values of the current month for the other explanatory variables. The dynamic model applied for 2005 and 2006 used two balanced databases built with a line per unit and per month and with 11 months a year per unit. The results of units with less than 10 test-days per year were deleted. Data concerning the months July and August was merged into one fictive month and adjustments were made for the few units with 12 test-days a year. Finally, 591,844 (93%) and 561,253 (92%) test-days and 53804 (87%) and 51023 (85%) units were used in the dynamic models for 2005 and 2006, respectively.

## RESULTS

### *Descriptive analysis of CMSSC*

Fifty seven per cent of the French dairy cows and 61% of the French dairy units were in Milk Control Program in 2005 and 2006. YE-CMSSC, MO-CMSSC and percentage of units above the 3 thresholds were very close between the 2 years (Table 1). The average

monthly and yearly CMSCC were 266,000 cells/mL for 2005 and 2006, without significant difference between the 2 years ( $P > 0.05$ ; t-test). The correlation of YR-CMSCC between 2005 and 2006 was 0.69. The correlations of MO-CMSCC between 2 successive months were 0.55-0.57 for months from January to July and 0.49-0.52 for months from July to December. The correlations of MO-CMSCC between the same months of 2005 and 2006 were 0.33-0.35. Approximately half, one third and one tenth of the units had a YR-CMSCC above 250, 300 and 400,000 cells/mL, respectively (Table 1). 36, 20 and 5% of units were above these respective thresholds for the 2 consecutive years.

Very few units had less than 6 test-days a year and most of units had more than 10 test-days a year (Table 1). Ninety, 80 and 60% of the units had at least a MO-CMSCC  $> 250$ , 300 and 400,000 cells/mL per year, respectively. All the units had at least a MO-CMSCC  $> 250,000$  cells/mL when considering the 2 year period. Approximately 28, 15 and 4 % had MO-CMSCC  $> 250$ , 300 and 400,000 cells/mL at least 7 months a year, respectively.

Percentages of cows and units in Milk Control Program and YE-CMSCC highly varied among dairy production areas (Table 2), even if few differences among dairy production areas were reported between 2005 and 2006 (data partially shown). The dairy production area 1 (Grand-Ouest) and 7 (Massif Central) had the highest and lower percentages of units in Milk Control Program.

The descriptive statistics for all quantitative and categorical variables except dairy production area (Table 2) were reported in Table 3 and Table 4, respectively. Descriptive statistics of test-day herd size, two-year dry-off year period, monthly fist calving proportion, two-year age at first calving, two year culling rate, monthly percentage of cows with SARA or NEB and two-year average calving peak were very close to those defined at the year level (data not shown). No significant difference ( $P > 0.05$ ; t-test) was observed for all continuous variables between 2005 and 2006 (Table 3).

### ***Regression analysis***

The same significant ( $P < 0.05$ ) or highly significant ( $P < 0.001$ ) effects and very close estimate values were reported for the linear models (2005 and 2006) and for the static panel data model (Table 5). The herd size, typology, age at first calving, purchasing cow (low and high purchase compared to no purchase), percentage of cows with SARA, percentage of cows with NEB, average calving interval and having at least one death were linearly and positively associated with CMSCC, whereas the association was negative for breed (no Holstein), milk production, dry-off period length, primiparous proportion, autumn calving peak, being a good breeding practice member and cattle density, for the 3 models. The current year CU-RA was not associated with CMSCC in linear models, but a positive association was described between PER-CU-RA and MO-CMSCC; moreover the 2005 CU-RA was negatively associated with the 2006 YR-CMSCC. A positive association between days in milk and MO-CMSCC was reported for the static panel data model. Compared to the dairy production area 1 (Grand-Ouest), areas 2, 4, 7, 10 and 11 significantly decreased both YR-CMSCC and MO-CMSCC whereas association was positive for areas 3, 5 and 6. Adjusted  $R^2$  were 0.24-0.25 and 0.45 for linear and static panel data models, respectively. Most of the significant interactions were considered as non-biologically relevant, because their effects on YE-CMSCC or MO-CMSCC were very small. For the static panel data model, comparison of the variance of idiosyncratic (15.1) and individual (0.2) residuals showed that the individual heterogeneity ( $\mu_i$ ) only account for 1% of the overall variance of the model.

When the variable “dairy production area” was replaced with municipal grass on land ratio or having at least one death was replaced with the mortality rate, all P and estimate values were very close to the previous results. A 10 points increase of the grass on land ratio was associated ( $P < 0.001$ ) with a 2.3, 2.0 and 2.1% decrease of CMSCC and a 10 points

increase of the mortality rate with a 3.2, 3.7 and 5.6% increase of CMSCC ( $P < 0.001$ ), for 2005 linear, 2006 linear and static panel data models, respectively.

The Figure 2 reported the variations of CMSCC among months and dairy production area. In the static panel data model, months # 2, 9 to 15, 17 and 22 to 24 were negatively associated with CMSCC whereas positive association was reported for the others. When compared to month 1, the effects of all months were highly significant ( $P < 0.001$ ), except months # 3, 21 and 24 ( $P > 0.05$ ).

The same significant ( $P < 0.05$ ) or highly significant ( $P < 0.001$ ) effects were reported for 2005 and 2006 dynamic panel data models (Table 6). MO-CMSCC was positively associated with the previous and penultimate MO-CMSCC, the penultimate MO-SARA, the previous test-day milk production and the current test-day herd size, days in milk and monthly NEB. A negative association was described for the 3rd previous month of MO-CMSCC and for the current test-day milk production and monthly primiparous proportion.

## **DISCUSSION**

### ***Datasets and CMSCC used***

Milk Control Program is reported to represent 40-90% of the dairy cows and herds, depending on countries (Hare et al., 2004; Lukas et al., 2005). In the present study, Milk Control Program represented 61% and 57 % of the herds and cows, respectively, and approximately 85% of the milk produced, with large variations among dairy production area.

The use of CMSCC in this study allowed investigating the udder health situation of the French herds and taking into account the issues relative to the BMSCC. The herd's subclinical mastitis prevalence was reported to be well correlated with CMSCC (Valde et al., 2005), even if the correlation seemed higher with the arithmetic average test-day SCC (Lievaart et al., 2007). CMSCC was also a good indicator of BMSCC (Valde et al., 2005) and BMSCC was

well correlated to subclinical mastitis prevalence (Lukas et al., 2005; Madouasse et al., 2010b). Differences between CMSCC and BMSCC were reported to vary from 2,000 to 20,000 cells/mL and to mostly come from the milk withheld from the bulk tank (Lievaart et al., 2009). CMSCC was also related to policy concerning BMSCC. In France, 2 consecutive trimestrial geometric mean BMSCC > 400,000 cells/mL induce the end of the milk collection by the processor (Directive 92/46/EEC). The quality premiums (< 250,000 cells/mL) and penalties (3 classes: 250,000-300,000, 300,000-400,000 and > 400,000 cells/mL) are calculated monthly with the geometric mean of 3 CMSCC measurements. Because premiums and penalties differ among processors, CMSCC but percentage of cows above those thresholds was used.

### ***CMSCC results***

MO-CMSCC and YE-CMSCC mean and median were close to the lowest penalties threshold (250,000 cells/mL) and important standard deviations were reported. The comparison with other studies is difficult because of the variations among the calculation methods, among the penalties and premiums thresholds and among the data collection dates. Reported mean herd SCC was 310,000 cells/mL among 539,577 US herds in 1996-1997 (Norman et al., 2000), BMSCC was 340,000 and 261,000 cells/mL among 9,500 and 8,499 units of Ontario in 1990 and 1994 (Schukken et al., 1992; Sargeant et al., 1998) and CMSCC was 164,000 cells/mL among 143 units of New-Zealand in 2000 (McDougall, 2003). Mean BMSCC and CMSCC were 149 and 169,000 cells/mL among 12,700 Norwegian herds in 1998 (Valde et al., 2005), whereas BMSCC was 140,000 cells/mL among 3,607 Norwegian herds in 1990 (Valde et al., 1997). BMSCC thresholds for penalties and exclusion of the fluid market (if subsequent tests) highly vary among countries. It is 750,000 cells/mL for US, 500,000 cells/mL for Canada and 400,000 cells/mL for most European countries, Australia and New Zealand (Norman et al., 2000). Moreover, SCC tended to decrease across time :

BMSCC was 340-350,000 and 240-260,000 cells/mL in Ontario in 1986-1987 and 1994-1995, respectively (Sargeant et al., 1998).

The number of units with CMSCC > 250,000, 300,000 and 400,000 cells/mL for 0, 1, 2-6 and 7-12 months was a little bit bias because most of units had less than 12 test-days a year. Nevertheless, most of them had at least 10 test-days a year (Table 1). The number of units with MO-CMSCC > 250,000, 300,000 and 400,000 cells/mL for several months appeared to be high in relation to the penalties associated with those thresholds. Nevertheless, fewer farmers were likely to be bothered by penalties because the official thresholds were based on successive geometric mean and farmers could withhold the milk from the bulk tank. In 1996 and 1997, the percentage of US-herds with 1 month or 2, 3, 4 and > 4 consecutive months with CMSCC > 400,000 cells/mL was 56, 17, 8, 5 and 14 %, respectively (Norman et al., 2000).

#### ***Effects of herd size, breed and typology on CMSCC***

A 10 cow increase on the herd size was associated with a YE-CCSMP increase of 1.2 - 1.3% and a MO-CMSCC increase of 3.9 - 4.7% (Tables 5 and 6). The herd size was reported to be a risk factor for BMSCC, with higher BMSCC in herds of more than 15 cows (Skrzypek et al., 2004) and higher geometric mean SCC in very large herds (Valde et al., 2005). On the contrary, increased BMSCC was associated with a lower number of cows per units (Fenlon et al., 1995; Norman et al., 2000). The herd size range of variation highly differed among those studies.

The effect of the predominant breed on CMSCC was very high, with changes up to 40% of CMSCC. The inclusion of the milk production and the dairy production area in the models prevented from bias related to the milk production and the livestock farming system. Having a beef cows unit or a fattening unit was associated with an increased CMSCC. To our knowledge, the effects of the predominant breed and of specialization into dairy production

on CMSCC or BMSCC were not previously reported, whereas the association with mortality was shown (Raboisson et al., 2011). The specialization of farmers in one cattle production could be associated with more attention for the dairy cows, to better biosecurity measures (dairy and beef units not strictly separated or high purchasing level for fattening units) or to better management acumen for the dairy production. Further investigations focusing on farms with several units are needed to confirm these hypotheses.

### ***Effects of milk production, days in milk and dry-off period length on CMSCC***

CMSCC was negatively associated with the lactational milk production and the current test-days milk production. This was in agreement with previous studies. A 11% BMSCC linear decrease was described for each 1,000 kg increase in the milk yield (Emanuelson and Funke, 1991): the relationship of the present study was at the same order. The units with an average milk production < 9,000 kg/cow had 2 greater odds for higher BMSCC, compared to units with > 9,000 kg/cow (Wenz et al., 2007). High BMSCC herds had significantly lower yields in a study among 30 herds (Fenlon et al., 1995). SCC of heifers was lower in high compared to low producing herds (De Vliegher et al., 2004). The negative effect of milk production to somatic cells was stronger for healthy cows compared to cows infected with mastitis (Jamrozik and Schaeffer, 2010). The negative association between BMSSC and milk yields was reported to probably be a global effect resulting from a high dilution effect and a small increase of SCC with increased production (Emanuelson and Funke, 1991). In the dynamic model, the test-day milk production of the previous month was positively associated with CMSCC (Table 6). This relationship is in accordance with the increased SCC when increased production (Emanuelson and Funke, 1991), if the dilution effect (reported within the same test-day) was hypothesized to not exist between two subsequent test-days.

In the present study, the herd size and milk production had opposite effects on CMSCC. Previous studies reported a negative association between milk volume supplied and BMSCC (Schaik et al., 2002; Berry et al., 2006). When milk volume was used instead of the herd size and milk production in the present analysis, a negative association between milk volume and CMSCC was also found (data not shown).

The increasing individual SCC as the lactation progress, except for the first days in milk, was previously described (Dohoo and Meek, 1982; Harmon, 1994; Madouasse et al., 2010b). This effect is probably a physiological phenomenon and the result of the increased subclinical infection risk across time.

A 10 days increase of the dry-off period length was associated with a 0.7 - 2.3 decrease of CMSCC in both linear and static panel data models (Table 5). This relation was described for dry period length means of approximately 2 months (Table 3) and 10 % and 90 % percentile values equaled to 50 and 80 days. In a study on 212 herds, SCC was lower in the herds with dry period length above 7-8 weeks compared to shorter ones (Skrzypek et al., 2004). This is in accordance with the recommended extension to 3 months of the dry period for cows which suffered from mastitis (Barrett, 2002).

### ***Effects of replacement policy on CMSCC***

A 10% increase of first calving proportion was associated with a - 4 to - 9% of CMSCC. This is in agreement with a previous study reporting a decrease of the odds ratio to have a test-day > 199,000 within 30 days of calving for cows in parity 1 compared to parity > 5 (Green et al., 2008). The effect of age at first calving on SCC could come from the increase prevalence of infection on older cows and from the greater cellular response of older cows to minor and major udder pathogens (Dohoo and Meek, 1982).

In the present study, an increased age at the first calving was associated with a small increase of CMSCC. A decreased geometric herd mean SCC was associated with an average

age of heifers at calving above 27 months compared to 23-27 months (De Vliegher et al., 2004). The present positive association of heifers' age at calving and CMSCC was found with a mean age of 32 months and 10 and 90 percentiles of 27 and 37 months, respectively (data not shown). This suggests an increased risk of CMSCC in herds where first calving occur early or late.

The association of CU-RA with CMSCC differed among the models. No significant effect was reported in the linear models when the current YE-CU-RA was used whereas the previous YE-CU-RA was associated with a 3.8% decrease of YE-CMSCC. In previous studies, no significant association between the percentage of culled cows –whatever the reason for the culling- and BMSCC was found (Fenlon et al., 1995; Wenz et al., 2007). The present study suggests that culling cows is associated with a decrease of CMSCC in the next year, independently of the culling reason. At the opposite, an increase of CMSCC could lead farmers to increase culling and positive association could then occur if the dynamic methods were not used. This probably occurred in the static panel data model, where a long observation period (2 years) was used. The association between subsequent monthly culling and MO-CMSCC was not looked for because monthly culling rates would be imprecise (small herd-size of units in France).

Purchasing cows induced a + 5 to + 9% CMSCC, compared to the units without purchasing. The estimators were at the same order between Lo-Pu and Hi-Pu, suggesting an effect related to “at least one cow bought” / “no cow bought”. The effect of “any cattle brought onto unit” was not associated with BMSCC in a study based on 1,031 US dairies (Wenz et al., 2007). Newly introduced cows must face modifications of their environment and of the milking practices, increasing their risk for mastitis. Purchasing cows also increases the risk to introduce infection from another herd. It can concern both pathogens directly related to udder health or other pathogens. The involvement of other pathogens was suggested by the

positive association between purchasing replacement animals (before calving) and BMSCC (Fenlon et al., 1995). Purchasing could also be the consequence of a high culling because of high CMSCC, but a low yearly association between culling and purchasing was described ( $r < 0,1$ ).

### ***Effects of SARA and NEB on CMSCC***

The proportion of cows at risk for SARA and NEB was positively associated with CMSCC in all models. The association between MO-SARA and MO-CMSCC was only significant on lag 2 for the dynamic model, suggesting that SARA present a given month had effects on CMSCC only 2 months later. In the static panel data model, MO-SARA and MO-CMSCC of the same month were positively and significantly associated but the coefficient was low (+0.5%) when compared to the coefficients obtained for SARA in other models.

Studies dealing with the relationship between energy balance and milk composition suggested an association of NEB and fat percentage increase, protein percentage decrease, and protein-to-fat ratio decrease (Grieve et al., 1986; Duffield et al., 1997; de Vries and Veerkamp, 2000; Heuer et al., 2001). Nevertheless, variations among the conclusions of studies did not allow defining a consensual best tool among these 3 indicators of NEB. Moreover, lactation stage and season were reported to highly influence protein-to-fat ratio, in particular when large datasets were used (Madouasse et al., 2010a). Some differences between the present and previous studies suggested the use of fat-to-protein ratio. First, all test-days of the whole lactation or of the 4 first months were used and days in milk was included in the panel models. Second, breeds and diets involved are various among dairy production area in France and compared to other countries. Third, panel models took into account a part of the seasonal variations because the time unit was the month. Taken together, this suggested that using protein-to-fat ratio to indicate NEB is not worth than another indicator, even if its accuracy could only be moderate. The sensitivity and specificity to detect

subclinical ketosis were 58 and 69% with a test-day protein-to-fat ratio threshold of 0.75 (Duffield et al., 1997). Because a high specificity was looked for to analyze the relationship between NEB and CMSCC, the threshold used was 0.66 (sensitivity and specificity reported were 20 and 85%, respectively).

SARA is known to induce a milk fat depression, with no or low milk protein depression (Nocek, 1997; Kleen et al., 2003; Oetzel, 2004; Enjalbert et al., 2008), suggesting its association with the test-day protein and fat percentages difference. Nevertheless, the sensitivity and specificity of milk composition tools to test SARA were not known (Raboisson and Schelcher, 2008).

Calculating SARA and NEB on the 4 first months of lactation allows focusing on the transition period risk (SARA) and on the highest ketosis prevalence period (NEB) (Duffield et al., 1997). The correlations between YE-SARA and YE-SARA4M and between YE-NEB and YE-NEB4M were 0.84 and 0.86, respectively (data not shown). Very close estimates and P values were noticed between YE-SARA and YE-SARA4M and between YE-NEB and YE-NEB4M in linear models (Table 5).

This study clearly shows the association of SARA and NEB with CMSCC. SCC at first test-day of the lactation was positively associated with the NEFA concentration before calving and with the difference of the NEFA concentration before and after calving, whereas the association with the BHBA concentration before calving was negative (Nyman et al., 2008). This is in agreement with the present results when considering the direct relationship of NEFA on immune cells (Lacetera et al., 2002; Lacetera et al., 2004; Scalia et al., 2006) and the potential origin of BHBA from the rumen (Oetzel, 2004). The relationship between SARA and CMSCC was not previously reported, even if some feeding practices were associated with increased mastitis (date of the introduction to the lactation diet ; homemade concentrates) (Myllys and Rautala, 1995; Svensson et al., 2006).

### *Effects of dairy farmer's attitudes on CMSCC*

Farmer's motivations to improve mastitis management referred to monetary factors (premium-penalties oriented motivations and basic economic motivations) and to non-monetary factors as efficient (well-organized) farming (Valeeva et al., 2007). In the present study, the average calving interval, having an autumn calving peak and at least one dairy cow dead were included in the models so as to indicate the farming efficiency and the farmer's attitudes (or motivations). A high level of management was needed to achieve a low average calving interval, to gather calvings on few months and to have no cow death. A benefit effect of this level of general management on CMSCC was likely to occur.

Taking into account the farmer's attitudes toward SCC was suggested by previous studies. Those studies suggested distinguishing the farmer's attitudes to farmer's behaviors, both of them being linked to the farmer's goals (Barkema et al., 1999; Rougoor et al., 1999; Khaita et al., 2000; Jansen et al., 2009). The farmer's attitudes appeared to be a better way to explain mastitis incidence than farmer's behaviors (Jansen et al., 2009). For instance, low BMSCC was associated with "clean and accurate" attitudes compared to "quick and dirty" (Barkema et al., 1999).

Being a good breeding practice member was associated with an average 7 - 8% decrease of CMSCC. This effect appears to be high when compared to the limited conditions relative to membership (Dockes et al., 2006) and probably also reflects farmer's attitudes. Nonetheless, other factors can also be related to farmer's attitudes. For instance, the effect of breed corrected by the 305 days milk production and dairy production area on CMSCC was particularly high. The breed effect was likely to be a marker of the farmer's state of mind. Moreover, specialization (typology) could have occurred because of the farm structure and land availability, but it also could be related to the farmer's attitudes. The influence of the

attitudes on milk production, disease and culling has been previously described (Bigras-Poulin et al., 1985; Tarabla and Dodd, 1990; Beaudreau et al., 1996).

MO-CMSCC of the previous months was positively associated with the current MO-CMSCC, except for lag 3 (Table 6). This is in accordance with previous results showing that BMSCC decrease depends on the farmer's perception of BMSCC as a problem across previous time (Khaitza et al., 2000). This suggests that decreasing CMSCC takes several months as soon as the farmer focused on this issue.

Interestingly, the individual heterogeneity accounted only for 1% of the overall variance of the static panel data model. The individual heterogeneity reflected some characteristics of the farmers and was assumed to be constant within each farm over the 2 year period. These results suggest a low impact of the farmer's characteristics not included in the model (age, education level, legal status, family situation...) on CMSCC. This also suggests that no limitation of udder health improvement would be explained by these farmer's characteristics.

### ***Effects of contextual factors on CMSCC***

The grass on land ratio and the cattle density were indicators of the local farming system intensification level; the correlation between these 2 indicators was weak ( $r = + 0.13$ ). Increased municipal cattle density was associated with a decreased CMSCC and was previously associated to decreased mortality (Raboisson et al., 2011). At the contrary, increased grass on land ratio was associated with decreased CMSCC. Both indicators were relative to all productions of the municipality and suffered from moderate accuracy.

The localization of the units among dairy production areas had various effects on CMSCC. The dairy production area 9 had the highest mean CMSCC (Table 2) and high positive effects on CMSCC in the models (Table 5). This is in agreement with previous

studies reporting higher BMSCC in south compared to north regions of US (Allore et al., 1997; Norman et al., 2000; Oleggini et al., 2001; Wenz et al., 2007). Interestingly, the 3 other dairy production areas positively associated with CMSCC (areas 3, 5 and 6) had the 3 lowest mean grass on land ratio values (Table 2), suggesting that a part of the dairy production area effect originated from the grass on land ratio.

All the dairy production areas negatively associated with CMSCC in the 3 models (areas 2, 4, 7, 10, 11) had at least half of the units in a PDO area (Table 2), whereas others areas had less than half of the units in a PDO area. PDO goods are produced, processed and prepared in a given geographical area. They are related to specific farm structural factors and management practices and they refer to specifications and a recognize know-how. PDO are also collective tools to promote the products in association with high milk price; the specific payment scheme concerns SCC and bacteria count thresholds among other specifications. This context probably impacts SCC management. A direct evaluation of being in a PDO area would need specific analysis and had not been done here. PDO refers to well defined municipal areas of production but only a part of the farmers within this area produce PDO goods.

Among the dairy production areas negatively associated with CMSCC, area 10 and 11 had the lowest mean CMSCC values for the 2 years (Table 2) and for most of the months (Figure 2). At the opposite, mean annual values for areas 2 and 7 were higher than area 1 (Table 2) but they had negative estimates in the models (Table 5). The coefficients of areas 2 and 7 represented specific and homogeneous risk factors relative to the farming system which were not included in the other effects. The effect of dairy production area or farming system summarized a global effect that is over the sum of the specific factors of this area (Faye, 1992). The effects of dairy production areas 2 and 7 could also come from compensatory practices of farmers in order to maintain CMSCC around 250,000 cells/mL, given some “at

risk” characteristics and specificities of these areas (considered through the other factors of the models). The way farming is organized depends heavily on the individuals and the organizations involved in it, particularly in relation to strategies and practices used (Ploeg and Renting, 2002). Further analyses are required to verify these hypotheses.

The Figure 2 suggested an interaction between months and dairy production areas. This effect was not looked for in the static data model, because of the number of interactions involved. The increased CMSCC in summer has been previously described (Harmon, 1994; Green et al., 2006; Elmoslemany et al., 2010) and seems to come from an increase of the cow percentage that remains with CCS > 200,000 cells/mL on 2 consecutive months rather than from a new infection rate increase (Green et al., 2006). The low summer increase of CMSCC in dairy production area 1 compared to other areas (50 to 100,000 cells/mL) could be related to mild climate conditions. The high increase of CMSCC in area 11 (150,000 cells/mL) and the peak in August instead of July perhaps came from the very high altitude (Table 2) and the related practices (milking in pastures on summer).

#### ***Panel methods to analyze SCC***

To our knowledge, this is the first report using panel methods to analyze SCC.  $R^2$  is higher in static panel model (45%) compared to linear model (25%). This higher  $R^2$  could come from the inclusion of new variables (MONTH, days in milk), the calculation methods of variables (month and not year) and the inclusion of individual heterogeneity (reported to be low). The high difference among  $R^2$  suggested the importance of calculating variables monthly compared to yearly. Calculating monthly indicators and using them as reported here would probably lead to improve the accuracy of the SCC management in dairy herd’s surveys. A recent study reported the prediction of the following month herd SCC using a linear model (Lievaart et al., 2010). Nevertheless, the calculation of monthly indicators should be avoided if it doesn’t make sense, in particular with small herd-size units.

No factor related to milking practices and general cleanliness was included in the study (Dohoo and Meek, 1982; Barnouin et al., 1986; Valde et al., 1997; Barnouin et al., 2004; Skrzypek et al., 2004; Chassagne et al., 2005; Rodrigues et al., 2005; Elmoslemany et al., 2010). These factors are reported to explain a small part of SCC variations. For instance, in a study dealing with SCC among 592 herds,  $R^2$  was 11%, with factors related to milking practices, general cleanliness and structural conditions as explanatory variables (Valde et al., 1997).

The dynamic panel data model allowed testing if previous risk factors would impact the current CMSCC and the lags related to this association. It also allowed coping with the seasonal effects, because each month is compared to previous ones. Amazingly, important variations among estimates were reported between 2005 and 2006, suggesting certain instability of the model in spite of the large dataset. The dynamic panel data models appeared to be promising for further research. It could also be used on long time periods with year as time unit.

## **CONCLUSIONS**

This study shows an average CMSCC for the French dairy cows and an impact of several herd-level risk factors on CMSCC. It confirms that farmer's attitude is a key factor concerning the udder health improvement: a better SCC management acumen was reported for the specialized farmers as well as a high relationship between the general management of the herd and CMSCC. Including territorial considerations in SCC studies seems of high importance, as shown by the various effects of livestock farming systems and farming intensification. This suggests an impact of the chain value on SCC, with various specifications and incentives depending on processing operators and on the usage of the milk. The effects shown among French areas are in agreement with the high difficulties to compare the udder

health epidemiological studies among countries. The use of dynamic panel data methods appears as a powerful tool to improve SCC for both research and herd surveys.

### ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank Pascal Deriu (Information Systems, French Ministry of Agriculture) for the data disposal, Roland Chartier, Philippe Lemenager, Mathieu Lenivet, Benoit Garcia, Cedric Gendre and Marc Roze (INRA, Toulouse) for data management support, Céline Nauges (Toulouse School of Economics), Elise Maigne, Pierre Cantelaube (INRA, Toulouse) and Didier Concordet (Statistics Unit, Toulouse University) for statistical support.

### REFERENCES

- Ali, A. E., T. A. Anthony, A. T. Andrews, and G. C. Cheeseman. 1980. Influence of elevated somatic cell count on casein distribution and cheese-making. *J. Dairy Res.* 47:393-400.
- Allore, H. G., P. A. Oltenacu, and H. N. Erb. 1997. Effects of season, herd size, and geographic region on the composition and quality of milk in the northeast. *J. Dairy Sci.* 80(11):3040-3049.
- Arellano, M. and S. Blond. 1991. Some test of specification for panel data : Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of economic studies* 58:277-297.
- Barkema, H. W., Y. H. Schukken, T. J. Lam, M. L. Beiboer, G. Benedictus, and A. Brand. 1998. Management practices associated with low, medium, and high somatic cell counts in bulk milk. *J. Dairy Sci.* 81(7):1917-1927.
- Barkema, H. W., J. D. Van der Ploeg, Y. H. Schukken, T. J. Lam, G. Benedictus, and A. Brand. 1999. Management style and its association with bulk milk somatic cell count and incidence rate of clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 82(8):1655-1663.
- Barnouin, J., M. Chassagne, S. Bazin, and D. Boichard. 2004. Management practices from questionnaire surveys in herds with very low somatic cell score through a national mastitis program in France. *J. Dairy Sci.* 87(11):3989-3999.
- Barnouin, J., J. C. Fayet, M. Jay, M. Brochart, and B. Faye. 1986. Enquete eco-pathologique continue: facteurs de risque des mammites de la vache laitiere II. Analyses complementaires sur donnees individuelles et d'elevage. *Can. Vet. J.* 27(4):173-184.
- Barrett, D. 2002. High somatic cell counts - a persistent problem. *Irish Vet. J.* 55:173-178.

- Beaudeau, F., J. D. van der Ploeg, B. Boileau, H. Seegers, and J. P. T. M. Noordhuizen. 1996. Relationships between culling criteria in dairy herds and farmers' management styles. *Prev. Vet. Med.* 25(3-4):327-342.
- Berry, D. P., B. O'Brien, E. J. O'Callaghan, K. O. Sullivan, and W. J. Meaney. 2006. Temporal trends in bulk tank somatic cell count and total bacterial count in Irish dairy herds during the past decade. *J. Dairy Sci.* 89(10):4083-4093.
- Bigras-Poulin, M., A. H. Meek, S. W. Martin, and I. McMillan. 1985. Attitudes, management practices, and herd performance - a study of Ontario dairy farm managers. II. Associations. *Prev. Vet. Med.* 3(3):241-250.
- Chassagne, M., J. Barnouin, and M. Le Guenic. 2005. Expert assessment study of milking and hygiene practices characterizing very low somatic cell score herds in France. *J. Dairy Sci.* 88(5):1909-1916.
- Croissant, Y. and G. Millo. 2008. Panel data econometrics in R : The plm package. *Journal of Statistical Software* 27(2):1-43.
- De Vliegher, S., H. Laevens, H. W. Barkema, I. R. Dohoo, H. Stryhn, G. Opsomer, and A. de Kruif. 2004. Management practices and heifer characteristics associated with early lactation somatic cell count of Belgian dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 87(4):937-947.
- de Vries, M. J. and R. F. Veerkamp. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci.* 83(1):62-69.
- Dockes, A., B. Frappat, and C. Godefroy. 2006. [The Charter of Good Practices in Cattle Farming, a way to develop traceability on farms. Elements for an evaluation]. Pages 184-186 in *Renc. Rech. Ruminants. I. I. d. l'Élevage*, ed, Paris, France.
- Dohoo, I. R. and A. H. Meek. 1982. Somatic cell counts in bovine milk. *Can. Vet. J.* 23(4):119-125.
- Duffield, T. F., D. F. Kelton, K. E. Leslie, K. D. Lissemore, and J. H. Lumsden. 1997. Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *Can. Vet. J.* 38(11):713-718.
- Elmoslemany, A. M., G. P. Keefe, I. R. Dohoo, J. J. Wichtel, H. Stryhn, and R. T. Dingwell. 2010. The association between bulk tank milk analysis for raw milk quality and on-farm management practices. *Prev. Vet. Med.* 95(1-2):32-40.
- Emanuelson, U. and H. Funke. 1991. Effect of milk yield on relationship between bulk milk somatic cell count and prevalence of mastitis. *J. Dairy Sci.* 74(8):2479-2483.
- Enjalbert, F., Y. Videau, M. C. Nicot, and A. Troegeler-Meynadier. 2008. Effects of induced subacute ruminal acidosis on milk fat content and milk fatty acid profile. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)* 92(3):284-291.
- Faye, B. 1992. Interrelationships between health-status and farm-management system in French dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 12(1-2):133-152.
- Fenlon, D. R., D. N. Logue, J. Gunn, and J. Wilson. 1995. A study of mastitis bacteria and herd management practices to identify their relationship to high somatic cell counts in bulk tank milk. *Br. Vet. J.* 151(1):17-25.
- Green, M. J., A. J. Bradley, G. F. Medley, and W. J. Browne. 2008. Cow, farm, and herd management factors in the dry period associated with raised somatic cell counts in early lactation. *J. Dairy Sci.* 91(4):1403-1415.

- Green, M. J., A. J. Bradley, H. Newton, and W. J. Browne. 2006. Seasonal variation of bulk milk somatic cell counts in UK dairy herds: investigations of the summer rise. *Prev. Vet. Med.* 74(4):293-308.
- Grieve, D. G., S. Korver, Y. S. Rijpkema, and G. Hof. 1986. Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. *Livestock Production Science* 14(3):239-254.
- Hagnestam-Nielsen, C., U. Emanuelson, B. Berglund, and E. Strandberg. 2009. Relationship between somatic cell count and milk yield in different stages of lactation. *J. Dairy Sci.* 92(7):3124-3133.
- Hare, E., H. D. Norman, and J. R. Wright. 2004. Duration of herd participation in dairy herd improvement milk recording in the United States. *J. Dairy Sci.* 87(8):2743-2747.
- Harmon, R. J. 1994. Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *J. Dairy Sci.* 77(7):2103-2112.
- Hausman, J. A. and W. E. Taylor. 1981. Panel data and unobservable individual effects. *Econometrica* 49:1377-1398.
- Henke, R. and R. Sardonne. 2003. The reorientation process of the CAP support : modulation of direct payments. in *Role of institutions in rural policies and agricultural markets*. G. van Huylenbroeck, W. Verbeke, and L. Lauwers, ed, Amsterdam, the Netherlands.
- Heuer, C., W. M. Van Straalen, Y. H. Schukken, A. Dirkzwager, and T. M. Noordhuizen. 2001. Prediction of energy balance in high yielding dairy cows with test-day information. *J. Dairy Sci.* 84(2):471-481.
- Hortet, P. and H. Seegers. 1998. Calculated milk production losses associated with elevated somatic cell counts in dairy cows: review and critical discussion. *Vet. Res.* 29(6):497-510.
- Jamrozik, J. and L. R. Schaeffer. 2010. Recursive relationships between milk yield and somatic cell score of Canadian Holsteins from finite mixture random regression models. *J. Dairy Sci.* 93(11):5474-5486.
- Jansen, J., R. J. Renes, and T. J. Lam. 2010. Evaluation of two communication strategies to improve udder health management. *J. Dairy Sci.* 93(2):604-612.
- Jansen, J., B. H. van den Borne, R. J. Renes, G. van Schaik, T. J. Lam, and C. Leeuwis. 2009. Explaining mastitis incidence in Dutch dairy farming: the influence of farmers' attitudes and behaviour. *Prev. Vet. Med.* 92(3):210-223.
- Johnson, R. G. and A. J. Young. 2003. The association between milk urea nitrogen and DHI production variables in western commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 86(9):3008-3015.
- Khaita, M. L., T. E. Wittum, K. L. Smith, J. L. Henderson, and K. H. Hoblet. 2000. Herd characteristics and management practices associated with bulk-tank somatic cell counts in herds in official Dairy Herd Improvement Association programs in Ohio. *Am. J. Vet. Res.* 61(9):1092-1098.
- Kleen, J. L., G. A. Hooijer, J. Rehage, and J. P. Noordhuizen. 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* 50(8):406-414.
- Koldewey, E., U. Emanuelson, and L. Janson. 1999. Relation of milk production loss to milk somatic cell count. *Acta Vet. Scand.* 40(1):47-56.
- Lacetera, N., O. Franci, D. Scalia, U. Bernabucci, B. Ronchi, and A. Nardone. 2002. Effects of nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate on functions of mononuclear cells obtained from ewes. *Am. J. Vet. Res.* 63(3):414-418.

- Lacetera, N., D. Scalia, O. Franci, U. Bernabucci, B. Ronchi, and A. Nardone. 2004. Short communication: effects of nonesterified fatty acids on lymphocyte function in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 87(4):1012-1014.
- Lievaart, J., H. W. Barkema, H. Hogeveen, and W. Kremer. 2009. Reliability of the bulk milk somatic cell count as an indication of average herd somatic cell count. *J. Dairy Res.* 76(4):490-496.
- Lievaart, J. J., H. W. Barkema, J. van den Broek, J. A. Heesterbeek, and W. D. Kremer. 2010. Prediction of the herd somatic cell count of the following month using a linear mixed effect model. *J. Dairy Sci.* 93(1):234-241.
- Lievaart, J. J., W. D. Kremer, and H. W. Barkema. 2007. Short communication: Comparison of bulk milk, yield-corrected, and average somatic cell counts as parameters to summarize the subclinical mastitis situation in a dairy herd. *J. Dairy Sci.* 90(9):4145-4148.
- Lukas, J. M., D. M. Hawkins, M. L. Kinsel, and J. K. Reneau. 2005. Bulk tank somatic cell counts analyzed by statistical process control tools to identify and monitor subclinical mastitis incidence. *J. Dairy Sci.* 88(11):3944-3952.
- Ma, Y., C. Ryan, D. M. Barbano, D. M. Galton, M. A. Rudan, and K. J. Boor. 2000. Effects of Somatic Cell Count on Quality and Shelf-Life of Pasteurized Fluid Milk<sup>1</sup>. *J. Dairy Sci.* 83(2):264-274.
- Madouasse, A., J. N. Huxley, W. J. Browne, A. J. Bradley, I. L. Dryden, and M. J. Green. 2010a. Use of individual cow milk recording data at the start of lactation to predict the calving to conception interval. *J. Dairy Sci.* 93(10):4677-4690.
- Madouasse, A., J. N. Huxley, W. J. Browne, A. J. Bradley, and M. J. Green. 2010b. Somatic cell count dynamics in a large sample of dairy herds in England and Wales. *Prev. Vet. Med.* 96(1-2):56-64.
- McDougall, S. 2003. Management factors associated with the incidence of clinical mastitis over the non-lactation period and bulk tank somatic cell count during the subsequent lactation. *N Z. Vet. J.* 51(2):63-72.
- Myllys, V. and H. Rautala. 1995. Characterization of Clinical Mastitis in Primiparous Heifers. *J. Dairy Sci.* 78(3):538-545.
- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80(5):1005-1028.
- Norman, H. D., R. H. Miller, J. R. Wright, and G. R. Wiggans. 2000. Herd and state means for somatic cell count from dairy herd improvement. *J. Dairy Sci.* 83(12):2782-2788.
- Nyman, A. K., U. Emanuelson, A. H. Gustafsson, and K. Persson Waller. 2009. Management practices associated with udder health of first-parity dairy cows in early lactation. *Prev. Vet. Med.* 88(2):138-149.
- Nyman, A. K., U. Emanuelson, K. Holtenius, K. L. Ingvarsten, T. Larsen, and K. P. Waller. 2008. Metabolites and immune variables associated with somatic cell counts of primiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91(8):2996-3009.
- Oetzel, G. R. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20(3):651-674.
- Oleggini, G. H., L. O. Ely, and J. W. Smith. 2001. Effect of region and herd size on dairy herd performance parameters. *J. Dairy Sci.* 84(5):1044-1050.
- Ott, S. L. and P. R. Novak. 2001. Association of herd productivity and bulk-tank somatic cell counts in US dairy herds in 1996. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 218(8):1325-1330.

- Ploeg, v. d. J. D. and H. Renting. 2002. Environmental co-operatives reconnect farming, ecology and society. in *Ancient Roots, New Shoots. Endogenous Development in Practice*. B. Haverkort, K. van't Hooft, and H. W., ed, Leusden.
- Raboisson, D., E. Cahuzac, P. Sans, and G. Allaire. 2011. Herd-level and contextual factors influencing dairy cow mortality in France in 2005 and 2006. *J. Dairy Sci.*
- Raboisson, D. and F. Schelcher. 2008. Metabolic diseases diagnosis : interests and limits of bood metabolites and milk composition. Pages 81-90 in *Proc. Euporean buiatrics meeting Société Française de Buiatrie, Paris*.
- Renting, H., W. A. H. Rossing, J. C. J. Groot, v. d. J. D. Ploeg, C. Laurent, D. Perraud, D. J. Stobbelaar, and v. M. K. Ittersum. 2009. Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. *Journal of Environmental Management* 90(N° Suppl. 2):S112-S123.
- Rodrigues, A. C., D. Z. Caraviello, and P. L. Ruegg. 2005. Management of Wisconsin dairy herds enrolled in milk quality teams. *J. Dairy Sci.* 88(7):2660-2671.
- Rougoor, C. W., W. J. Hanekamp, A. A. Dijkhuizen, M. Nielen, and J. B. Wilmink. 1999. Relationships between dairy cow mastitis and fertility management and farm performance. *Prev. Vet. Med.* 39(4):247-264.
- Rouquette, J. L. and A. Pflimlin. 1995. Major Livestock production regions : a zoning proposal for France. in *SINH. Clermont-Ferrand, France*.
- Ruegg, P. L. and T. J. Tabone. 2000. The relationship between antibiotic residue violations and somatic cell counts in Wisconsin dairy herds. *J. Dairy Sci.* 83(12):2805-2809.
- Sargeant, J. M., Y. H. Schukken, and K. E. Leslie. 1998. Ontario bulk milk somatic cell count reduction program: progress and outlook. *J. Dairy Sci.* 81(6):1545-1554.
- Sarzeaud, P., F. Bécherel, and C. Perrot. 2008. A classification of European beef farming systems. Pages 23-31 in *EU beef farming systems and CAP regulations. Vol. 9. P. Sarzeaud, A. Dimitriadou, and M. Zjalic, ed. EAAP Technical series, Paris*.
- Scalia, D., N. Lacetera, U. Bernabucci, K. Demeyere, L. Duchateau, and C. Burvenich. 2006. In vitro effects of nonesterified fatty acids on bovine neutrophils oxidative burst and viability. *J. Dairy Sci.* 89(1):147-154.
- Schaik, G. v., M. Lotem, and Y. H. Schukken. 2002. Trends in Somatic Cell Counts, Bacterial Counts, and Antibiotic Residue Violations in New York State During 1999–2000. *J. Dairy Sci.* 85(4):782-789.
- Schukken, Y. H., K. E. Leslie, A. J. Weersink, and S. W. Martin. 1992. Ontario Bulk Milk Somatic Cell Count Reduction Program. 2. Dynamics of Bulk Milk Somatic Cell Counts. *J. Dairy Sci.* 75(12):3359-3366.
- Seegers, H., C. Fourichon, and F. Beaudeau. 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet. Res.* 34(5):475-491.
- Skrzypek, R., J. Wojtowski, and R. D. Fahr. 2004. Factors affecting somatic cell count in cow bulk tank milk--a case study from Poland. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* 51(3):127-131.
- Svensson, C., A. K. Nyman, K. Persson Waller, and U. Emanuelson. 2006. Effects of housing, management, and health of dairy heifers on first-lactation udder health in southwest Sweden. *J. Dairy Sci.* 89(6):1990-1999.

Tarabla, H. D. and K. Dodd. 1990. Associations between farmers personal characteristics, management-practices and farm performance. *Br. Vet. J.* 146(2):157-164.

Valde, J. P., D. W. Hird, M. C. Thurmond, and O. Osteras. 1997. Comparison of ketosis, clinical mastitis, somatic cell count, and reproductive performance between free stall and tie stall barns in Norwegian dairy herds with automatic feeding. *Acta Vet. Scand.* 38(2):181-192.

Valde, J. P., O. Osteras, and E. Simensen. 2005. Description of herd level criteria for good and poor udder health in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88(1):86-92.

Valeeva, N. I., T. J. Lam, and H. Hogeveen. 2007. Motivation of dairy farmers to improve mastitis management. *J. Dairy Sci.* 90(9):4466-4477.

Wenz, J. R., S. M. Jensen, J. E. Lombard, B. A. Wagner, and R. P. Dinsmore. 2007. Herd management practices and their association with bulk tank somatic cell count on United States dairy operations. *J. Dairy Sci.* 90(8):3652-3659.

**Table 1.** Characteristics of French CMSCC in 2005 and 2006

		2005	2006	2005 and 2006 <sup>1</sup>
YE-CMSCC, cells/mL (x 1,000)	Mean	266	266	
	Standard deviation	111	113	
	Median	248	248	
Number of units with YE-CMSCC	Overall	61,965	59,759	59,122
	> 250,000 cells/mL	30,313 (49.1%)	29,127 (48.8%)	21,496 (36.3%)
	> 300,000 cells/mL	19,230 (35.1%)	18,660 (31.3%)	11,897 (20.1%)
	> 400,000 cells/mL	6,918 (11.2%)	6,725 (11.2%)	3,235 (5.4%)
MO-CMSCC, cells/mL (x 1,000)	Mean	266	266	
	Standard deviation	163	166	
	Median	229	229	
Number of units	Overall	61,965	59,759	59,122
	With ≤ 6 test-day/ year	935 (1.5%)	980 (1.6%)	52 (0.1%)
	With 7-9 test-day/ year	7,210 (11.6%)	7,732 (12.9%)	3,574 (6.0%)
	With ≥ 10 test-day/ year	53,820 (86.8%)	51,047 (85.5%)	47,844 (80.9%)
Number of units with MO-CMSCC > 250,000 cells/mL	In 0 month	5,808 (9.4%)	4,516 (7.6%)	0 (0.0%)
	In 1 month	7,053 (11.5%)	7,128 (11.9%)	1,561 (2.6%)
	In 2-6 months	31,835 (51.4%)	31,402 (52.5%)	18,836 (31.9%)
	In 7-12 months	17,269 (27.7%)	16,713 (28.0%)	6,456 (10.9%)
Number of units with MO-CMSCC > 300,000 cells/mL	In 0 month	11,528 (18.6%)	9,984 (16.7%)	0 (0.0%)
	In 1 month	10,297 (16.6%)	10,357 (17.3%)	2,436 (4.1%)
	In 2-6 months	30,762 (49.6%)	30,176 (50.5%)	18,060 (30.5%)
	In 7-12 months	9,378 (15.2%)	9,242 (15.5%)	4,620 (7.8%)
Number of units with MO-CMSCC > 400,000 cells/mL	In 0 month	25,104 (40.5%)	23,289 (39.0%)	0 (0.0%)
	In 1 month	13,623 (22.0%)	13,333 (22.3%)	3,484 (5.9%)
	In 2-6 months	20,852 (33.7%)	20,730 (34.7%)	10,892 (18.4%)
	In 7-12 months	2,386 (3.8%)	2,407 (4.0%)	762 (1.3%)

1: Results referred to the number of units in the described category for both 2005 and 2006

MO-CMSCC and YE-CMSCC were the herd arithmetic means of all individual SCC weighted by each cows' 24 h milk production, for each test-day and all test-days of the year, respectively.

**Table 2.** Characteristics of dairy production area in 2005 and 2006

Name	Number of dairy units and cows in Milk Control Program per dairy production area <sup>1</sup> in 2005 (x 1,000)		CMSCC (x1,000 cells/mL)		Mean altitude, m	Grass on land ratio <sup>2</sup> , %		Percentage of units in a PDO <sup>2</sup> area	cattle density (LU/km <sup>2</sup> )	
	Units	Cows	2005	2006		Mean	SD <sup>3</sup>		Mean	SD <sup>3</sup>
Overall	60.6 (61%)	2,209 (57%)	266	266	292	0.52	0.24	34%	0.57	0.35
1 (Grand-Ouest)	22.5 (75%)	796 (64%)	255	257	97	0.45	0.12	0%	0.67	0.29
2 (Normandie)	8.0 (56%)	320 (53%)	271	270	127	0.55	0.18	87%	0.80	0.38
3 (Nord)	5.1 (55%)	191 (53%)	285	285	120	0.33	0.23	13%	0.61	0.42
4 (Est)	5.1 (63%)	209 (59%)	262	260	300	0.44	0.24	59%	0.43	0.35
5 (Centre)	1.1 (69%)	48 (67%)	308	297	158	0.22	0.15	3%	0.19	0.14
6 (Poitou)	1.9 (67%)	81 (66%)	327	325	136	0.39	0.26	0%	0.36	0.25
7 (Massif Central)	3.4 (40%)	108 (40%)	271	274	807	0.86	0.12	73%	0.50	0.23
8 (Rhône-Alpes)	4.3 (56%)	131 (57%)	252	255	573	0.66	0.21	18%	0.40	0.25
9 (Sud-Ouest)	5.2 (56%)	169 (57%)	322	321	373	0.53	0.27	31%	0.36	0.24
10 (Franche-Comté)	3.5 (67%)	114 (59%)	219	222	545	0.79	0.21	100%	0.42	0.25
11 (Savoie)	1.2 (55%)	41 (50%)	189	190	991	0.88	0.14	100%	0.32	0.24

1: Percentages are expressed relative to the overall number of units and to the number of cow-years within each dairy production area

2: PDO: protected designation of origin

3: SD: standard deviation

**Table 3.** Descriptive statistics of continuous variables in 2005 and 2006

	Year	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation	Median
Number of cows	2005	6	267	35.8	15.7	32
	2006	6	234	35.6	15.9	33
305-days corrected milk production, L	2005	114	11,560	6,801	1,349	6,909
	2006	185	13,063	6,900	1,388	6,032
Test-day milk production, L	2005	3.0	51.5	23.7	4.8	23.9
	2006	2.9	43.8	23.6	4.8	23.9
Monthly average days in milk, days	2005	8	497	183	43	183
	2006	10	515	183	43	182
Length of dry period, days	2005	0.0	644	68.2	17.3	66
	2006	0.0	309	63.3	13.6	62
First calving cow proportion, %	2005	0.0	92.6	33.7	8.5	28.6
	2006	0.0	100	33.1	8.7	33.3
Age at first calving, months	2005	21	71	32.3	4.1	32
	2006	20	71	32.1	4.1	32
Culling rate, %	2005	0.0	100	21.9	10.9	21
	2006	0.0	100	22.2	12.2	20
Cow proportion at risk for ruminal acidosis, %	2005	0.0	78.2	17.8	8.9	16.4
	2006	0.0	93.3	17.4	8.8	16.1
Cow proportion at risk for negative energy balance, %	2005	0.0	70.1	8.3	5.7	6.9
	2006	0.0	73.9	8.3	5.6	6.9
Cow proportion at risk for ruminal acidosis, for the 4 first months of lactation, %	2005	0.0	100	17.8	14.8	14.0
	2006	0.0	100	17.3	14.6	14.0
Cow proportion at risk for negative energy, for the 4 first months of lactation, %	2005	0.0	100	8.1	9.2	5.0
	2006	0.0	100	8.0	9.2	5.0
Average Calving Interval, days	2005	328	902	411	30.3	406
	2006	318	818	411	30.1	407
Cattle Density, LU/km <sup>2</sup>		0.01	3.18	0.57	0.35	0.53
Grass on land ratio, %		0.01	1	0.52	0.24	0.50

All variables beginning by MO- are calculated for each month of the 2 year period and these beginning by YE- are calculated yearly (2005 and 2006).

**Table 4.** Descriptive statistics of categorical variables in 2005 and 2006

	Name and abbreviation	2005	2006	2005 and 2006
Predominant breed	Holstein	40,951	39,349	
	Montbéliarde	8,291	8,096	
	Normande	4,166	4,038	
	No predominant	7,162	6,938	
	Other breeds	1,209	1,163	
Farm typology	Dairy	28,938	27,495	
	Dairy and Beef	8,559	8,623	
	Dairy and Fattening	24,282	23,466	
Purchased cow proportion	No purchase	47,012	44,677	46,834
	Low purchase	13,697	12,921	16,560
	High purchase	1,070	1,986	2,061
Autumn Calving Peak	No	46,347	45,187	41,285
	Yes	15,432	14,397	21,351
At least one dead cow a year	No dairy cow death	18,522	17,255	8,164
	At least one dairy cow death	43,257	42,329	54,472
Good Breeding Practices	No	12,649	11,240	
Member	Yes	49,130	48,344	

All variables beginning by YE- were calculated yearly and reported in column “2005” and “2006”; these beginning by PER- were calculated once for the two year period and reported in the column “2005 and 2006”.

**Table 5.** CMSCC change in linear model and static panel data analysis

		Linear model		Static panel data model <sup>1</sup>
		2005	2006	
Intercept		504.9 ***	513.9 ***	509.7 ***
Number of cows <sup>3 2</sup>		1.3 ***	1.2 ***	3.9 ***
Predominant breed	Holstein	reference	reference	reference
	Montbéliarde	- 27.1 ***	-27.5 ***	-21.8 ***
	Normande	- 14.5 ***	-13.7 ***	-7.3 ***
	No predominant	- 10.6 ***	-9.8 ***	-6.7 ***
	Other breeds	- 40.3 ***	-37.5 ***	-33.6 ***
Farm typology	Dairy	reference	reference	reference
	Dairy and Beef	3.1 ***	3.6 ***	2.9 ***
	Dairy and Fattening	1.8 ***	1.7 ***	1.1 ***
Milk production <sup>4</sup> , L <sup>2</sup>		- 8.9 ***	-7.9 ***	-2.4 ***
Monthly average days in milk <sup>7</sup> , days		NA	NA	0.5 ***
Length of dry period <sup>6 2</sup> , days		-1.4 ***	-2.3 ***	-0.7 ***
First calving cow % <sup>5 2</sup> , %		- 4.6 ***	-4.1 ***	-5.8 ***
Age at first calving <sup>2</sup> , months		1.0 ***	1.0 ***	0.7 ***
Culling rate <sup>5</sup> of current year <sup>2</sup> , %		-0.1	-0.1	1.6 ***
Culling rate <sup>5</sup> of past year, %		NA	-3.8 ***	
Purchased cow proportion <sup>2</sup>	No purchase	reference	reference	reference
	Low purchase	7.1 ***	7.1 ***	6.1 ***
	High purchase	6.7 ***	8.6 ***	4.9 ***
Cow proportion at risk for SARA <sup>5 2</sup> , %		5.5 ***	5.9 ***	0.5 ***
Cow proportion at risk for NEB <sup>5 2</sup> , %		1.7 ***	1.8 ***	3.1 ***
Average Calving Interval <sup>6 2</sup> , days		2.2 ***	2.2 ***	1.8 ***
Autumn Calving Peak <sup>2</sup>	No	reference	reference	reference
	Yes	-2.1 ***	-2.0 ***	-2.1 ***
At least one dead cow a year <sup>2</sup>	No dairy cow death	reference	reference	reference
	At least one dairy cow death	3.3 ***	3.2 ***	6.2 ***
Good Breeding Practices Member	No	reference	reference	reference
	Yes	-7.8 ***	-7.6 ***	-8.4 ***
Cattle density, LU/km <sup>2</sup>		-6.7 ***	-7.3 ***	-8.1 ***
Dairy Production Area	1 (Grand-Ouest)	reference	reference	reference
	2 (Normandie)	- 0.9 *	-3.2 ***	-3.6 *
	3 (Nord)	5.7 ***	4.2 ***	2.8 *
	4 (Est)	- 4.5 ***	-5.6 ***	-7.3 ***
	5 (Centre)	12.5 ***	9.4 ***	6.7 ***
	6 (Poitou)	14.8 ***	13.1 ***	10.1 ***
	7 (Massif Central)	- 3.7 ***	-5.0 ***	-5.1 ***
	8 (Rhône-Alpes)	- 0.2	-1.3	-2.6
	9 (Sud-Ouest)	8.8 ***	5.2 ***	9.0 ***
	10 (Franche-Comté)	- 6.1 ***	-3.7 ***	-6.8 **
	11 (Savoie)	- 35.3 ***	-34.4 ***	-3.9 ***
Adjusted R-squared		0.24	0.25	0.45

\* :  $P < 0.05$  ; \*\* :  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$ ; NA : not available

1 : for the static panel data model, the results of the variable month (24 values) were not reported in the table

2 : the effect were relative to the year variables for the linear models and to the month (MO) or 2 year period variables for the static panel data model

3: for an increase in herd size of 10 cows

4: for an increase of 1,000 L (305 days milk) or 10 L or (day milk)

5: for an increase of 10%

6: for an increase of 10 days

7: for an increase of 100 days

The results were expressed in CMSCC change (%). For instance, CMSCC increased by 1.3, 1.2 and 3.9 % for each 10 cow herd size increase in 2005 (linear model), 2006 (linear model) and 2005-2006 (static panel data model), respectively. Further, CMSCC decreased by 27.1, 27.5 and 21.8 % when using Montbéliarde rather than Holstein as the predominant breed in the herd, in 2005 (linear model), 2006 (linear model) and 2005-2006 (static panel data model), respectively.

**Table 6.** CMSCC change in dynamic panel data analysis

		2005	2006
<b>MO-CMSCC</b>	Lag 1	55.2 ***	13.6 *
	Lag 2	2.0 *	28.8 *
	Lag 3	-55.5 ***	-54.3 ***
Test-day number of cows <sup>1</sup>	Lag 0	4.5 ***	4.7 ***
Test-day milk production <sup>2</sup> , L	Lag 0	-2.6 ***	-2.0 ***
	Lag 1	2.6 ***	1.1 *
Monthly average days in milk <sup>3</sup> , days	Lag 0	4.8 ***	9.6 ***
First calving cow proportion <sup>4</sup> , %	Lag 0	-4.2 ***	-8.9 ***
Monthly cow proportion at risk for SARA <sup>4</sup> , %	Lag 2	7.0 **	8.3 **
Monthly cow proportion at risk for NEB <sup>4</sup> , %	Lag 0	3.8 *	8.9 ***

\* :  $P < 0.05$  ; \*\* :  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

1: for an increase in herd size of 10 cows

2: for an increase of 10 L

3: for an increase of 100 days

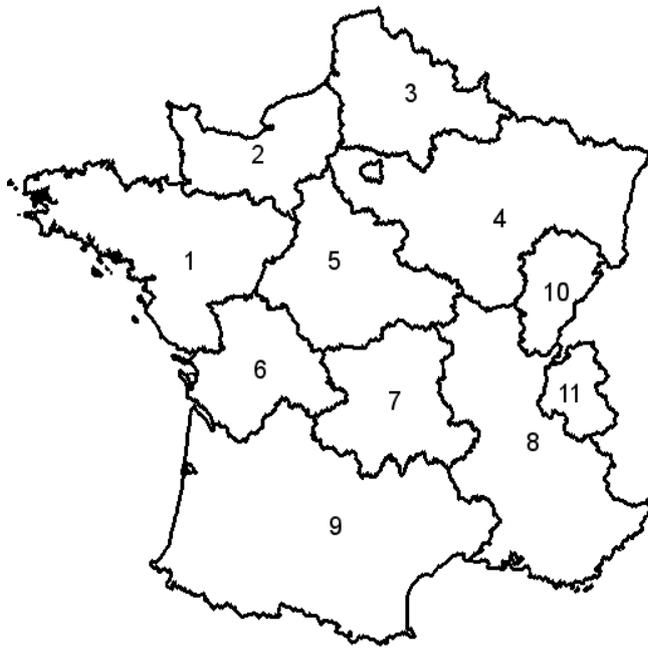
4: for an increase of 10%

All variables were calculated monthly.

Each lag represented one month. The effects related to lag 0, 1 and 2 refer to the effect of the current, previous and penultimate month on the current MO-CMSCC. The effect related to lag 3 refers to the effect of the 3<sup>rd</sup> previous month on the current MO-CMSCC.

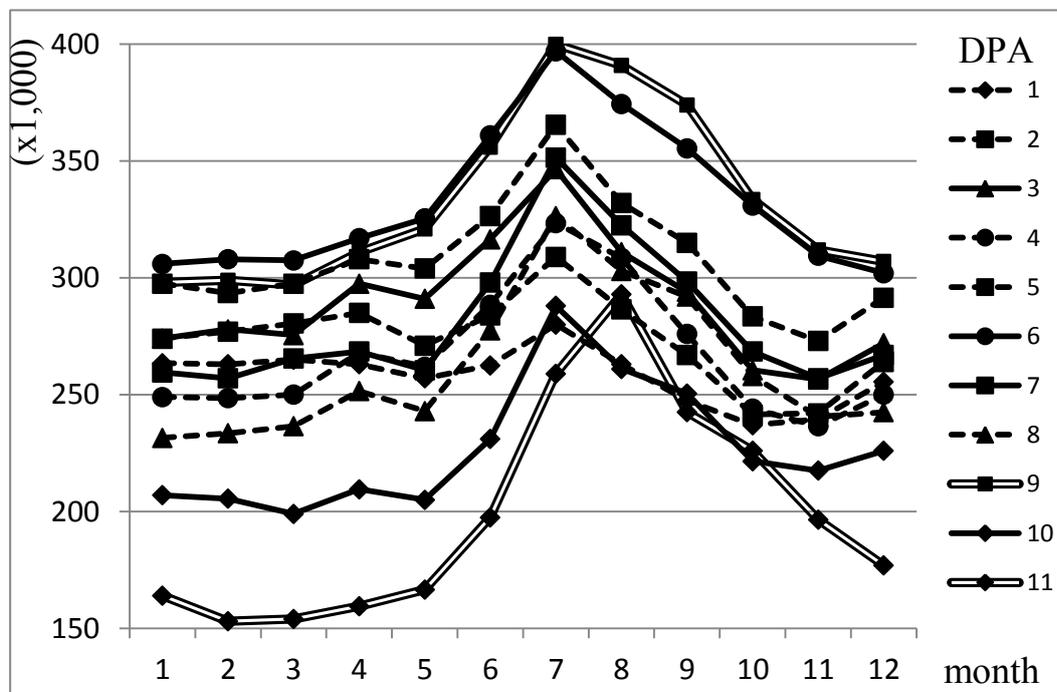
The results were expressed in CMSCC change (%). For instance, CMSCC of a month decreased by 2.6 and 2.0 % for each 10 L daily milk production increase on the same month, in 2005 and 2006, respectively. On the contrary, CMSCC of a month increased by 2.6 and 1.1 % for each 10 L daily milk production increase on the previous month, in 2005 and 2006, respectively. Further, CMSCC of a month decreased by 55.5 and 54.3 % for each CMSCC increase on the 3<sup>rd</sup> previous month, in 2005 and 2006, respectively.

**Figure 1.** Definition of the Dairy Production Areas



Numbers refers to dairy production areas: 1 - Grand-Ouest ; 2 – Normandie ; 3 – Nord ; 4 – Est ; 5 – Centre ; 6 – Poitou ; 7 - Massif Central ; 8 - Rhône-Alpes ; 9 - Sud-Ouest ; 10 – Franche-Comté ; 11 - Savoies

**Figure 2.** MO-CMSCC per dairy production area and per month



The values of each month, noticed by the month number, is the 2005 and 2006 mean CMSCC value.

### III– VARIATIONS TERRITORIALES DES FACTEURS DE RISQUE SANITAIRES

#### 0 Abbreviations used and previous results

**Table 0.** Mortality change with the probit and Heckman models for dairy production area

		Mortality change (%)			
		2005		2006	
		Model Probit	Heckman	Model Probit	Heckman
Intercept		-149 ***	-49.8 ***	-149 ***	-49.8 ***
Number of cow-years <sup>1</sup>		25.0 ***	2.0 ***	25.0 ***	2.0 ***
Predominant breed	Holstein	reference	reference	reference	reference
	Montbéliarde	-37.5 ***	-12.5 ***	-36.3 ***	-13.5 ***
	Normande	-44.9 ***	-15.7 ***	-46.6 ***	-16.3 ***
	No predominant	-19.9 ***	-6.2 ***	-22.4 ***	-7.3 ***
	Other breeds	-58.4 ***	-20.4 ***	-56.9 ***	-19.3 ***
Farm typology	Dairy		reference		reference
	Dairy and Beef	removed	8.0 ***	removed	8.0 ***
	Dairy and Fattening		-15.0		0.1
Purchased cow proportion	No purchase	reference	reference	reference	reference
	Low purchase	22.6 ***	8.2 ***	21.8 ***	7.5 ***
	High purchase	44.7 ***	17.6 ***	33.8 ***	13.0 ***
First calving cow proportion <sup>2</sup> , %		3.0 ***	1.0 ***	3.0 ***	1.0 ***
Culling rate <sup>2</sup> , %		-6.0 ***	-2.0 ***	-5.0 ***	-2.0 ***
Average Calving Interval <sup>3</sup> , days		2.0 ***	1.0 ***	2.0 ***	1.0 ***
Autumn Calving Peak	No	reference	reference	reference	reference
	Yes	-6.9 ***	-2.7 ***	-7.9 ***	-3.1 ***
Milk Control Program Member	No	reference	reference	reference	reference
	Yes	10.6 ***	2.5 ***	8.3 ***	1.4 ***
Good Breeding Practices Member	No	reference	reference	reference	reference
	Yes	-7.1 ***	-3.6 ***	-6.1 ***	-3.7 ***
Cattle density <sup>4</sup> , LU/km <sup>2</sup>		removed	3.1	removed	-3.0
Inhabitant density <sup>5</sup> , /km <sup>2</sup>		removed	2.1 ***	removed	3.2 ***
Dairy Production Area	1 (Grand-Ouest)	reference	reference	reference	reference
	2 (Normandie)	13.7 ***	6.8 ***	16.2 ***	6.4 ***
	3 (Nord)	10.1 ***	4.7 ***	8.5 ***	4.4 ***
	4 (Est)	22.9 ***	9.9 ***	27.9 ***	10.3 ***
	5 (Centre)	8.6 *	5.1 ***	0.8	2.7 ***
	6 (Poitou)	12.0 ***	5.3 ***	9.9 ***	4.9 ***
	7 (Massif Central)	19.7 ***	8.6 ***	13.5 ***	6.2 ***
	8 (Rhône-Alpes)	16.3 ***	7.7 ***	11.8 ***	6.0 ***
	9 (Sud-Ouest)	10.7 ***	5.4 ***	12.3 ***	5.7 ***
	10 (Franche-Comté)	2.5	0.9 *	10.6 ***	3.9 ***
	11 (Savoie)	-13.5 ***	-4.1 ***	-9.7 **	-2.6 ***
Inverse Mill'sRatio			38.4 ***		37.8 ***
Adjusted R-squared			0.249		0.234

1: for an increase in herd size of 10 cows

3: for an increase of 10 days

5: for an increase of 10 inhabitants

Removed : the effect was removed from the model (see materials and methods)

The results are expressed in mortality change (%). For instance, an increase in herd size of 10 cows was associated with a +25% change in the probability of mortality and a mortality rate change of +2.0%, in 2005.

2: for an increase of 10%

4: for an increase of 10 LU

\*: P < 0.05 ; \*\*: P < 0.01 ; \*\*\* : P < 0.001

**Table 00.** CMSCC change in linear model and static panel data analysis

		Linear model	
		2005	2006
Intercept		504.9 ***	513.9 ***
Number of cows <sup>2 1</sup>		1.3 ***	1.2 ***
Predominant breed	Holstein	reference	reference
	Montbéliarde	- 27.1 ***	-27.5 ***
	Normande	- 14.5 ***	-13.7 ***
	No predominant	- 10.6 ***	-9.8 ***
	Other breeds	- 40.3 ***	-37.5 ***
Farm typology	Dairy	reference	reference
	Dairy and Beef	3.1 ***	3.6 ***
	Dairy and Fattening	1.8 ***	1.7 ***
Milk production <sup>3</sup> , L <sup>1</sup>	- 8.9 ***	-7.9 ***	
Length of dry period <sup>5 1</sup> , days	-1.4 ***	-2.3 ***	
Yearly first calving cow proportion <sup>4</sup> , %	- 4.6 ***	-4.1 ***	
Age at first calving <sup>1</sup> , months	1.0 ***	1.0 ***	
Culling rate <sup>4</sup> of current year <sup>1</sup> , %	-0.1	-0.1	
Purchased cow proportion <sup>1</sup>	No purchase	reference	reference
	Low purchase	7.1 ***	7.1 ***
	High purchase	6.7 ***	8.6 ***
Cow proportion at risk for SARA <sup>4 1</sup> , %	5.5 ***	5.9 ***	
Cow proportion at risk for NEB <sup>4 1</sup> , %	1.7 ***	1.8 ***	
Average Calving Interval <sup>5 1</sup> , days	2.2 ***	2.2 ***	
Autumn Calving Peak <sup>1</sup>	No	reference	reference
	Yes	-2.1 ***	-2.0 ***
At least one dead cow a year <sup>1</sup>	No dairy cow death	reference	reference
	At least one dairy cow death	3.3 ***	3.2 ***
Good Breeding Practices Member	No	reference	reference
	Yes	-7.8 ***	-7.6 ***
Cattle density, LU/km <sup>2</sup>		-6.7 ***	-7.3 ***
Dairy Production Area	1 (Grand-Ouest)	reference	reference
	2 (Normandie)	- 0.9 *	-3.2 ***
	3 (Nord)	5.7 ***	4.2 ***
	4 (Est)	- 4.5 ***	-5.6 ***
	5 (Centre)	12.5 ***	9.4 ***
	6 (Poitou)	14.8 ***	13.1 ***
	7 (Massif Central)	- 3.7 ***	-5.0 ***
	8 (Rhône-Alpes)	- 0.2	-1.3
	9 (Sud-Ouest)	8.8 ***	5.2 ***
	10 (Franche-Comté)	- 6.1 ***	-3.7 ***
	11 (Savoie)	- 35.3 ***	-34.4 ***
Adjusted R-squared		0.24	0.25

\* :  $P < 0.05$  ; \*\* :  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

1 : the effect were relative to the year variables for the linear models and to the month or 2 year period variables for the static panel data model

2: for an increase in herd size of 10 cows    3: for an increase of 1,000 L (305 days milk) or 10 L (day milk)

4: for an increase of 10%

5: for an increase of 10 days

6: for an increase of 100 days

The results were expressed in CMSCC change (%). For instance, CMSCC increased by 1.3, 1.2 and 3.9 % for each 10 cow herd size increase in 2005 (linear model), 2006 (linear model) and 2005-2006 (static panel data model), respectively

## **1 Introduction**

Previous results suggested that dairy cow mortality and CMSCC depended on effects related to each dairy production area. The dairy production areas were included so as to account for the livestock farming systems. The livestock farming systems were reported to be numerous in France and to have large variations among their characteristics (Rouquette et Pflimlin, 1995; Sarzeaud et al., 2008). Including the farming systems into the analysis summarizes a global effect that depends on the natural conditions, the local constraints, the specific combination of productions, the animal density, the local organization and other local institutional factors.

The risk factors shown to be involved at the national level could maybe not be found locally. Within the difference of dairy production area characteristics that could explain risk factor variations among dairy production area, farmers competencies are focused: the present study hypothesis some differences of farmers' competencies among dairy production areas. This is likely to occur because farmers probably try finding solutions to face risks that are specific of each dairy production area situation. Collective and individual history, advice makers and institutional conditions probably help farmers to improve their competences.

The aim of this study is to describe the risk factors related to mortality and CMSCC for each dairy production area, and to distinguish those that were found at both the national level and for all the dairy production area (high strength of the effect) to those that differ among dairy production areas (potential area-specific competencies).

## **2 Materials and methods**

Datasets, unit construction, variables calculation methods, statistics methods and detailed models used were previously described, in two previous studies (see chapter I and II).

Models were applied for each dairy production area separately, and the effect of dairy production area was consequently removed from the models. The grass on land ratio was included in all models. For the Heckman models, the variable typology was removed from the probit part (as it was for the France model), but cattle density and inhabitant density were not.

Moreover, spatial models were drawn for each dairy production area, using autocorrelation of the explanatory variables and autocorrelation of residuals (Le Gallo, 2002). Because the present data were located, correlations among variables were likely to appear. In non spatial models, if a correlation exists but is not taken into account, Ordinary Least Square (OLS) estimators could be bias and non consistent ; moreover, excluding the residual correlation could lead to non bias but inefficient (with high variance) estimators. Because spatial methods required heavy weights neighbors matrix and dairy production area 1 had a high number of farms, it was divided into area 1a and 1b (administrative area Bretagne and Pays de la Loire, respectively).

### **3 Results**

The percentage of units with at least one death and the mortality rates highly varied among dairy production areas. Low differences were reported between 2005 and 2006 (Table 1). Compared to others areas, areas 10 and 11 had low percentage of units with mortality and mortality rates. CMSCC also highly varied among areas, and area 10 and 11 had also the lowest values (Table 2). Except for areas 10 and 11, approximately half of the units had MO-CMSCC > 300,000 cells/mL for 2 to 6 months a year.

Important variations among dairy production areas were reported for continuous and categorical variables (Tables 3 and 4). Few variations occur between 2005 and 2006 (data not shown). In particular, the herd size, the first calving cow proportion and the culling rate appeared low in areas 7, 8 and 9 compared to other areas (Table 3).

Estimators were very close and P values classes were the same among the spatial and non spatial models, and only the spatial models results were reported.

The results of the Heckman models were expressed in mortality change (Table 4). The results of the probit models were similar (way of variation and P value) as linear models (data not shown). All models were significant ( $P < 0.001$ ) and IMR estimates were positive ( $P < 0.001$ ). The same effects (estimator value order of magnitude and P value classes) were reported for each dairy production area and the France model for the herd size, the breed, the purchase cow proportion, the first calving cow proportion, the culling rate and the autumn calving peak. Association between mortality rate and being a Milk Control Program or a good breeding practice member (negative), autumn calving peak (negative) and inhabitant density (positive) were all significant except for dairy production area 1b, 2 and 5 (adhesion to Milk Control Program), 6 and 11 (good breeding practice member), 10 (autumn calving peak) and 1b, 2, 5, 6, 8 and 10 (inhabitant density) (data not shown). Area 11 had a particular situation, with mortality rate associated negatively with adhesion to Milk Control Program ( $P < 0.001$ ) and inhabitant density ( $P < 0.001$ ) (data not shown). The association of typology, cattle density, inhabitant density and grass on land ratio with mortality rate differed among areas (Table 5).

The association between CMSCC and the herd size, the breed, the 305 days milk production, the yearly first calving cow proportion, the percentage of cows with SARA, the average calving interval, having at least one death, and municipal cattle density were the same (estimator value and P value) for each dairy production area and the France model (data not shown). Negative association between CMSCC and the dry-off period length, being a good breeding practice member and autumn calving peak were significant for all areas, except for areas 3, 7, 8 and 11 (dry-off period length), 10 (good breeding practice member) and 5, 6, 7, 8, 10 and 11 (autumn calving peak). CMSCC and age at first calving were significantly and positively associated, except for areas 6, 7 and 11 ( $P > 0.05$ ). When significant, purchasing cow

and typology were positively associated with CMSCC (Table 8). Differences with previous results and other dairy production areas appeared for YE-CU-RA (area 7), YE-NEB (area 1a) and grass on land ratio (area 5) (Table 8).

## **4 Discussion**

### **41- Variation of estimators among Dairy Production Areas**

Applying the models to each dairy production area showed the presence of 3 categories of variables. First, some variables were associated with mortality and/or CMSCC variations in the France models and in all 11 area models. It suggests considering these variables as consistent and strong herd risk-factors (or risk protectors) in cattle: they were herd size, breed, primiparous proportion and average calving interval for mortality rate (MO-RA) and composite weight mean cow cell counts (CMSCC) ; purchase and culling for mortality rate; and production level, having at least one death, percentage of cows with SARA and cattle density for CMSCC.

Second, effects of other variables were not found systemically significant, but they can also be considered as important risk factors: they were being a good breeding practice member and autumn calving peak for mortality and CMSCC; adhesion to Milk Control Program and inhabitant density for MO-RA; and the dry-off period length and age at first calving for CMSCC. All these variables were previously discussed one by one. The reason for the differences between area 11 and other areas are unknown; area 11 has particular natural conditions and variable characteristics (Table 3 and 4), and descriptive statistics for CMSCC also showed a particular situation (Table 2).

Third, the other variables had opposite significant effects among dairy production areas. NEB and CU-RA only differed for one area in the CCSMP models. The negative association between NEB and CMSCC is significant for area 1b but also appear in area 2 and 5. Maybe NEB was not an accurate indicator of negative energy balance: lactation stage and

season has been reported to highly influence the protein-to-fat ratio used to calculate NEB (Madouasse et al., 2010). Moreover, the same thresholds (corrected for BREED) were taken for all the dairy production areas in spite of differences of milk component characteristics and common diets among areas. This could contribute to the opposite effect noticed in this study (area 1b). In the France models, CMSCC was significantly associated only with previous year CU-RA (negatively), or with the current year CU-RA in the panel model (positively). The association between CU-RA with CMSCC is ambiguous, when calculated on long time period: culling can lead to a CMSCC decrease or cows can be culled because of high MO-CMSCC.

#### **42 - Having a beef or fattening unit and dairy competencies**

When significant, having a beef or fattening unit in the farm was associated with an increase in CMSCC (Table 6), as described in the France models. At the national level, the mortality rate was positively associated with having a beef unit ( $P < 0.001$ ) and no effect was found for having a fattening unit ( $P > 0.05$ ) (see chapter I). The specialization of farmers into one production could be associated with more attention for dairy cows (time availability), to better biosecurity measures or to better management acumen for the dairy production.

The results of the present study suggest that the typology is linked to some farmer's competencies (Table 5). For instance, the increase mortality rate is not found in dairy production area 1 but is reported in area 7. Areas 1 (and 3) has a long dairy production tradition, and the development of the beef production occurred in the 1980 and 1990's: the milk quota (limited production) induced a reduction of the cow number (genetic increase) and the purchase of beef cows (high incentives in France) (Raboisson, 2004). On the contrary, area 7 productions initially focused on mix production (one herd oriented to both milk and meat) with rustic breeds and low milk productivity. The purchase on dairy specialized cows also occurred in the 1980's, and most farmers kept the initial herd as cow-calf production

(Liénard et al., 2002; Raboisson, 2004). In spite of the quite similar structural situation (percentage of specialized and non specialized farms) among these areas, competencies of farmers were likely to differ, in accordance to the initial activities of the farmers. For the same reasons, institutional frameworks and advice givers were likely to differ among these areas. This conclusion could be reinforced by the crossed analysis of beef cows and calves mortality. Situation of area 2 appeared to be close to the area 7: beef effect tends to be significant ( $P=0.065$ ).

Amazingly, having a fattening unit is associated with a decrease of mortality rate in area 1 and 3 (Table 5); the number of farms with a fattening unit is very high in these areas (Table 4). This effect could be related to the use of their own production for the fattening unit (in particular dairy calves), and to the fact that only the best farmers had developed a fattening unit in addition to the dairy unit. Because of the number of farms involved, effects of area 5, 10 and 11 should be taken with extreme care.

Finally, the positive association between typology and CMSCC observed for all dairy production area (Table 6) did not appear in accordance with the association previously made between farmers' competencies and MO-RA. Nevertheless, the lack of CMSCC estimate variation among areas is not opposed to some competency differences among areas, because CMSCC was constrained by law and the mortality rate was not: in spite of a possible decrease of udder health competencies, farmer's must fulfill legal bulk milk SCC constraints. BMSCC threshold for penalties and exclusion of the fluid market (if subsequent tests) is 400,000 cells/mL, with differences among areas, and many farmers exceed the 300,000 cells/ml threshold several months a year (Table 2). Taken altogether, this suggests that mortality rate and udder health competencies differ, or that regardless to the farmer's competencies, dairy farmers are more sensitive to udder health than to cow MO-RA.

### **4 3 - Dairy specialization, local intensification and dairy health results**

The municipal cattle density was negatively associated with CMSCC in all dairy production areas and with mortality rate in areas 2, 3, 7 and 8, whereas the association was positive for areas 4, 5, 9 and 10 (Tables 4 and 5). Areas 2, 3 and 7 had high cattle density values, whereas the cattle density values of areas 4, 5, 9 and 10 were low. No relationship with herd size was noticed (Table 3). The positive association between mortality rate and cattle density when cattle density is low and the negative association between mortality rate and cattle density when cattle density is high suggest a specialization effect of cattle density. The increase of the activity density in an area induce an agglomeration effect (scale economy thanks to geographical concentration) as well as a specialization effect : this is the mechanisms associated with coordination and complementarities of activities in an area, that lead to a interdependency of specialties inducing the production of a collective local public good (Pecqueur, 2005). The specialization effect defined here is a territorial characteristic and refers the local framework; it consequently differs from the specialization of farmers into one production.

In fact, increasing cattle density was a risk factor for most of diseases, because of infectious contamination likelihood. This probably leaded to the increase of mortality rate with the increase of cattle density in areas where cattle density was low. On the contrary, in areas with high cattle density, a specialization effect occurred and the mortality rate decreased with cattle density. The specialization refers to the collective dynamics and collective tools developed in a territory to face the specific health problem. It relies on exchanges of neighbor's farmers, competencies and specialization of farmer's adviser, and institutional facilitations. The more the cattle density increased, the more the collective activities developed.

The cattle density can be also considered as an intensification indicator. Its accuracy was probably low, because other production could occur in the farm and municipality. The grass on land ratio was consequently preferred to the previous (cattle density) intensification indicator. The correlations between cattle density (2005) and grass on land ratio were 0.27, 0.31, 0.29, 0.44, 0.19, 0.61, 0.59, 0.26, 0.07, 0.29, 0.02 and – 0.32 in areas 1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11, respectively. This suggested including both cattle density and grass on land ratio in the models. Grass on land ratio was negatively associated with the mortality rate and CCSMP for most of areas (Tables 4 and 5). This is in accordance with previous results reported reduced illness in grass based diets and in low intensification systems (Alban, 1996; Gustafson, 1993). On the contrary, increasing the grass use in areas with low average grass on land ratio (area 5 and to some extent area 3) was associated with increased mortality rate and udder health problems (Tables 3, 4 and 5). It suggests that farming system should be considered as a whole, and that local natural condition and institutions could lead to better health conditions when intensification of the production occurs.

## 5 Tables

**Table 1.** Mortality per dairy production area in 2005 and 2006

		Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Area 10	Area 11
<b>2005</b>												
Number of death		41,874	21,635	14,900	16,137	3,003	5,506	10,429	8,114	13,099	4,949	2,031
Cow-year (x1000)		1,241	605	359	350	71	122	272	228	299	194	82
Number of units	Overall	29,974	14,400	9,348	8,130	1,697	4,593	8,628	7,617	9,442	5,226	2,390
	With mortality	18,730 (62%)	9,375 (65%)	6,316 (67%)	5,926 (73%)	1,178 (69%)	2,895 (63%)	5,090 (58%)	4,190 (55%)	5,856 (60%)	2,787 (53%)	1,107 (46%)
Mortality rate %	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maximum	88.5	63.9	55.7	61.3	33.2	45.3	81.2	77.9	60.8	69.3	50.6
	Mean	3.3	3.5	4.0	4.5	4.1	4.4	3.9	3.6	4.25	2.6	2.5
	SD	3.8	4.1	4.4	4.9	4.4	4.6	5.1	5.1	5.2	3.7	4.0
	Median	2.7	2.6	3.2	3.5	3.3	3.4	2.8	2.3	3.2	1.8	0
<b>2006</b>												
Number of death		42,479	22,288	15,515	16,341	2,850	5,620	9,867	7,682	13,207	5,427	2,148
Cow-year (x1000)		1,222	595	354	341	69	118	267	223	288	191	81
Number of units	Overall	30,263	13,701	8,899	7,828	1,597	2,755	8,320	7,204	9,010	5,077	2,316
	With mortality	19,997 (66%)	9,245 (67%)	6,159 (69%)	5,914 (75%)	1,099 (69%)	1,980 (72%)	4,840 (58%)	3,982 (55%)	5,722 (63%)	2,914 (57%)	1,121 (48%)
MO-RA %	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maximum	64.5	83.6	98.4	71.8	34.3	62.5	57.4	69.2	48.8	45.3	47.5
	Mean	3.4	3.7	4.3	4.7	4.0	4.5	3.6	3.5	4.4	2.8	2.6
	SD	3.9	4.3	4.7	4.9	4.5	4.8	4.8	4.8	5.1	3.6	4.0
	Median	2.8	2.8	3.4	3.8	3	3.6	2.6	2.3	3.3	2.1	0

**Table 2.** CCSMP per dairy production area in 2005 and 2006

		Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Area 10	Area 11
<b>2005</b>												
Units with	Overall <sup>1</sup>	22,545	8,082	5,119	5,162	1,166	1,939	3,466	4,326	5,256	3,520	1,248
YE-CMSSC	> 250,000 <sup>2</sup>	45	52	57	46	65	71	50	43	67	31	19
(cells/mL)	> 300,000 <sup>2</sup>	26	32	38	29	44	51	33	26	50	17	10
	> 350,000 <sup>2</sup>	14	18	23	18	29	35	21	14	36	10	5
YE-CMSSC,	Mean	255	271	285	262	308	327	274	252	323	218	186
cells /mL	SD	99	102	112	114	123	126	135	109	139	99	95
(x1,000)	Median	240	256	270	241	286	306	252	232	227	201	166
Units with	In 0 month <sup>2</sup>	19	17	13	12	12	8	16	12	10	31	40
MO-CMSSC	In 1 month <sup>2</sup>	19	16	14	16	10	11	17	17	10	21	21
> 300,000	In 2-6 months <sup>2</sup>	50	51	54	46	50	50	51	49	51	40	35
cells/mL	In 7-12 months <sup>2</sup>	12	16	19	16	28	31	16	12	29	9	4
<b>2006</b>												
Units with	Overall <sup>1</sup>	21,764	7,818	4,881	5,004	1,113	1,840	3,405	4,127	4,997	3,449	1,243
YE-CMSSC	> 250,000 <sup>2</sup>	45	50	56	46	60	71	51	43	67	31	19
(cells/mL)	> 300,000 <sup>2</sup>	27	31	37	29	42	51	34	27	50	19	11
	> 350,000 <sup>2</sup>	15	19	24	17	25	34	21	18	35	11	6
YE-CMSSC,	Mean	257	269	285	260	298	325	274	255	323	222	189
cells /mL	SD	104	107	113	116	120	125	127	114	143	100	97
(x1,000)	Median	241	252	268	239	280	306	254	233	302	204	167
Units with	In 0 month <sup>2</sup>	20	17	14	12	14	9	16	20	9	72	35
MO-CMSSC	In 1 month <sup>2</sup>	18	16	14	17	13	10	16	18	11	21	23
> 300,000	In 2-6 months <sup>2</sup>	50	50	52	45	49	52	51	48	51	42	37
cells/mL	In 7-12 months <sup>2</sup>	12	17	20	16	24	29	17	14	29	9	5

1: expressed in number

2: expressed in percentage

**Table 3.** Descriptive statistics of continuous variables in 2005

		France	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Area 10	Area 11
<b>Herd size</b>	Mean	37,7	39,2	42,0	38,4	43,0	42,1	42,1	31,5	30,0	31,7	37,1	34,4
	SD	20,2	17,9	22,1	22,0	23,4	23,9	23,9	17,1	18,2	17,8	17,7	22,4
first calving cow proportion, %	Mean	28,6	31,3	29,7	33,0	30,9	30,4	28,0	21	23,6	23,9	28,4	22,5
	SD	12,7	11,8	12,5	12,4	11,8	12,6	13,1	12,1	12,4	13,1	10,7	12,1
<b>Culling rate, %</b>	Mean	21,2	23,0	21,8	22,2	22,0	22,3	20,0	17,2	19,1	17,7	23,2	24,5
	SD	13,5	13,9	13,7	12,9	12,4	13,2	13,0	13,1	13,4	12,6	13,4	14,3
<b>Calving interval, days</b>	Mean	416,8	415,7	413,9	421,0	417,8	423,1	427,7	412,7	411,6	434,2	400,6	407,6
	SD	42,93	35,8	44,7	40,2	46,4	47,4	47,1	43,41	46,9	50,6	38,7	40,4
<b>Cattle density, LU/km<sup>2</sup></b>	Mean	0,55	0,67	0,8	0,6	0,41	0,21	0,34	0,48	0,38	0,34	0,41	0,31
	SD	0,35	0,29	0,37	0,41	0,35	0,16	0,25	0,22	0,26	0,24	0,25	0,25
<b>Inhabitant density, n/km<sup>2</sup></b>	Mean	0,64	0,70	0,60	1,04	0,51	0,36	0,48	0,30	0,85	0,44	0,43	1,13
	SD	1,05	0,78	0,97	1,89	0,83	0,72	0,67	0,60	1,38	0,81	0,62	1,79
<b>Grass on land ratio, %</b>	Mean	0,55	0,45	0,58	0,35	0,46	0,25	0,41	0,87	0,69	0,57	0,79	0,90
	SD	0,25	0,13	0,18	0,24	0,25	0,19	0,27	0,12	0,21	0,28	0,22	0,14

**Table 4.** Descriptive statistics of categorical variables in 2005

		Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Area 10	Area 11
<b>Breed</b>	Holstein	16 118	4 153	5 810	4 682	973	1 743	1 812	1 181	4 290	149	37
	Montbéliarde	248	21	20	395	15	38	2 106	2 105	435	2 439	475
	Normande	1 456	2 673	66	6	60	97	33	4	47	0	0
	No predomi.	2 484	26	397	703	118	191	1 014	783	890	180	268
	Other breed	118	24	26	141	13	3	125	117	197	18	327
<b>Typology</b>	Dairy	6 510	2 093	2 010	1 576	7	1 328	2 914	2 418	4 366	1 420	867
	Dairy-Beef	3 126	1 629	1 296	1 253	153	367	1 280	683	861	291	49
	Dairy-Fatten.	7 788	5 658	3 013	3 098	276	377	896	1 089	632	1 075	191
<b>Purchase cow proportion</b>	No	14 909	6 893	4 923	4 642	897	1 560	3 358	2 934	4 070	2 085	475
	Low	29	2 230	1 261	1 158	259	481	1 632	1 123	1 667	614	483
	High	486	254	135	127	23	31	100	133	122	87	149
<b>Adhesion to Milk Control Program</b>	No	4 926	3 408	2 471	1 780	287	492	2 643	1 414	2 003	784	434
	Yes	15 498	5 969	3 848	4 147	892	1 580	2 447	2 776	3 856	2 002	673
<b>Good breeding practice Mb</b>	No	4 898	3 094	1 775	1 580	452	1 291	2 301	1 486	2 300	1 999	867
	Yes	15 526	6 283	4 544	4 347	727	781	2 789	2 704	3 559	787	240
<b>Autumn calving peak</b>	No	17 203	6 664	4 300	4 194	903	1 745	4 291	3 227	4 760	2 187	920
	Yes	3 221	2 713	2 019	1 733	276	327	799	963	1 099	599	187

**Table 5.** Mortality change per dairy production area <sup>1</sup>

		Mortality change <sup>2</sup> , %					
		Area 1a	Area 1b	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5
Typology	Dairy	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
	Dairy-Beef	-0.3	-0.3	1.5	-0.2	0.2	0.0
	Dairy-Fattening	-0.5 *	-1.2 ***	-1.2	-1.1 **	0.3	2.7 *
Cattle density, LU/km <sup>2</sup>		-0,3	-0.6	-4.0 ***	-1.6 *	4.9 ***	3.2 ***
Grass on land ratio, %		-0,6 ***	-1.4 ***	-0.1	0.9 ***	-0.3 ***	0.9 *
Adjusted R-squared		0.19	0.21	0.24	0.20	0.20	0.23
		Mortality change, %					
		Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Area 10	Area 11
Typology	Dairy	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
	Dairy-Beef	-0.4	1.1 *	1.1	1.0	4.0 ***	5.7 **
	Dairy-Fattening	0.1	1.1	0.6	-0.1	0.3	2.5 *
Cattle density, LU/km <sup>2</sup>		-1,0	-3.3 **	-3.2 ***	4.3 ***	4.8 ***	-4.0
Grass on land ratio <sup>3</sup> , %		-0,2	-0.8 ***	0.2	-0.2 *	-0.7 ***	-2.2 ***
Adjusted R-squared		0.20	0.27	0.35	0.24	0.30	0.43

1 : The results are expressed in mortality change (%). For instance, a unit with a fattening unit in the farm was associated with a mortality rate change of -0.5%, in 2005 and in areas 1a.

2 : Effects (estimate order of magnitude, way of variation, and *P* value) of herd size, breed, purchase cow proportion, first calving cow proportion, culling rata and average calving interval were the same as previously described (whole France), and were not reported in the table.

Effects of autumnal calving peak, milk control program member, good breeding practice member, ad inhabitant density were also not reported in the table, because differences with the previously described results were only found in few areas.

3 : For a 10 % increase.

\*:  $P < 0.05$  ; \*\*:  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

**Table 6.** CMSCC change in linear model per dairy production area <sup>1</sup>

		CMSCC change, %					
		Area 1a	Area 1b	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5
<b>Typology</b>	D	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
	DB	0.2	3.1 **	3.7 **	7.7 ***	2.9	2.2
	DF	1.6 *	0.8	0.7	2.3	0.7	2.2
<b>Culling rate</b> <sup>3</sup> , %		-0.8 **	-0.9 **	-0.1	-0.1	-1.2	-1.3
<b>Purchase cow proportion</b>	No	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
	Low	9.4 ***	5.7 ***	4.6 ***	3.8 **	5.8 ***	3.2
	High	7.5 **	5.1 *	-5.7	4.7	11.5 **	16.2
<b>% of cows with NEB</b> <sup>3</sup> , %		0.3	-1.7 **	-0.8	2.0	4.5 ***	-1.5
<b>Grass on land ratio</b> , %		-1.8 ***	-1.2 ***	-0.8 ***	-1.5 ***	-2.9 ***	2.2 *
Adjusted R-squared		0.19	0.19	0.21	0.15	0.24	0.32
		CMSCC change. %					
		Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Area 10	Area 11
<b>Typology</b>	D	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
	DB	9.2 ***	5.7 ***	7.6 ***	-0.7	10.3 ***	8.8
	DF	3.8	3.9 *	2.8 *	7.5 ***	3.5 *	9.1 **
<b>Culling rate</b> <sup>3</sup> , %		0.5	-2.3 *	-0.6	2.5 *	0.2	-1.7
<b>Purchase cow proportion</b>	No	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
	Low	5.6 **	7.2 ***	7.9 ***	8.3 ***	6.1 ***	0.9
	High	12.9	13.5	7.6	-5.6	2.3	9.1 *
<b>% of cows with NEB</b> <sup>3</sup> , %		5.3 **	3.0 *	1.0	4.8 ***	12.2 ***	9.6 **
<b>Grass on land ratio</b> , %		-0.9 *	-5.1 ***	-3.4 ***	-1.9 ***	-3.6 ***	-3.6 **
Adjusted R-squared		0.22	0.24	0.22	0.25	0.26	0.220

1 : The results were expressed in CCSMP change (%). For instance, a unit with a beef unit in the farm was associated with a CMSCC rate change of +2.8%, in area 1a and in 2005.

2 : Effects (estimate order of magnitude, way of variation, and *P* value) of herd size, breed, milk production, yearly first calving cow proportion, proportion of cows with SARA, average calving interval, having at least one death and municipal cattle density were the same as previously described (whole France), and were not reported in the table.

Effects of dry period length, good breeding practice member, autumn calving peak and age at calving 1 were also not reported in the table, because differences with the previously described results were only found in few dairy production area.

3: For an increase of 10%.

\*: *P* < 0.05 ; \*\*: *P* < 0.01 ; \*\*\* : *P* < 0.001

## **IV– CORRELATIONS SPATIALES DES FACTEURS DE RISQUE SANITAIRES**

### **SANITAIRES**

#### **1 Introduction**

Dairy cow mortality and milk quality were previously studied assuming the independence of health results and explanatory variables among nearby farms. The variables independency was suggested by the characteristics of the diseases studied. They did not directly depend on infections across farms. The infectious mechanisms involved were intra herd infections (mastitis), infections from the herd environment (straw, soil ...) or infection related to animal introduction (taken into account with the variable “purchase”). Nevertheless, the closer the farms, the more common the farming conditions are likely to be. Neighboring farms could have benefit from similar or close natural conditions as from a common institutional context: the same financial and production constraints, the same farm advisers, the same vets ... Moreover, nearby farmers are likely to interact and do not really behave independently.

This suggests testing the spatial effect of the dairy cow health; the spatial effects are the spatial autocorrelation (no independence of geographical observations) and the spatial heterogeneity (differentiation of variables and space behavior) (Le Gallo, 2002). The spatial heterogeneity refers to the fact that effects are not the same at the various places of the area: it can induce a heterogeneity issue for the parameters, and instability of estimators. These issues were partially taken into account when applying the models at the dairy production area level instead of the national level.

The spatial autocorrelation represents the coincidence of value similarities with locational similarities. A null spatial autocorrelation means that the spatial repartition of the

variable is randomized. The spatial autocorrelation relies on (i) the spatial organization of activities and on (ii) the bad model specification, in particular when some spatially correlated variables were omitted in the model (Le Gallo, 2002). The autocorrelation of the outcome variable of a model shows the tendency of the spatial concentration of high or low values (positive correlation), or the tendency to have opposite values between a given farmer and his neighbors (negative correlation). Moreover, the autocorrelation of the residuals of a model shows the presence of a local common effect that is not taken into account in the model: this effect can be related to natural condition similarities or to a local institutional effect. The aim of this study is to test the spatial autocorrelation of the previous models (mortality and udder health) and to detect the presence of spatial health determinants.

## **2 Materials and methods**

Datasets, unit construction, variables calculation methods, statistics methods and detailed models used were previously described, in two previous studies.

Spatial autocorrelation is based on weight matrix (Le Gallo, 2002). In the present study, contiguity matrixes  $W$  were built with MySQL software (MySQL, version 5.0, Oracle Copr., Redwood City, CA). Farms within the same municipality were considered as neighbors. The matrixes were standardized: a weight was calculated for each farm, depending on the number of neighbors (i.e., the number of farms in the municipality minus one). Other matrixes were built with supra-municipality areas (C27 areas, between municipality and administrative canton). All weights were between 0 and 1: this allowed a comparison of the spatial indicators among different models.

The spatial model was constructed from the common linear regression model:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad [1]$$

where  $y$  was the vector of observations of the outcome variable,  $X$  the matrix of the explanatory variables,  $\beta$  the vector of the estimators, and  $\varepsilon$  the vector of residuals.

The autoregressive spatial model was then built by adding the lag endogenous variable  $W_y$  to [1]:

$$y = \rho W_y + X\beta + \varepsilon \quad [2]$$

$W_y$  was the variable associating the matrix  $W$  and the variable  $y$ . For an individual  $i$ , this variable was the weighted mean values of  $y$  for all neighbors of  $i$  (because  $W$  is standardized):

$$(W_y)_i = \sum_{j \neq i} w_{ij} y_j \quad [3]$$

Consequently,  $\rho$  is the autoregressive spatial estimator of [2]. Moreover, the spatial autocorrelation of residuals was tested by decomposing  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \lambda W'_\varepsilon + u \quad [4]$$

The combination of the Spatial AutoRegressive model [2] and the Spatial AutoCorrelation [4] gave the definitive SACSAR model:

$$y = \rho W_y + X\beta + \varepsilon, \quad \varepsilon = \lambda W'_\varepsilon + u \quad [5]$$

where  $\lambda$  represents the intensity of residual interdependence within neighbors and  $u$  is the error term residuals with  $u \sim \text{iid}(0, \sigma^2 I)$ .

Data was analysed with R (version 2.10.1, 2009-12-14, The R foundation for statistical Computing, Vienna, Austria). The R package “spdep” (version 0.5-26, 2010-11-25) was used for CMSCC linear models and for the mortality linear models corrected by the Heckman method. The probit part of the Heckman model was not spatialized. Models were applied for each area separately, and the effect of area was consequently removed from the models. Grass on land ratio was included in all models. For the Heckman models, the variable typology was removed from the probit part (as it was for the France model), but cattle density and

inhabitant density were not. Because spatial methods required heavy weights matrix and area 1 had a high number of farms, it was devised into area 1a and 1b (administrative department 22, 29, 35, 56 and 53, 72, 44, 49, 85, respectively).

### **3 Results**

Among the spatial and non spatial models, estimators were very close and P values classes were the same, so only the spatial models results were reported (See chapter III).

The autoregressive spatial estimator  $\rho$  and the spatial autocorrelation of residuals estimator  $\lambda$  were reported in the Tables 1 and 2. They must be interpreted as correlations with a range of value between 0 and 1. A negative and low (-2 to - 3%) correlation of mortality rate ( $\rho$ ) among municipalities was reported for areas 2 and 3 ( $P < 0.05$ ) and a tendency appeared for areas 1a, 1b and 4 ( $P < 0.1$ ) (Table 1). A positive but low (+2 to +3 %) correlation of CMSCC ( $\rho$ ) among municipalities was reported for areas 1a ( $P < 0.05$ ) and a tendency appeared for areas 3, 6 and 9 ( $P < 0.1$ ) (Table 2). A negative and moderate (+5 to +12%) spatial autocorrelation of the mortality rate and CMSCC residuals ( $\lambda$ ) among municipalities was reported for areas 1a, 2 and 3 (MO-RA,  $P < 0.05$ ) and for all areas except areas 5 and 6 (CMSCC,  $P < 0.05$ ) and a tendency appeared for areas 4 and 8 (MO-RA,  $P < 0.1$ ) (Tables 1 and 2). Except for area 2 ( $\rho$ , MO-RA), area 1a ( $\rho$ , CMSCC) and area 5 ( $\lambda$ , CMSCC), the same effects were found for the supra municipality level, and  $\rho$  and  $\lambda$  values were higher, with correlations up to 30%.

### **4 Discussion**

The autoregressive spatial estimator  $\rho$  was significant in 3 dairy production areas for the mortality rate and in 1 area for CMSCC. Nevertheless, the CMSCC effect must be interpreted with extreme care because the effect is not found significant when calculated in the supra municipality level. For MO-RA, the negative values of  $\rho$  showed that an increased

mortality on neighbors was associated with a decreased mortality in the considered unit. In other words, each farm was located in a municipality (or supra municipality) area where the mortality rate took contrasted values compared to the given farm. This did not show behavioral similarities of farmers from the same area. On the contrary, this is in accordance with previous results suggesting that farmers are sensitive to neighbor's technical results (Burton, 2004). Moreover, farmers were reported to be interested on neighbor's results and to compare their own results to the neighbor's one (Road Side Farming). This hypothesis would be in accordance with the lack of  $\rho$  significance in the CMSCC models, when considering that milk quality is not directly observable by neighbors. Moreover, CMSCC was constrained by law similarly for all farmers, while was not MO-RA.

The autoregressive spatial estimator  $\rho$  is linked to the relationship between neighbor farmers and reflects bilateral interactions. It refers to microeconomics and can't be considered as an institutional effect.

The autoregressive spatial estimator  $\rho$  always stayed low (less than 6% in supra municipality level). This low correlation is in accordance with the very close estimators and same P values classes among the spatial and non spatial models, as previously shown. Even if estimators were biased and non consistent in the non spatial models, the usefulness of the spatial model for estimator accuracy remained low in the present study.

The spatial autocorrelation of residuals estimator  $\lambda$  was significant for many areas and reached up 30% for the supra municipality areas. It clearly demonstrates the presence of some variables that were correlated for the farms within the areas and that were lacking in the models. One or several variables that would be useful to explain mortality or CMSCC change were present at the area level. In the present study, municipality level calculated variables (cattle density, inhabitant density and grass on land ratio) were included in the models (except inhabitant density in CMSCC model, as suggested by the national level results). This

inclusion aimed at taking into account the local density of animals and the production intensification. It seems relevant to include these variables: when they were deleted from the model, the  $\lambda$  values were the same increased in some areas.

The significant  $\lambda$  effect reported when cattle density, inhabitant density and grass on land ratio were included in the models demonstrated the presence of an institutional factor that linked positively the health results of neighbor farms. Indeed, this effect could not be related to the local natural conditions, because these effects were taken into account with the 3 contextual variables (cattle density, inhabitant density and grass on land ratio). The institutional effect shown here relies on local collective tools, exchanges and competencies that are carried and allowed by farmer's relationships themselves, by all the farmer's advice givers and by the farmer's suppliers. Further research is needed to identify more precisely the institutional factors involved.

## 5 Tables

**Table 1.** Spatial correlation of mortality in 2005

	With the contextual variables			
	Municipality		Supra municipality (C27)	
	Rho ( $\rho$ )	Lambda ( $\lambda$ )	Rho ( $\rho$ )	Lambda ( $\lambda$ )
Area 1a	-0.023 .	0.071 *	-0.034	0.073 .
Area 1b	-0.020 .	0.007	-0.030	0.040
Area 2	-0.022 *	0.046 *	-0.024	0.111 **
Area 3	-0.023 *	0.057 ***	-0.060 **	0.120 **
Area 4	-0.017 .	0.036 .	-0.051 *	0.170 ***
Area 5	-0.002	0.040	-0.027	0.147 .
Area 6	-0.006	-0.002	0.001	0.085
Area 7	-0.012	0.014	-0.028	0.026
Area 8	0.002	0.056 .	0.006	0.051
Area 9	-0.005	0.017	0.002	0.056
Area 10	-0.010	-0.010	-0.048 .	0.017
Area 11	-0.006	-0.015	-0.014	-0.061

. : P < 0.1 ; \* : P < 0.05 ; \*\* : P < 0.01 ; \*\*\* : P < 0.001

**Table 2.** Spatial correlation of CMSCC in 2005

	Municipality		Supra municipality (C27)	
	Rho ( $\rho$ )	Lambda ( $\lambda$ )	Rho ( $\rho$ )	Lambda ( $\lambda$ )
Area 1a	0.025 *	0.097 ***	0.045 .	0.296 ***
Area 1b	-0.020	0.094 ***	-0.002	0.183 ***
Area 2	-0.008	0.072 ***	-0.019	0.168 ***
Area 3	0.020 .	0.055 **	0.004	0.177 ***
Area 4	-0.009	0.114 ***	-0.034 .	0.293 ***
Area 5	0.010	0.051	0.010	0.010 *
Area 6	0.023 .	-0.005	0.018	0.028
Area 7	0.012	0.058 *	-0.019	0.167 ***
Area 8	0.006	0.059 **	0.015	0.094 **
Area 9	0.012 .	0.102 ***	0.013	0.143 ***
Area 10	-0.009	0.069 **	0.026	0.153 **
Area 11	0.014	0.111 **	0.024	0.357 ***

. : P < 0.1 ; \* : P < 0.05 ; \*\* : P < 0.01 ; \*\*\* : P < 0.001



## V- SANTE DES BOVINS ET PRODUCTIONS DE QUALITE

### 0 Abbreviations used and previous results

**Table 0.** Mortality change with the probit and Heckman models for dairy production areas

		Mortality change (%)			
		2005		2006	
		Model Probit	Heckman	Model Probit	Heckman
Intercept		-149 ***	-49.8 ***	-149 ***	-49.8 ***
Number of cow-years <sup>1</sup>		25.0 ***	2.0 ***	25.0 ***	2.0 ***
Predominant breed	Holstein	reference	reference	reference	reference
	Montbéliarde	-37.5 ***	-12.5 ***	-36.3 ***	-13.5 ***
	Normande	-44.9 ***	-15.7 ***	-46.6 ***	-16.3 ***
	No predominant	-19.9 ***	-6.2 ***	-22.4 ***	-7.3 ***
	Other breeds	-58.4 ***	-20.4 ***	-56.9 ***	-19.3 ***
Farm typology	Dairy		reference		reference
	Dairy and Beef	removed	8.0 ***	removed	8.0 ***
	Dairy and Fattening		-15.0		0.1
Purchased cow proportion	No purchase	reference	reference	reference	reference
	Low purchase	22.6 ***	8.2 ***	21.8 ***	7.5 ***
	High purchase	44.7 ***	17.6 ***	33.8 ***	13.0 ***
First calving cow proportion <sup>2</sup> , %		3.0 ***	1.0 ***	3.0 ***	1.0 ***
Culling rate <sup>2</sup> , %		-6.0 ***	-2.0 ***	-5.0 ***	-2.0 ***
Average Calving Interval <sup>3</sup> , days		2.0 ***	1.0 ***	2.0 ***	1.0 ***
Autumn Calving Peak	No	reference	reference	reference	reference
	Yes	-6.9 ***	-2.7 ***	-7.9 ***	-3.1 ***
Milk Control Program Member	No	reference	reference	reference	reference
	Yes	10.6 ***	2.5 ***	8.3 ***	1.4 ***
Good Breeding Practices Member	No	reference	reference	reference	reference
	Yes	-7.1 ***	-3.6 ***	-6.1 ***	-3.7 ***
Cattle density <sup>4</sup> , LU/km <sup>2</sup>		removed	3.1	removed	-3.0
Inhabitant density <sup>5</sup> , /km <sup>2</sup>		removed	2.1 ***	removed	3.2 ***
Dairy Production Area	1 (Grand-Ouest)	reference	reference	reference	reference
	2 (Normandie)	13.7 ***	6.8 ***	16.2 ***	6.4 ***
	3 (Nord)	10.1 ***	4.7 ***	8.5 ***	4.4 ***
	4 (Est)	22.9 ***	9.9 ***	27.9 ***	10.3 ***
	5 (Centre)	8.6 *	5.1 ***	0.8	2.7 ***
	6 (Poitou)	12.0 ***	5.3 ***	9.9 ***	4.9 ***
	7 (Massif Central)	19.7 ***	8.6 ***	13.5 ***	6.2 ***
	8 (Rhône-Alpes)	16.3 ***	7.7 ***	11.8 ***	6.0 ***
	9 (Sud-Ouest)	10.7 ***	5.4 ***	12.3 ***	5.7 ***
	10 (Franche-Comté)	2.5	0.9 *	10.6 ***	3.9 ***
	11 (Savoie)	-13.5 ***	-4.1 ***	-9.7 **	-2.6 ***
Inverse Mill'sRatio			38.4 ***		37.8 ***
Adjusted R-squared			0.249		0.234

1: for an increase in herd size of 10 cows

2: for an increase of 10%

3: for an increase of 10 days

4: for an increase of 10 LU

5: for an increase of 10 inhabitants

\*: P < 0.05 ; \*\*: P < 0.01 ; \*\*\* : P < 0.001

Removed : the effect was removed from the model (see materials and methods)

The results are expressed in mortality change (%). For instance, an increase in herd size of 10 cows was associated with a +25% change in the probability of mortality and a mortality rate change of +2.0%, in 2005.

**Table 00.** CMSCC change in linear model and static panel data analysis

		Linear model	
		2005	2006
Intercept		504.9 ***	513.9 ***
Number of cows <sup>2</sup>		1.3 ***	1.2 ***
Predominant breed	Holstein	reference	reference
	Montbéliarde	- 27.1 ***	-27.5 ***
	Normande	- 14.5 ***	-13.7 ***
	No predominant	- 10.6 ***	-9.8 ***
	Other breeds	- 40.3 ***	-37.5 ***
Farm typology	Dairy	reference	reference
	Dairy and Beef	3.1 ***	3.6 ***
	Dairy and Fattening	1.8 ***	1.7 ***
Milk production <sup>3</sup> , L		- 8.9 ***	-7.9 ***
Length of dry period <sup>5</sup> , days		-1.4 ***	-2.3 ***
Yearly first calving cow <sup>4</sup> , %		- 4.6 ***	-4.1 ***
Age at first calving, months		1.0 ***	1.0 ***
Culling rate <sup>4</sup> of current year, %		-0.1	-0.1
Purchased cow proportion	No purchase	reference	reference
	Low purchase	7.1 ***	7.1 ***
	High purchase	6.7 ***	8.6 ***
Cow proportion at risk for SARA <sup>4</sup> , %		5.5 ***	5.9 ***
Cow proportion at risk for NEB <sup>4</sup> , %		1.7 ***	1.8 ***
Average Calving Interval <sup>5</sup> , days		2.2 ***	2.2 ***
Autumn Calving Peak	No	reference	reference
	Yes	-2.1 ***	-2.0 ***
At least one dead cow a year	No dairy cow death	reference	reference
	At least one dairy cow death	3.3 ***	3.2 ***
Good Breeding Practices Member	No	reference	reference
	Yes	-7.8 ***	-7.6 ***
Cattle density, LU/km <sup>2</sup>		-6.7 ***	-7.3 ***
Dairy Production Area	1 (Grand-Ouest)	reference	reference
	2 (Normandie)	- 0.9 *	-3.2 ***
	3 (Nord)	5.7 ***	4.2 ***
	4 (Est)	- 4.5 ***	-5.6 ***
	5 (Centre)	12.5 ***	9.4 ***
	6 (Poitou)	14.8 ***	13.1 ***
	7 (Massif Central)	- 3.7 ***	-5.0 ***
	8 (Rhône-Alpes)	- 0.2	-1.3
	9 (Sud-Ouest)	8.8 ***	5.2 ***
	10 (Franche-Conté)	- 6.1 ***	-3.7 ***
	11 (Savoie)	- 35.3 ***	-34.4 ***
Adjusted R-squared		0.24	0.25

\* :  $P < 0.05$  ; \*\* :  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

2: for an increase in herd size of 10 cows    3: for an increase of 1,000 L (305 day milk) or 10 L (day milk)

4: for an increase of 10%

5: for an increase of 10 days

6: for an increase of 100 days

The results were expressed in CMSCC change (%). For instance, CMSCC increased by 1.3, 1.2 and 3.9 % for each 10 cow herd size increase in 2005 (linear model), 2006 (linear model) and 2005-2006 (static panel data model), respectively

## 1 Introduction

Previous results suggested large variations of CMSCC and mortality rate among dairy production areas. In particular, areas 2 and 7 had amazing CMSCC results: compared to area 1, CMSCC decreased by 0.9% and 3.7%, in areas 2 and 7, respectively, for 2005. The 2006 respective estimators were -3.2 and -5.0%. On the contrary, 2005 and 2006 mean annual CMSCC values were higher for area 2 (271 and 270,000 cells/mL), area 7 (271 and 274,000 cells/mL), compared to area 1 (255 and 257,000 cells/mL). The coefficients of areas 2 and 7 represented specific and homogeneous risk factors relative to the farming system that were not included in the other variables of the models. The effects of areas 2 and 7 could also come from compensatory practices of farmers in order to maintain CMSCC around 250,000 cells/mL, given some “at risk” characteristics and specificities of these areas (considered through the other factors of the models). Moreover, all the areas negatively associated with CMSCC (areas 2, 4, 7, 10, 11) had at least half of the units in a Protected Designation of Origin (**PDO**) area, whereas others areas had less than half of the units in a PDO area. Furthermore, areas 2, 4 and 7 had the highest change in both the probability of mortality and the mortality rate (see part 2, chapter I). Taken together, this suggests a relationship between PDO and dairy cattle health.

Protected Designation of Origin (**PDO**) is a quality scheme protecting products that have specific characteristics linked to their place of origin. The word “terroir” is used to qualify this place of origin where the goods are produced, processed and prepared. A terroir is a “A geographical area with defined boundaries where a human community generates and accumulates along its history a collective production knowledge based on a system of interactions between biophysical and human factors” (Béranger et al., 2008). PDO are based both on local co ordinations among economic players and on the development of a protective legal framework. Each PDO is ruled by specific quality norms. These norms compel the

economic players (farmers, processors, ripeners) to adopt specific practices. It enables them as well to build a collective reputation for the product, to generate a relative scarcity that lead to higher market price compared to generic products. Depending on the collective organization of the PDO, the repartition of the value added among the economic operators is more or less equal. Dairy farmers under PDO may have access to a higher milk price at the condition that they compel to certain rules among them: breed, heifer breeding, diet the products as well specific milk quality requirement. PDO are consequently associated with specific unit structural factors and management practices. They probably refer to particular competences. Municipal areas where PDO production is allowed are defined by law. Nevertheless, farmers of these areas could produce milk that is not used for PDO cheese (**No PDO**). Moreover, some farmers produce milk and transform it into cheese at the unit (**PDO Unit**) and other are engaged into milk production for PDO cheese, with cheese made in industrial dairies (**PDO Industrial**).

The hypothesis lies on a modification of the farmer's competencies and capabilities in PDO Unit and PDO Industrial: by inducing a focus of the farmer on the milk quality, PDO would be associated with a certain shift of skills from production to processing. The aim was to describe dairy cow mortality and CMSCC in No PDO, PDO Units and PDO Industrial.

The grass on land ratio was included in all models. For the Heckman models, the variable typology was removed from the probit part (as it was for the France model), but cattle density and inhabitant density were not.

## **2 Materials and methods**

Datasets, unit construction, variables calculation methods, statistics methods and detailed models used were previously described, in two previous studies.

Protected Designation of Origin (**PDO**) areas and units identification were provided from the National Institute for Quality ([www.inao.gouv.fr](http://www.inao.gouv.fr)). All units associated with PDO

production (PDO Unit or PDO Industrial) were identified for the 5 PDO of areas 7: Bleu d'Auvergne (**BLEU**), Fourme d'Ambert (**AMB**), Fourme de Montbrison (**MONT**), Cantal (**CANT**) and Saint-Nectaire (**STNEC**). For each PDO, all units described in BDNI or Milk Control Program that were not identified as associated with PDO but that were in the PDO area were considered as No PDO.

The mortality rate and CMSCC were compared among PDO Unit, PDO Industrial and No PDO with t-test (R, version 2.10.1 [2009-12-14], The R Foundation for Statistical Computing). A Bonferroni correction was used ( $P$  values multiplied by 2, because the 2 t-test were performed separately). The Heckman (mortality) and the linear regression model (CMSCC) were applied per PDO and for 2005 and 2006, separately. All the variables included in the previous France models except dairy production areas were used, and the categorical variable PDO (2 or 3 levels) was added. The grass on land ratio was included in all models. For the Heckman models, the variable typology was removed from the probit part (as it was for the France model), but cattle density and inhabitant density were not. When a variable was not significant in both 2005 and 2006, it was removed from the model.

### **3 Results**

The descriptive statistics related to number of cows, units, units without death, mortality rate and CMSCC were reported in Tables 1 to 4. For CANT and STNEC, the proportion of units with no death was low (23 to 30 %) for PDO Units compared to PDO Industrial and No PDO (Table 1). This was not reported for BLEU and MONT, and tended to appear for AMB in 2005 (Table 2). The CANT mortality rate and mortality rate -0 excluded- were lower ( $P < 0.05$ ) and the STNEC mortality rate -0 excluded- were lower ( $P < 0.05$ ) for PDO Industrial and PDO Unit, compared to No PDO, in 2005 and 2006 (Table 1). CANT and STNEC MO-RA-0excluded were lower ( $P < 0.05$ ) for PDO Unit compared to PDO industrial (Table 1). The STNEC mortality rate means and medians tended to be higher for PDO Unit

compared to PDO industrial but no significant effect was reported. The “Bleu” mortality rate and mortality rate -0 excluded- were lower ( $P<0.05$ ) and the “Ambert” mortality rate -0 excluded- were lower ( $P<0.05$ ) for PDO Industrial compared to No PDO, in 2005 and 2006 (Table 2).

CANT CMSCC were lower ( $P<0.05$ ) for PDO industrial and PDO Unit, compared to No PDO, in 2005 and 2006 (Table 3). BLEU and AMB CMSCC were lower ( $P<0.05$ ) for PDO industrial compared to No PDO, in 2005 and 2006 (Table 4).

Tables 5 to 10 showed the regression analysis results for PDO variables and for variables which estimates or P values differed at least once between 2005 and 2006 or from previous results. Nevertheless, when significant, these results are in accordance with previous results. The variables removed from each model or not reported were named below each table. The estimates at the same order and P values in the same class as results previously reported for area 7 or at the national level were not reported in the tables. For Heckman model, only mortality rate change was reported, because of concordance between probit (probability to have death) and linear (mortality rate) models; IMR was positive and significant ( $P<0.001$ ) for all models.

Compared to No PDO, CANT PDO Industrial was associated with a 5.5 and 6.3% decrease of mortality rate change, in 2005 and 2006, respectively (Table 5). The effects of CANT PDO Unit compared to PDO Industrial were not significant for mortality rate (data not shown). Compared to No PDO, 2005 STNEC PDO Industrial and PDO Unit were associated with a 6.6 and 4.9% decrease of mortality rate change, respectively (Table 6). Compared to PDO Industrial, STNEC PDO Unit was associated with a 3.6% increase of mortality rate change in 2006 (Table 6). Compared to No PDO, BLEU PDO Industrial was associated with a 4.2 and 4.4% decrease of mortality rate change, in 2005 and 2006, respectively (Table 7).

Effect of AMB and MONT PDO Industrial compared to No PDO were not significant for mortality rate (data not shown).

Compared to No PDO, CANT PDO Industrial was associated with a 4.1 and 2.3 decrease of CMSCC change, and CANT PDO Unit was associated with a 12.5 and 15.7 decrease of CMSCC change, in 2005 and 2006, respectively (Table 8). Compared to PDO Industrial, CANT PDO Unit was associated with a 14.5% decrease of CMSCC change, in 2006 (Table 8). The effects of STNEC PDO Unit and PDO Industrial compared to NoPDO were not significant for CMSCC (Table 9). The effects of STNEC PDO Unit compared to PDO Industrial were also not significant (data not shown). Compared to No PDO, BLEU PDO Industrial was associated with a 4.8 and 5.3% decrease of mortality rate change, in 2005 and 2006, respectively (Table 10). Effect of AMB and MONT PDO Industrial compared to No PDO were not significant for CMSCC (data not shown).

## **4 Discussion**

### **41 – Protected Designation of Origin areas**

Compared to other areas, area 7 had moderate overall cattle density (0.50 LU/km<sup>2</sup>), high altitude (in average 807 m, with high SD), high grass on land ratios (in average 0.86 %) and 73% of the units located in PDO municipality. Choosing the dairy production area 7 to test a PDO effect allowed including units with variation among structural characteristics. Moreover, the number of PDO per municipality varied from 0 to 5, and PDO areas were overlapping each other. This leded an inclusion of the same units in the analysis of different PDO, in particular for the No PDO. The proportion of units in Milk Control Program is low in area 7 (40 % of units and cows).

Before 2008, the specific quality norms of the studied PDOs concerned only the localization of the farms and the processing conditions. Farmers of the area didn't have, until 2008, to compel to any management rules; the milk was paid according to the national quality

standards. Most of the farmers did not know whether their milk was used to produce PDO (industrial PDO) or not. The information on udder health and mortality in 2005 and 2006 corresponds to this situation. Yet it is likely that the farmers who registered under the PDO in 2008 and committed to follow the new diet and herd management rules are the one whose practices were already close to the ones required by the specific quality norms. Thus it is worth testing their impact on the udder health and mortality.

The case of the PDO unit is specific: the farmers involved in cheese processing have always known they were producing PDO cheese, including which specific PDO. Their long experience in PDO cheese processing is likely to have enabled them to analyze the impact of the quality of their milk on the processing yield as well as on the cheese quality. They are likely to have adjusted their practices to produce a milk adapted to cheese processing.

#### **42 - Mortality**

For CANT, STNEC and BLEU, mortality was decreased for PDO Industrial and PDO Unit, compared to No PDO. Nevertheless, the decrease was reduced for PDO Unit. Two mechanisms seemed to be involved. On one hand, the mortality seemed to decrease with PDO Units compared to other classes, as suggested with MO-RA0excluded means and medians that were always lower for PDO units compared to others classes (Table 1). On the other hand, the higher percentages of farms with at least one death were reported for PDO Unit compared to others classes: this is associated with the higher median of mortality rate for CANT in 2005 and STNEC (2005 and 2006) (Table 1). Nevertheless, this effect probably came at part from the herd-size differences among categories (28, 33, 55 cow-years for CANT, and 23, 32 and 52 cow-years for STNEC, for No PDO, PDO Industrial and PDO Unit, respectively) (Table 1). The probability to have a death increased with the number of cows at risk. The herd size bias is taken into account in the Heckman model (Table 6), suggesting that the herd size is only involved in a part of the mortality rate increased. Taken altogether, this suggests a

decrease of mortality for PDO Unit and PDO Industrial compared to No PDO, and an increase of mortality for PDO Unit compared to PDO Industrial, in part originating from the higher number of units with at least one death.

#### **43 - CMSCC**

CANT CMSCC was decreased for PDO Unit compared to No PDO (2005 and 2006) and to PDO Industrial (2006) (Table 8). These effects were not reported for STNEC, even if CMSCC differences among classes tends to be higher for STNEC compared to CANT: the CCSCC differences between No PDO / PDO Industrial and No PDO / PDO Units were 33, 52,000 (2005, CANT), 30, 53,000 cells/mL (2005, STNEC), 29, 53,000 (2006, CANT) and 48, 62,000 cells/mL (2006, STNEC), respectively. High estimates and no significance (Table 9) and no significant t-test in spite of large differences (Table 3) probably came from the low number of farms involved in STNEC No PDO. This class was used as gold standard for these tests. In other words, the effects of STNEC were difficult to identify, because most of farmers were involved in this production. The same hypothesis could be suggested for the non significant positive effect reported for mortality (Table 6).

#### **44 - Capabilities of farmers**

The present results suggest an increase of udder health and a decrease in mortality for units involved in PDO, compared to standard production. This suggests an increase of the farmer's competences involved in PDO production. Several mechanisms could explain this competences increase: advice provided by the industrial, higher milk price and farmer's sensitivity to disease impact (the financial impact of a disease is increased when the product price is high), different state of mind of farmers ...

Moreover, the present results suggest a shift of the farmer's competencies involved in PDO Farm production: the mortality tended to increase and the CCSMP tended to decrease, when compared to PDO Industrial. Because these farmer's were making cheese at the farm,

and because the quantity of milk transformed was high (50 cow-year, on average), the sensitivity of these farmers to produce high milk quality was likely to be higher. Cantal and Saint-Nectaire are both non pasteurized cheeses, when made in farms, and this probably leads to an increase in the farmers's attention to milk quality. For instance, the presence of *Salmonella* spp or *Listeria* spp in the cheese induces the destruction of the whole recent cheese production. On the contrary, cheese made in dairies is often pasteurized. The increase of mortality in PDO Unit compared to PDO Industrial could come from the fact that mortality is not directly involved in cheese making: this suggests a shift of the competencies of the farmers or a shift of the farmer's consideration of the different health problems. Indeed, the higher proportion of farm with at least one death and the lower mortality rate -0excluded- in PDO Unit compared to PDO Industrial suggest that PDO Unit farmers are able to manage dairy mortality, but mortality (and probably general health of the cow) is not addressed by the farmers, on the contrary to the udder health. Because making cheese takes a lot of time twice a day, the time related to the dairy herd management can be reduced. The present study did not manage to distinguish a shift of competencies from a modification of the farmer's health focus; it nevertheless clearly showed that positive and negative dairy cow health variations occurred, in relation with some modification among the farmer's health management, for farms involved in PDO productions.

## 5 Tables

**Table 1.** Number of cows, number of units and mortality rates in 2005 and 2006 for PDO Cantal and Saint-Nectaire

		2005				2006			
		Overall PDO area	No PDO	PDO Industrial	PDO Unit	Overall PDO area	No PDO	PDO Industrial	PDO Unit
CANTAL									
Number of cows		103,145	31,675	66,923	4,547	101,070	28,742	67,686	4,642
Number of units	Overall	3,238	1,124	2,031	83	3,114	996	2,034	84
	No death	1,388 (43%)	503 (44%)	860 (42%)	25 (30%)	1,322 (42%)	443 (44%)	856 (42%)	23 (27%)
Mortality rate, %	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maximum	81.2	81.2	30.5	16.3	57.4	57.4	35.3	16.2
	Mean <sup>1</sup>	3.6	4.2	3.3 ***	3.2 *	3.5	4.0	3.3 ***	3.1*
	SD	4.9	6.3	4.1	3.4	4.6	5.8	4.0	3.3
	Median	2.4	2.5	2.4	2.7	2.5	2.4	2.5	2.3
Mortality rate, % (0 excluded)	Minimum	0.7	0.7	0.9	0.8	0.6	1.2	0.8	0.6
	Maximum	81.2	81.2	30.5	16.3	57.4	57.4	35.3	16.2
	Mean <sup>1</sup>	6.3	7.5	5.7 ***	<b>4.5 ***</b>	6.1	7.2	5.6 ***	<b>4.2***</b>
	SD	5.1	6.9	3.8	3.2	4.7	6.1	3.8	3.1
	Median	4.9	5.7	4.6	3.3	4.7	5.6	4.5	3.3
SAINT-NECTAIRE									
Number of cows		31,416	4,239	15,205	11,972	30,938	3,543	15,245	12,150
Number of units	Overall	886	183	473	230	854	147	476	231
	No death	358 (40%)	95 (52%)	199 (42%)	64 (27%)	332 (38%)	77 (52%)	200 (42%)	55 (23%)
Mortality rate, %	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maximum	31.4	31.0	30.5	31.4	36.3	36.3	31.4	13
	Mean <sup>1</sup>	3.7	4.1	3.5	3.6	3.5	3.8	3.4	3.3
	SD	4.7	6.0	4.3	4.1	4.5	6.6	4.3	2.9
	Median	2.4	0	2.5	2.7	2.4	0	2.4	2.6
Mortality rate, % (0 excluded)	Minimum	0.7	1.6	1	0.7	0.8	1.5	0.9	0.8
	Maximum	31.4	31	30.5	31.4	36.3	36.3	31.4	13
	Mean <sup>1</sup>	6.1	8.6	6.1***	<b>5.0***</b>	5.6	8.1	5.8*	<b>4.3***</b>
	SD	4.6	6.1	4.1	4.1	4.6	7.5	4.2	2.6
	Median	4.9	7.6	5	3.9	4.3	5.3	4.6	3.6

1 : t-tests (with Bonferoni correction) were performed for means (PDO Industrial and PDO Unit) with No-PDO mean as reference.

\*: P < 0.05 ; \*\*: P < 0.01 ; \*\*\* : P < 0.001

Means in bold were significantly different from PDO Industrial mean (t-test, P>0.05)

**Table 2.** Number of cows, number of units and mortality rates in 2005 and 2006 for PDO Bleu d’Auvergne, Fourme d’Ambert et Fourme de Montbrison

		2005			2006		
		Overall PDO area	No PDO	PDO Industrial	Overall PDO area	No PDO	PDO Industrial
<b>BLEU D AUVERGNE</b>							
Number of cows		208,400	91,137	117,263	205,188	86,296	118,892
Number of units	Overall	6,610	3,174	3,436	6,399	6,399	3,446
	No death	2,740 (41%)	1,368 (43%)	1,372 (39%)	2,671 (42%)	2,671 (41%)	1,398 (40%)
Mortality rate, %	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Maximum	81.2	81.2	39.4	57.4	57.4	52.2
	Mean <sup>1</sup>	3.8	4.2	3.4 ***	3.6	3.9	3.4 ***
	SD	5.1	5.8	4.1	4.7	5.1	4.2
	Median	2.7	2.7	2.7	2.5	2.5	2.6
Mortality rate, % (0 excluded)	Minimum	0.7	0.7	0.9	0.6	0.8	0.6
	Maximum	81.2	81.2	39.4	57.4	57.4	52.2
	Mean <sup>1</sup>	6.5	7.3	5.8 ***	6.2	6.8	5.8 ***
	SD	5.0	5.9	3.9	4.6	5.1	4.1
	Median	5.1	5.7	5	4.8	5.4	4.6
<b>FOURME AMBERT</b>							
Number of cows		102,059	57,472	44,587	99,795	54,522	45,272
Number of units	Overall	3,123	1,869	1,254	2,985	1,728	1,257
	No death	1,258 (40%)	801 (42%)	457 (36%)	1,234 (41%)	741 (43%)	493 (39%)
Mortality rate, %	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Maximum	47.3	47.3	27.6	52.2	52.2	27.9
	Mean <sup>1</sup>	4.0	4.1	3.8	3.7	3.8	3.5
	SD	5.1	5.6	4.2	4.8	5.2	4.1
	Median	2.8	2.5	2.9	2.4	2.3	2.6
Mortality rate, % (0 excluded)	Minimum	0.7	0.7	1.2	0.8	0.8	1.1
	Maximum	47.3	47.3	27.6	52.2	52.2	27.9
	Mean <sup>1</sup>	6.6	7.1	6.0 ***	6.2	6.6	5.7 ***
	SD	5.1	5.8	3.9	4.8	5.4	3.8
	Median	5.2	5.5	4.9	4.8	5.1	4.6
<b>FOURME DE MONTBRISON</b>							
Number of cows		6,684	3,785	2,899	6,594	3,664	2,929
Number of units	Overall	288	160	128	278	149	129
	No death	132 (46%)	74 (46%)	58 (45%)	123 (44%)	65 (43%)	58 (45%)
Mortality rate, %	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Maximum	31.9	23.4	31.9	23.2	23.2	20.8
	Mean <sup>1</sup>	4.1	4.1	4.0	4.1	4.2	3.9
	SD	5.1	4.9	5.2	5.0	5.2	4.7
	Median	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.4
Mortality rate, % (0 excluded)	Minimum	1.7	1.7	1.9	1.6	1.6	2.1
	Maximum	31.9	23.4	31.9	23.2	23.2	20.8
	Mean <sup>1</sup>	7.4	7.5	7.4	7.3	7.5	7.1
	SD	4.8	4.4	5.1	4.6	4.8	4.2
	Median	5.9	5.9	5.8	5.7	5.7	6.1

1 : t-tests (with Bonferoni correction) were performed for PDO Industrial means with No-PDO mean as reference.

\*: P < 0.05 ; \*\*: P < 0.01 ; \*\*\* : P < 0.001

**Table 3.** Number of cows, number of units and CCSMP in 2005 and 2006 for PDO Cantal and Saint-Nectaire

	2005				2006			
	Overall PDO area	No PDO	PDO Industrial	PDO Unit	Overall PDO area	No PDO	PDO Industrial	PDO Unit
<b>CANTAL</b>								
Number of cows	43,066	10,101	30,609	2,356	42,459	9,044	30,938	2,477
Number of units	1,430	344	1,032	54	1,397	303	1,038	56
CCSMP, Minimum	50	65	50	76	40	56	40	93
cells/mL Maximum	1,426	1,038	1,426	470	1,001	963	1,001	807
(x1,000) Mean <sup>1</sup>	259	285	252 ***	233 ***	268	292	263 ***	239 **
SD	122	136	117	90	125	139	119	122
Median	241	271	236	214	252	277	247	227
First decade	130	133	129	128	132	138	132	119
Last decade	406	448	392	348	418	467	407.3	340
<b>SAINT-NECTAIRE</b>								
Number of cows	10,536	1,069	4,725	4,742	10,593	950	4,707	4,936
Number of units	301	35	154	112	297	30	152	115
CCSMP, Minimum	57	87	57	75	56	101	72	56
cells/mL Maximum	845	798	845	665	913	644	913	720
(x1,000) Mean <sup>1</sup>	282	317	287	264	284	332	284	270
SD	138	166	141	122	129	148	122	130
Median	249	266	241	246	262	317	267	242
First decade	137	142	150	119	140	141	154	136
Last decade	467	540	473	444	434	570	422	426

1 : t-tests (with Bonferoni correction) were performed for means (PDO Industrial and PDO Unit) with No-PDO mean as reference.

\*: P < 0.05 ; \*\*: P < 0.01 ; \*\*\* : P < 0.001

Means in bold were significantly different from PDO Industrial mean (t-test, P>0.05) (No one in this table)

**Table 4.** Number of cows, number of units and CCSMP in 2005 and 2006 for PDO Bleu d’Auvergne, Fourme d’Ambert et Fourme de Montbrison

		2005			2006		
		Overall AOP area	No AOP	AOP Industrial	Overall AOP area	No AOP	AOP Industrial
<b>BLEU D’AUVERGNE</b>							
Number of cows		88,323	32,782	55,541	87,432	31,345	56,087
Number of units		2,880	1,084	1,796	2,827	1,025	1,802
CCSMP, cells/mL (x1,000)	Minimum	41	41	50	40	56	40
	Maximum	1,753	1,753	1,426	1,611	1,611	1,001
	Mean <sup>1</sup>	275	301	260 ***	276	300	263 ***
	SD	132	155	114	128	145	115
	Median	255	275	246	258	277	247
	First decade	139	144	135	138	146	135
	Last decade	428	475	405	423	468	400
<b>FOURME D’AMBERT</b>							
Number of cows		40,859	21,508	19,351	40,684	20,935	19,749
Number of units		1,284	677	607	1,253	643	610
CCSMP, cells/mL (x1,000)	Minimum	57	57	58	40	63	40
	Maximum	1,753	1,753	971	1,611	1,611	768
	Mean <sup>1</sup>	275	290	259 ***	271	286	256 ***
	SD	140	156	118	126	141	104
	Median	253	263	246	254	266	242
	First decade	134	141	128	138	140	134
	Last decade	431	452	406	419	442	385
<b>FOURME DE MONTBRISON</b>							
Number of cows		3,324	1,982	1,342	3,183	1,814	1,369
Number of units		145	82	63	138	75	63
CCSMP, cells/mL (x1,000)	Minimum	71	82	71	81	85	81
	Maximum	675	525	675	862	624	862
	Mean <sup>1</sup>	258	271	239	269	279	257
	SD	104	96	110	131	117	145
	Median	249	259	237	247	259	214
	First decade	130	167	114	130	135	123
	Last decade	388	400	371	431	439	424

<sup>1</sup> : t-tests (with Bonferoni correction) were performed for PDO Industrial means with No-PDO mean as reference. \*: P < 0.05 ; \*\*: P < 0.01 ; \*\*\* : P < 0.001

**Table 5.** Mortality change with the Heckman models for PDO Cantal<sup>1</sup>

		Mortality change <sup>2</sup> (%)	
		2005	2006
Unit typology	Dairy	Reference	Reference
	Dairy Beef	0.9	2.2 **
	Dairy Fattening	-0.8	0.1
Protected designation of Origin	No PDO	Reference	Reference
	PDO Industrial	-5.5 ***	-6.3 ***
	PDO Unit	-3.0	-2.0
Adjusted R-squared		0.31	0.31

1 : The results are expressed in mortality change (%). For instance, an increase in first calving proportion of 10% was associated with a mortality rate change of +1.0%, in 2005. Further, a unit with PDO industrial was associated with a mortality rate change of -5.5%, in 2005.

2 : Effects (estimate order of magnitude, way of variation, and *P* value) of herd size, breed, purchase cow proportion, first calving cow proportion, culling rate and average calving interval were the same as previously described (whole France), and were not reported in the table.

Compared to reference model (whole France), the variables autumn calving peak, Milk Control Program member, Good breeding practices member, cattle density, inhabitant density, and grass on land ratio were removed from the model, because they were not significant ( $P > 0.05$ ).

\*:  $P < 0.05$  ; \*\*:  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

**Table 6.** Mortality change with the Heckman models for PDO Saint-Nectaire

		Mortality change <sup>2</sup> (%)			
		2005		2006	
First calving cow proportion <sup>3</sup> , %		2.0 *	2.0 **	-0.1	-0.1
<b>PDO</b>	No PDO	Reference		Reference	
	PDO Industrial	-6.6 ***	Reference	-2.2	Reference
	PDO Unit	-4.9 *	1.8	-1.4	3.6 *
Adjusted R-squared		0,30	0,30	0.28	0.29

1 : The results are expressed in mortality change (%). For instance, an increase in first calving proportion of 10% was associated with a mortality rate change of +1.0%, in 2005. Further, a unit with PDO industrial was associated with a mortality rate change of -5.5%, in 2005.

2 : Effects (estimate order of magnitude, way of variation, and *P* value) of herd size, breed, purchase cow proportion and average calving interval were the same as previously described (whole France), and were not reported in the table.

Compared to reference model (whole France), the variables typology, culling rate, autumn calving peak, Milk Control Program member, Good breeding practices member, Cattle density and grass on land ratio were removed from the model, because they were not significant ( $P > 0.05$ ).

3: for an increase of 10%.

\*:  $P < 0.05$  ; \*\*:  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

**Table 7.** Mortality change with the Heckman models for PDO Bleu d'Auvergne<sup>1</sup>

		Mortality change <sup>2</sup> (%)	
		2005	2006
Good Breeding Practices	No	Reference	Reference
	Yes	-4.3 ***	-0.7
Protected designation of Origin	No PDO	Reference	Reference
	PDO Industrial	-4.2 ***	-4.4 ***
Adjusted R-squared		0.28	0.29

1 : The results are expressed in mortality change (%). For instance, an increase in first calving proportion of 10% was associated with a mortality rate change of +3.0%, in 2005. Further, a unit with PDO industrial was associated with a mortality rate change of -4.2%, in 2005.

2 : Effects (estimate order of magnitude, way of variation, and *P* value) of herd size, breed, typology, purchase cow proportion, culling rate, average calving interval, autumn calving peak and Milk Control Program member were the same as previously described (whole France), and were not reported in the table.

Compared to reference model (whole France), the variables cattle density, inhabitant density, and grass on land ratio were removed from the model, because they were not significant ( $P > 0.05$ ).

\*:  $P < 0.05$  ; \*\*:  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

**Table 8.** CMSCC change with the Heckman models for PDO Cantal<sup>1</sup>

		CCSMP change <sup>2</sup> , %			
		2005		2006	
Length of dry period <sup>3</sup>		1.0	1.0	-2.0 *	-1.0
Cow proportion at risk for NEB, %		0.4	0.6 *	0.3	0.3
At least one death	No	Reference	Reference	Reference	Reference
	Yes	5.3 *	3.6	8.9 ***	10.1 ***
PDO	No PDO	Reference		Reference	
	PDO Industrial	-4.1	Reference	-2.3	Reference
	PDO Unit	-12.5 *	-8.4	-15.7 *	-14.5 *
Adjusted R-squared		0,20	0,18	0.20	0.19

1: The results were expressed in CCSMP change (%). For instance, CMSCC increased by 5.3 % when at least one death occurred, compared to no death. Further, a unit with PDO unit was associated with a CMSCC rate change of -12.5%, in 2005.

2: Effects (estimate order of magnitude, way of variation, and *P* value) of the herd size, the breed, the typology, the milk production, the first calving cow proportion, the purchase cow proportion, the percentage of cows with SARA and NEB, the average calving interval, end being a good member practice the same as previously described (whole France), and were not reported in the table.

Compared to reference model (whole France), the age at first calving, the culling rate, the autumn calving peak, the cattle density, the agricultural grass land on overall land ratio were removed from the model, because they were not significant ( $P > 0.05$ ).

3: for an increase of 10 days.

\*:  $P < 0.05$  ; \*\*:  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

**Table 9.** CMSCC change with the Heckman models for PDO Saint-Nectaire<sup>1</sup>

		CMSCC change <sup>2</sup> (%)	
		2005	2006
Protected designation of Origin, <b>PDO</b>	No PDO	Reference	Reference
	PDO Industrial	-9.2	-12.4
	PDO Unit	-12.4	-14.1
Adjusted R-squared		0.22	0.21

1 : The results were expressed in CCSMP change (%).

2 : Effects (estimate order of magnitude, way of variation, and *P* value) of herd size, the breed, the milk production, the purchase cow proportion, the average calving peak and being a good practice member were the same as previously described (whole France), and were not reported in the table.

Compared to reference model (whole France), the variables typology, dry period length, first calving proportion, dry period length, first calving proportion, ages at first calving, curling rate, percentage of cows with SARA and NEB, average calving peak, having at least a death, the cattle density and the municipal agriculture grass land on overall land were removed from the model, because they were not significant ( $P > 0.05$ ).

\*:  $P < 0.05$  ; \*\*:  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$

**Table 10.** CMSCC change with the Heckman models for AOP Bleu d'Auvergne<sup>1</sup>

		CMSCC change <sup>2</sup> (%)	
		2005	2006
Typology	Dairy	Reference	Reference
	Dairy Beef	3.3 *	5.2 **
	Dairy Fattening	4.9 *	-0.4
Length of dry period <sup>3</sup> , days		1.0	-2.0 **
Culling rate <sup>4</sup> , %		-2.0 *	-1.0
Cow proportion at risk for NEB, %		0.4 *	0.1
Protected designation of Origin	No PDO	Reference	Reference
	PDO Industrial	-4.8 **	-5.3 **
Adjusted R-squared		0.22	0.21

1 : The results were expressed in CCSMP change (%). For instance, a unit with PDO industrial was associated with a CMSCC rate change of -4.8%, in 2005.

2 : Effects (estimate order of magnitude, way of variation, and *P* value) of herd size, breed, milk production, first calving proportion, purchase cow proportion, percentage of cows with SARA, average calving interval, having at least a death and being a good breeding member Y were the same as previously described (whole France), and were not reported in the table.

Compared to reference model (whole France), the variables age at first calving, culling rate, autumn calving peak, cattle density and municipal agricultural grass land on overall land ratio were removed from the model, because they were not significant ( $P > 0.05$ ).

3: for an increase of 10 days.

4: for an increase of 10%.

\*:  $P < 0.05$  ; \*\*:  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$



## **PARTIE 3**

### **DISCUSSION GENERALE**

L'approche institutionnelle de la santé propose une analyse globale au sein de l'exploitation définie en tant que système. En raison des limites liées à l'analyse simultanée de l'ensemble des processus impliqués dans le système exploitation, une approche centrée sur les compétences des acteurs est proposée. En effet, l'éleveur mobilise diverses compétences, internes et externes, pour gérer au quotidien son exploitation. La mobilisation et l'articulation de ces différentes compétences confèrent à l'éleveur des capacités, qui conditionnent l'efficacité des actions sanitaires qu'il entreprend.

Premièrement, la mortalité et la qualité du lait des bovins dépendent moins des compétences que possède l'éleveur, que de la correspondance entre ces compétences et les activités sanitaires stratégiques de l'atelier. Ces dernières prennent une forme différente pour chaque atelier en raison des nombreux processus impliqués dans le système exploitation. Ceci conduit à appréhender ces éléments sanitaires des bovins au sein du système exploitation, donc à une échelle type micro-économique, mais où les institutions apparaissent dans leur forme inorganisée à travers les collectifs.

La mortalité et la qualité du lait d'une exploitation dépendent donc d'une part de la présence de compétences adaptées aux nécessités stratégiques sanitaires de l'atelier, et d'autre part de la mobilisation de ces compétences par l'éleveur, traduites en capacités et donc en actions sanitaires. Ainsi, les compétences doivent être présentes mais aussi révélées, pour autoriser une gestion efficace de la santé au sein de l'exploitation. En ce sens, la spécialisation des activités peut autoriser de meilleurs résultats de mortalité et de cellules du lait, même si la diversification peut élargir le champ de compétences des acteurs.

Deuxièmement, les compétences sanitaires peuvent être territorialisées, c'est-à-dire liées aux spécificités productives d'un espace géographique. Les compétences territorialisées correspondent à la présence de compétences particulières, portées par les individus d'un territoire et non retrouvées chez les individus des autres territoires. Ces compétences individuelles renvoient à des croyances, coutumes ou histoires partagées par les individus de chaque territoire. Par ailleurs, le territoire supporte des compétences collectives, qualifiées de territoriales, et qui renvoient aux processus institutionnels des collectifs organisés. Le territoire est en effet défini comme la présence simultanée de bassins de production (forces productives associant une forme institutionnelle désorganisée) et d'une forme de gouvernance (institutions organisées). De manière plus générale, la mortalité et les cellules somatiques dépendent d'effets institutionnels, territorialisés ou non, reposant sur la présence de collectifs organisés, et représentés concrètement par des groupes d'éleveurs et des groupes professionnels en interaction avec les individus éleveurs. Les compétences collectives institutionnelles apportent aux éleveurs d'éventuelles nouvelles compétences et leur permettent aussi de révéler certaines de leurs compétences au sein de nouvelles capacités, à l'origine de nouvelles mesures sanitaires ; la santé est en ce sens dynamique.

## **I– LES COMPETENCES DE L'ÉLEVEUR AU SEIN DU SYSTEME EXPLOITATION**

Une partie importante des maladies de production des bovins est gérée à l'échelle de l'exploitation, par l'éleveur ; de plus, la décision de mobiliser des acteurs extérieurs à l'exploitation lui revient, s'il ne veut ou ne peut réaliser lui-même certains soins. Ceci conduit à le placer au centre de l'analyse sanitaire et à centrer l'analyse sur ses compétences et capacités sanitaires.

L'approche sanitaire proposée ici, avec un point de départ micro-économique, dépasse le modèle précédemment proposé par McInerney (McInerney et al., 1992; McInerney, 1996) sur 3 points.

D'une part, le modèle conceptuel sanitaire proposé n'est plus centré sur une maladie, mais englobe les interactions complexes, productives et sanitaires, observées au sein du système qu'est l'exploitation.

D'autre part, le comportement de l'éleveur n'est plus supposé basé sur une rationalité substantielle, avec une optimisation financière éventuellement modérée par l'aversion au risque ; en effet, le modèle conceptuel proposé intègre pleinement, sous l'approche microéconomique, la prise en compte des collectifs inorganisés, en accord avec l'institutionnalisme commonsien défini comme un hol-individualisme. L'articulation individu-collectif est ainsi abordée en deux temps : individu-collectifs inorganisés et individu-collectifs organisés.

Enfin, le modèle institutionnel ne propose pas d'évaluation financière des coûts totaux de chaque maladie, mais il intègre conceptuellement, au sein des transactions de marchandage, le modèle conceptuel de McInerney. Le modèle institutionnel dépasse donc le modèle de McInerney, en intégrant le collectif à travers les transactions de répartition et de direction. L'estimation financière des troubles de santé proposée par McInerney est en ce sens imprécise, car n'intégrant ni les interactions au sein de l'exploitation, ni le rôle des collectifs dans les décisions individuelles.

La présence de compétences et capacités sanitaires chez les éleveurs a été démontrée dans plusieurs analyses économétriques. Cependant, les compétences ne sont associées à l'amélioration sanitaire que lorsqu'elles sont révélées en capacités. De plus, ces capacités doivent être en adéquation avec les facteurs de risque spécifiques à chaque maladie.

### **1 - Les compétences et capacités de l'éleveur comme déterminants sanitaires**

Les compétences et capacités des éleveurs s'avèrent des déterminants clés de la santé animale. Ceci est suggéré par les associations entre mortalité ou qualité cytologique du lait et des indicateurs considérés comme indépendants physiologiquement (gestion de la reproduction (IVV, « average calving interval » dans la partie résultats) et regroupement des

vêlages (pic de vêlage à l'automne, « autumn calving peak » dans la partie résultat), correction faite sur certains autres paramètres techniques. De même, une association entre mortalité des vaches et qualité cytologique du lait est mise en évidence.

Le regroupement des vêlages à l'automne et l'efficacité de la reproduction sont considérés comme des indicateurs indépendants de la mortalité. Un risque d'endogénéité des variables explicatives par rapport aux variables expliquées pourrait être lié à la présence de mécanismes physiopathologiques communs aux deux types de variables (expliquée et explicatives), mais ce risque paraît faible compte tenu du nombre d'exploitations incluse, bien que potentiellement présent pour certaines exploitations. Par exemple, des détériorations des résultats de plusieurs entités sanitaires pourraient apparaître suite à la circulation de BVD ou en présence de maladies métaboliques. Les corrélations des indicateurs « regroupement des vêlages à l'automne » et « intervalle vêlage-vêlage » avec les indicateurs de maladies métaboliques sont cependant faibles.

Un niveau de maîtrise important est nécessaire pour regrouper les vêlages sur l'automne ou pour assurer une maîtrise de l'intervalle vêlage-vêlage (la corrélation entre les 2 paramètres étant faible), et ce niveau de maîtrise influe probablement sur les résultats sanitaires. Une homogénéité entre les efforts productifs et sanitaires est indispensable pour que leurs effets (dont financiers) ne se neutralisent pas. De plus, ces associations suggèrent la présence de compétences disciplinaires larges et/ou la possibilité pour l'éleveur de mobiliser des compétences pour les intégrer facilement et les traduire en capacités.

Ces résultats traduisent d'une part la nécessité d'aborder simultanément la gestion sanitaire et productive d'un troupeau et d'autre part les liens entre les différentes maladies au sein d'un troupeau. Ils démontrent la présence d'une force de régulation des activités au sein de l'exploitation, portée par l'éleveur, et assurant un minimum d'homogénéité dans la gestion de ce système complexe.

La présence de certaines compétences sanitaires, chez un éleveur, renvoie à un ensemble d'atouts qu'il possède. Les compétences sont ainsi liées au capital humain et aux représentations cognitives ; elles sont mobilisées par l'éleveur en raison des valeurs qu'il porte. Certains déterminants sanitaires révèlent ainsi des caractéristiques identitaires des éleveurs : choix de la race (surtout si différent de la race localement dominante), choix des ateliers supplémentaires, recours aux achats (si systématiques), niveau de production ... Ces éléments sont des témoins indirects de l'identité des individus, et témoignent du lien fort entre valeurs, compétences, identités et productions. Ces valeurs, compétences et identités individuelles constituent un socle, un ensemble que l'éleveur mobilise pour les transformer en capacités. Ces dernières se manifestent donc au quotidien, dans une forme routinière, sans que des motivations stratégiques soient mobilisées, mais tout en étant basées sur les valeurs et identités propres à l'éleveur, et impliquant des formes inorganisées du collectif. Les capacités représentent en ce sens des transactions routinières.

L'effet propre des caractéristiques de l'éleveur sur la santé est aussi démontré avec la présence de l'hétérogénéité individuelle ( $\mu_i$ ) dans le modèle de panel statique (partie 2,

chapitre II). Même si l'hétérogénéité individuelle n'explique que 1 % de la variabilité des cellules somatiques du lait, les tests de Wooldridge et de Breusch-Pagan ont démontré la présence de cet effet. La valeur faible de cet indicateur peut aussi provenir de la durée de la période d'étude, suggérant alors au contraire que l'amélioration de la santé de la mamelle n'est que faiblement limitée par des déterminants fixes de l'éleveur. Les compétences sont évolutives, et certaines peuvent avoir été intégrées, au cours de la période d'étude, par les individus. De la même manière, les relations entre mortalité ou cellules somatiques du lait et paramètres de reproduction peuvent s'interpréter en termes de "disponibilité cognitive" de l'éleveur : l'augmentation de la mortalité chez les vaches détourne l'attention de l'éleveur de la gestion de la reproduction, le premier problème étant considéré comme prioritaire sur le second.

Les effets associés aux résultats sanitaires renvoient conjointement aux compétences et aux capacités des éleveurs, sans que les effets des compétences ou des capacités soient réellement distingués à ce stade. Les associations démontrées amènent à quantifier de déterminants sanitaires les compétences et capacités de l'éleveur car celui-ci est placé au centre des activités d'élevage et de santé de son exploitation et est donc à l'origine des actions.

Ceci conduit à s'interroger sur les relations entre compétences et capacités. Les compétences et capacités doivent être adaptées aux activités sanitaires stratégiques de l'atelier que sont les facteurs de risque majeurs correspondants à chaque maladie. En ce sens, la gestion sanitaire efficace repose sur la révélation de compétences en capacités, à savoir une mobilisation et l'articulation des différentes compétences (internes ou externes) pour construire des capacités.

## **2 - Des compétences révélées en capacités**

De la même manière que la construction du territoire repose sur l'activation de ressources préalablement présentes, les compétences doivent être révélées chez l'individu, pour construire les actions que sont les capacités. La présence seule des ressources n'induit pas la présence d'un territoire, et la présence seule des compétences ne permet pas la gestion des facteurs de risque. Différents résultats démontrent la nécessité de la révélation des compétences pour l'émergence des capacités.

La démonstration la plus probante de ce mécanisme est apportée par l'analyse dynamique portant sur les cellules somatiques du lait. Une association négative est démontrée entre les niveaux cellulaires moyens d'un troupeau du mois n et les résultats cellulaires du mois n-3. Ainsi une augmentation de 10 000 cellules/ml de lait un mois est associée à une baisse de 5 000 cellules /ml de lait 3 mois après. Les capacités n'étaient donc pas présentes le premier mois, mais le sont 3 mois après. Les compétences ont pu être acquises sur cette période de 3 mois, mais au moins une part était présente au départ : ces compétences présentes n'étaient pas exprimées, et vont l'être après une stimulation. La notion de compétences révélées renvoie à la sensibilité des éleveurs aux différents problèmes sanitaires. La sensibilité sanitaire des éleveurs est à la fois une caractéristique propre de chacun,

dépendant de son capital humain, mais est aussi variable dans le temps, renvoyant alors à la dynamique sanitaire.

En effet, la révélation des compétences permet une modification des capacités, base de la dynamique des phénomènes productifs et sanitaires. La révélation des compétences et la dynamique sanitaire peuvent être la réponse de l'éleveur à certains de ses choix ou à des événements non contrôlables, tel que suggéré par l'analyse de la mortalité des veaux. Par exemple, l'augmentation du taux de croisement des vaches laitières avec un taureau allaitant et l'augmentation du nombre de veaux mâles de race laitière pure nés une année sont associées à une diminution de la mortalité des génisses laitières présentes la même année, indépendamment de leur classe d'âge, en 2005 et 2006 (résultats non présentés). L'exemple des croisements confirme la pertinence de l'approche système en santé animale, et suggère la présence de capacités particulières dans la gestion sanitaire des génisses, associées à un choix de l'éleveur dans le nombre de génisses disponibles (moins de génisses de race pure présentes en cas de croisement). Par ailleurs, la relation mortalité des génisses et pourcentage des veaux mâles démontre que l'éleveur possède les compétences pour diminuer la mortalité des génisses laitières, mais que cette compétence n'est révélée que lorsque la disponibilité en génisses diminue ; de plus, l'ensemble des lots de génisses, et pas uniquement celles nées l'année en question, bénéficient de cette nouvelle capacité.

De même, la corrélation négative entre le taux de mortalité des vaches d'un éleveur et celui de ses voisins démontre la présence d'un effet de sensibilisation au problème sanitaire : la présence d'animaux morts chez les voisins induit un phénomène de prise de conscience et de contrôle de ces troubles.

Enfin, les capacités comme compétences révélées apparaissent dans l'exemple des productions sous signe de qualité. Les ateliers fermiers des AOP Cantal et Saint-Nectaire ont plus d'ateliers avec au moins une vache morte, (dont seulement une partie est attribuable à l'effet taille du troupeau) mais un taux de mortalité plus faible parmi les troupeaux avec mortalité, comparé aux ateliers laitiers. Ceci suggère l'existence des compétences liée à la gestion de la mortalité dans les ateliers fermiers, mais une faible sensibilisation à ce problème, probablement en raison de la monopolisation de l'attention entre autre sur la qualité cytologique du lait. Cependant, lorsque de la mortalité survient, la sensibilisation de l'éleveur vis-à-vis de ce problème permet une re-construction de capacités et une gestion efficace du problème sanitaire.

Les phénomènes de révélation des compétences à travers la stimulation et la sensibilisation des éleveurs aux problèmes sanitaires permet donc la mobilisation (ou remobilisation) de nouvelles capacités, qui représentent des transactions stratégiques, dans le sens où elles répondent spécifiquement à l'apparition d'un problème. Aux côtés des capacités routinières, des capacités stratégiques sont développées par les éleveurs en réponse à la dynamique sanitaire. Les capacités stratégiques peuvent devenir, avec le temps, des capacités routinières. Le développement de capacités stratégiques adaptées aux types de productions de l'atelier représente ainsi une des clés de maîtrise sanitaire.

### 3 - Compétences et diversité des activités de l'éleveur

Les relations entre compétences et diversité des activités apparaissent multiples. La diversité des activités est associée à une dégradation de la correspondance entre les compétences de l'éleveur (lui permettant de développer des capacités) et les activités sanitaires stratégiques de l'atelier ; elle autorise cependant, à l'inverse, la présence de nouvelles capacités, absentes chez les éleveurs spécialisés.

La présence d'un troupeau allaitant et d'engraissement est associée à une dégradation de la qualité cytologique du lait des troupeaux laitiers, tant pour les analyses sur la France entière que celles menées à l'échelle des bassins laitiers. Ces résultats montrent des capacités laitières moins adaptées chez les éleveurs lors de dispersion des activités, mais ils ne préjugent pas de la perte réelle de compétences, en comparaison à des éleveurs spécialisés : les compétences peuvent être présentes, mais non révélées en raison de la dispersion des activités. De la même manière, les résultats de mortalité dégradés chez les producteurs AOP fermiers par rapport aux laitiers suggèrent un lien entre diversité des activités et révélation des compétences.

La dégradation des résultats sanitaires lors d'activités diversifiées s'analyse aussi à travers la relation entre le portefeuille d'activités et le cœur de compétences. La dégradation des résultats de mortalité des vaches laitières en présence d'un atelier allaitant est observée dans le Massif-Central mais pas dans le Grand-Ouest. L'analyse historique montre qu'une diversification des activités a eu lieu pour les deux bassins dans les années 1990 et 2000, et qu'elle a été associée à une acquisition limitée de nouvelles compétences laitières pour le Massif-Central, alors que le Grand-Ouest n'a pas perdu les compétences de base liées au secteur laitier. La présence d'un phénomène croisé, à savoir l'absence d'acquisition de compétences allaitantes par le bassin Grand-Ouest, est probable ; cette hypothèse pourra être vérifiée à partir de l'étude des résultats de mortalité des veaux allaitants dans les deux régions, dans les exploitations avec double ateliers.

La diversité des activités peut au contraire être associée à une amélioration de certains résultats sanitaires, à travers le partage de compétences entre ateliers. Cet effet est suggéré par la baisse de la mortalité des veaux de race laitière (non croisés) entre 0 et 2 jours d'âge et entre 3 jours et 1 mois d'âge, lorsqu'un atelier allaitant (naiseur et /ou engraissement) est présent dans l'exploitation. Cet effet n'est cependant pas retrouvé sur les veaux croisés. De même, la pratique du croisement sur les vaches laitières est associée à une baisse de la mortalité des veaux de race laitière (non croisés) entre 0 et 2 jours d'âge, mais pas de celle des veaux croisés. Ces résultats montrent que la diversité des ateliers (présence de vaches allaitantes) permet une amélioration des capacités des éleveurs dans la gestion de la mortalité néonatale et des jeunes veaux laitiers. Lorsque la pratique du croisement est présente dans l'atelier laitier, la présence d'un atelier allaitant ne semble pas apporter de nouvelles capacités, probablement car les compétences sont déjà présentes et/ou révélées. Ces résultats ne permettent pas de distinguer réellement un phénomène d'acquisition de nouvelles compétences d'un phénomène de révélation de compétences présentes. La modification des

capacités provient cependant très probablement de l'acquisition de nouvelles compétences, car elles sont stratégiques pour l'atelier allaitant (gestion du veau nouveau-né) et moins pour l'atelier laitier.

Les résultats empiriques présentés ici sont issus d'analyses comparatives statiques, et traitent ainsi plus de la diversité des activités, vu comme un état, que de leur diversification, en tant qu'action, qui nécessiteraient des analyses dynamiques, sur des pas de temps longs. La diversification des activités pourrait cependant induire une perte de sensibilité des éleveurs aux problèmes sanitaires stratégiques de chaque atelier, sans forcément d'altération, à court ou moyen terme, du cœur de compétences initial ; au contraire, elle permettrait une acquisition de nouvelles compétences mobilisées dans la gestion de l'atelier initial. Les relations entre diversification des activités d'une exploitation et santé des animaux pourraient cependant dépendre de la nature des maladies et des types de production.

La validation de la première hypothèse, à savoir l'efficacité de la gestion sanitaire dépend de l'adéquation entre le cœur de compétences -et les capacités associées- et les activités sanitaires stratégiques de l'atelier, conduit à revisiter les modalités de conseils tels qu'habituellement prodigués aux éleveurs. L'importance accordée à l'éleveur dans les processus sanitaires est confirmée ici, en assimilant les capacités à des facteurs de risque humains. Cependant, ces résultats indiquent une nécessité de dépasser le constat de présence /absence des capacités, pour d'une part analyser les raisons limitant la mise en place de ces capacités, et d'autre part distinguer la présence des compétences adaptées et leur révélation en tant que capacités. Ces résultats suggèrent aussi que l'entropie sanitaire souvent observée provient pour partie d'une perte de capacités sans perte obligatoire des compétences, renforçant la pertinence des interventions régulières auprès des éleveurs (suivis mensuels ou annuels) et des interventions préventives préalables aux périodes sensibles.

Par ailleurs, l'analyse proposée considère l'exploitation comme un tout et postule une homogénéité des compétences ou capacités pour l'ensemble des activités de l'exploitation, à un instant donné, alors que plusieurs éleveurs ou individus, aux caractéristiques potentiellement différentes, peuvent y intervenir. La coordination des activités au sein du système exploitation se complexifie avec l'augmentation du nombre d'acteurs et avec l'hétérogénéité éventuelle de leurs compétences et capacités. Cependant, un partage de compétences et une re-sensibilisation mutuelle régulière aux problèmes est ainsi possible au sein de l'exploitation, si l'organisation du travail n'est pas trop segmentée entre individus.

L'analyse micro-économique proposée jusqu'alors recentre l'approche sanitaire des bovins sur l'éleveur, et tient compte par ce fait des rôles des collectifs inorganisés. Le propre de l'analyse sanitaire institutionnelle est d'inclure les collectifs organisés dans l'analyse des dispositifs sanitaires.

## **II- DES COMPETENCES TERRITORIALES ET COLLECTIVES : LE RÔLE DES INSTITUTIONS**

Le territoire entretient une double relation avec les collectifs : d'une part, la territorialisation des résultats sanitaires et des compétences sanitaires fait référence à la présence de forces productives et de collectifs inorganisés ; d'autre part, les collectifs organisés interviennent au sein des territoires, contribuant à la gouvernance territoriale. Même si collectifs organisés et territoires sont fréquemment associés dans le domaine agricole, le territoire n'est pas pour autant une condition de l'existence des collectifs organisés, et ces derniers peuvent exister sans composante territoriale.

### **1 - Des compétences et résultats sanitaires territorialisés**

La spatialisation des analyses sanitaires montrent la présence de résultats sanitaires territorialisés et de compétences territorialisées.

La territorialisation des résultats sanitaires est démontrée par la variabilité de la prévalence des maladies entre bassins laitiers, et par les corrélations spatiales communales et supra-communales de la mortalité et des cellules somatiques du lait. Ceci suggère la présence de plusieurs échelles géographiques de territorialisation des maladies. La territorialisation des résultats sanitaires définit la norme sanitaire territoriale, abordable à différents niveaux géographiques. La norme sanitaire territoriale est le résultat de la présence des divers types de production sur le territoire et de l'existence de compétences et capacités spécifiques à ce territoire.

Les compétences et capacités sanitaires des éleveurs possèdent en effet une composante territoriale, démontrée par l'existence d'effets propres à chaque bassin laitier, correction faite des autres effets, et par les différences des facteurs de risque entre bassins de production. L'analyse par bassins de production permet de définir des facteurs de risque partagés, c'est-à-dire retrouvés de manière systématique pour l'ensemble des bassins, et d'autres territorialisés, dont l'effet n'est présent qu'au sein de certains territoires. L'absence de mise en évidence d'un facteur de risque dans certains bassins peut provenir de l'absence d'expression de ce facteur au sein du bassin (absence de variabilité de la variable), ou de la présence du facteur de risque dont l'effet est compensé par d'autres facteurs, parmi lesquels les compétences des éleveurs. Les compétences et capacités sont qualifiées de territoriales dans la mesure où elles ont des régularités spatiales ; cependant, elles restent à ce stade principalement individuelles et leur composante territoriale provient des régularités spatiales des productions (bassins de productions, résultat des ressources productives et des pratiques productives), et de l'homogénéité des comportements individuels en réponse aux problèmes productifs identiques ou proches. L'homogénéité des comportements suggère que les compétences et capacités territoriales, bien qu'individuelles, sont régies par une forme inorganisée du collectif : l'homogénéité territoriale des compétences et des capacités est le

fruit de croyances, coutumes, manière de raisonner et histoire commune aux individus de cette région. Cette forme territoriale renvoie au réseau informel, familial ou professionnel, que chacun mobilise au quotidien. La présence d'un réseau local informel de construction et d'échange de compétences individuelles a été préalablement décrit (Darré et al., 1989) ; il recoupait une forme très localisée d'échanges (marchés, réunions familiales ...), probablement aujourd'hui plus dématérialisée et territorialement encore plus désorganisée.

Les compétences sanitaires individuelles territorialisées ne permettent cependant pas d'expliquer la totalité de la norme sanitaire territoriale. Il existe en effet, à côté des compétences individuelles territorialisées, des compétences collectives territoriales qui contribuent aux résultats sanitaires d'un territoire. Le territoire est composé des bassins de production (forces productrices et collectifs inorganisés) et d'une gouvernance (collectifs organisés) ; les compétences sanitaires territoriales sont composées des compétences individuelles sanitaires territorialisées (forces productrices et collectifs inorganisés) et des compétences sanitaires collectives territoriales, qui représente la forme organisée des processus institutionnels sanitaires.

## **2 - Des compétences collectives institutionnelles**

Différents résultats démontrent clairement la présence d'une composante institutionnelle, dans sa forme organisée, au sein des dispositifs sanitaires, même si leur identification précise n'a pas été possible.

La démonstration formelle du rôle propre des institutions dans les résultats sanitaires est portée par l'indicateur de corrélation spatiale des résidus ( $\lambda$ ) (partie 2, chapitre 4) : celui-ci indique la présence d'une corrélation entre les résultats sanitaires des individus de la zone géographique retenue, qui n'est pas expliquée par les variables du modèle. Or ce dernier inclut les caractéristiques pédoclimatiques de chaque territoire ; la variable omise correspond donc à une force déterminante globale et supérieure des résultats sanitaires, commune à l'ensemble des individus de la zone, et s'exerçant sur eux de manière homogène. Cette force correspond à l'institution, dans sa forme organisée.

La présence des institutions est aussi suggérée par les effets propres à chaque bassin laitier sur les résultats sanitaires (mortalité et cellules somatiques du lait), tel qu'indiqué dans les analyses portant sur la France entière. Les coefficients des modèles linéaires attribués à chaque bassin correspondent aux facteurs de risque spécifiques à chaque bassin, non expliqués par les autres variables des modèles. Une partie de cet effet peut être associée aux conditions naturelles de chaque bassin, mais celles-ci sont déjà pour partie prises en compte dans les modèles. Il reste donc une partie correspondant à l'effet institutionnel territorial. Par ailleurs, l'effet institutionnel territorial des bassins laitiers est suggéré par les effets de la variable "densité bovine", interprété comme un effet de spécialisation : dans les zones à forte densité bovine, des mécanismes de coordination et de complémentarités des activités

apparaissent, induisant la production d'un bien local spécifique (baisse de la mortalité, par exemple). Ces mécanismes correspondent probablement à un effet institutionnel local, prenant la forme de collectifs sanitaires (conseillers en élevages, au sens large) : ces collectifs organisés ou sanitaires, améliorent les compétences des éleveurs ou favorisent la révélation de compétences en capacités. Cet effet des collectifs n'est présent que dans les bassins à forte densité, et augmente avec la densité bovine dans ces bassins.

La présence institutionnelle est aussi suggérée par l'analyse des productions sous signe de qualité. L'effet associé aux productions fermières, comparé aux productions laitières, pourrait être à la fois un effet de sélection, un effet institutionnel et un effet de révélation des compétences. Premièrement, l'effet de sélection pourrait provenir des contraintes sanitaires du lait destiné à la fabrication fermière, excluant les éleveurs les moins performants dans ce domaine. Deuxièmement, l'effet institutionnel serait lié à la présence et l'intervention en élevage d'un ensemble d'acteurs associés aux productions fermières, mais absentes des autres productions (syndicat de l'AOC, affineurs, intervenants spécifiques liés à la bonne solvabilité financière des éleveurs transformateurs...). Par ailleurs, l'effet institutionnel associé aux productions fermières illustre un processus institutionnel faiblement territorialisé, dans la mesure où l'institution ne concerne que certains éleveurs de la zone AOC, et que les éleveurs concernés sont géographiquement disséminés dans cette zone. Troisièmement, l'action des collectifs organisés chez les producteurs fermiers pourrait être associée à l'apport de compétences particulières, et à une accentuation de la révélation des compétences en capacités.

L'institution apparaît ainsi une composante non négligeable du dispositif sanitaire bien qu'elle soit souvent négligée par les acteurs et les politiques publiques. Elle agit à travers les collectifs organisés (productifs) et les collectifs sanitaires, à la fois en apportant de nouvelles compétences, mais aussi en favorisant leur transformation en capacités. Les institutions se comportent ainsi comme des révélateurs de compétences en capacités : ils exercent une force sourde et continue sur les éleveurs, à l'origine de la sensibilisation aux problèmes sanitaires. Les résultats présentés ici suggèrent cependant que l'effet de l'institution sur les résultats sanitaires au sein d'un territoire reste limité au regard de l'effet de l'éleveur sur la santé (forte variabilité inter-exploitation et intra-territoriale), mais il est probable que l'institution représente une composante pérenne des résultats sanitaires au sein d'un territoire, dont les évolutions sont lentes et progressives, mais durables.

Cette seconde partie de l'analyse permet donc de démontrer la territorialisation des compétences (individuelles et collectives) et la présence de compétences collectives, territoriales ou non territoriales, représentant des déterminants sanitaires institutionnels. Les deux dernières hypothèses s'en trouvent validées. La présence d'un effet institutionnel ne permet pas de préjuger de son association positive et systématique avec la santé des bovins, et il semble plus raisonnable d'apprécier l'association entre institutions et santé, ainsi que son sens (positif ou négatif) au cas par cas tant pour la nature des collectifs impliqués que pour celle des maladies en question. La présence d'un effet institutionnel conduit aussi à le

considérer lors du déploiement des politiques publiques ou privées, locales ou nationales, de gestion collective de la santé ; l'effet institutionnel apparaît comme un tremplin pour l'adhésion aux mesures sanitaires ou au contraire, comme un frein à l'adoption des futures mesures sanitaires. Enfin, lorsque l'association entre santé et effet institutionnel est favorable à l'état sanitaire, les modalités d'un soutien ou développement institutionnel doivent être questionnées.

Si l'effet des institutions sur la santé animale a pu être démontré formellement, la principale limite de ces travaux repose sur l'absence d'identification formelle des collectifs organisés sanitaires impliqués, et de leur importance relative dans le dispositif sanitaire.

### **III– VERS L’IDENTIFICATION DES COLLECTIFS ORGANISES IMPLIQUES DANS LA SANTE ANIMALE**

L’identification des compétences individuelles, des effets territoriaux et de la présence de compétences collectives a été permise par l’utilisation d’une base de données exhaustive, regroupant l’ensemble des éleveurs et des animaux. La distinction des effets liés aux structures, aux pratiques, aux territoires et aux collectifs nécessite un nombre très important d’individus, en raison de la complexité et de la diversité des interactions existant au sein du système exploitation. La démonstration du rôle des collectifs dans la santé animale a été ainsi permise par l’identification, au préalable, du poids des déterminants sanitaires individuels.

L’appréhension des compétences individuelles, voire collectives aurait pu être complétée par des études de cas territorialisées : celles-ci auraient conduit à une meilleure précision de certains indicateurs (pratique de traire, structures de logement des animaux...). Cependant, ceci aurait conduit à une réduction conséquente du nombre d’observations ; de plus, des différences importantes sont décrites entre les pratiques décrites par les éleveurs et les pratiques effectives, par exemple dans les techniques de traite.

La principale limite des travaux dans leur stade actuel provient de l’absence d’identification des collectifs organisés sanitaires impliqués dans le dispositif sanitaire local ou national. En effet, les collectifs organisés impliqués dans les maladies de production (maladies enzootiques multifactorielles) sont d’espèce économique : les transactions de marchandage dominant sur les transactions de direction et de répartition. La nature des motivations premières de ces collectifs conduit à s’interroger sur l’efficacité économique. Cela nécessiterait d’une part l’identification des effets propres de chaque collectif organisé sur les résultats sanitaires. D’autre part, le régime de gouvernance passive préalablement défini, renvoyant aux modalités de coordination des activités sanitaires des différents collectifs sanitaires par l’éleveur, devrait être évalué. Enfin, les trois modèles d’hybridation sanitaires proposés (local, privé et public) pour les maladies enzootiques multifactorielles pourraient être associés à des effets sanitaires variables.

Définir l’effet propre des différents collectifs organisés sur la santé animale s’avère cependant délicat. En effet, les déterminants sanitaires institutionnels (territoriaux ou pas) sont le résultat d’un enchevêtrement géographique complexe des différents collectifs organisés, soumis par ailleurs à des régularités temporelles variables, l’ensemble étant mû par l’entropie sanitaire et la dynamique agricole.

Par ailleurs, si les collectifs sanitaires ont été associés à la révélation des compétences en capacités. Les mécanismes associés à l’acquisition de nouvelles compétences n’ont pas été analysés. Les compétences sanitaires reposent sur des connaissances explicites, liées majoritairement aux savoirs techniques, et des connaissances implicites, liées aux savoirs

indigènes. Chaque collectif organisé sanitaire possède un rôle potentiel important dans l'acquisition de nouvelles compétences, individuelles et collectives, mais qui reste à évaluer. De plus, la difficulté de transmission des compétences pourrait être particulièrement difficile pour les connaissances tacites, pourtant largement impliquées dans les mécanismes sanitaires.

## CONCLUSION

Ce travail repose d'une part sur la proposition d'une approche conceptuelle novatrice de la santé animale : le cadre d'analyse construit utilise les apports de l'économie institutionnelle pour étudier les déterminants de la santé des bovins. L'approche institutionnelle a déjà été mobilisée dans le cadre de la santé humaine (Théret, 2004), mais l'analyse institutionnelle de la santé animale propose, en plus, une articulation avec le système productif agricole.

La validation des principales hypothèses s'appuie sur la construction d'un jeu de données originales, de très grande taille, sur la plateforme de l'Observatoire du Développement Rural de l'Institut National de la Recherche Agronomique. Cette base est le résultat de la mise en relations de plusieurs bases de données, chacune ayant des finalités premières propres et différentes des objectifs poursuivis dans ce travail. Ainsi, les données provenant de la Base de Données Nationale d'Identification des Bovins, de la base nationale du contrôle laitier et de différentes bases géographiques ont été exploitées afin de construire des indicateurs de la santé des bovins à l'échelle de l'atelier de production. En outre, le travail développé a permis de mettre en œuvre des méthodes statistiques de plus en plus usitées dans le champ des sciences sociales en les appliquant à un champ thématique relevant des sciences de la vie.

Le modèle conceptuel original et les méthodes statistiques mobilisées dans ce travail ont permis d'obtenir des résultats novateurs, à la fois dans le domaine sanitaire animal et dans la validation empirique des théories de l'économie institutionnelle. Un élargissement du travail sera possible, en introduisant par exemple, des variables portant sur les caractéristiques sociodémographiques des individus et sur leur sensibilité aux aides publiques. De plus, des travaux utilisant le même modèle conceptuel pourront être menés sur d'autres ateliers de production (cheptels allaitants et d'engraissement). Enfin, un élargissement de la période d'étude devrait permettre d'analyser plus finement les dynamiques de long terme liées aux déterminantes techniques et institutionnels de la santé des bovins.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ahearn, M. et J. Yee. 2005. Effect of differing farm policies on farm structure and dynamics. *American Journal of Agriculture Economics* 85(7):1282-1189.
- Allaire, G. 2002. [Economy of quality, its chains, territories and myths]. *Géographie, Economie, Sociétés* 4:155-180.
- Allaire, G. 2004. Coopération, qualification professionnelle et régimes de responsabilité. *Economie et société. Serie AB* 23:27-65.
- Allaire, G. 2006. Conventions professionnelles et régimes de responsabilité. Pages 279-293 in *L'économie des conventions : méthodes et résultats*. F. Eymard-Duvernay, ed. La découverte, Parris.
- Allaire, G. 2007. Les figures patrimoniales du marché. *Economie appliquée* 60(3):121-155.
- Andersson, D. I. 2003. Persistence of antibiotic resistant bacteria. *Curr Opin Microbiol* 6(5):452-456.
- Andrews, A. et A. Polle. 2004. Dairy farming. in *Bovine medicine*. R. B. A. Andrews, H. Boyd and R. Eddy, ed. Blackweel, Oxford.
- Anomaly, J. 2010. Combating resistance: the case for a global antibiotics treaty. *Public Health Ethics Advance Access* 11:1-10.
- Assié, S., E. Timsit, et N. Bareille. 2009. Métaphylaxie et antibioprévention lors de maladies respiratoires des jeunes bovins élevés en lots. *Le Nouveau Praticien Elevage et Santé* (11):29-34.
- Avorn, J., S. B. Soumerai, W. Taylor, M. R. Wessels, J. Janousek, et M. Weiner. 1988. Reduction of Incorrect Antibiotic Dosing Through a Structured Educational Order Form. *Arch Intern Med* 148(8):1720-1724.
- Bacquero, F. et J. Campos. 2003. The tragedy of the commons in antimicrobial chemotherapy. *Rev Esp Quimiotherap* 16(1):11-13.
- Barkema, H. W., J. D. Van der Ploeg, Y. H. Schukken, T. J. Lam, G. Benedictus, et A. Brand. 1999. Management style and its association with bulk milk somatic cell count and incidence rate of clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 82(8):1655-1663.
- Batifoulier, P. 1999. Ethique professionnelle et activité médicale : une analyse en terme de conventions. *Finance Contrôle Stratégie* 2(2):5-24.
- Batifoulier, P. 2000. Les honoraires libres en médecine ambulatoire : une lecture par la théorie des conventions. *Sciences sociales et santé* 18(1):5-22.
- Batifoulier, P. 2004. L'économie contre l'éthique ? Une tentative d'analyse économique de l'éthique médicale *Journal d'économie médicale* 22(4):163-176.
- Beaudeau, F., C. Fourichon, H. Seegers, et N. Bareille. 2002. Risk of clinical mastitis in dairy herds with a high proportion of low individual milk somatic-cell counts. *Prev. Vet. Med.* 53(1-2):43-54.
- Beaudeau, F., J. D. van der Ploeg, B. Boileau, H. Seegers, et J. P. T. M. Noordhuizen. 1996. Relationships between culling criteria in dairy herds and farmers' management styles. *Prev. Vet. Med.* 25(3-4):327-342.
- Bennett, R. 2003. The direct costs of Livestock disease : the development of a system of models for the analysis of 30 endemic livestock disease in great Britain. *Journal of Agricultural Economics* 54(1):55-71.
- Béranger, C., G. Calvo, et J. Lefort. 2008. Projets de mise en réseau de terroirs du monde pour la recherche et le développement. Page 26. P. Terroirs, ed. Terroirs et Cultures, Mand and the Biosphere Programme, Montpellier.
- Bigras-Poulin, M., A. H. Meek, S. W. Martin, et I. McMillan. 1985. Attitudes, management practices, and herd performance - a study of Ontario dairy farm managers. II. Associations. *Prev. Vet. Med.* 3(3):241-250.
- Binici, T., A. Koc, Z. C., et B. A. 2003. Risk Attitudes of Farmers in Terms of Risk Aversion: A Case Study of Lower Seyhan Plain Farmers in Adana Province, Turkey. *Turk J Agric For* 27:305-312.
- Blokhuis, H. 2009. Welfare quality. Assessment protocol for cattle. Page 182. Welfare Quality Project office, Lelystad.
- Blum, H. 1971. A working definition of health for planers : merging concepts. Pages 22-23. University of California School for Public health, Berkeley.

- Boyer, R. 2003. Les analyses historiques comparatives du changement institutionnel : quels enseignements pour la théorie de la régulation ? *Année de la régulation* 7:167-203.
- Brand, A. et C. L. Guard. 2001. Principles of herd health and production management programs. in *Herd health and production management in dairy practice*. J. N. A. Brand, Y. Schukken, ed, Wageningen.
- Brossier, J. 1987. Système et système de production. *Cah. Sci. Hum.* 23(3-4):377-390.
- Burton, R. 2004. Seeing through the good farmer's eyes: toward developing an understanding of the social symbolic value of productivist behaviours. *Sociologia Ruralis* 44(2):195-215.
- Chaiken, S. et C. Stangor. 1987. Attitudes and attitude change. *Annual Review of Psychology* 38:575-630.
- Chassagne, M., J. Barnouin, et M. Le Guenic. 2005. Expert assessment study of milking and hygiene practices characterizing very low somatic cell score herds in France. *J. Dairy Sci.* 88(5):1909-1916.
- Chi, J. G., A. Weersink, J. VanLeeuwen, et G. P. Keefe. 2002. The economics of controlling infectious diseases on dairy farms. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 50:237-256.
- Chilonda, P. et G. Van Huylenbroeck. 2001. A conceptual framework for the economic analysis of factors influencing decision-making of small-scale farmers in animal health management. *Rev Sci Tech* 20(3):687-700.
- Cohendet, P. et P. Llerena. 1999. La conception de la firme comme processeur de compétences. *Revue d'économie industrielle* 88:211-235.
- Commons, J. R. 1931. *Institutional Economics*. The American Economic Review XXI(4):648-657.
- Daniel, K. et L. Maillard. 2000. La concentration géographique des productions agricoles et ses déterminants. Une analyse pour l'Union européenne. in *Economie de la Production Paris*.
- Darby, M. R. et E. Karni. 1973. Free competition and the optimal amount of fraud. *Journal of law and economics* 16(1):67-87.
- Darré, J. P., R. Le Guen, et B. Lemery. 1989. Changement technique et structure professionnelle locale en agriculture. *Economie rurale* 192-193:115-122.
- Dijkhuizen, A. A., R. B. Huirne, et A. W. Jalvingh. 1995. Economic analysis of animal diseases and their control. *Prev. Vet. Med.* 25:135-149.
- Dumez, H. 2007. Dynamic capabilities. in *Le libello d'AEGIS*.
- Dupuy, C. et J. P. Gilly. 1996. Collective learning and territorial dynamics: a new approach to the relations between industrial groups and territories. *Environment and Planning A* 28(9):1603-1616.
- Enjalbert, F., Y. Videau, M. C. Nicot, et A. Troegeler-Meynadier. 2008. Effects of induced subacute ruminal acidosis on milk fat content and milk fatty acid profile. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)* 92(3):284-291.
- Eurostat. 2005. Data. Database. Agriculture. Livestock. in <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/agriculture/data/database>. Accessed on Jun. 20, 2010.
- Faryna, A., G. Wergowske, et K. Goldenberg. 1987. Impact of therapeutic guidelines on antibiotic use by residents in primary care clinics. *Journal of General Internal Medicine* 2(2):102-107.
- Fiske, S. et S. A. Taylor. 1984. *Social cognition*. Addison-Wesley Publishing Co, Reading, MA.
- Foster, K. et H. Grundmann. 2006. Do we need to put society first ? The potential for tragedy in antimicrobial resistance. *Plos Medicine* 3(2):177-180.
- Galyean, M. L., L. J. Perino, et G. C. Duff. 1999. Interaction of cattle health/immunity and nutrition. *J Anim Sci* 77(5):1120-1134.
- GEB. 2005. Le prix du lait en France. in *Le dossier Economie de l'Elevage*. Vol. 346. Groupe Economie du Bétail - Département économie de l'Institut de l'Elevage, Paris.
- Gilly, J.-P. et J. Perrat. 2003. La dynamique institutionnelle des territoires : entre gouvernance locale et régulation globale. *Cahiers du GRES* 5:1-15.
- Grube, J., D. Maybeton, et S. Ball-Rokeach. 1994. Inducing change in values, attitudes and behaviors :belief system theory and the method of value self-confrontation. *Journal of Social Issues* 50(4):153-173.
- Guerrien, B. 1989. *L'économie néo-classique. La découverte*.
- Hey, N. et M. Roberts. 2007. Do government payments influence farm size and survival ? . *Journal of Agricultural and Resource Economics* 32(2):330-349.

- Jansen, J., B. H. van den Borne, R. J. Renes, G. van Schaik, T. J. Lam, et C. Leeuwis. 2009. Explaining mastitis incidence in Dutch dairy farming: the influence of farmers' attitudes and behaviour. *Prev. Vet. Med.* 92(3):210-223.
- Joly, A., R. Vermesse, G. Roger, T. Le Falher, M.-H. Garrec, et L. Maurin. 2010. Gestion de la BVD par une action collective: resultats et perspectives en Bretagne. *Le Nouveau Praticien Elevage et Santé* 16(4):27-33.
- Khaitisa, M. L., T. E. Wittum, K. L. Smith, J. L. Henderson, et K. H. Hoblet. 2000. Herd characteristics and management practices associated with bulk-tank somatic cell counts in herds in official Dairy Herd Improvement Association programs in Ohio. *Am. J. Vet. Res.* 61(9):1092-1098.
- Kleen, J. L., G. A. Hooijer, J. Rehage, et J. P. Noordhuizen. 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* 50(8):406-414.
- Lacetera, N., U. Bernabucci, B. Ronchi, et A. Nardone. 1996. Effects of selenium and vitamin E administration during a late stage of pregnancy on colostrum and milk production in dairy cows, and on passive immunity and growth of their offspring. *Am J Vet Res* 57(12):1776-1780.
- Lamarche, T. 2003. Territoire : développement exogène, développement endogène et hétéronomie. in *Forum de la régulation*.
- Landais, E. et J. Bonnemaire. 1994. Zootechnie et systèmes d'élevage : sur les relations entre l'enseignement supérieur et la recherche. *Ethnozootecnie* 54:109-140.
- Le Gallo, J. 2002. Économétrie spatiale : l'autocorrélation spatiale dans les modèles de régression linéaire *Economie & prévision* 155(4):139-157.
- Lhermie, G. 2010. Demande de médicaments en productions animales. Page 91 in *Sup Agro Montpellier*. Vol. Master. Faculté de Sciences Economiques, Montpellier.
- Liénard, G., M. Lherm, M.-C. Pizaine, J.-Y. Le Maréchal, B. Boussange, D. Barlet, P. Esteve, et R. Bouchy. 2002. Productivité de trois races bovines françaises : Limousine, Charolaise et Salers. *Productions animales* 15(4):293-312.
- MAAPRAT. 2010. Les états généraux du sanitaire. Pages 1-16. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, Paris.
- Madouasse, A., J. N. Huxley, W. J. Browne, A. J. Bradley, I. L. Dryden, et M. J. Green. 2010. Use of individual cow milk recording data at the start of lactation to predict the calving to conception interval. *J. Dairy Sci.* 93(10):4677-4690.
- McDougall, S., K. I. Parker, C. Heuer, et C. W. R. Compton. 2009. A review of prevention and control of heifer mastitis via non-antibiotic strategies. *Veterinary Microbiology* 134(1-2):177-185.
- McInerney, J. P. 1996. Old economics for new problems - livestock disease: presidential adress. *Journal of Agricultural Economics* 47(3):295-314.
- McInerney, J. P., K. S. Howe, et J. A. Shepers. 1992. A framework for the economic analysis of disease in farm livestock. *Prev. Vet. Med.* 13:137-154.
- Meyer, G. et D. Raboisson. 2008. La prévention des BPI. *La dépêche technique* 112:27-37.
- Moine, A. 2005. Le territoire comme un système complexe. in *Septièmes Rencontres de Théo Quant*.
- Morris, M. P. et O. J. Flechter. 1988. Estimate of economic impact of fowl cholera in turkeys in Georgia. *Avian diseases* 32:718-721.
- Mounaix, B. 2009. FCO : le bilan technico-économique de l'épizootie de 2007 à l'échelle des exploitations. *Le Nouveau Praticien Elevage et Santé* 3(12):52-56.
- Nicourt, C. 2010. Vendeur ou éleveur ? Les évolutions du métier d'éleveur porcin en agriculture biologique in *4èmes journées de recherche en sciences sociales INRA SFER CIRAD*. 9-10 décembre Rennes.
- Nonaka, I., R. Toyama, et A. Nagata. 2000. A firm as a knowledge-creating entity : a new perspective on the theory of the firm. *Industrial and Corporate Change* 9(1):1-20.
- Oetzel, G. R. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20(3):651-674.
- OIE. 2011. *Maladies de la Liste de l'OIE*. Vol. 2011.
- Ott, S. L., A. H. Seitzinger, et W. D. Hueston. 1995. Measuring the national economic benefits of reducing livestock mortality. *Prev. Vet. Med.* 24:203-211.
- Pecqueur, B. 2005. Les territoires créateurs de nouvelles ressources productives : la cas de l'agglomération grenobloise. *Géographie, Economie, Société* 7:255-268.

- Petit, E. 2010. Maîtrise collective de la BVD: stratégie de la Bourgogne comparée à la Bretagne. *Le Nouveau Praticien Elevage et Santé* 16(4):38-44.
- Piet, L., Y. Desjeux, L. Latruffe, et C. Le Mouël. 2010. How do agriculture policies influence farmland concentration ? The exemple of France. in *Structural change in Agriculture*. EAAE, ed, Berlin, Germany.
- Ploeg, J. v. d. 1994. Style of farming : an introduction note on concept and methodology in *Born from within - practice and perspectives of endogeneous rural development*. J. v. d. P. a. A. Lond, ed.
- Pollock, J. M., J. McNair, S. Kennedy, D. G. Kennedy, D. M. Walsh, E. A. Goodall, D. P. Mackie, et A. D. Crockard. 1994. Effects of dietary vitamin E and selenium on in vitro cellular immune responses in cattle. *Research in Veterinary Science* 56(1):100-107.
- Raboisson, D. 2004. Evolution raciale du cheptel bovin français des années 1970 aux années 2000 : analyse à partir des données des recensements généraux agricoles de 1979, 1888 et 2000. Page 172 in *Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*. UPS Toulouse, Toulouse.
- Rat-Aspert, O. et C. Fourichon. 2010. Modelling collective effectiveness of voluntary vaccination with and without incentives. *Prev Vet Med* 93(4):265-275.
- Rault, A. et S. Krebs. 2010. Quels outils économiques pour la gestion des risques sanitaires épidémiques ? Etat des lieux et perspectives. in *4èmes journées de recherche en sciences sociales INRA SFER CIRAD*. Rennes.
- Ray, W. A., W. Schaffner, et C. F. Federspiel. 1985. Persistence of Improvement in Antibiotic Prescribing in Office Practice. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* 253(12):1774-1776.
- Reffett, J. K., J. W. Spears, et T. T. Brown, Jr. 1988. Effect of dietary selenium and vitamin E on the primary and secondary immune response in lambs challenged with parainfluenza3 virus. *J Anim Sci* 66(6):1520-1528.
- Repiquet, D. 2010. Les acteurs de la gouvernance en santé animale (groupe de travail n°1). in *Etats généraux du sanitaire*. Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, Paris.
- Roccas, S., L. Sagiv, S. M. Schwartz, et A. Knafo. 2002. The big five personality factors and personal values. *Personality and Social Psychology Bulletin* 28(6):789-801.
- Rodrigues, A. C. et P. L. Ruegg. 2005. Actions and outcomes of Wisconsin dairy farms completing milk quality teams. *J. Dairy Sci.* 88(7):2672-2680.
- Rouquette, J. L. et A. Pflimlin. 1995. Major Livestock production regions : a zoning proposal for France. in *SINH*. Clermont-Ferrand, France.
- Sarzeaud, P., F. Bécherel, et C. Perrot. 2008. A classification of European beef farming systems. Pages 23-31 in *EU beef farming systems and CAP regulations*. Vol. 9. P. Sarzeaud, A. Dimitriadou, and M. Zjalic, ed. EAAP Technical series, Paris.
- Savage, D. A. 1994. The professions in theory and history : the case of pharmacy. *Business and economic history* 23(2):129-159.
- Schukken, Y., J. Noordhuizen, et H. Erb. 2001. Application of epidemiology in herd health and production management programs. in *Herd health and production management in dairy practice*. J. N. A. Brand, Y. Schukken, ed, Wageningen.
- Scott, R. D., 2nd, S. L. Solomon, et J. E. McGowan, Jr. 2001. Applying economic principles to health care. *Emerg Infect Dis* 7(2):282-285.
- Seegers, H., C. Fourichon, X. Malher, et M. L'Hostis. 1994. A framework for animal health management. *Vet Res* 25(2-3):165-173.
- Swinkels, J. M., H. Hogeveen, et R. N. Zadoks. 2005. A Partial Budget Model to Estimate Economic Benefits of Lactational Treatment of Subclinical *Staphylococcus aureus* Mastitis. *Journal of Dairy Science* 88(12):4273-4287.
- Tarabla, H. D. et K. Dodd. 1990. Associations between farmers personal characteristics, management-practices and farm performance. *Br. Vet. J.* 146(2):157-164.
- Théret, B. 2005. Economie, éthique et droit : la contribution de l'économie institutionnelle de John R. Commons à la compréhension de leurs (cor)relations. in *Ehique médical et politique de la santé*. P. B. e. M. Gadreau, ed. *Economica*.
- Thompson, P. N., A. Stone, et W. A. Schultheiss. 2006. Use of treatment records and lung lesion scoring to estimate the effect of respiratory disease on growth during early and late finishing periods in South African feedlot cattle. *J Anim Sci* 84(2):488-498.

- Thomsen, P. T., A. M. Kjeldsen, J. T. Sorensen, H. Houe, et A. K. Ersboll. 2006. Herd-level risk factors for the mortality of cows in Danish dairy herds. *Vet. Rec.* 158(18):622-626.
- Thomsen, P. T. et J. T. Sorensen. 2008. Euthanasia of Danish dairy cows evaluated in two questionnaire surveys. *Acta. Vet. Scand.* 50(33).
- Tisdell, C. 1995. Assessing the approach to cost-benefit analysis of controlling livestock diseases of McInerney and others. *Research Papers and Reports in Animal Health Economics* 3:1-20.
- Valeeva, N. I., T. J. Lam, et H. Hogeveen. 2007. Motivation of dairy farmers to improve mastitis management. *J. Dairy Sci.* 90(9):4466-4477.
- Vesala, H. et K. Vesala. 2010. Entrepreneurs and producers : identities of finish farmers in 2001 and 2006. *Journal of Rural Studies* 26:21-30.
- Yániz, J., F. López-Gatius, G. Bech-Sabat, I. García-Ispuerto, B. Serrano, et P. Santolaria. 2008. Relationships between Milk Production, Ovarian Function and Fertility in High-producing Dairy Herds in North-eastern Spain. *Reproduction in Domestic Animals* 43:38-43.
- Zinsstag, J., E. Schelling, K. Wyss, et M. B. Mahamat. 2005. Potential of cooperation between human and animal health to strengthen health systems. *The Lancet* 366(9503):2142-2145.

# ANNEXES

## Annexe 1. Texte du JO 48 du 26 février 2000 portant création de la BDNI

JORF n°48 du 26 février 2000

Texte n°55

ARRETE

### **Arrêté du 10 février 2000 portant création de la base de données nationale d'identification et de traçage des bovins et de leurs produits**

Le ministre de l'agriculture et de la pêche,

Vu le règlement (CE) no 820/97 du Conseil du 21 avril 1997 établissant un système d'identification et d'enregistrement des bovins et relatif à l'étiquetage de la viande bovine et des produits à base de viande bovine ;

Vu la directive 97/12/CE du Conseil du 17 mars 1997 portant modification et mise à jour de la directive 64/432/CEE relative à des problèmes de police sanitaire en matière d'échanges intracommunautaires d'animaux des espèces bovine et porcine ;

Vu le code rural, notamment le livre VI (livre nouveau) instituant un établissement de l'élevage par département pour la mission d'identification des animaux et l'article 214-B instituant les organismes à vocation sanitaire pour la conduite d'action collective contre certaines maladies ;

Vu la loi no 78-17 du 6 janvier 1978 modifiée relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés ;

Vu la loi no 79-18 du 3 janvier 1979 sur les archives ;

Vu la loi no 51-711 du 7 juin 1951 modifiée sur l'obligation, la coordination et le secret en matière statistique ;

Vu le décret no 78-774 du 17 juillet 1978 modifié pris pour l'application des chapitres Ier à IV et VII de la loi no 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés ;

Vu le décret no 98-764 du 28 août 1998 relatif à l'identification du cheptel bovin ;

Vu l'arrêté du 3 septembre 1998 modifié relatif aux modalités de réalisation de l'identification du cheptel bovin ;

Vu la lettre de la Commission nationale de l'informatique et des libertés en date du 12 novembre 1999 portant le numéro 673413,

Arrête :

Art. 1er. - En application de l'article 2 du décret du 28 août 1998 susvisé, une base de données nationale d'identification et de traçage des bovins et de leurs produits est constituée au CERI (centre d'études et de réalisations informatiques, sous-direction des systèmes d'information, direction générale de l'administration, ministère de l'agriculture et de la pêche), afin de centraliser les informations suivantes :

- informations relatives aux exploitants et détenteurs d'animaux ;
- informations relatives aux exploitations et à leur limitation de mouvement (causes sanitaire et/ou d'identification) ;
- informations relatives aux animaux qui y sont élevés ou détenus ainsi qu'à leurs mouvements ;
- informations relatives à l'identification des animaux et à leur filiation éventuelle ;
- informations relatives aux limitations de mouvement des animaux (causes sanitaire et/ou d'identification) ;
- informations relatives aux documents officiels délivrés pour l'identification des animaux et des exploitations.

Le CERI est chargé de la mise en œuvre des dispositions nécessaires à la protection et à la sécurité de cette base de données, tant sur l'aspect matériel que logiciel, afin que l'exploitation de données ne puisse être réalisée en dehors des ayants droit validés par la maîtrise d'ouvrage (direction générale de l'alimentation) et dans la limite de leurs attributions réglementaires.

Art. 2. - La base de données nationale constitue la base de référence des informations à utiliser pour l'édition, la réédition et la duplication du passeport d'un bovin au sens de l'article 1er de l'arrêté du 3 septembre 1998 susvisé.

Art. 3. - Les catégories d'informations nominatives enregistrées dans ce fichier national sont les suivantes : Informations relatives au détenteur :

- numéro d'identification attribué par le maître d'oeuvre départemental ou interdépartemental de l'identification ;
- nom et adresse du détenteur ;

- période d'activité du détenteur ;
- numéro SIRET.

Informations relatives à l'exploitation :

- numéro d'identification attribué par le maître d'oeuvre départemental ou interdépartemental de l'identification ;
- nom et adresse de l'exploitation ;
- limitation de mouvement des unités de productions présentes sur l'exploitation attribuée par les services vétérinaires départementaux pour des causes sanitaire et/ou d'identification ;
- période d'activité de l'exploitation.

Art. 4. - Les destinataires de ces informations sont, dans la limite des droits liés à leurs attributions réglementaires :

- les services centraux du ministère de l'agriculture et de la pêche (direction générale de l'alimentation DGAL), direction des politiques économique et internationale, direction générale de l'administration, direction des affaires financières et économiques-service central des enquêtes et des études statistiques), dans le cadre de leurs missions de contrôle de l'identification, de contrôle de la traçabilité des bovins et des produits à base de viande bovine, du contrôle sanitaire, du contrôle des aides animales et de leur mission statistique ;
- les services centraux de la direction générale de l'administration du ministère de l'agriculture et de la pêche, dans le cadre de sa mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'oeuvre de la base de données nationale ;
- les services déconcentrés du ministère de l'agriculture et de la pêche (services vétérinaires, directions départementales de l'agriculture et de la forêt), dans le cadre de leurs missions de contrôle de l'identification, de contrôle de la traçabilité des bovins et des produits à base de viande bovine, du contrôle sanitaire, du contrôle des aides animales et de leur mission statistique ;
- la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie et les directions départementales de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes, dans le cadre de leurs missions de contrôle de l'étiquetage des viandes bovines ;
- la direction générale des impôts du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, dans les conditions et selon les procédures réglementaires existantes définies pour l'accès des services fiscaux aux documents à caractère nominatif ;
- les établissements départementaux ou interdépartementaux de l'élevage et les maîtres d'oeuvre départementaux, dans le cadre de la mission réglementaire d'identification des bovins ;
- l'Office national interprofessionnel des viandes, de l'élevage et de l'aviculture, dans le cadre de ses missions d'organisme payeur des aides agricoles ;
- l'institut de l'élevage, dans le cadre de sa mission réglementaire d'appui aux établissements départementaux ou interdépartementaux de l'élevage et de sa mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage ;
- le centre technique d'informations génétiques, dans le cadre de ses activités de l'amélioration génétique des animaux ;
- l'assemblée permanente des chambres d'agriculture, commission permanente du développement de l'élevage, dans le cadre de l'exercice de l'activité de coordination du système d'assurance qualité de l'identification bovine ;
- les organismes à vocation sanitaire et la Fédération nationale des groupements de défense sanitaire, dans le cadre de leur mission de surveillance sanitaire des bovins s'appuyant sur l'identification ;
- l'exploitant d'un établissement d'abattage de bovins pour les données du passeport relatives aux animaux abattus dans cet établissement d'abattage ;
- l'Institut national de recherche agronomique pour ses activités de recherche, dans le cadre de conventions d'utilisation avec la DGAL.

Art. 5. - Le droit d'accès prévu par l'article 34 de la loi du 6 janvier 1978 susvisée s'exerce auprès :

- des établissements départementaux ou interdépartementaux de l'élevage (EDE), à l'exception des informations relatives aux limitations de mouvement des exploitations et des animaux ;
- des services vétérinaires départementaux (SVD) pour les informations relatives aux limitations de mouvement des exploitations et des animaux.

Art. 6. - La directrice générale de l'alimentation, le directeur des politiques économique et internationale et le directeur général de l'administration sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 10 février 2000.

Jean Glavany

## **Annexe 2. Caractéristiques des données du contrôle laitier**

Le contrôle de performances d'un troupeau consiste pour chaque animal à réaliser des mesures quantitatives (matière protéique, matière grasse, numération cellulaires, mammites cliniques...) et qualitatives du lait, selon des protocoles très précis, conformes aux recommandations de l'International Committee for Animal Recording (ICAR). Ces informations servent à établir les documents officiels, utiles aux éleveurs et à l'ensemble de la filière.

Les données recueillies permettent de déterminer la valeur génétique des reproducteurs mâles et femelles. Ce recueil de données fiable et indépendant contribue au progrès génétique et au calcul des index. Le contrôle laitier constitue ainsi le premier maillon du Dispositif Génétique Français (DGF).

Les données utilisées dans notre travail ont été fournies par France Génétique Elevage, dans le cadre d'une convention passée avec l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse et après avis favorable du Comité de suivi et d'orientation des systèmes nationaux d'information génétique.

Les données mises à disposition sont les suivantes :

*Champ géographique* : ensemble de la France

*Population* : vaches en lactation entre le 01/01/2005 et le 31/12/2006

*Nature* : contrôles élémentaires : poids, taux et autres paramètres intervenant dans le paiement à la qualité du lait  
dates de vêlages et de tarissement  
lactation de référence