

Evaluation de la vulnérabilité des systèmes bovins lait familiaux au Brésil : proposition d'une méthode quantitative

M.N. Oliveira^{1,2,3}, B. Triomphe², C. Rigolot^{3,5,6,7}, N. Cialdella², S. Ingrand^{4,5,6,7}

Les exploitations agricoles évoluent dans un contexte qui change de plus en plus rapidement. Pour étudier leurs dynamiques de changements et capacités d'adaptation, 3 concepts sont appropriés : la résilience, la flexibilité et la vulnérabilité. Les éleveurs laitiers qui se sont installés dans le Cerrado brésilien ont été choisis pour tester une méthode d'analyse de la vulnérabilité des exploitations.

RÉSUMÉ

Les 9 indicateurs quantitatifs proposés pour évaluer la vulnérabilité des systèmes de production laitière de petits éleveurs sont liés à la disponibilité de la main d'œuvre, à la compétence de l'éleveur, aux réserves de surface, à la conduite technique (chargement, autonomie) et aux aspects financiers. La mise en œuvre de la méthode est illustrée dans un échantillon de 22 petits éleveurs du Cerrado brésilien dont la trajectoire de développement a été préalablement reconstituée depuis leur installation. Les résultats sont présentés pour 2 épisodes de sécheresse (2007 et 2011). Cette méthode peut être utilisée pour aider des groupes de petits éleveurs à prendre de meilleures décisions quand ils se lancent dans l'intensification de leur production de lait.

SUMMARY

A proposed method for evaluating the relative vulnerability of family-owned dairy farms in Brazil

Farmers, faced with circumstances that are changing ever more rapidly, must be able to adapt. We used 22 small dairy farms located in the Brazilian Cerrado to test a method of assessing farm vulnerability. Each farm's developmental trajectory was retraced from its date of founding. Nine indices were used to assess the vulnerability of the farms' dairy production systems. They took into account workforce availability, farmer expertise, surface area kept in reserve, technical approaches (stocking rates and feed autonomy), and financial factors. We quantified farm vulnerability during two periods of drought (2007 and 2011). This method can be used by small farms to make the best decisions possible when intensifying dairy production.

Les agriculteurs - éleveurs compris - vont devoir s'adapter et concevoir des systèmes de production moins sensibles aux aléas (climat, maladies, variations des prix), plus autonomes en intrants chimiques, sans pour autant compter sur les systèmes de protection publique en vigueur dans certaines régions (Europe et Amérique du Nord en particulier). La capacité d'adaptation des systèmes est ainsi une propriété particulièrement

intéressante à considérer pour concevoir des systèmes non vulnérables et durables sur le plan environnemental. Cette capacité est aussi cruciale dans des pays où les politiques publiques sont peu nombreuses, voire inexistantes, en particulier pour les petites structures familiales (IFAD, 2013). Ces dernières ont en effet un accès restreint aux structures de conseil et leur faible taille constitue en soi une source de vulnérabilité. C'est

AUTEURS

- 1 : Embrapa - Brazilian Agriculture Research Corporation, Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020, km 18, Caixa postal 08223, CEP 73310-970, Planaltina - DF (Brésil) ; marcelo.nascimento-oliveira@embrapa.br
- 2 : Cirad, UMR Innovation, F-34398 Montpellier cedex 5 (France)
- 3 : Inra SAD, UMR1273 Métafort, F-63122 Saint-Genès-Champanelle (France)
- 4 : Inra Phase, UMR1273 Métafort, F-63122 Saint-Genès-Champanelle (France)
- 5 : AgroParisTech, UMR Métafort, F-63170 Aubière (France)
- 6 : Clermont Université, VetAgro Sup, UMR Métafort, F-63370 Lempdes (France)
- 7 : Irstea, UMR Métafort, F-63170 Aubière (France)

MOTS CLÉS : Amérique du Sud, aspect économique, Brésil, enquête, exploitation agricole, intensification, méthode d'estimation, prairie, production laitière, sécheresse, sécurité fourragère, système de production, trajectoire d'évolution, travail.

KEY-WORDS : Brazil, dairying, drought, economic aspect, estimation method, evolution trajectory, farm, forage security, grassland, intensification, production system, South America, survey, work.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Oliveira M.N., Triomphe B., Rigolot C., Cialdella N., Ingrand S. (2015) : "Evaluation de la vulnérabilité des systèmes bovins lait familiaux au Brésil : proposition d'une méthode quantitative", *Fourrages*, 222, 135-142.

en particulier le cas pour des systèmes créés *ex nihilo*, comme dans le cadre de réformes agraires ayant permis à des familles d'accéder à la terre. Ces systèmes sont particulièrement intéressants pour tenter de comprendre ce qui rend un système agricole vulnérable et pour proposer une méthode de quantification de leur vulnérabilité.

Trois concepts majeurs sont utilisés par les chercheurs pour étudier les capacités d'adaptation et les dynamiques de changements dans les systèmes agricoles : la résilience (GUNDERSON, 2000 ; HOLLING, 2001 ; DEDIEU et INGRAND, 2010), la flexibilité (MOULIN *et al.*, 2008 ; DARNHOFFER *et al.*, 2010 ; ASTIGARRAGA et INGRAND, 2011) et la vulnérabilité (ADGER, 2006 ; GALLOPIN, 2006 ; TEN NAPEL *et al.*, 2011). Nous nous intéressons ici au concept de vulnérabilité et à son opérationnalité dans une visée d'accompagnement de petits producteurs en phase d'installation, d'intensification ou confrontés à des difficultés économiques, organisationnelles ou structurelles. Pour ce faire, nous proposons un exercice de quantification de la vulnérabilité en prenant l'exemple emblématique des petits éleveurs laitiers.

Le **concept de vulnérabilité** a été proposé initialement dans les disciplines des sciences humaines, pour être appliqué aux personnes subissant des perturbations extérieures (JANSSEN *et al.*, 2006 ; PEARSON et LANGRIDGE, 2011 ; ADGER, 2006). Selon ADGER (2006), la vulnérabilité peut être définie par trois composantes (dont elle est le résultat de la combinaison) : i) l'exposition, ii) la sensibilité, iii) la capacité d'adaptation. Les caractéristiques de l'exposition incluent l'amplitude, la fréquence, la durée et l'ampleur spatiale de perturbation. La sensibilité est le degré de modification du système subissant la perturbation (GALLOPIN, 2006). La capacité d'adaptation représente la capacité du système à évoluer tout en s'adaptant à son environnement pour accroître la gamme de variabilité à laquelle il est capable de faire face (ADGER, 2006).

L'objectif de cet article est de **proposer une méthode de quantification de la vulnérabilité des systèmes agricoles** face aux perturbations de l'environnement. Cette méthode est basée sur des indicateurs simples, définis à partir des difficultés vécues par des éleveurs laitiers au cours de la trajectoire de développement de leur système de production.

1. Présentation de la démarche

■ Etude de petits élevages familiaux producteurs de lait au Brésil

L'étude a été conduite dans le district d'Unaí (Minas Gerais), dans le **Cerrado brésilien**. L'origine des élevages laitiers familiaux dans cette zone est diverse : achats ou héritage mais aussi, **pour la plupart, une installation dans le cadre de la réforme agraire**. Pour ces derniers, une première étape de l'installation consiste à déforester la zone attribuée, à commencer la production laitière avec quelques animaux et à vendre le lait à une coopérative présente dans la ville d'Unaí. La filière laitière est très dynamique au Brésil, dans un contexte de déficit structurel (BERNARD *et al.*, 2011). Les éleveurs concernés partent donc de zéro et doivent mettre en place tous les éléments du système d'élevage sur une courte période : constituer le troupeau, installer les pâturages (source principale de fourrage dans la zone), s'insérer dans la filière, tout en acquérant des compétences et de l'expérience en tant qu'éleveurs laitiers, entre autres.

Tout en ayant accès à des crédits spécifiques, les éleveurs familiaux ont à faire **face à plusieurs contraintes**, telles que le déficit d'infrastructures (routes en mauvais état, manque de fiabilité de l'approvisionnement en électricité, accès difficile à l'éducation et à la santé), l'absence ou un accès réduit aux structures de conseil technique et aux dispositifs d'assurance. Dans de telles conditions, les systèmes laitiers en question sont supposés être **très vulnérables aux perturbations externes** telles que les sécheresses, les fluctuations de prix, mais aussi internes telles que les maladies (des animaux mais aussi des personnes assurant les tâches d'élevage). De telles circonstances en font de bons candidats pour mettre au point et tester une méthode de quantification de leur degré de vulnérabilité.

Nous avons travaillé sur un échantillon de **22 éleveurs familiaux**, représentant la diversité de ces systèmes dans la région d'Unaí, en termes de surface, de taille de troupeau et de main d'œuvre (moins de 70 ha, moins de 50 vaches et le travail assuré par la famille).

Dimension	Critère	Signification, mesure
Travail et main d'oeuvre	Taille de la famille	Membres de la famille ($t_0 \dots t_{\text{présent}}$)
	Nombre de Travailleurs	Membres de la famille et salariés dédiés à l'élevage
	Événements familiaux	Maladies, travail à l'extérieur, mariage, naissances, autres
Structure et technique	Surface	Taille, utilisation, % pâturages
	Troupeau	Taille, dynamique effectifs génisses et vaches, races, nombre de vaches en production
	Productivité	Production laitière (saison sèche et saison des pluies), dynamique temporelle
Finances	Production	Nature des produits (évolution, diversification), prix (saison sèche et saison des pluies)
	Dépenses	Source (emprunt public, privé, autofinancement), objectifs, montants, périodes
	Équipement	Nature, objectifs, période d'achat, financement

TABLEAU 1 : Critères utilisés pour caractériser les trajectoires des 22 systèmes d'élevage (Unaí, Brésil).

TABLE 1 : Criteria used to characterize the trajectories of the 22 dairy farm systems studied (Unaí, Brazil).

Dimension de la trajectoire	Difficultés identifiées par les éleveurs dans la trajectoire de développement de leur système	Indicateurs de vulnérabilité associés
Travail et main d'œuvre	Nécessité de travailler à l'extérieur Manque d'eau pour la famille (toilette, cuisine) Difficulté à engager un salarié Manque de main d'œuvre Maladie (travailleurs)	SATUR - Saturation de la main d'œuvre EXPER – expérience et compétences de l'éleveur PHYSI – capacité physique de l'éleveur et des travailleurs
Dimension technique	Manque d'assistance technique Manque d'équipement (tracteur, tank à lait...) Manque d'infrastructure technique (surface, clôtures, eau pour le troupeau) Baisse de production laitière en saison sèche Mortalité animale (dont vaches) Manque de ressources et d'équipement pour installer les prairies	SURFA – Réserve de surfaces CHARGE – Niveau de chargement AUTO – Autonomie fourragère
Aspects financiers	Revenu insuffisant Rapport de prix entre lait (bas) et intrants (élevé) Solvabilité, manque de trésorerie, difficulté de remboursement des prêts	MARCHE – Antériorité de l'accès au marché REVENU – Revenu par travailleur DIVER - Diversification des revenus

TABLEAU 2 : Difficultés rencontrées par les éleveurs et indicateurs de vulnérabilité associés, selon les 3 dimensions des trajectoires.

TABLE 2 : *Hurdles faced by farmers and the related indices of vulnerability, categorised by 3 facets of farm development.*

■ Evaluer la vulnérabilité en reconstituant les trajectoires

L'analyse des trajectoires d'exploitations agricoles a été étudiée dans différentes perspectives, telles que la caractérisation de l'évolution des systèmes famille - exploitations (MOULIN *et al.*, 2008 ; RUEFF *et al.*, 2012 ; GARCIA-MARTÍNEZ *et al.*, 2009 ; RYSCHAWY *et al.*, 2013), des analyses socio-historiques (LAMINE, 2011), des typologies quantitatives (IRAIZOZ *et al.*, 2007), des changements de pratiques (BERNARD *et al.*, 2011), des changements de stratégies (LANGLEY, 1999 ; OIRY *et al.*, 2010 ; CIALDELLA *et al.*, 2009 ; MADELRIEUX *et al.*, 2002).

Dans notre cas, nous avons reconstitué les trajectoires pour connaître les logiques de construction et d'évolution des systèmes, en relation avec la filière (HOSTIQU *et al.*, 2006 ; BERNARD *et al.*, 2011). Nous avons utilisé le concept de trajectoires de développement comme étant le résultat de choix faits par les éleveurs dans leurs systèmes de production, choix qui tiennent compte de la situation socio-économique, des conditions environnementales, culturelles, des opportunités, des projets personnels et collectifs de la famille.

Nous avons effectué des **enquêtes en deux étapes**. Durant l'étape 1 (juin-juillet 2011), **les trajectoires** des 22 fermes ont été décrites à l'aide d'éléments qualitatifs et quantitatifs au cours d'un entretien semi-directif (LANGLEY, 1999). Les trajectoires ont été caractérisées depuis l'installation autour de 3 dimensions : le travail et la main d'œuvre, la structure et la conduite technique, et les aspects financiers, en utilisant trois critères pour chaque dimension (tableau 1), selon les informations fournies par les agriculteurs, depuis le début du système de production (t_0) jusqu'à 2012. Nous avons également **identifié des événements spécifiques correspondant à des difficultés ou des moments critiques** dans la trajectoire, aux dires des éleveurs (tableau 2). Nous avons plus particulièrement analysé ces événements pour identifier les sources de vulnérabilité des systèmes. Pour chaque événement, nous

avons interrogé les éleveurs sur : i) ce qui avait contribué à créer, à générer la difficulté ; ii) les actions menées pour y faire face ; iii) les actions qu'ils mèneraient si la difficulté devait se présenter à nouveau (regard critique sur leurs choix passés). Durant l'étape 2 (février-mars 2012), il s'est agi de combler les manques identifiés pour reconstituer les trajectoires et qualifier les moments difficiles traversés, ainsi que de valider les trajectoires reconstituées graphiquement (support de discussion avec les éleveurs).

■ Analyse des données et construction des indicateurs

Les informations recueillies chez les éleveurs nous ont permis de formuler des hypothèses sur les sources et manifestations de la vulnérabilité ainsi que définir des indicateurs rendant compte des événements difficiles mentionnés au cours des entretiens. Au final, nous proposons **9 indicateurs** simples à mesurer et qui, utilisés conjointement, permettent d'évaluer la vulnérabilité globale des systèmes. Parmi les 9 indicateurs présentés ci-après, les 3 premiers **concernent le travail et la main d'œuvre**, les 3 suivants **la dimension technique** et, les 3 derniers, **les aspects financiers** (tableau 2). Chaque indicateur repose sur une hypothèse :

- **Saturation de la main d'œuvre** (SATUR) : Proportion de membres de la famille impliqués dans les tâches d'élevage (nombre de membres/taille de la famille avec 0,5 pour les enfants de moins de 15 ans, 1 pour les autres). Nous faisons l'hypothèse pour cet indicateur que la saturation de la main d'œuvre augmente la vulnérabilité du système, sans marge de manœuvre en cas de difficulté.

- **Expérience et compétences de l'éleveur** (EXPER) : Nombre d'années passées dans l'activité d'élevage et niveau de formation. Indicateur qualitatif avec 5 classes relatives à l'échantillon traité : 0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1 (respectivement de l'expérience la plus forte à la plus faible). Nous faisons l'hypothèse que l'expérience des éleveurs réduit la vulnérabilité de leur système.

- **Capacité physique de l'éleveur et des travailleurs** (PHYSI), indicateur estimé selon les dires des éleveurs, en tenant compte de leur âge, de leur état de santé et de leurs antécédents médicaux. Indicateur qualitatif avec 4 classes relatives à l'échantillon traité : 0 ; 0,33 ; 0,66 ; 1 (de la meilleure à la moins bonne santé). Nous faisons l'hypothèse que la capacité physique des travailleurs est en lien avec la vulnérabilité des systèmes d'élevage.

- **Réserve de surfaces** (SURFA) : Part de surface forestière (%), en excluant les aires de mise en défens légales, c'est-à-dire encore disponibles et mobilisables pour l'activité d'élevage. Nous faisons l'hypothèse que cette réserve donne des marges de manœuvre et diminue la vulnérabilité des systèmes.

- **Niveau de chargement** (CHARGE) : Nombre d'animaux ramené à la surface de la ferme. Nous faisons l'hypothèse que le chargement est positivement corrélé à la vulnérabilité des systèmes d'élevage, en particulier face aux aléas climatiques et aux pénuries de fourrages.

- **Autonomie fourragère** (AUTO) : Proportion de fourrages produits sur l'exploitation (%). Nous faisons l'hypothèse que l'autonomie fourragère diminue la vulnérabilité des systèmes d'élevage.

- **Antériorité de l'accès au marché** (MARCHE) : Indicateur qualitatif avec 5 classes relatives à l'échantillon traité : 0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1 (respectivement du plus ancien au plus récent). Nous faisons l'hypothèse que cette durée accroît la confiance, l'accès au conseil et la sécurisation en cas de problème.

- **Revenu par travailleur** (REVENU) : Totalité des revenus (de l'activité d'élevage et d'autres activités dans le système d'élevage) divisé par le nombre de travailleurs dans le système d'élevage. Nous faisons l'hypothèse que plus le revenu est haut, moins le système est vulnérable.

- **Diversification des revenus** (DIVER) : Part de revenu en dehors de l'activité d'élevage (%). Nous faisons l'hypothèse que la diversification diminue la vulnérabilité, selon l'adage « ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier ».

Il est important de noter à ce stade que notre méthode consiste à évaluer la vulnérabilité des exploitations relativement à l'échantillon de fermes concernées par l'analyse et que ce n'est pas tant ici les valeurs absolues qui importent que le gradient de ces valeurs pour un indicateur donné, selon la méthode proposée par GIRARD *et al.* (2001). Les valeurs de vulnérabilité obtenues pour une exploitation sont donc dépendantes des autres exploitations qui composent l'échantillon. **Le contexte dans lequel les élevages évoluent est déterminant pour caractériser la vulnérabilité** : contexte pédoclimatique, normes locales, politiques publiques, opérations spécifiques de développement. Il nous semble ainsi que des indicateurs de vulnérabilité absolus, indépendants du contexte, ne seraient pas pertinents.

Après avoir évalué chaque indicateur pour chaque ferme, nous avons standardisé les valeurs obtenues en affectant 0 et 1 aux valeurs respectivement les plus favorables et les plus défavorables à la vulnérabilité pour chaque perturbation évaluée (0 = peu vulnérable et 1 = très vulnérable).

Ces valeurs peuvent correspondre aux valeurs extrêmes observées dans l'échantillon, ou aux classes extrêmes prédéfinies pour les variables discrètes. Pour comparer les fermes, nous avons recalculé chaque valeur (comprise en 0 et 1), selon la formule : $X = (V - A) / (B - A)$, où :

A = la plus petite valeur pour un indicateur donné (valeur de 0 après standardisation) ;

B = la plus grande valeur pour un indicateur donné (valeur de 1 après standardisation) ;

V = une valeur intermédiaire entre A et B, pour une ferme donnée.

Cette formule a été utilisée comme telle pour les indicateurs positivement corrélés à la vulnérabilité (valeur faible pour une vulnérabilité faible) : SATUR, PHYSI, CHARGE, SURFA, AUTO. Pour les autres indicateurs (EXPER, MARCHE, REVENU et DIVER), nous avons retenu comme valeur finale $X' = 1 - X$, afin de pouvoir comparer plus facilement les 9 indicateurs entre eux.

Pour tester nos 9 indicateurs, nous les avons **calculés à deux périodes** différentes, correspondant à la même nature de perturbation, évoquée par tous les éleveurs comme des moments difficiles, à savoir des **épisodes de sécheresse en 2007 et en 2011**. En 2007, la pluviométrie en mars-avril correspondait à 25 % seulement de la moyenne sur 35 ans (1978-2013), affectant la production des prairies. En 2011, un épisode de sécheresse a eu lieu en janvier-février, avec 248 mm de pluie vs 387 en moyenne, suivi de pluies fortes en mars (469 vs 208 mm en moyenne), affectant là encore la production des prairies.

EA*	Intervalle t0-2012 (ans)	Surface (ha)		Nb vaches		Production laitière (l/j)		TA* (%)
		2012	dont dédiée au lait	t0	2012	t0	2012	
1	19	17	13	3	23	10	128	67
2	25	5	3,5	2	18	4	110	110
3	7	30	21	30	42	300	480	23
4	5	33	32	30	50	250	425	34
5	17	30	23	10	50	60	514	50
6	10	17	12	5	11	10	65	65
7	11	19,5	17	2	17	15	158	96
8	15	28	27	3	17	10	185	123
9	22	56	56	6	18	20	203	46
10	8	30	26,5	7	22	18	178	124
11	25	21	16,5	9	20	10	130	52
12	10	22	21	8	16	15	28	19
13	19	25	24	5	10	10	108	57
14	14	17	16,5	6	4	20	16	-6
15	8	24	6	1	6	9	60	83
16	43	26	16,5	2	15	8	40	12
17	34	63	38	2	24	5	179	105
18	10	29	19	10	35	70	48	-7
19	13	27	24	10	15	100	103	8
20	10	27	23	3	17	45	296	66
21	17	59	40	4	42	15	499	196
22	9	57	39,5	2	12	16	329	228

* EA : exploitation agricole ; TA : Taux d'accroissement annuel

TABLEAU 3 : Evolution des principales caractéristiques des 22 élevages laitiers familiaux d'Unai, entre l'installation (t0) et 2012.

TABLE 3 : Change in the key characteristics of the 22 dairy farms studied, from the date of founding (t0) to 2012.

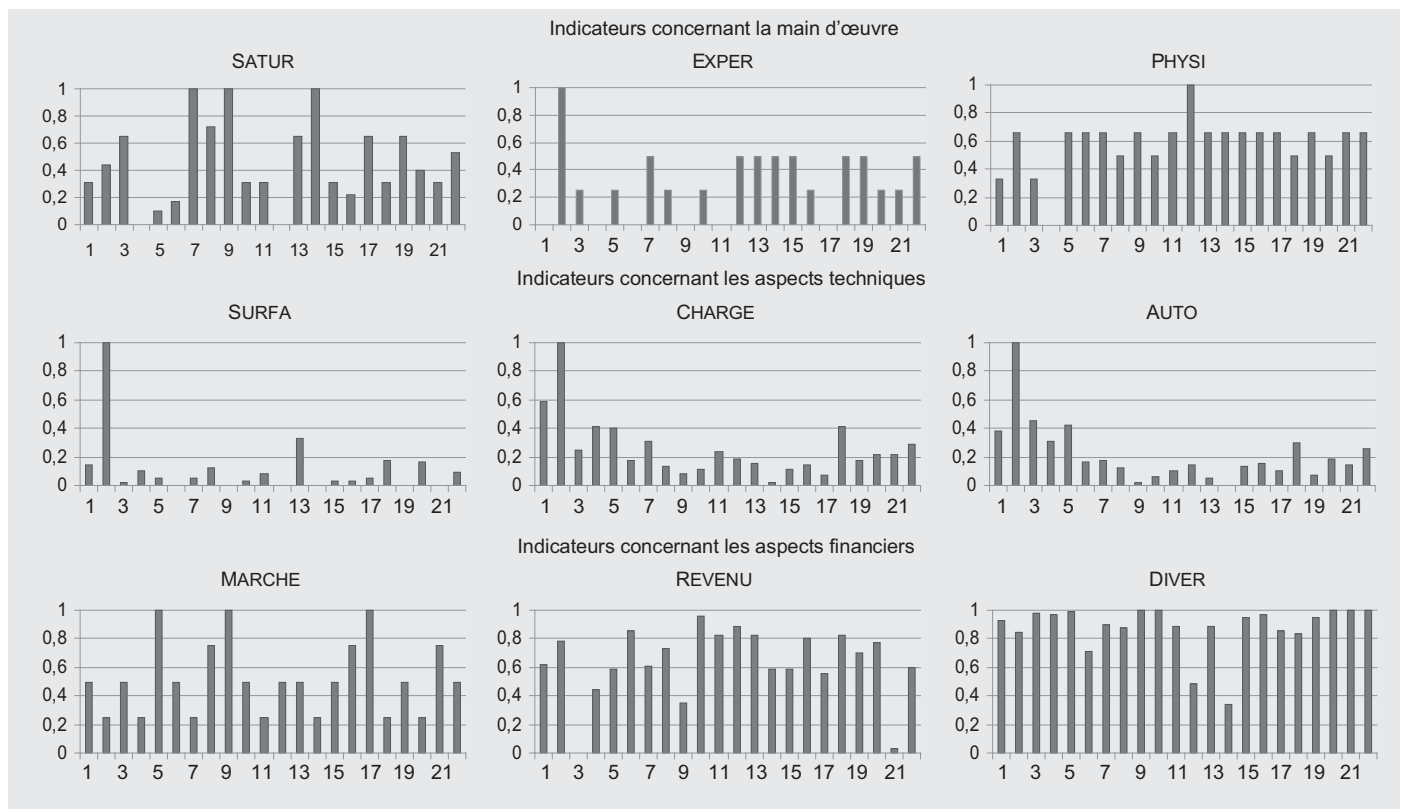


FIGURE 1 : Comparaison des 22 élevages laitiers de l'échantillon, selon les 9 indicateurs de vulnérabilité, au moment de la sécheresse de 2011.

FIGURE 1 : Comparison of the values of the 9 vulnerability indices for the 22 study farms during the 2011 drought.

2. Résultats

■ Trajectoires de développement

L'état initial des trajectoires est variable entre les 22 élevages (tableau 3), en termes de surface, de nombre de vaches et de niveau de production laitière. **Les premières étapes de la trajectoire sont communes** : augmentation de la taille du troupeau et des surfaces pâturées, ainsi que de la qualité des prairies. Le challenge est toujours, en particulier dans les premières années, de pouvoir alimenter les animaux durant la saison sèche. Une fois que ce premier challenge est réussi, deux processus combinés sont observés : i) **un processus d'intensification** de la production laitière, avec l'achat de matériel spécialisé (matériel de traite) et l'amélioration de la productivité par vache ; ii) **un processus de diversification**, pour avoir plusieurs sources de revenus : travail à l'extérieur (dans d'autres exploitations agricoles, voire en ville), cultures de vente, production de charbon, issu du bois de la déforestation pour implanter les surfaces en prairies...

■ Sources de vulnérabilité

Les difficultés mentionnées par les éleveurs comme ayant jalonné la trajectoire de leur élevage sont **de natures diverses** (tableau 2) : nous les avons regroupées en 3 catégories, selon qu'elles concernent le travail et la main d'œuvre (force de travail insuffisante, maladies, manque de

compétences...), la structure et la conduite technique de l'élevage (maladie des animaux, voire mortalité, difficultés pour l'implantation des prairies, délai de production, matériel insuffisant ou inadapté, problèmes de reproduction...) ou les aspects économiques et financiers (accès au crédit, solvabilité, prix bas du lait et prix élevé des intrants...). La plupart des éleveurs insistent sur le fait que le début de la trajectoire (les 2 ou 3 premières années) a été particulièrement délicat à négocier, en raison du "manque de tout" et de choix à faire dans l'urgence, afin d'au moins maintenir le niveau de production de lait.

■ Evaluation de la vulnérabilité

Les **valeurs individuelles** des 9 indicateurs de vulnérabilité sont présentées pour les 22 élevages au moment de la sécheresse de 2011 (figure 1). Des différences importantes apparaissent entre indicateurs et entre élevages. Pour les indicateurs techniques, l'exploitation n°2 se distingue par sa forte vulnérabilité alors que les différences relatives entre élevages sont plus homogènes pour les indicateurs relevant du travail et de l'économie. La vulnérabilité de l'élevage n°2 par rapport à l'échantillon pour les indicateurs techniques s'explique notamment par sa surface (5 ha), la plus petite de tout l'échantillon. Pour alimenter les animaux, l'éleveur a dû louer des surfaces à pâturer, entraînant une augmentation de la production laitière, mais insuffisante pour augmenter le revenu. L'élevage 17, au contraire, apparaît globalement moins vulnérable que les autres (figure 1), en

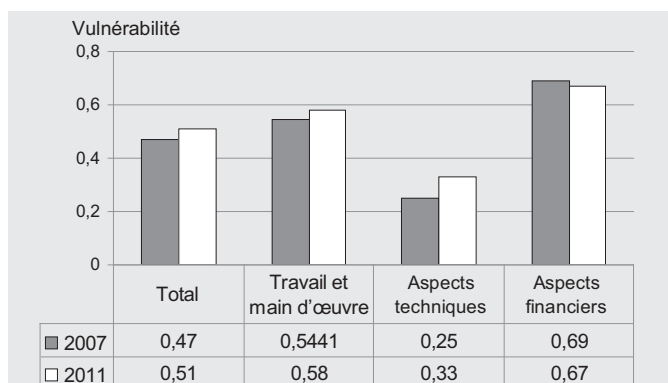


FIGURE 2 : Evolution de la vulnérabilité (selon les 3 dimensions étudiées) des 22 élevages laitiers de l'échantillon, entre les sécheresses de 2007 et 2011.

FIGURE 2 : Change in the vulnerability indices (according to the 3 facets) of the 22 dairy farms studied between the droughts of 2007 and 2011.

particulier en termes de compétences, d'antériorité dans l'accès au marché et pour l'ensemble des indicateurs techniques. C'est une des fermes les plus anciennes (36 ans *vs* 16 ans en moyenne pour l'échantillon) et une des plus importantes en superficie, avec 63 ha soit le double de la moyenne de l'échantillon (30 ha), mais pas en taille de troupeau, avec 24 vaches soit la moyenne de l'échantillon (22 vaches). Cependant, au-delà de ces tendances globales, le système d'indicateurs permet d'identifier les points forts et les points faibles des exploitations en comparaison avec leurs pairs. Par exemple, l'exploitation 9 est la plus vulnérable du point de vue de la saturation (SATUR), mais dispose d'un revenu parmi les plus élevés, la rendant moins vulnérable. Ces différences dans les indicateurs de vulnérabilité liés à la structure et la conduite technique reflètent bien les réponses des deux éleveurs (2 et 17) sur la question des difficultés rencontrées au cours de leur trajectoire, en particulier lors des anomalies climatiques des années 2007 et 2011.

Entre 2007 et 2011, la vulnérabilité relative globale (figure 2) a augmenté de 8,5 %, la plus forte contribution (34 %) provenant de l'augmentation de la vulnérabilité en lien avec la dimension de la structure et les aspects techniques. A l'inverse, la vulnérabilité a chuté de 2,6 % dans la dimension économique, en grande partie en raison d'une augmentation des prix du lait au cours de cette période.

La **comparaison des années 2007 et 2011** pour un événement de même nature (accident climatique) est présentée pour 3 indicateurs pour les 22 exploitations, de façon à mettre en évidence les évolutions (figure 3). Par exemple, la vulnérabilité technique de l'exploitation 2 a augmenté pendant la période en acquérant un nombre important de vaches sur une petite surface. A l'inverse, l'exploitation 13 a sécurisé son système en augmentant la quantité de fourrages pour l'alimentation du troupeau et en diminuant la vulnérabilité liée aux indicateurs techniques (taille de la structure et conduite).

L'élevage n°20 a par exemple des indicateurs de vulnérabilité technique qui sont bons (valeurs faibles), pour les deux épisodes, sans changement significatif de pra-

tiques entre les deux périodes. En revanche, l'élevage n°19 s'est révélé globalement moins vulnérable en 2011 qu'en 2007, en raison d'une combinaison d'événements non maîtrisés. Le responsable de l'élevage est tombé malade avant l'épisode de sécheresse et plusieurs vaches ont été vendues, pour que le remplaçant (un membre de la famille) puisse réaliser le travail. Ainsi, pendant la sécheresse, l'élevage s'est retrouvé en excédent de fourrage (en l'occurrence de l'ensilage de maïs), qui a été vendu aux voisins. Les ventes de fourrage ont ainsi pratiquement compensé les pertes de revenu liées à la diminution de la production de lait. Ainsi, un événement négatif imprévu (la maladie) peut avoir des effets qui s'avèrent au final bénéfiques (GALLOPIN, 2006). Les élevages n°3 et 12 ont quant à eux réduit la vulnérabilité de leur système entre 2007 et 2011, essentiellement sur le plan financier, en augmentant beaucoup la production de lait (éleveur n°3 : +10 vaches en 2008) ou la surface en canne à sucre (+2 ha pour l'éleveur n°12 en 2008). Les deux éleveurs ont déclaré avoir réalisé ces modifications en lien direct avec la sécheresse de 2007, afin de constituer une marge de manœuvre (pouvoir tampon) face aux aléas climatiques (ASTIGARRAGA et INGRAND, 2011), le levier privilégié pour rendre le système moins sensible étant le chiffre d'affaires réalisé.

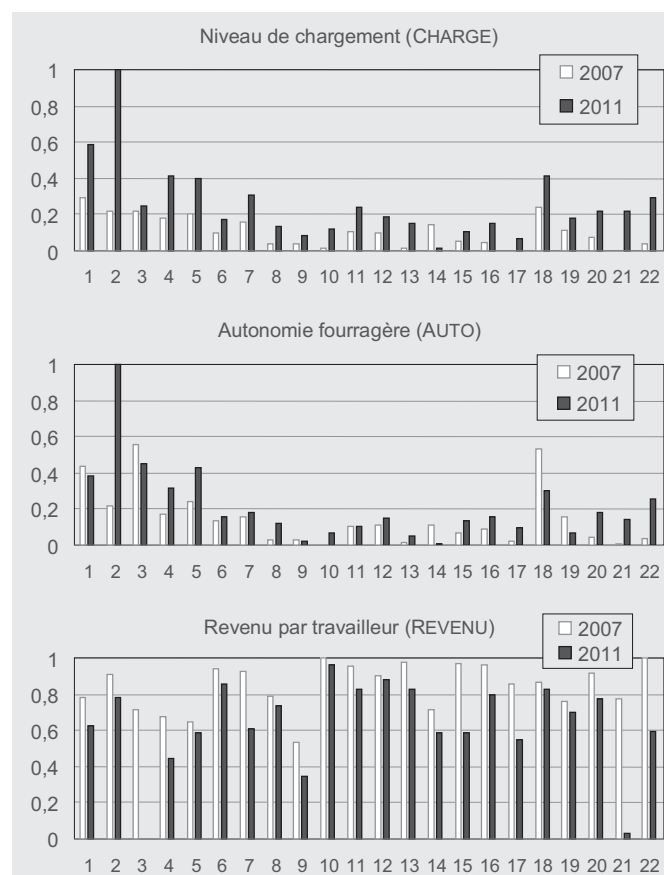


FIGURE 3 : Evolution de 3 des indicateurs de vulnérabilité des 22 élevages laitiers de l'échantillon entre les sécheresses de 2007 et en 2011.

FIGURE 3 : Change in the values of 3 of the vulnerability indices of the 22 dairy farms studied between the droughts of 2007 and 2011.

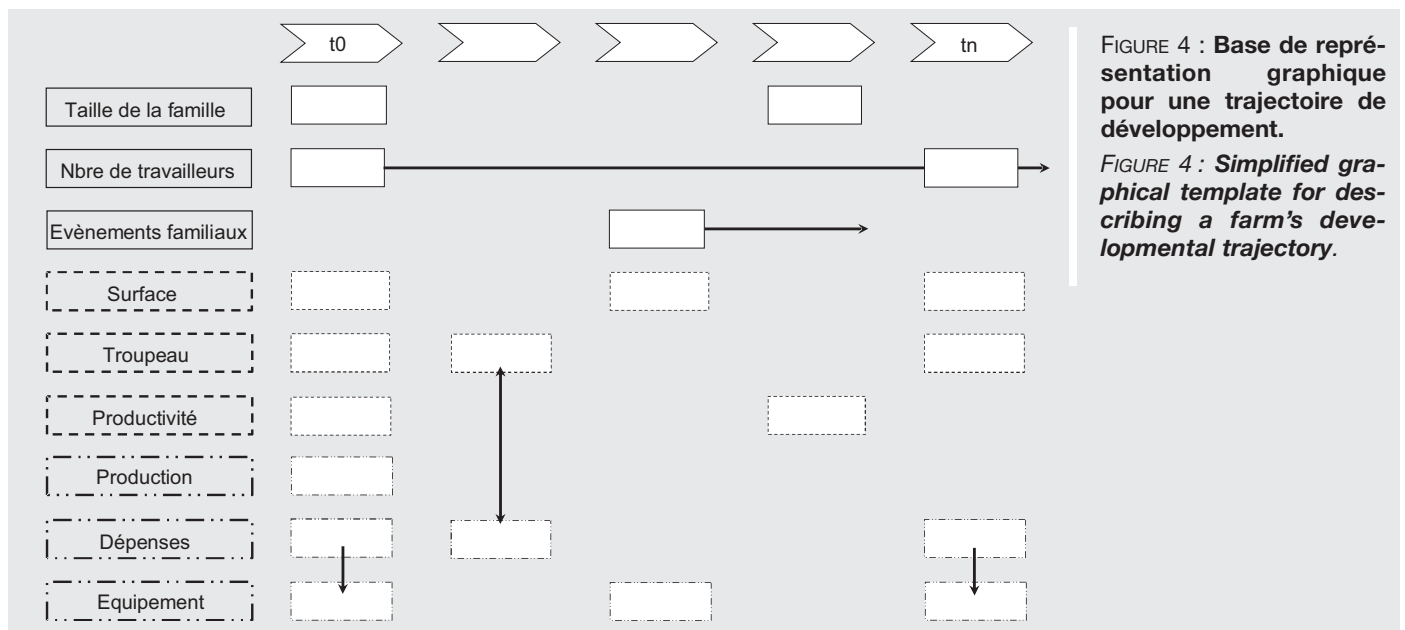


FIGURE 4 : Base de représentation graphique pour une trajectoire de développement.

FIGURE 4 : Simplified graphical template for describing a farm's developmental trajectory.

3. Atouts et limites de la méthode

La construction des trajectoires d'élevages permet de rendre compte des choix opérés par le(s) pilote(s) du système. Parmi les critères d'élaboration de ces choix, il y a ceux qui visent à rendre le système moins vulnérable face aux événements imprévus, tout en l'inscrivant dans une stratégie de long terme (CHANTRE *et al.*, 2010 ; CIALDELLA *et al.*, 2009 ; RUEFF *et al.*, 2012). La méthode que nous avons choisie repose sur **une représentation graphique** (figure 4), **qui permet de discuter avec les éleveurs**. Elle est ainsi particulièrement appropriée dans un contexte où les informations disponibles sous forme d'enregistrements sont rares. La **prise en compte simultanée des différentes dimensions de la trajectoire** (travail, technique, économique) a également été un moyen efficace de valider les informations qualitatives données par les éleveurs (JONES *et al.*, 2009).

L'**analyse conjointe des trajectoires avec les éleveurs**, en prenant appui sur les moments difficiles qu'ils ont vécus, nous semble une bonne manière d'aborder la façon d'évaluer la vulnérabilité des systèmes d'élevage car elle repose sur les perceptions, le vécu des éleveurs. Le **choix d'exprimer la vulnérabilité d'un système** relativement à d'autres, évoluant **dans un environnement comparable**, permet de raisonner les voies d'amélioration en référence à des situations comparables. Ainsi, des indicateurs de vulnérabilité qui seraient absolus, indépendants du contexte, ne nous semblent pas pertinents, la vulnérabilité étant définie justement par rapport au contexte, qui détermine la sensibilité du système et les événements auxquels il est susceptible d'être exposé.

Un autre atout de la combinaison d'indicateurs que nous proposons est son caractère **simple et opérationnel**, permettant en outre de **comparer la situation d'un même élevage à des moments différents de sa trajectoire**. Cela était particulièrement utile dans la situation des petites structures familiales d'Unai, pour lesquelles les changements sont très rapides et conditionnent la survie

de ces structures dans les premières années de leur existence. De tels indicateurs sont en outre facilement utilisables par les conseillers dans une démarche d'accompagnement des éleveurs, d'autant plus que ce sont les éleveurs eux-mêmes qui en sont à l'origine. Ainsi, les perspectives envisagées pour notre méthode sont de **favoriser les discussions entre éleveurs dans une démarche d'apprentissage collectif** (formations, ateliers, par exemple) sur les moyens de réduire la sensibilité de leur système aux aléas et d'éviter autant que faire se peut les erreurs dans la phase initiale de conception et de développement des systèmes de production (METZGER *et al.*, 2005 ; DURU *et al.*, 2012). Un champ d'application privilégié dans les systèmes européens nous semble être ainsi la phase d'installation, y compris sur des structures déjà en place.

Notre méthode présente toutefois un certain nombre de limites, parmi lesquelles le fait que la vulnérabilité mesurée pour une ferme est contingente de l'échantillon total : on ne peut pas estimer la vulnérabilité d'une ferme indépendamment d'un ensemble comparable d'autres fermes. Dans notre cas, il s'agissait de situations avec beaucoup de points communs (petites fermes familiales, même région du Cerrado brésilien, systèmes laitiers récemment installés). Un autre aspect critiquable concerne la liste des indicateurs qui servent à définir la vulnérabilité globale de la ferme. En fait, ils ont été obtenus sur la base des dires des éleveurs, s'exprimant sur les périodes difficiles qu'ils ont eu à traverser depuis leur installation. Dans d'autres contextes et pour d'autres systèmes, ces indicateurs pourraient changer en nombre et en nature (la réserve de terres non mises en valeur dans l'exploitation est par exemple un indicateur non pertinent dans d'autres contextes que le Cerrado).

Conclusion

Nous proposons une méthode permettant d'évaluer quantitativement la vulnérabilité des systèmes d'élevage laitiers, sur la base du calcul de la valeur de 9 indicateurs identifiés au cours de la reconstitution des trajectoires de

développement de systèmes d'élevages. La méthode permet d'analyser la vulnérabilité à un instant t, par comparaison avec d'autres élevages évoluant dans un environnement comparable. Elle permet également d'analyser l'évolution de la vulnérabilité au cours du temps, en référence à un événement de nature comparable (dans notre cas, un aléa climatique ressenti comme une difficulté majeure par l'ensemble des éleveurs de notre échantillon). Nos résultats montrent que la vulnérabilité de tels systèmes décroît au cours du temps, mais de façon différenciée selon les individus et selon la dimension de la trajectoire prise en compte : travail et main d'œuvre, conduite technique, économie et finances.

Au-delà de la quantification, l'engagement d'un dialogue avec les éleveurs, en individuel mais surtout en groupe, devrait conduire à repenser les pratiques en intégrant celles qui sécurisent le système, en réfléchissant au compromis avec le niveau de production.

Sur la base de ces éléments, les perspectives méthodologiques sont de tester les résultats sur des situations autres que celles d'Unai, mais dans lesquelles les questions de vulnérabilité sont cruciales : par exemple les systèmes laitiers européens quand les quotas seront supprimés, la conversion à l'agriculture biologique, quand les moyens de sécurisation diminuent ou changent de nature. Telle qu'elle, la méthode constitue cependant une première proposition d'opérationnalisation et de quantification de la vulnérabilité des systèmes d'élevage ; elle est utilisable en l'état.

Accepté pour publication,
le 22 mai 2015

Remerciements : Nous remercions l'Entreprise Brésilienne de Recherche Agricole (Embrapa), pour le financement de ces travaux, ainsi que les 22 éleveurs qui nous ont consacré du temps pour les enquêtes et qui ont accepté de nous faire partager leurs connaissances et leurs expériences.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADGER W.N. (2006) : "Vulnerability", *Global Environm. Change*, 16, 268-281.
- ASTIGARRAGA L., INGRAND S. (2011) : "Production flexibility in extensive beef farming system", *Ecology and Society*, 16 (1), 7.
- BERNARD J., LE GAL P.Y., TRIOMPHE B., HOSTIOU N., MOULIN C. (2011) : "Involvement of small-scale dairy farms in an industrial supply chain: when production standards meet farm diversity", *Animal*, 5, 961-971.
- CHANTRE E., CERF M., LE BAIL M. (2010) : "Diagnostic agronomique des trajectoires de changements de pratiques en vue de la réduction d'utilisation de pesticides en grande culture: Cas de la Champagne Berrichonne de l'Indre", Colloque SFER, *La réduction des pesticides*, ENS Lyon, 11-12 mars 2010, 18 p.
- CIALDELLA N., DOBREMEX L., MADELRIEUX S. (2009) : "Livestock farming systems in urban mountain: differentiated paths to remain in time", *Outlook on Agriculture*, 38, 127-135.
- DARNHOFER I., BELLON S., DEDIEU B., MILESTAD R. (2010) : "Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review", *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 545-555.
- DEDIEU B., INGRAND S. (2010) : "Incertitude et adaptation: cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage", *INRA Productions Animales*, 23, 81-90.
- DURU M., FELTEN B., THEAU J.P., MARTIN G. (2012) : "A modelling and participatory approach for enhancing learning about adaptation of grassland-based livestock systems to climate change", *Reg. Environ. Change*, 12, 739-750.
- GALLOPIN G.C. (2006) : "Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity", *Global Environmental Change*, 16, 292-303.
- GARCIA-MARTÍNEZ A., OLAIZOLA A., BERNUÉS A. (2009) : "Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems", *Animal*, 3, 152-165.
- GIRARD N., BELLON S., HUBERT B., LARDON S., MOULIN C., OSTY P.L. (2001) : "Categorising combinations of farmers' land use practices: an approach based on examples of sheep farms in the south of France", *Agronomie*, 21, 435-459.
- GUNDERSON L.H. (2000) : "Ecological resilience - in theory and application", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31, 425-439.
- HOLLING C.S. (2001) : "Understanding of complexity of economic, ecological, and social systems", *Ecosystems*, 4, 390-405.
- HOSIOU N., VEIGA J.B., TOURRAND J.F. (2006) : "Dinâmica e evolução de sistemas familiares de produção leiteira em Uruará, frente de colonização da Amazônia brasileira", *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 44, 295-311.
- IFAD (2013) : *Smallholders, food security, and the environment*, Int. Fund for Agricultural Development (IFAD).
- IRAIZOZ B., GORTON M., DAVIDOVA S. (2007) : "Segmenting farms for analysing agricultural trajectories: A case study of the Navarra region in Spain", *Agricultural Systems*, 93, 143-169.
- JANSSEN M.A., SCHOON M.L., KE W., BÖRNER K. (2006) : "Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change", *Global Environmental Change*, 16, 240-252.
- JONES N.A., PEREZ P., MEASHAM T.G., KELLY G.J., D'AQUINO P., DANIELL K.A., DRAY A., FERRAND N. (2009) : "Evaluating participatory modeling: developing a framework for cross-case analysis", *Environmental Management*, 44, 1180-1195.
- LAMINE C. (2011) : "Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM", *J. Rural Studies*, 27, 209-219.
- LANGLEY A. (1999) : "Strategies for theorizing from process data. Academy of Management", *The Acad. of Management Review*, 24, 691-710.
- MADLRIEUX S., DEDIEU B., DOBREMEX L. (2002) : "Modifications de l'utilisation du territoire lorsque des éleveurs cherchent à résoudre leurs problèmes de travail", *Fourrages*, 172, 355-368.
- METZGER M.J., LEEMANS R., SCHRÖTER D. (2005) : "A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change", *Int. J. Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7, 253-267.
- MOULIN C., INGRAND S., LASSEUR J., MADELRIEUX S., NAPOLEONE M., PLUVINAGE J., THÉNARD V. (2008) : "Comprendre et analyser les changements d'organisations et de conduit de l'élevage dans un ensemble d'exploitations: propositions méthodologiques", Dedieu B., Chia E., Leclerc B., Moulin C., Tichit M. éd., *L'élevage en mouvement: Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores*, éd. Quae, Versailles (France), 181-196.
- OIRY E., BIDART C., BROCHIER D., GARNIER J., GILSON A., LONGO M.E., MENDEZ A., MERCIER D., PASCAL A., PEROCHÉAU G., TCHOBANIAN R. (2010) : "Propositions pour un cadre théorique unifié et une méthodologie d'analyse des trajectoires des projets dans les organisations", *Management et Avenir*, 36, 84-107.
- PEARSON L., LANGRIDGE J. (2011) : "Interpretive review of conceptual frameworks and research models that inform Australia's agricultural vulnerability to climate change", *Environmental Modelling and Software*, 26, 113-123.
- RUEFF C., CHOISIS J.P., BALENT G., GIBON A. (2012) : "A preliminary assessment of the local diversity of family farms change trajectories since 1950 in a Pyrenees Mountains Area", *J. Sustainable Agriculture*, 36, 564-590.
- RYSCHAWY J., CHOISIS N., CHOISIS J.P., GIBON A. (2013) : "Paths to last in mixed crop-livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change", *Animal*, 7, 673-681.
- TEN NAPEL J., VAN DER VEEN A.A., OOSTING S.J., GROOT KOERKAMP P.W.G. (2011) : "A conceptual approach to design livestock production systems for robustness to enhance sustainability", *Livestock Science*, 139, 150-160.