



Université
de Toulouse

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Institut National Polytechnique de Toulouse (Toulouse INP)

Discipline ou spécialité :

Agrosystèmes, Écosystèmes et Environnement

Présentée et soutenue par :

Mme MAELYS BOUTTES

le jeudi 8 novembre 2018

Titre :

Evolution de la vulnérabilité des élevages laitiers permise par leur
conversion à l'agriculture biologique

Ecole doctorale :

Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries (SEVAB)

Unité de recherche :

AGroécologie, Innovations, TeRritoires (AGIR)

Directeur(s) de Thèse :

M. MICHEL DURU

M. GUILLAUME MARTIN

Rapporteurs :

M. JEAN-MARC MEYNARD, INRA VERSAILLES GRIGNON

Mme MURIEL TICHIT, INRA PARIS

Membre(s) du jury :

M. STEPHANE INGRAND, INRA CLERMONT FERRAND, Président

M. FLORENT GUHL, AGENCE BIO, Membre

M. GUILLAUME MARTIN, INRA TOULOUSE, Membre

M. MICHEL DURU, INRA TOULOUSE, Membre

M. XAVIER COQUIL, INRA MIRECOURT, Membre

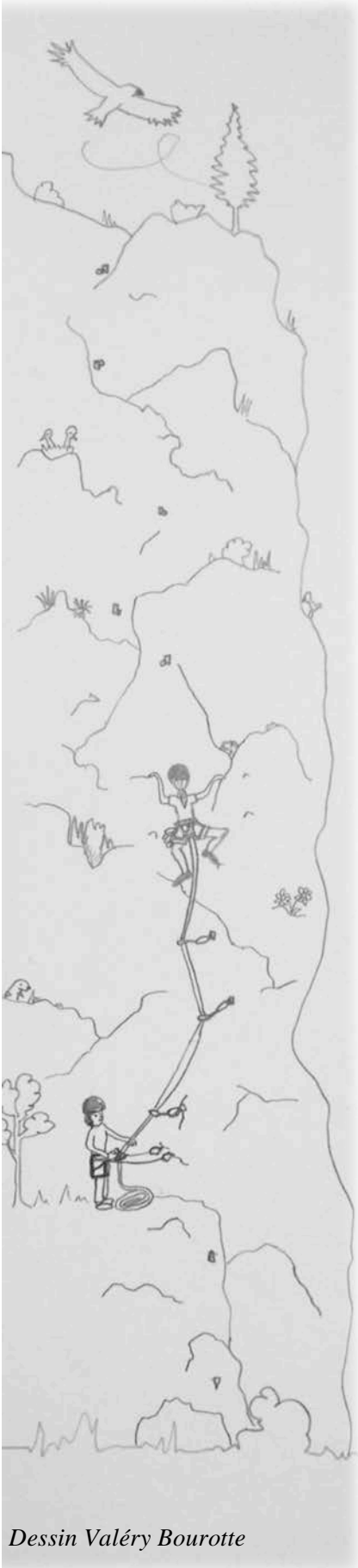
REMERCIEMENTS

J'ai vécu cette thèse comme une belle grande voie d'escalade, avec ce mélange particulier d'excitation, de joie, et de doutes. Une grande voie est une escalade sur une falaise de plusieurs centaines de mètres, qui dure plusieurs heures et que l'on réalise en plusieurs étapes. Une grande voie ne peut se réaliser qu'avec un partenaire de confiance, et c'est ce que j'ai trouvé dans l'accompagnement de Guillaume Martin tout au long de ma thèse. Je le remercie d'avoir fait le pari de me proposer cette thèse, moi qui venais de passer un an à travailler dans une ferme, bien loin d'un ordinateur et du monde de la recherche. A l'image d'un partenaire d'escalade plus expérimenté qui grimperait en premier au départ de la grande voie, il m'a fait découvrir le monde de la recherche. Au fil des longueurs de la voie, je suis passée en tête sur la falaise, et son assurage et ses conseils ont toujours été bienveillants et constructifs, merci pour cette aventure.

Cette thèse n'aurait pas pu exister sans l'implication de Michel Duru, comme une grande voie ne peut se réaliser si un grimpeur bien plus expérimenté n'avait posé les équipements nécessaires sur la falaise juste avant. Je le remercie pour nos échanges qui m'ont permis de découvrir un chercheur passionné et engagé.

Trouver une bonne voie d'escalade nécessite d'en avoir eu connaissance par un bon indic, et je dois cette information à Marc Moraine. Merci à lui d'avoir gardé mon mail dans sa mémoire, et pris le temps dans sa préparation de soutenance de thèse de me faire passer ce sujet de thèse.

Entre les différentes longueurs d'une voie d'escalade se trouvent des relais, points fixes au milieu de la falaise où l'on se retrouve parfois à rencontrer d'autres grimpeurs. J'ai eu la chance de vivre un relais de 3 mois en Autriche à Vienne dans l'équipe d'Ika Darnhofer. J'ai pris énormément de plaisir à faire ce pas vers la sociologie, et ce grâce à l'enthousiasme et l'implication d'Ika durant mon séjour. Elle m'a fait partagé la joie créative de l'analyse de données qualitatives, et les smileys joyeux dans ses mails ont été un soutien conséquent! Je la remercie pour son soutien et sa force de proposition suite à mon envie d'illustrer nos résultats par des dessins, et je suis heureuse de voir ce travail concrétisé dans un article aujourd'hui publié. Je remercie également tous les membres de l'équipe de la BOKU qui ont rendu mon séjour bien sympathique.



Dessin Valéry Bourotte

Tout au long de ma thèse et grâce à la disponibilité et la pédagogie de Magali San Cristobal, chercheuse en statisticienne, j'ai mis les pieds dans l'analyse statistique, et ce avec pas mal d'appréhension. Je la remercie pour sa bienveillance lors de nos échanges, et pour le temps qu'elle a accordé à répondre à mes interrogations. C'est un bel aboutissement pour moi que d'avoir pris R en main et d'avoir mis les mains dans le camboui de ces script !

Je remercie les membres de mon comité de pilotage de thèse Laurence Lamothe, Patrick Veysset, Anne Merot et Catherine Experton pour les échanges intéressants lors de nos deux réunions. Je remercie particulièrement Laurence Lamothe pour sa disponibilité et ses conseils bienveillants en fin de thèse.

J'ai eu la chance de découvrir l'enseignement pendant ma thèse, et je remercie Pierre Maury, maître de conférence à l'ENSAT, de m'avoir accompagnée dans cette découverte lors des deux premières années de ma thèse. J'avais à cœur de découvrir l'enseignement et j'ai apprécié les différentes mises en situation qui m'ont permis de mieux comprendre la vie d'un maître de conférence. Je remercie les différents formateurs sur la pédagogie qui m'ont beaucoup appris sur les questions d'apprentissage et d'animation. Je remercie également les maîtres de conférence Julie Ryschawy et Magali Willaume pour leur disponibilité à répondre à mes questions concernant l'enseignement.

Je remercie tous les collègues de l'unité AGIR qui m'a accueillie pendant ces trois années de thèse, et particulièrement les membres de mon équipe MAGELLAN. Les réunions d'équipe et séminaires du lundi de l'unité ont été des lieux importants pour échanger sur mon travail, et pour découvrir les travaux et réflexions des autres. Je remercie particulièrement Laurent Bedoussac, Julien Quenon, Augustine Perrin, et Magali Willaume pour leur participation aux ateliers d'écriture d'un de mes articles de thèse. Je remercie Mathieu Solle, Marina Lefebvre, Christel Moder et Eric Lecloux pour leur bonne humeur, leur réactivité et leur aide dans toutes mes questions logistiques, jusqu'à réparer mon arrivée d'eau !

J'ai eu la chance de participer à de nombreuses formations au cours de ma thèse, et je remercie tous les organisateurs et participants pour ces moments enrichissants. Un merci particulier aux organisateurs de la formation EDEN pour les doctorants et encadrants de l'INRA, qui m'a donné des clés pour la réalisation de cette thèse. Merci également aux organisateurs des JDD du SAD pour m'avoir accueillie en première année de thèse, alors que non rattachée à ce département de l'INRA. Ce séjour reste un moment marquant dans mon parcours de thèse, un relais riche de rencontres et réflexions dans cette grande voie. Enfin, je remercie les organisateurs du parcours doctoral de l'école internationale de recherche d'Agreenium pour les deux séminaires d'ouverture scientifique auxquels j'ai participé.

J'ai passé beaucoup de temps sur les routes et les fermes de l'Aveyron pendant ces trois ans, et cela m'a été rendu agréable grâce à la collaboration sympathique avec les conseillers de la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron Stéphane Doumayzel et Sandrine Viguié, et de l'APABA Maxime Vial, Johan Kévin Galtier et Alexandre Bancarel. Merci à Jean-Christophe Vidal, Claudine Murat de la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, Nicolas Juillard du BTPL pour leur implication dans mes travaux. Je remercie du fond du cœur tous les agriculteurs qui m'ont ouvert leur porte, et particulièrement ceux des 19 fermes que j'ai suivies pendant ces trois ans. J'ai été marquée par ces premières rencontres dans un contexte de crise laitière en 2016, rencontres qui m'ont plongée dans l'histoire de la production laitière et de l'Aveyron. Je leur souhaite que la conversion à l'AB soit le début de belles et longues années pour leurs fermes. Merci aux éleveurs Christian Issaly, Francis Rigal, Alexandre Saurel, Lucie Bastide, Pascal Massol et Vincent Savy pour leur participation à des focus groupes pendant la thèse.

Je remercie chaleureusement Alexandre Saurel, éleveur en Aveyron et dessinateur sous le nom de Z'lex, d'avoir accepté de dessiner à partir de mes travaux. J'ai pris énormément de plaisir à découvrir les dessins à chaque envoi, et ai beaucoup apprécié tous nos échanges. Je le remercie, ainsi que son associé sur la ferme Patrick Déléris pour leur implication dans mon travail et leur bonne humeur à chaque rencontre.

J'ai eu également la chance de collaborer avec d'autres conseillers agricoles en Bretagne, Goulven Maréchal et Guillaume Michel du réseau GAB-FRAB, et je les remercie pour leur accueil, particulièrement les dégustations de cidre maison ! Cette collaboration a été l'occasion d'un premier encadrement de stage de fin d'études, et je remercie Niels Bize pour ces six mois très enrichissants. J'ai participé à autre encadrement pendant ma thèse, celui de Marie Destruel en apprentissage à l'ENSAT, et je la remercie pour sa bonne humeur pendant les entretiens de ma deuxième année de thèse. Je remercie les agriculteurs qui ont ouvert leur porte à Niels pour ses enquêtes. Ce travail de thèse s'est appuyé sur des bases de données existantes et je remercie tous ceux qui ont contribué à leur réalisation, agriculteurs comme conseillers.

Merci aux membres de mon jury de thèse d'avoir accepté de consacrer du temps à ce manuscrit. Je remercie Jean-Marc Meynard et Muriel Tichit de prendre le rôle conséquent de rapporteurs, Xavier Coquil, Florent Guhl et Stéphane Ingrand d'en être les examinateurs.

Je remercie le département Environnement Agronomie de l'INRA et la région Midi-Pyrénées d'avoir financé ma bourse de thèse. Mon travail n'aurait pu avoir lieu sans les financements des projets OPTIALIBIO, ATARI, RESILAIT et TATABOX (ANR-13-AGRO-0006). Je remercie l'INP, l'INRA et l'Ecole des docteurs de Toulouse d'avoir soutenu financièrement mon séjour de 3 mois en Autriche.



Sur cette falaise de grande voie, j'ai été fortement entourée par trois autres grimpeuses qui avançaient aussi sur leur voie de thèse. Je remercie du fond du cœur Camille Lacombe, Sandrine Allain et Hélène Cristofari pour ce partage quotidien de nos aventures. Merci Camille pour tes conseils constructifs et bienveillants en toute situation. Merci Sandrine pour ton enthousiasme de la recherche qui est contagieux. Merci Hélène pour tes questions inépuisables. Notre bureau ne serait pas le même si Delphine Leehardt n'était pas présente avec sa porte souvent ouverte, merci pour cette présence chaleureuse pendant ces trois ans.

Une autre cordée a commencé l'ascension en même temps que moi, et je remercie Antoine Couëdel pour tous ces partages, particulièrement lors de nos séminaires Agreenium et de nos longs trajets en voiture, rallongés par un ratage de sortie dû à trop de discussions sympathiques ! Merci à tous les doctorants de l'unité AGIR pour cette belle dynamique d'échanges qui a eu lieu. J'ai beaucoup apprécié cet espace de météo et de découvertes des travaux de chacun. Je remercie Matthieu Pouget pour l'animation de cette dynamique lors d'une formation sur la communication. Autant sur l'instant que sur la suite de ma thèse, j'ai apprécié et utilisé ce que j'y ai découvert sur la respiration, le théâtre, l'image, la radio, le rire... Ces temps ont été des bouffées d'air précieuses.

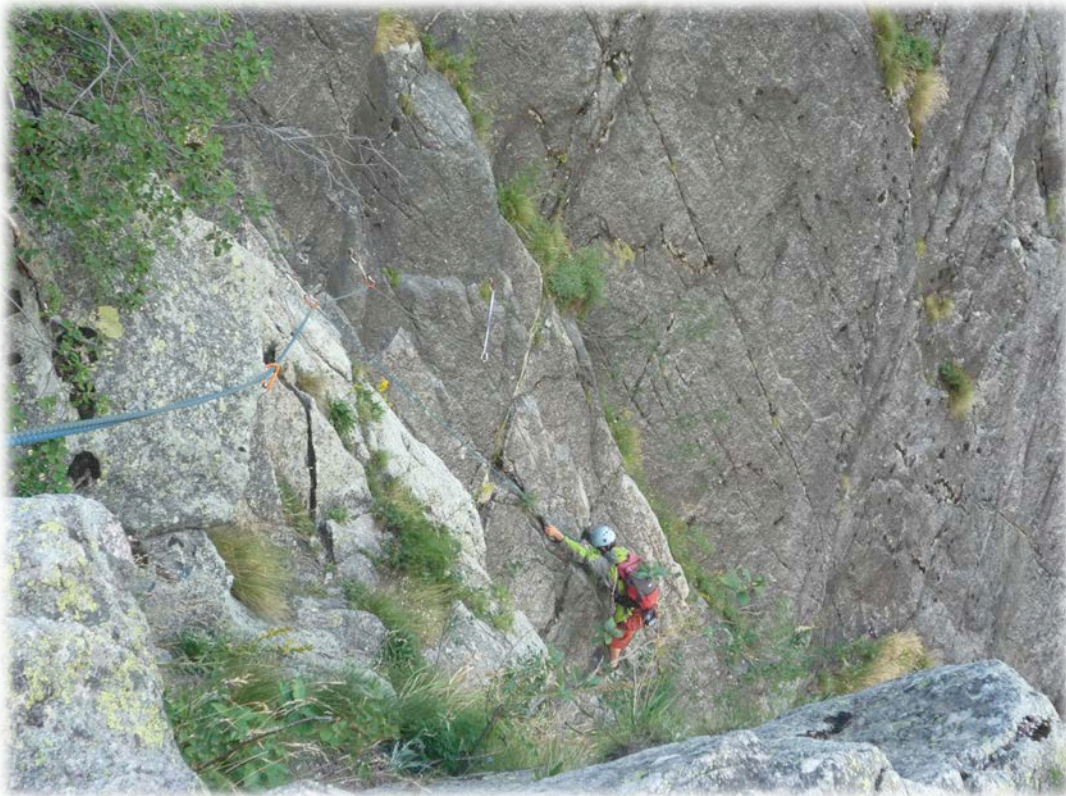
Je remercie mes compagnons doctorants élus de l'INP qui m'ont notamment ouvert l'esprit à la météo et la chimie, c'est certain que les commissions de recherche n'auraient pas eu la même saveur sans nos discussions le soir au bar ! Merci Camille Pierre, Thomas Rieutord, Loïc Mazenc, Théo Le Dantec, Constantin Ardilouze.

Cette thèse m'a permis de faire de sympathiques rencontres, et de passer du bon temps. Merci pour tous ces bons moments à Cathy Bouffartigue, Julien Quenon, Gwen Christiansen, Camille Launay, Pierre Casel, Romain Lardy, Sarah Mihout, Martin Vigan, Marius Moulin, Lucie Viou, Marianne Sanlaville, Germain Tesnière, Célia Cholez, Lucile Garçon, Gatien Falconnier, Harold Duruflé.

Merci aux amis pour ces bons moments pendant ces trois ans. La vie toulousaine aurait été bien triste sans toute cette musique à la Roulotte, à l'Opus 31 et à la MJC des Demoiselles, sans les soirées et week-end d'escalade ou de montagne avec le club de l'INRA ou l'USR de Ramonville, et sans les bons moments à Terre de Liens. Un merci particulier aux amis de longue date avec qui j'ai partagé ces dernières années. Quelques pensées particulières : merci Claire et Noémie pour ce soutien parisien et ces mots toujours d'encouragement ; merci Flo, Baltha, Clem et Pierre de répondre toujours présents quand je passe dans cette grisaille parisienne ; merci Aude et Quentin pour vos conseils et votre écoute de thésards ; merci Lolo pour ton accueil dans l'Aveyron et nos longues discussions pendant mes entretiens ; merci Sophie et Greg d'avoir parcouru tant de km à vélo pour venir me faire coucou à Vienne, et merci Jo d'y être venue si vite et d'avoir été d'un soutien sans faille durant tout ce temps ; merci Seb d'avoir trouvé ta ferme pas trop loin de Toulouse ; merci Elise et Pierre pour ce nouvel an si joyeux.

Merci Valéry pour ton soutien quotidien, même avec nos 5600 km de distance. Merci de m'avoir fait voyager cette dernière année, et de me donner la perspective de continuer...

Que ce soit pour aller vivre sur une ferme, faire une thèse ou partir au Cameroun, je remercie mes parents pour leur soutien et leur curiosité. En escalade comme dans ma vie professionnelle, ma sœur Nathaëlle et mon frère David m'ont montré la voie, et je les en remercie. Merci à Julien pour ses encouragements et sa réactivité à m'aider dans les dossiers ou les candidatures, et merci Hélène pour le soutien tout au long de cette thèse. Merci à Lynn et Eliott pour leurs sourires, source d'énergie importante !



La thèse, cette belle grande voie d'escalade...

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION GÉNÉRALE	10
1.1 L'élevage bovin lait en agriculture biologique (AB) et la question de la vulnérabilité pendant la conversion.....	10
1.1.1 L'AB comme alternative aux crises de la filière conventionnelle	10
1.1.2 La conversion à l'AB: une période de changements et d'incertitudes.....	21
1.1.3 La question de la vulnérabilité des élevages laitiers pendant la conversion à l'AB	34
1.2 La conversion à l'AB : une transition agroécologique à étudier sous l'angle de la vulnérabilité	37
1.2.1 Les études sur les transitions agroécologiques à l'échelle de l'exploitation agricole.....	37
1.2.2 Les études sur la conversion à l'AB.....	46
1.2.3 Les études sur l'évaluation de la vulnérabilité	55
1.2.4 Les enjeux scientifiques	68
1.3 Problématique et objectifs de la thèse	73
1.4 Stratégie de la thèse.....	74
2 LA PERCEPTION DES ÉLEVEURS DE LA VULNÉRABILITÉ DE LEUR EXPLOITATION ET LE CHOIX DE LA CONVERSION	79
2.1 Introduction	81
2.2 Article 1 : Converting to organic farming as a way to enhance adaptive capacity.....	82
2.2.1 Introduction	85
2.2.2 Material and methods	88
2.2.3 Results and discussion.....	90
2.2.4 Conclusion.....	105
3 ÉVOLUTION DE LA VULNÉRABILITÉ PERÇUE PAR LES ÉLEVEURS PENDANT LA CONVERSION	111
3.1 Introduction	113
3.2 Article 2 : Conversion to organic farming reduces farmers' perceptions of farm vulnerability independent of the adaptation strategies implemented - a case study in Aveyron, France	114
3.2.1 Introduction	116
3.2.2 Materials and Methods	120
3.2.3 Results and discussion.....	125
3.2.4 Conclusion.....	140
4 ÉVOLUTION DE LA VULNÉRABILITÉ ÉVALUÉE À PARTIR DE VARIABLES TECHNICO-ÉCONOMIQUES PENDANT LA CONVERSION.....	143

4.1	Introduction	145
4.2	Article 3 : Dairy farms initially dissimilar to organic farming decrease their vulnerability most during conversion to organic – a case study in Brittany, France.....	146
4.2.1	Introduction	149
4.2.2	Materials and methods	152
4.2.3	Results and discussion.....	159
4.2.4	Conclusion.....	170
5	ÉVOLUTION DE LA VULNÉRABILITÉ ÉVALUÉE À PARTIR DE VARIABLES TECHNICO-ÉCONOMIQUES APRÈS LA CONVERSION	173
5.1	Introduction	175
5.2	Article 4 : Vulnerability to climatic and economic variability is mainly driven by farmers’ practices on french organic dairy farms.....	176
5.2.1	Introduction	179
5.2.2	Materials and Methods	181
5.2.3	Results	188
5.2.4	Discussion	196
6	DISCUSSION GÉNÉRALE	201
6.1	Les apports méthodologiques pour l’analyse de l’évolution de la vulnérabilité des exploitations agricoles permise par la conversion à l’AB	203
6.1.1	Une approche intégrée.....	203
6.1.2	Une méthode dynamique à un grain annuel pour expliquer l’évolution de la vulnérabilité permise par la conversion	208
6.1.3	Une méthode adaptée au cas de la conversion en bovin lait	212
6.2	Les apports cognitifs sur l’évolution de la vulnérabilité des exploitations d’élevage bovin laitier permise par la conversion à l’AB.....	216
6.2.1	La réduction de vulnérabilité comme moteur de décision pour la conversion	216
6.2.2	La conversion à l’AB : un levier pour réduire la vulnérabilité	220
6.2.3	Plus d’herbe pour réduire la vulnérabilité	224
7	Annexes	229
8	Références	278
 TABLE DES ANNEXES		
	Annexe 1 Supplementary Material A (article 4).....	229
	Annexe 2 Supplementary Material B (article 4)	231

PRÉAMBULE

J'ai réalisé cette thèse avec l'envie de partager mes résultats avec le plus grand nombre. Ayant une sensibilité importante pour les arts graphiques, j'ai cherché dans ma thèse à utiliser le dessin pour rendre mon discours plus intelligible sur certains points. Je considère que cet outil est autant pertinent pour le grand public que pour un public scientifique, c'est pourquoi plusieurs dessins-caricatures sont présents dans ce manuscrit.

N'ayant pas un talent fou avec mon crayon, j'ai fait appel à un dessinateur aveyronnais Z'lex, qui est la majorité de son temps éleveur de vaches laitières en agriculture biologique. Son vécu de la conversion en agriculture biologique en 2010 a été d'une grande richesse pour notre collaboration.



"Le bio, toujours le vent en poupe...", L'actu vu par Z'lex dans le journal aveyronnais La Volonté Paysanne. Source Z'lex, 23/03/2018

1 INTRODUCTION GÉNÉRALE

1.1 L'élevage bovin lait en agriculture biologique (AB) et la question de la vulnérabilité pendant la conversion

1.1.1 L'AB comme alternative aux crises de la filière conventionnelle

Un contexte incertain et changeant

Les agriculteurs font face à un contexte de plus en plus incertain et changeant. Les prix des intrants (engrais, énergie, aliments pour les animaux) et des produits (comme le blé ou le lait) sont de plus en plus volatils (Wright 2011). La fréquence des événements climatiques extrêmes comme des sécheresses ou orages violents augmente, en lien avec le changement climatique en cours (IPCC 2013). L'avenir est incertain aussi du fait de la raréfaction des ressources naturelles comme le pétrole sur lequel repose fortement la production agricole. De plus, les agriculteurs sont soumis à des changements de contraintes réglementaires (par les politiques publiques ou les organismes de production comme les collecteurs de lait), et doivent répondre aux évolutions des attentes sociétales comme observé actuellement avec la demande de produits alimentaires sains et non polluants.

Des crises du lait en conventionnel

En Europe, depuis les années 2000 et l'augmentation de la libéralisation du secteur laitier, de fortes fluctuations des prix du lait payés aux producteurs (**Figure 1**) ont mis en péril de nombreuses exploitations (Brehon 2009). Deux crises majeures dans la filière laitière ont récemment marqué le secteur. La première a eu lieu en 2009. Puis, à partir du milieu de l'année 2014 et jusqu'à l'automne 2016, le prix du lait a de nouveau chuté en Europe (**Figure 2**). Cela a entraîné des problèmes de trésorerie pour les producteurs laitiers dans tous les Etats membres, dans des proportions plus ou moins importantes selon les modes de production (France Agrimer 2016a). En effet, les prix des intrants (aliments, engrais et amendements, énergie) n'ont pas suivi les variations de prix du lait, et n'ont pas baissé significativement non plus (Institut de l'Elevage 2018), amenant les élevages les moins autonomes pour l'alimentation de leur troupeau à subir plus drastiquement les effets de la crise.

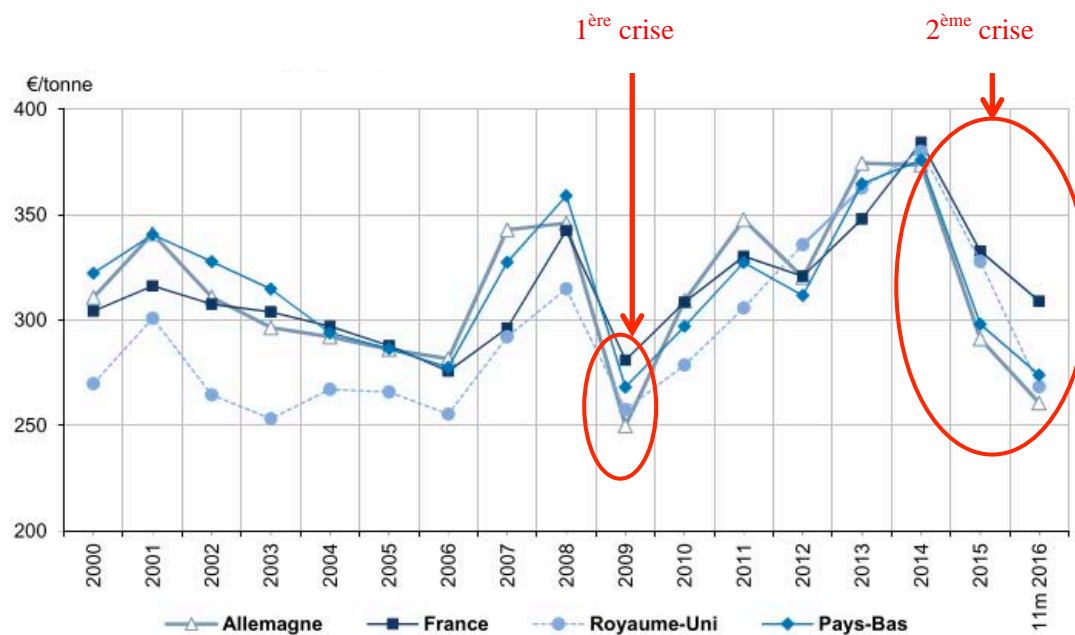


Figure 1 Prix moyen annuel (moyenne pondérée par les collectes mensuelles de chaque Etat membre) du lait payé au producteur. Source France AgriMer d'après Commission européenne (France AgriMer 2016a)

Pourquoi la crise du lait s'installe dans le temps ?

Voilà deux ans que la situation en Europe s'est dégradée, avec la fin des quotas laitiers le 1^{er} avril 2015, le coup de frein aux importations chinoises et l'embargo russe, décrété mi-2014. Il s'en est suivi une surproduction, la demande interne n'ayant pas augmenté. Après avoir atteint 365 euros la tonne en 2014, les cours du lait sont tombés à 305 euros en 2015, avant de glisser autour de 275 euros actuellement.

Mais, comme le rappelle Thierry Roquefeuil, le président de la Fédération nationale des producteurs de lait (FNPL), les coûts de production sont estimés en France à 350 euros. « Une catastrophe pour de nombreux producteurs, notamment pour les jeunes », affirme-t-il.

De fait, le taux de cessation d'activité dans les 60 000 exploitations françaises, qui emploient 110 000 éleveurs, devrait doubler cette année pour avoisiner les 9 %. Or un éleveur génère « six à sept emplois » allant du chauffeur qui vient collecter le lait au vétérinaire.

Figure 2 Extrait d'un article du Monde. Source Dominique Gallois, 19/08/2016 (Gallois 2016)

Le nombre d'exploitations laitières a chuté de 36% entre 2000 et 2010 avec en parallèle une augmentation de 38% de la taille moyenne des troupeaux en nombre de têtes (Agreste 2011). Le rapport de recensement agricole national de 2010 (Agreste 2011) précisait que les petits élevages bovin lait avaient quasiment disparu alors que les grands élevages progressaient. La tendance de spécialisation et d'agrandissement des structures amorcée depuis plusieurs décennies (Charroin et al. 2012) s'est ainsi poursuivie sous l'effet des crises de la filière laitière. Cette dynamique de spécialisation et d'agrandissement des structures est souvent associée à des endettements importants pour les agriculteurs, ainsi qu'à une augmentation importante de la charge de travail. Dans ce contexte, nombre d'agriculteurs font état d'une situation d'impasse, avec un système à gérer pour lequel les économies d'échelle ne fonctionnent plus, et de difficultés croissantes pouvant aboutir à la cessation d'activité. Ces dernières années, les éleveurs ont à diverses reprises organisé des manifestations pour faire état de leur situation et de leurs revendications (**Figure 3**).

Les producteurs font donc face à un contexte incertain et changeant renforcé par ces crises aiguës du prix du lait et par des aléas climatiques qui devraient devenir de plus en plus fréquents selon le cinquième rapport du GIEC (Le Monde 2014). Ces événements climatiques extrêmes avec une durée et/ou une intensité inédite (sécheresses, pluies diluviennes) affectent directement les exploitations agricoles qui peuvent subir des baisses de rendement, voire perdre toute leur production annuelle. Depuis les années 2000, on peut citer l'exemple de la sécheresse historique de 2003 qui a touché toute la France, ou plus récemment en 2018 des fortes pluies plus localisées. Ce contexte fait émerger la question de la vulnérabilité des exploitations agricoles, c'est à dire leur capacité à faire face, à s'adapter ou à se remettre des effets de ces crises et aléas (Smit and Wandel 2006). Pour les agriculteurs, s'adapter est une nécessité pour diminuer la vulnérabilité de leurs fermes aux aléas et maintenir leur activité dans le futur (Darnhofer et al. 2010b).



Figure 3 “Rentrée des classes et prix du lait”, L'actu vu par Z'lex dans le journal aveyronnais La Volonté Paysanne. Source Z'lex, 2/09/2016

L'agriculture biologique : une alternative prometteuse

L'agriculture biologique (AB) apparaît pour certains éleveurs comme une alternative prometteuse à la filière laitière conventionnelle (France Agrimer 2016b). Les prix payés aux producteurs ont une stabilité interannuelle plus forte que dans la filière conventionnelle (**Figure 4**) avec des prix plus hauts (**Figure 5**). Ainsi, en 2016 le prix du lait de vache réel payé aux producteurs conventionnels était de 309€/1000l contre 452€/1000L en AB. De plus, les consommations de produits laitiers AB sont en forte croissance depuis plusieurs années (**Figure 6**) et font écho à des envies sociétales de plus en plus médiatisées de manger des produits sains qui ne polluent pas l'environnement.

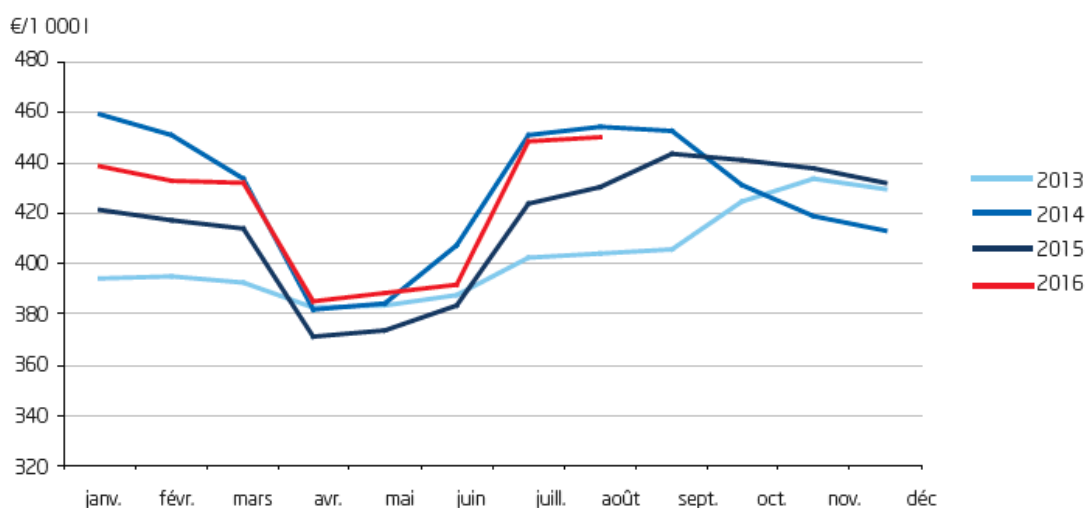


Figure 4 Evolution du prix du lait biologique standard payé au producteur en France.
Source FranceAgriMer (France Agrimer 2016b)

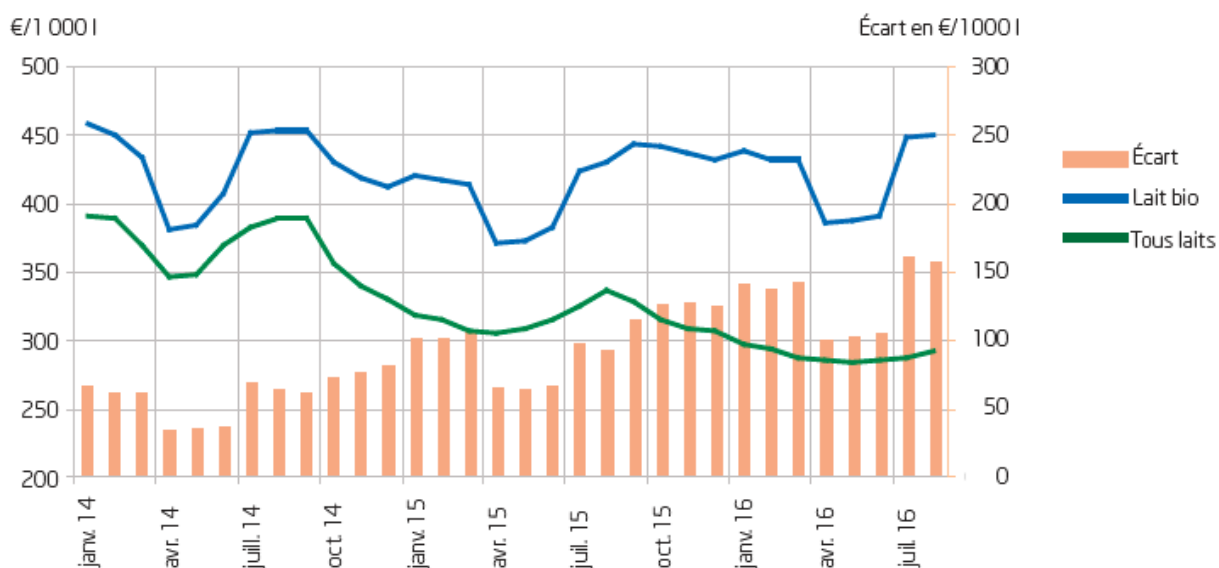


Figure 5 Comparaison du prix du lait biologique standard et du prix tous laits standard. Source FranceAgriMer (France Agrimer 2016b)

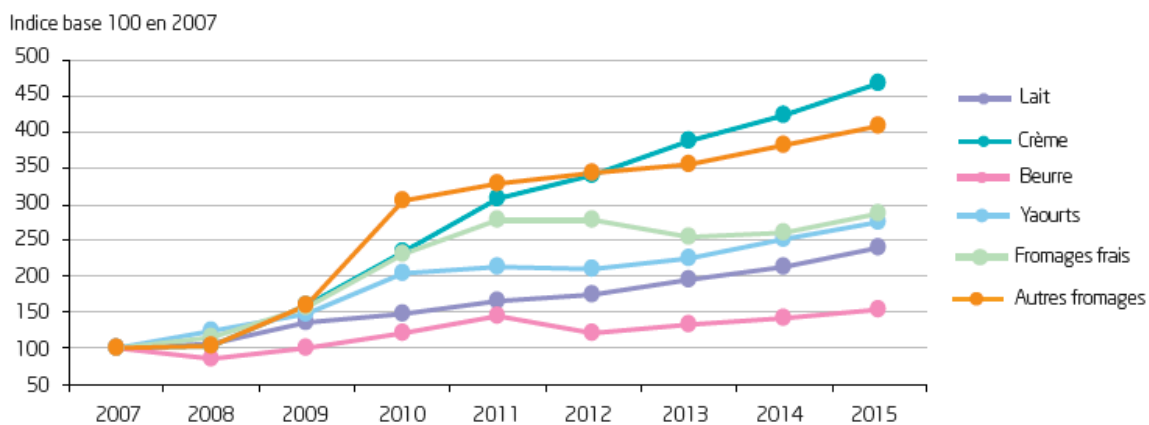


Figure 6 Evolution des quantités AB achetées par les ménages français par produits laitiers. Source FranceAgriMer d'après Kantar Worldpanel (France Agrimer 2016b)

Ces indicateurs de développement de l'AB sont renforcés par le positionnement de plus en plus important des laiteries françaises sur la filière biologique. En 2015-2016, de nombreux collecteurs ont ainsi fait des annonces pour trouver des volumes importants auprès de nouveaux producteurs AB. À cette époque, la coopérative Sodiaal, acteur majeur du lait en France, a communiqué sur le projet de passer de 46 millions de L de collecte AB à 150 en 2020 à l'échelle de la France. Cette communication des laiteries a donné encore plus de visibilité à la filière AB aux éleveurs conventionnels, favorisant une perception de l'AB comme une alternative prometteuse. Les stratégies de développement des laiteries sont assez différentes, certaines accueillant de manière assez continue les producteurs, et d'autres annonçant un seuil d'augmentation de collecte à atteindre avant d'arrêter temporairement l'accueil de nouveaux éleveurs biologiques pour voir comment le marché absorbe les nouveaux volumes de lait biologique. Cette dernière stratégie peut avoir un effet "pressurisant" pour les producteurs qui peuvent se retrouver à prendre une décision à la hâte de crainte que la laiterie ait atteint son quota de lait biologique supplémentaire (**Figure 7**).

L'AB est également perçue positivement par certains éleveurs car elle est soutenue politiquement. Les gouvernements ont annoncé successivement plusieurs plans de développement de l'AB en France depuis le premier datant de 1998 (Leroux 2015), comme le plan Ambition Bio 2017 qui visait à doubler les surfaces en AB entre 2013 et 2017 (Le Foll 2017). Plus récemment, le 5 avril 2018, le ministère de l'Agriculture a annoncé un Programme Ambition Bio 2022 avec deux objectifs : atteindre 15% de la surface agricole utile en AB d'ici 2022, et 20% de produits bio en restauration collective publique (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation 2018). Ces plans se déclinent notamment par des aides versées directement aux producteurs qui se convertissent.

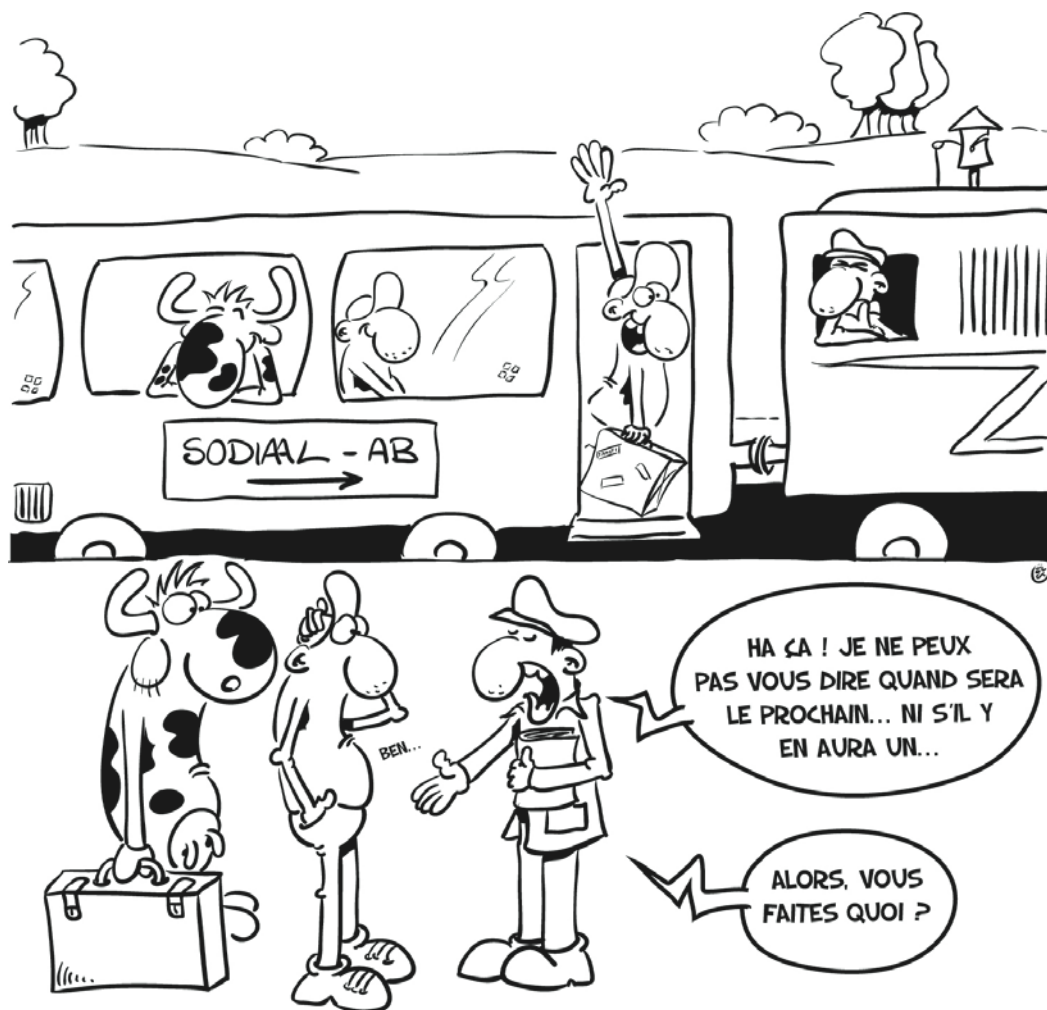


Figure 7 Dessin illustrant des perceptions d'éleveurs aveyronnais à l'hiver 2015-2016, se sentant "sous pression" pour prendre la décision de la conversion à l'AB. En effet, les agriculteurs étaient dans un contexte de crise du lait depuis plus d'un an, et la coopérative Sodiaal annonçait un projet d'augmentation de collecte AB sur la région Sud-Ouest de 8 millions de litres à 32 en 2020. Cette stratégie était localement appuyée par l'investissement de chinois dans une usine Sodiaal de Montauban pour produire de la poudre de lait infantile pour l'export. Les agriculteurs rencontrés à cette période (Bouttes et al. 2018b) étaient nombreux à évoquer "ce train de l'AB en gare" qu'ils se demandaient s'ils devaient prendre, en ne sachant pas s'ils auraient encore cette possibilité quelques mois plus tard. Source Z'lex en collaboration avec Maëlys Bouttes, 2016

L'AB en pleine croissance

Les effets conjugués de ces différents facteurs font que depuis 2010, le nombre de fermes bovin lait AB est en pleine croissance (**Figure 8**). Cette augmentation est fortement liée aux périodes de crise conventionnelle. Ainsi la crise laitière de 2009 a stimulé un nombre important de conversions et le nombre d'exploitations AB a fortement augmenté en 2011 et 2012 (**Figure 8**). Suite à la seconde crise entre 2014 et 2016, le nombre de nouvelles conversions entre novembre 2015 et mai 2016 a atteint des records par rapport aux années précédentes (**Figure 9**). Ainsi, en 2017, 3713 exploitations étaient recensées en AB dont 45% (= 1657 exploitations) en conversion (Agence BIO 2018a). Les perspectives d'évolution de collecte de lait d'ici fin 2018 (CNIEL 2016) sont donc très importantes avec une augmentation prévue de 55% de 2016 (572 millions de litres) à 2018 (889 millions de litres prévus (**Figure 10**). Cependant, la part de la production AB dans la collecte nationale est encore assez faible avec 2,6% en 2017, quand l'Autriche et le Danemark atteignent respectivement 16,1% et 10,3% (CNIEL 2018).

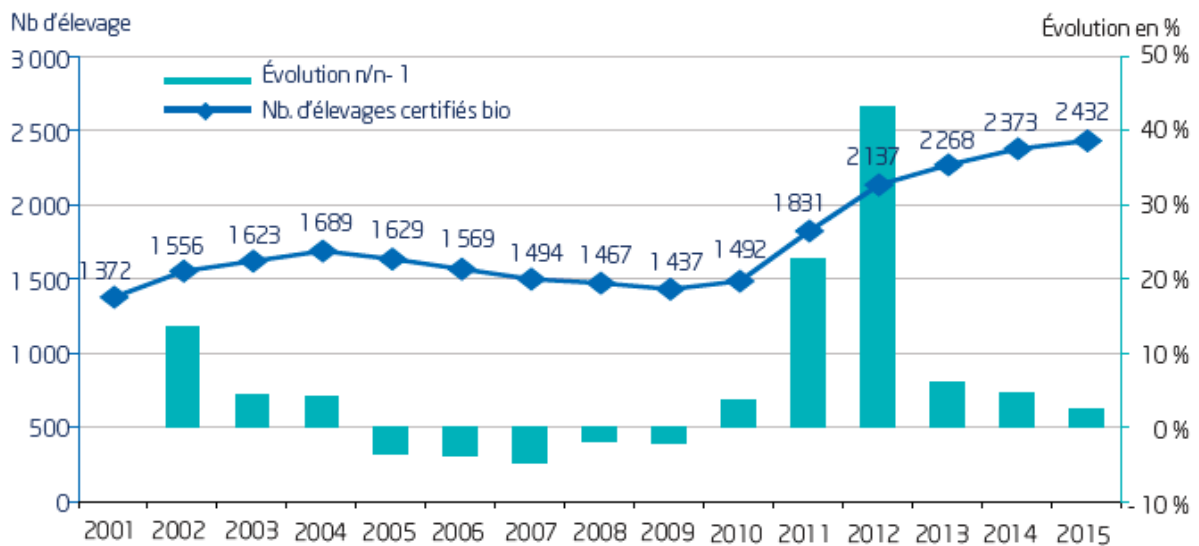


Figure 8 Evolution du nombre d'exploitations laitières certifiées AB. Source FranceAgrimer d'après Agence BIO (France Agrimer 2016b)

Conversions commençant	Nombre producteurs	Volume référence (Mln litres)
de nov. à mai 2015	83	29,3
de juin à octobre 2015	80	30,2
de nov. à mai 2016	684	261,3
de juin à octobre 2016	143	59,0

Figure 9 Nombre de producteurs et volume de lait rentrant en conversion AB. Source enquête CNIEL, novembre 2015 (CNIEL 2016)

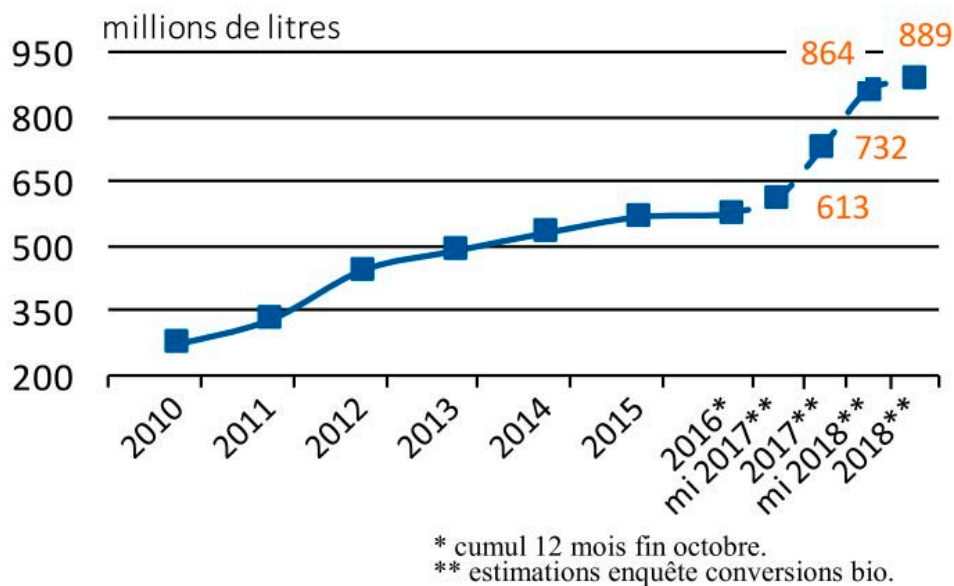


Figure 10 Evolution de la collecte AB annuelle. Source enquête CNIEL, novembre 2015 (CNIEL 2016)

On retrouve cette croissance importante de l'AB dans l'ensemble des filières (**Figure 11**) même si l'AB représente encore une part assez faible de la production agricole avec en 2017 6,6% de la surface agricole utile nationale avec 8,3% des exploitations agricoles (Agence BIO 2018a). Les chiffres actuels des conversions, c'est-à-dire des exploitations qui sont dans les deux ou trois premières années (selon la production) de leur engagement en AB laissent entrevoir des perspectives d'accroissement des surfaces certifiées bio de plus 40% d'ici 2019.

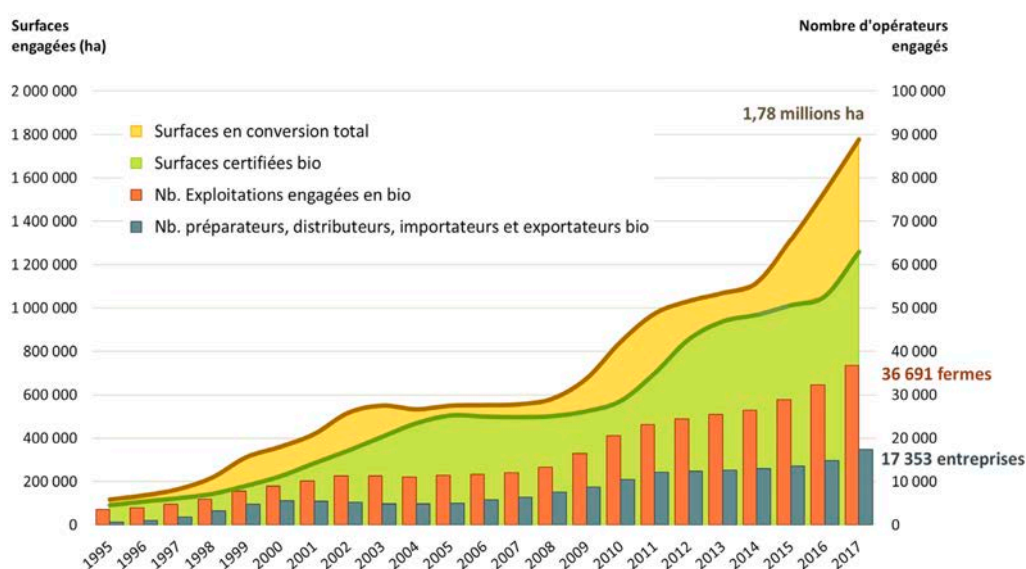


Figure 11 Evolution des opérateurs et des surfaces certifiées bio de 1995 à 2017. Source Agence BIO/ OC 2018 (Agence BIO 2018a)

Les éleveurs laitiers conventionnels font face à un contexte général incertain et changeant illustré par des crises aiguës du prix du lait et par des aléas climatiques. Ils sont en situation de forte vulnérabilité expliquée par leur exposition importante à ces aléas, et pour nombre d'entre eux par des situations économiques délicates. L'AB est perçue comme une alternative prometteuse avec des prix du lait payés aux producteurs hauts et stables soutenus par un marché en croissance et un soutien institutionnel.

Cependant, s'intégrer dans la filière AB nécessite des changements qui peuvent être source d'incertitudes, notamment pendant les premières années de conversion.

1.1.2 La conversion à l'AB: une période de changements et d'incertitudes

Le cahier des charges de l'AB

Selon l'IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), l'agriculture biologique est *“un système de production qui maintient et améliore la santé des sols, des écosystèmes et des personnes. Elle s'appuie sur des processus écologiques, la biodiversité et des cycles adaptés aux conditions locales, plutôt que sur l'utilisation d'intrants ayant des effets adverses. L'agriculture biologique allie tradition, innovation et science au bénéfice de l'environnement commun et promeut des relations justes et une bonne qualité de vie pour tous ceux qui y sont impliqués (IFOAM 2018)”*.

En France, l'AB est réglementée par un cahier des charges de pratiques auquel les agriculteurs doivent se conformer. Des cahiers des charges privés de l'AB ont d'abord existé, puis dans les années 80, un cahier des charges national a été créé (Leroux 2015). Dans les années 90, l'AB a commencé à être réglementée au niveau européen. Depuis le 1^{er} janvier 2009, le cahier des charges a été harmonisé au niveau européen, c'est-à-dire qu'il y a un logo unique représentant les mêmes règles pour tous les producteurs de l'Union Européenne. Deux règlements européens (CE n°834/2007 et CE n°889/2008) encadrent l'AB, complétés par un texte français d'application nationale (Agence BIO 2018b; FNAB 2018a, b). Ce cahier des charges est visible pour le consommateur par un logo apposé sur les produits lors de leur vente en forme de feuille, accolé à côté de l'ancien logo AB national pour plus de facilité de lecture pour le consommateur (**Figure 12**).



Figure 12 Logo de l'agriculture biologique représentant le cahier des charges européen. Source Agence BIO

L'Agence BIO résume le cahier des charges européen de l'élevage AB en quelques phrases : *“Les aliments bio sont produits à partir d'ingrédients cultivés sans produits chimiques de synthèse et sans OGM (organismes génétiquement modifiés). Ils ne contiennent ni exhausteurs de goût, ni colorants, ni arômes chimiques de synthèse. L'utilisation d'additifs est très fortement limitée. Le mode d'élevage biologique est fondé sur le respect du bien-être animal. Les animaux disposent obligatoirement d'un accès au plein air et d'espace. Ils sont nourris avec des aliments bio principalement issus de la ferme et sont soignés en priorité avec des médecines douces (Agence BIO 2018c).”*

Le passage du conventionnel à l'AB est réglementé par une phase dite de “conversion” qui impose une première période de 2 à 3 ans où les agriculteurs suivent le cahier des charges de l'AB mais ne peuvent commercialiser leur production avec le logo AB. A partir du début de conversion, les producteurs sont chaque année contrôlés par des organismes certificateurs indépendants afin de justifier leurs pratiques.

En élevage bovin lait, les agriculteurs peuvent choisir entre deux modalités de conversion qui n'ont pas la même durée : 2 ans pour la conversion simultanée ou 18 mois pour la conversion non simultanée. Les producteurs choisissant la conversion simultanée engagent dans la conversion le sol et le troupeau en même temps. Leur lait pourra être vendu en AB au bout de deux ans. Les producteurs choisissant la conversion non simultanée engagent d'abord leur sol en AB pendant 1 an, puis leur troupeau pendant 6 mois. Leur lait pourra être vendu en AB au bout de 18 mois.

Des incertitudes sur l'avenir du cahier des charges AB

L'harmonisation du cahier des charges en 2009 a été vue par certains acteurs français comme un assouplissement du cahier des charges. On peut citer comme exemple l'autorisation d'avoir des productions non AB co-existantes avec les productions AB sur la même ferme. Concernant l'élevage, il y eut de vives critiques sur l'autorisation d'un nombre plus important de traitements antibiotiques que précédemment. Ainsi, plusieurs pionniers de l'AB ont créé à cette époque une autre marque de certification plus exigeante nommée Biocoherence pour « réaffirmer les valeurs d'une agriculture biologique soucieuse de cohérence et d'exigence » (Bio Cohérence 2018). Cette marque est venue s'ajouter à d'autres marques de certification pionnières de l'agriculture biologique comme Nature & Progrès (1972) ou Demeter (1932) (**Figure 13**).



Figure 13 Logos se revendiquant de l'agriculture biologique avec des cahiers des charges plus stricts que le cahier des charges européen. Sources Bio Cohérence, Nature & Progrès, Demeter

Un nouveau règlement européen a été adopté le 30 mai 2018 après quatre ans de réflexion et de négociations. Il rentrera en vigueur en janvier 2022. Les évolutions de ce règlement ont été l'objet de vifs débats entre les pays européens, entre les acteurs de chaque pays et inquiétaient certains producteurs rencontrés pendant la thèse qui craignaient un assouplissement du cahier des charges avec un risque de perte de crédibilité pour le consommateur. La question de mettre en place des seuils de pesticides à ne pas dépasser dans les aliments a fortement alimenté le débat, tout comme l'allègement des contrôles des organismes certificateurs. Le règlement adopté amène à des analyses mitigées. Certains éléments comme l'assouplissement des contrôles de certifications qui ne seront plus annuels et l'autorisation d'adjuvants chimiques jusqu'alors interdits vont dans le sens des craintes des éleveurs et pourraient impacter négativement l'image de la filière pour les consommateurs. Les incertitudes restent fortes quant à l'avenir du cahier des charges lors de prochaines négociations (Reporterre 2017).

Des incertitudes sur l'avenir de la filière lait AB

En lien avec les inquiétudes sur l'avenir du cahier des charges, l'avenir de la filière peut également être une source d'incertitudes pour les producteurs. L'AB est un marché porteur en croissance, particulièrement pour la filière laitière, et c'est ce développement important qui inquiète certains acteurs. En 2015, la revue POUR avait ainsi titré son dossier « La Bio à la croisée des chemins » (GREP 2015). Les articles se faisaient alors l'écho de débats qui continuent d'animer la communauté scientifique sur la « conventionnalisation de l'agriculture biologique » (Buck et al. 1997; Hall and Mogyorody 2001; Guthman 2004; Flaten and Lien 2006; De Wit and Verhoog 2007; Best 2008; Guptill 2009; Sutherland 2013; Brzezina et al. 2017; Ramos García et al. 2018), c'est-à-dire la dérive d'une AB qui s'alignerait sur l'agriculture conventionnelle (Darnhofer et al. 2009).

Suite aux motivations militantes initiatrices de l'agriculture biologique (des années 20 aux années 80), les évolutions actuelles de l'AB dans la production, la transformation et la distribution reproduiraient-elles les schémas de l'agriculture conventionnelle qu'elle critiquait à l'origine ? Dans ce contexte, certains éleveurs en AB témoignaient de la crainte d'un scandale qui ferait perdre la confiance des consommateurs dans le logo AB, venant d'un problème sanitaire sur la chaîne de transformation, ou de la médiatisation de pratiques frauduleuses sur des fermes AB. En réponse, l'Agence BIO titrait en 2017 que « la Bio change d'échelle en préservant ses fondamentaux » (Agence BIO 2017).

Ces questionnements sur l'avenir de la filière AB font émerger des incertitudes pour les producteurs qui craignent de se retrouver dans la même instabilité de prix qu'en élevage laitier conventionnel, avec un risque perçu de situation de surproduction. Ces risques perçus font écho aux positions offensives des laiteries d'Europe du Nord (danoises, autrichiennes et britanniques) sur les mêmes marchés d'export que les laiteries françaises, comme la Chine (Idele 2017). Pour exemple en 2016, des producteurs laitiers aveyronnais se questionnant sur un passage à l'AB craignaient une chute des prix dans les années à venir. En effet, leur coopérative mettait en avant un projet d'export de poudre de lait infantile AB vers la Chine, et les éleveurs n'étaient pas sereins quant à la fiabilité de ce marché pour l'avenir (**Figure 14**). Pour rassurer les producteurs, certaines laiteries ont

choisi de découpler le prix du lait AB payé aux producteurs des fluctuations du prix conventionnel. Hélas, cela ne garantit pas la stabilité du marché et par répercussion du prix du lait payé aux producteurs ces prochaines années.



Figure 14 Un éleveur laitier aveyronnais converti à l'AB en 2016 cauchemarde que le journal agricole aveyronnais La Volonté Paysanne annonce dans un futur proche une crise laitière bio. La une du journal "Le marché chinois à la dérive" fait écho au contexte aveyronnais en 2016. Cette année là, de nombreux producteurs laitiers ont engagé une conversion à l'AB en signant un contrat avec la coopérative Sodiaal. A l'époque, Sodiaal expliquait qu'une part importante de ses marchés bios reposait sur des contrats d'export avec la Chine, ce qui provoquait de nombreuses interrogations chez les producteurs qui s'engageaient (Bouttes et al. 2018b). Source Z'lex en collaboration avec Maëlys Bouttes, 2016

Des incertitudes sur la ferme

Sur la ferme, la conversion est une période de changements à différents niveaux (Lamine and Bellon 2009a). De par l'obligation de se conformer à un cahier des charges, les producteurs doivent, dans la plupart des cas, changer leurs pratiques, ce qui nécessite une remise en question personnelle et un apprentissage de nouvelles techniques. Cette remise en question s'accompagne souvent de changements concernant les valeurs et les croyances des agriculteurs. Cela impacte la dimension sociale de l'exploitation, à savoir les relations avec les associés ou avec la famille impliquée sur la ferme (parents ou enfants). Selon que le projet est partagé ou pas par ces personnes présentes sur l'exploitation, la dimension psychologique de la conversion est plus ou moins compliquée pour le porteur du projet (**Figure 15**).

Au niveau technique, les agriculteurs doivent modifier leurs pratiques avec l'incertitude de la réponse de l'agroécosystème à ces modifications. La gestion des risques de parasites, ravageurs et maladies (sur le végétal ou l'animal), d'enherbement, de pertes de rendement (qualité et quantité) ne peut plus être la même du fait de l'interdiction de l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse, d'engrais de synthèse et de la réduction de l'utilisation d'antibiotiques pour les animaux. Cela est d'autant plus complexe si leurs pratiques étaient éloignées du cahier des charges avant la conversion. En effet, l'agroécosystème peut mettre un certain temps à s'adapter aux changements de pratiques pour retrouver une situation d'équilibre (Duru et al. 2015).

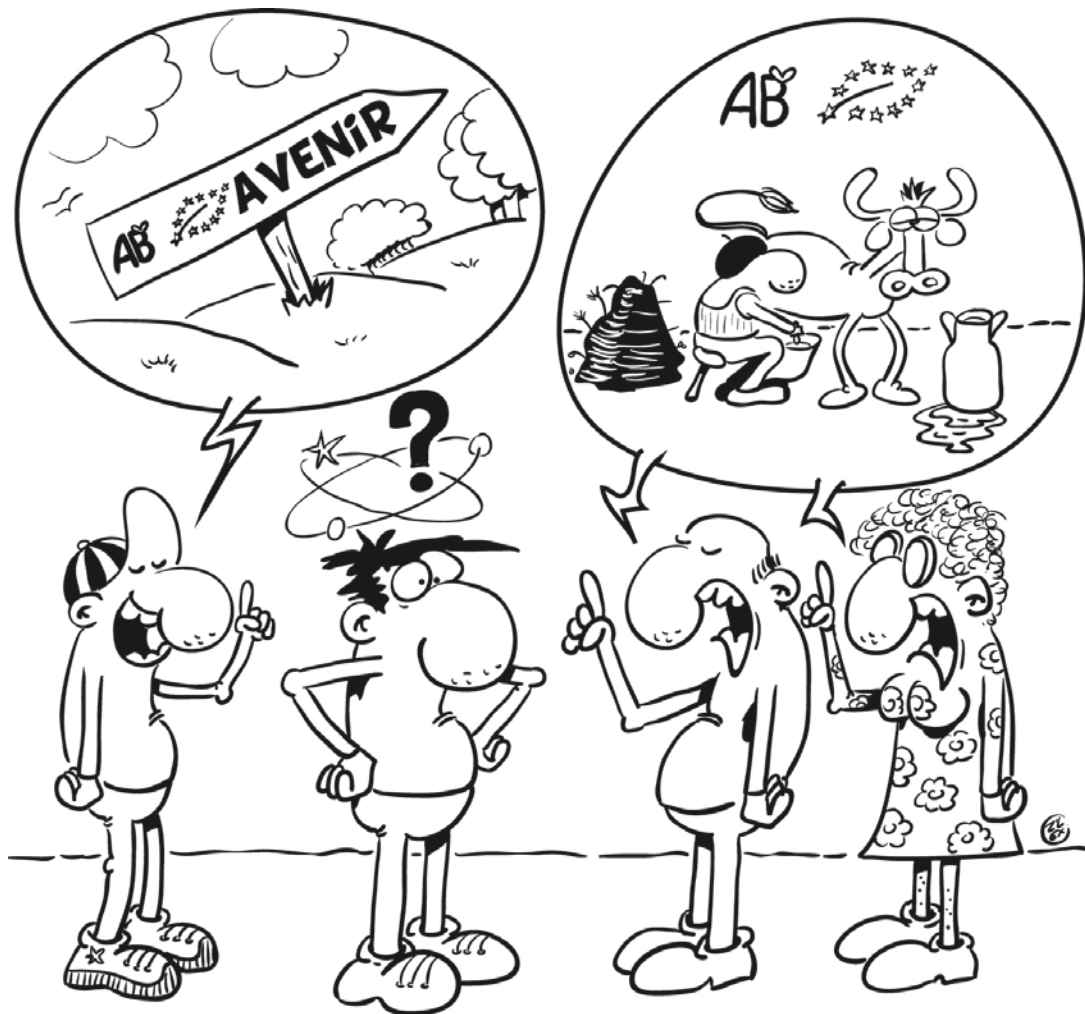


Figure 15 Un agriculteur se pose la question de la conversion à l'AB et est dans le doute en discutant avec son cercle familial impliqué sur la ferme : son fils à gauche qui souhaite reprendre la ferme lui explique que l'AB c'est l'avenir, et ses parents qui géraient la ferme avant lui expliquent que l'AB est une mauvaise idée et que c'est un retour en arrière au temps où l'on trayait les vaches à la main. Source Z'lex en collaboration avec Maëlys Bouttes, 2016

Par exemple, en arrêtant d'épandre des engrais azotés de synthèse, les agriculteurs ne savent pas comment va évoluer la dynamique de l'azote dans leurs sols, qui dépend des précédents culturaux, du type de sol, des conditions climatiques, etc., et ce, quand bien même ils allongeraient leurs rotations avec des légumineuses. Il en est de même pour la population d'adventices, qui, en AB, est régulée par un ensemble de techniques agronomiques (faux semis, binage, etc.) et non par les herbicides. Epuiser le stock semencier d'adventices pour qu'elles ne soient pas pénalisantes pour les cultures peut prendre un certain temps. Concernant les animaux, le changement d'une ration à dominante maïs-soja à une ration basée principalement sur le pâturage peut amener la production de lait à baisser et/ou à avoir des taux butyreux et protéiques du lait plus faibles du fait d'un temps d'adaptation physiologique des vaches. Ces changements techniques peuvent donc être source d'incertitudes et de craintes pour les producteurs, autant sur l'inconnu des pratiques à mettre en œuvre que sur le temps de réponse de l'agroécosystème à ces nouvelles pratiques (**Figure 16**).

En amont des pratiques sur la ferme, les sources d'approvisionnement sont amenées à être modifiées pour trouver des aliments pour le bétail, des semences ou des engrais autorisés en AB. En aval, le système de commercialisation peut aussi changer avec le choix d'un autre collecteur laitier ou la mise en place d'un projet de transformation laitière sur la ferme. La conversion peut également bouleverser les réseaux de conseil et les relations sociales des producteurs avec leurs voisins agriculteurs ou non agriculteurs.

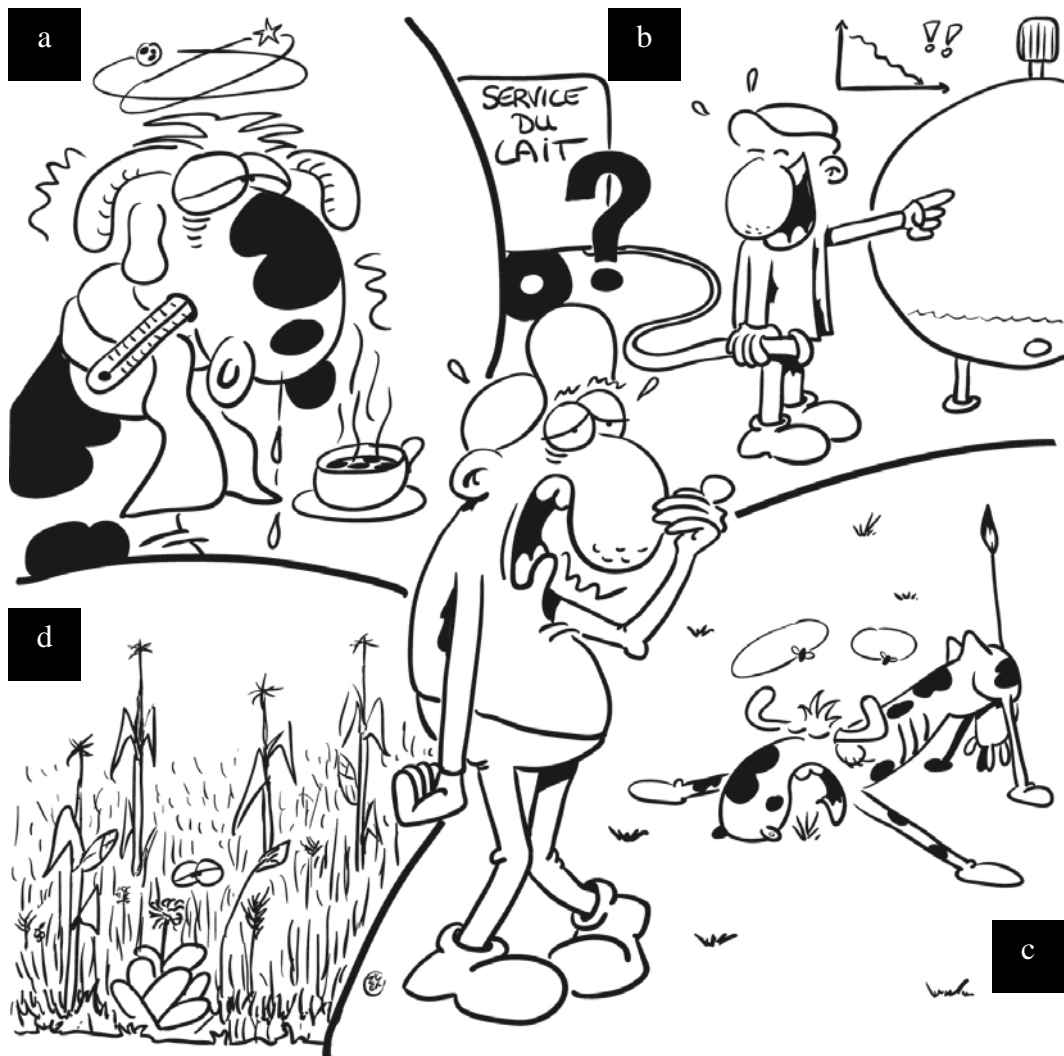


Figure 16 Certaines peurs techniques lors de la conversion à l'AB: (a) les vaches malades du fait de moins traiter, (b) le tank à lait très peu rempli du fait d'une production moins importante, (c) les vaches amaigries à cause du passage au pâturage, et (d) le maïs enherbé du fait de l'interdiction de désherbant chimique. Source Z'lex en collaboration avec Maëlys Bouttes, 2016

Des accompagnements pour aider les agriculteurs à réduire leurs incertitudes

Différents dispositifs d'accompagnement existent pour faciliter ces changements et aider les producteurs à réduire leurs incertitudes, soit en limitant l'exposition aux aléas par des choix techniques d'esquive, soit en anticipant les aléas ou situations pouvant survenir et les adaptations à mobiliser le cas échéant. A cette fin, différentes structures de développement agricole ont des conseillers spécialisés sur l'AB qui peuvent faire de l'accompagnement individuel ou collectif (par exemple : Chambres d'Agriculture, GAB = Groupements d'Agriculteurs Biologiques, CIVAM Bio = Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural). Ces accompagnements peuvent être soutenus financièrement par les politiques publiques afin de faciliter leur accès pour les agriculteurs.

Pour exemple, dans le département de l'Aveyron en 2015-2016, trois structures d'accompagnement (la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, l'APABA = Association pour la promotion de l'Agriculture Biologique en Aveyron et le BTPL = Bureau Technique de Promotion Laitière) ont reçu des aides financières régionales pour accompagner les producteurs laitiers dans leur réflexion à la conversion avec un appui individuel de "diagnostic de conversion". Des formations collectives de plusieurs jours ont aussi été proposées par la Chambre d'Agriculture pour mieux connaître le cahier des charges et l'impact d'une conversion sur une exploitation. Les structures de développement proposent ensuite divers formats d'accompagnement tout au long de la conversion et une fois certifié AB : des groupes d'échanges réguliers, des formations thématiques ponctuelles (par exemple sur la mise en place du pâturage tournant) ou pluriannuelles (par exemple sur l'utilisation de l'homéopathie en élevage), des échanges individuels ponctuels sur la ferme.

Cet accompagnement du projet AB au niveau de la ferme doit permettre à l'agriculteur d'aller vers une meilleure gestion des risques. De par leur expertise du terrain, les conseillers ont des repères techniques pour aider l'agriculteur à concevoir et mettre en œuvre un projet de conversion cohérent, et mettre en garde au sujet de choix techniques qui seraient très sensibles aux fluctuations du marché. Ainsi, les conseillers suggèrent souvent des seuils de chargement (nombre d'animaux par hectare de surface fourragère) à ne pas dépasser ou des espèces végétales importantes à planter comme certaines légumineuses fourragères. De la même façon, en Bretagne, des conseillers évoquent la nécessité d'avoir un minimum de 0,3 ha de surface pâturable accessible par vache laitière en AB. Ces repères sont parfois critiqués par les éleveurs dont le projet s'en écarte tout en faisant sens pour eux. Ce type de réaction interroge sur la manière d'accompagner ces transitions et sur la pertinence –ou non– de repères chiffrés dans cet accompagnement.

Pour accompagner à la gestion des risques pendant la conversion, des aides financières peuvent être demandées par les agriculteurs. Ces aides doivent leur permettre d'améliorer leur capacité à absorber les pertes économiques qui peuvent survenir pendant la conversion, et au-delà de la phase de conversion, de compenser des pertes économiques venant de choix techniques plus orientés vers la biodiversité et la préservation des ressources naturelles que vers la rentabilité. Ces aides financières sont liées à la politique agricole commune européenne et gérées par les régions françaises pour soutenir directement les producteurs. Elles sont de deux types : (i) des aides versées directement aux producteurs pendant les 5 premières années (aides "CAB" = conversion à l'agriculture biologique) et après (aides "MAB" = maintien de l'agriculture biologique), et (ii) des crédits d'impôt.

Certains acteurs s'inquiétaient en 2017 des perspectives politiques de soutien à l'AB et questionnaient le pouvoir en place sur les fonds qui seront alloués à ces aides directes dans l'avenir. Le communiqué de presse de la FNAB à cette époque (**Figure 17**) illustre bien les tensions et incertitudes quant à l'avenir des soutiens financiers de l'AB. Sur le terrain en 2016, certains conseillers agricoles témoignaient ainsi de la réalisation de diagnostics de conversion avec des simulations de résultats économiques sans aides. Dans le cas des filières laitières, plusieurs laiteries ont mis en place des aides pendant la période de conversion. Deux laiteries témoignaient ainsi d'une aide de 30€ aux 1000L allouée à leurs producteurs durant la conversion, et ce jusqu'à ce que le lait soit payé au prix biologique. Ces différents dispositifs d'aides financières sont importants pour réduire les risques de la conversion à l'AB, mais il n'est pas certain qu'ils seront maintenus à l'avenir.

Nous avons vu que l'AB était perçue comme une alternative prometteuse pour des éleveurs laitiers en situation de forte vulnérabilité, mais nous venons de montrer que la conversion à l'AB est aussi synonyme d'incertitudes nombreuses et diverses, ce qui interroge sur l'évolution de la vulnérabilité des exploitations lors de leur conversion vers l'AB.

La conversion à l'AB est une phase de changements réglementée par un cahier des charges de pratiques à l'échelle européenne qui est renégocié régulièrement. Ces changements peuvent être synonymes de risques et sources d'incertitudes pour les agriculteurs sur divers aspects : les pratiques, les valeurs des agriculteurs, les rapports sociaux sur la ferme, la commercialisation, les réseaux de conseil, le marché, etc. Pour accompagner les agriculteurs à réduire ces incertitudes, différents dispositifs existent comme du conseil spécialisé en AB et des aides financières.

Ces incertitudes, nombreuses et diverses, amènent à s'interroger sur l'évolution de la vulnérabilité des élevages lors de leur conversion à l'AB.



Agriculture biologique : quelle vision politique ? Les paysan-nes bios réclament cohérence et clarté !

Paris, mardi 7 novembre 2017. Le 8 novembre 2017, les productrices et producteurs du réseau FNAB se mobiliseront en Bretagne (Rennes – 12h) et en Grand-Est (Nancy - Place Charles 3 à 10h) pour demander aux grandes régions un engagement sans ambiguïté en faveur du développement de l'agriculture bio. Les paysan-nes bios sortent de deux années d'insécurité financière liée aux retards de paiement des aides de la politique agricole commune. L'absence d'ambition politique nationale pour le développement de la bio et le jeu de ping-pong entre l'Etat et les régions va faire perdurer ce climat d'insécurité, pesant ainsi sur la dynamique de conversion et fragilisant un peu plus l'état du marché.

8% de SAU bio en 2021 : l'objectif à reculons du ministère de l'Agriculture

En refusant aux régions les 400 millions d'euros de fonds européens nécessaires au paiement des aides bio sur les 3 prochaines années et en supprimant le financement national des aides dites « au maintien » le ministère de l'Agriculture installe une nouvelle situation d'insécurité financière pour les productrices-eurs bio.

Alors que pour le budget national, cette aide représentait à peine 10 millions d'euros par an et était la seule rémunération des services environnementaux rendus par l'agriculture biologique. Un mois après la conférence de presse du Président de la République à Rungis, la FNAB n'a encore aucune information sur les 200 millions d'euros annoncés pour rémunérer les services environnementaux rendus par l'agriculture, la décision de suppression de l'aide au maintien étant, elle, effective au 1^{er} janvier 2018.

« Les retards de paiement des deux dernières années ont fragilisé les paysan-nes bios et une nouvelle décision tombe en plein milieu de programmation européenne alors qu'aucun autre dispositif n'a encore été pensé pour prendre le relais, c'est surréaliste ! » déclare Stéphanie Pageot, présidente de la FNAB.

La FNAB demande aux régions de prendre temporairement le relais d'un Etat défaillant

Il est primordial d'éviter une nouvelle période d'insécurité financière. Dans les régions limitrophes, comme le Grand-Est, la suppression de l'aide au maintien va générer une forte distorsion de concurrence avec les voisins qui soutiennent la rémunération des services environnementaux. A titre d'exemple les grandes cultures bénéficient de 280 euros/ha en Allemagne et de 400 euros/ha en Belgique au titre de l'aide au maintien.

La FNAB demande aux régions d'adopter une position pragmatique et non dogmatique sur l'aide maintien et de trouver des solutions pour financer un dispositif qui coûte peu, tant qu'aucun autre dispositif de rémunération des services environnementaux n'est en place !

La FNAB demande au gouvernement la mise en place d'une concertation nationale sur les 200 millions d'euros annuels pour les services environnementaux annoncés par le Président de la République et la révision de l'objectif de 8% pour un véritable objectif ambitieux de 20% de la SAU bio en 2022 !

Contacts presse :

Stéphanie Pageot, présidente de la FNAB - 06 76 41 81 26

Julien Sauvée, vice-président de la FRAB Bretagne – 06 13 99 42 97

Sylvie Corpart, porte-parole de Bio Grand Est – 06 76 30 68 94

Figure 17 Communiqué de presse de la FNAB (Fédération Nationale des Agriculteurs Biologiques), 7/11/2017 (FNAB 2017)

1.1.3 La question de la vulnérabilité des élevages laitiers pendant la conversion à l'AB

La conversion à l'AB est une période de changements de pratiques, d'interlocuteurs de conseil, etc. sources d'incertitudes sans valorisation immédiate (1 an ½ à 2 ans) du lait au prix du lait AB. Les importantes vagues de conversion dans la filière laitière suite aux deux crises en 2009 et 2015-2016 ont fortement interrogé les acteurs de l'AB avec la crainte d'avoir (i) de nouveaux convertis "opportunistes" loin des valeurs pionnières de l'AB et (ii) des agriculteurs dans des situations économiques difficiles avant la conversion qui se mettraient encore plus en difficulté en passant en AB trop rapidement (**Figure 18**).



Figure 18 Interrogation sur les motivations à passer en AB. Dessin réalisé pour la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron. Source Z'lex, 2016

Ce choix de conversion pose la question de la vulnérabilité des élevages laitiers, c'est à dire de leur capacité à faire face, à s'adapter ou à se remettre des effets de divers aléas (Smit and Wandel 2006) avant, pendant et à l'issue de la conversion à l'AB: (i) des aléas internes (respect d'un nouveau cahier des charges), et (ii) des aléas externes (crise du lait, aléas climatiques). Les impacts de la conversion sont très divers pour la ferme : techniques, économiques, psychologiques, dans les relations sociales, la commercialisation, etc. et ces impacts évoluent dans le temps. Cela implique de traiter la question de la vulnérabilité avec une approche dynamique et intégrée, c'est-à-dire qui intègre l'ensemble de ces dimensions.

Pour accompagner les agriculteurs dans ces changements aujourd'hui et à l'avenir, des informations actualisées et contextualisées sont nécessaires. En effet, les conseillers agricoles et les agriculteurs ont besoin de références récentes identifiant des stratégies de conversion limitant la vulnérabilité des élevages laitiers. L'orientation des politiques publiques requiert également des résultats sur lesquels s'appuyer pour proposer des dispositifs d'accompagnement des conversions pertinents.

Il y a de forts enjeux opérationnels à étudier l'évolution de la vulnérabilité des élevages laitiers c'est à dire leur capacité à faire face, à s'adapter ou à se remettre des effets de divers aléas avant, pendant et à l'issue de la conversion à l'AB. Il est nécessaire d'aborder la question avec une approche dynamique intégrant l'ensemble des impacts de la conversion. Des résultats actualisés et contextualisés sont nécessaires pour identifier des stratégies pouvant réduire cette vulnérabilité.

La deuxième partie de cette introduction générale vise à discuter des travaux scientifiques qui peuvent contribuer à traiter cette question avec une approche intégrée.

1.2 La conversion à l'AB : une transition agroécologique à étudier sous l'angle de la vulnérabilité

1.2.1 Les études sur les transitions agroécologiques à l'échelle de l'exploitation agricole

La conversion à l'AB : une transition agroécologique

La conversion à l'AB est une forme de transition agroécologique. La définition de transition agroécologique retenue ici est celle proposée par les chercheurs Laurent Hazard, Marie-Benoît Magrini et Guillaume Martin dans le dictionnaire de l'agroécologie (Hazard et al. 2017) : *“La transition désigne le processus par lequel les principes qui régissent un système sont modifiés de façon radicale, entraînant un ensemble de changements concernant autant les valeurs des acteurs que les techniques qu'ils utilisent. Sa durée varie de quelques années pour une unité de production, à plusieurs décennies pour un secteur d'activité ou la société dans son ensemble. Une transition est un processus complexe car un système en place est généralement verrouillé par la cohérence, construite au fil du temps, entre les techniques, les habitudes des acteurs, la réglementation, etc... Lever ces verrous nécessite des actions collectives telles que celles du management des transitions, et l'adoption d'une stratégie chemin-faisant dont les fins et les moyens sont reconsidérée chaque fois que nécessaire au cours du processus de transition.*

La transition agroécologique désigne un changement de modèle agricole pour mettre en œuvre les principes de l'agroécologie et répondre ainsi aux crises que traverse ce secteur. Elle repose, en particulier, sur i) la création et mobilisation de savoirs issus de l'agroécologie, ii) l'engagement des acteurs (agriculteurs, conseillers agricoles...) dans la construction de ces savoirs pour une adaptation aux territoires, et iii) la territorialisation de l'agriculture impliquant notamment une reconnexion de la production agricole avec l'alimentation locale.”

La littérature sur les transitions est riche avec beaucoup de travaux à l'échelle du territoire ou d'un secteur agricole (Ollivier 2015; Magrini et al. 2018), et s'appuie notamment sur le cadre "Multi-Level-Perspective" ("MLP") (Geels 2011; Ollivier et al. 2018). Notre positionnement d'étude est à l'échelle de l'exploitation agricole, c'est pourquoi nous avons restreint notre analyse de la littérature sur les transitions agroécologiques à cette échelle là.

Des travaux s'appuyant sur le cadre ESR : "Efficience Substitution Redesign"

A l'échelle de l'exploitation agricole, de nombreux travaux analysent la transition agroécologique en s'appuyant sur le cadre "Efficience Substitution Redesign" (ESR). Ce cadre conceptuel a été proposé par Hill and MacRae (1995) afin d'analyser le degré de changement lors d'une transition d'un système agricole conventionnel vers une agriculture durable. Trois niveaux de changement sont distingués : l'efficience, la substitution et la re-conception (**Tableau 1**). Cette grille d'analyse est largement utilisée dans des travaux de recherche (Lamine and Bellon 2009a; Lamine 2011a; Navarrete et al. 2011; Chantre et al. 2015; Tourdonnet et al. 2018) ou des démarches opérationnelles (INRA 2010).

Tableau 1 Description du cadre ESR. Source Bellon et al. (2010)

Efficience	Substitution	Re-conception
Améliorer l'efficience des intrants : augmenter l'efficacité des pratiques conventionnelles afin de réduire l'utilisation et la quantité d'intrants coûteux, rares et dommageables pour l'environnement, mais sans réduire la dépendance des exploitations vis-à-vis des intrants externes.	Substituer les intrants chimiques par des intrants organiques et des pratiques alternatives : remplacer les intrants et pratiques conventionnels par des alternatives respectueuses de l'environnement. A ce niveau, la structure de base du système n'est pas fortement modifiée.	Redéfinir le système agricole en tant qu'agro-écosystème fonctionnel : contrôler les ravageurs par une combinaison de diverses méthodes cohérentes (physiques, biologiques, chimiques, génétiques, culturelles). Le système fonctionne sur la base d'un nouvel ensemble de processus écologiques.

Ce cadre a été mobilisé par des chercheurs en sciences biotechniques (Navarrete et al. 2011), et par des chercheurs en sciences sociales pour étudier les transitions (Lamine 2011a). Lamine (2011a) a mobilisé ce cadre en le couplant avec une analyse sociologique des trajectoires des agriculteurs et de leur intégration dans des réseaux. L'objectif était d'analyser les processus et les conditions des transitions vers une écologisation de l'agriculture. En prenant des cas de conversion vers l'AB et de transition vers la protection intégrée des cultures ("Integrated Pest Management"), l'auteure a identifié deux types de transitions se différenciant selon la rapidité de changement et les niveaux de modification des pratiques sur la ferme : des transitions progressives et robustes d'une part, et des transitions plus rapides et réversibles d'autre part. Trois conditions pour des transitions robustes ont été mises en évidence : (i) l'importance d'actions antérieures à la transition en lien avec l'AB ou la protection intégrée des cultures (par exemple des essais de parcelles en AB), (ii) l'insertion dans des dynamiques collectives où les agriculteurs peuvent échanger sur leurs difficultés et leurs réussites, et (iii) l'inclusion des attentes des organisations de distribution et des consommateurs dans la conception des transitions.

Cette étude a mis l'accent sur la non-linéarité des transitions : par exemple dans le cas d'une conversion à l'AB "progressive", il a pu s'écouler une vingtaine d'années entre les premiers essais de réduction de pesticides et le passage en AB officiel, avec des accélérations ou ralentissements – voire des arrêts – dans la mise en place des changements. Cette non linéarité se retrouve en caractérisant les transitions progressives vers l'AB avec les trois niveaux d'efficience, substitution et re-conception : trois séquences successives E-S-R sont identifiées, et lors de la dernière de re-conception, des pratiques de substitution et/ou d'efficience des intrants AB sont aussi mises en évidence. Cette approche permet de repositionner la durée réglementaire de la conversion dans la trajectoire globale de l'exploitation en mettant en évidence une diversité de types de transitions et en identifiant des facteurs favorables à des transitions robustes. Elle s'intéresse à la conversion de manière globale en croisant une approche technique et une approche sociologique. Cependant, les combinaisons de pratiques observées lors de la transition sont peu explicitées, et les résultats sont peu opérationnels pour

réfléchir à l'accompagnement des producteurs dans le changement à un pas de temps annuel.

Chantre et al. (2015) ont analysé des transitions d'agriculteurs réduisant l'usage d'intrants chimiques en grandes cultures en s'inspirant de ce cadre ESR. Les auteurs ont défini sept phases de "cohérence agronomique" en analysant les carrières de 20 céréaliers en Champagne Berrichonne (**Figure 19**). Une phase de cohérence agronomique est une série de pratiques dont la cohérence est définie par des principes d'action et un degré de dépendance aux intrants phytosanitaires et azotés. Trois grands types de trajectoires ont été mis en évidence en fonction de la séquence des phases de cohérence et en fonction du niveau de dépendance aux intrants de leur dernière phase de cohérence.

Par exemple, le premier type de trajectoire correspond aux quatre premières fermes de la **Figure 19** qui sont passés d'une phase de cohérence à une autre assez vite et qui avaient dans la phase la plus récente (au moment des entretiens en 2009) les systèmes les moins dépendants aux intrants. Cette analyse leur a également permis de mettre en évidence des pratiques qui jouent des rôles clés dans le passage d'une phase de cohérence à une autre, comme le désherbage mécanique pour la transition de la phase 2a-2b à la phase 2c d'agriculture intégrée.

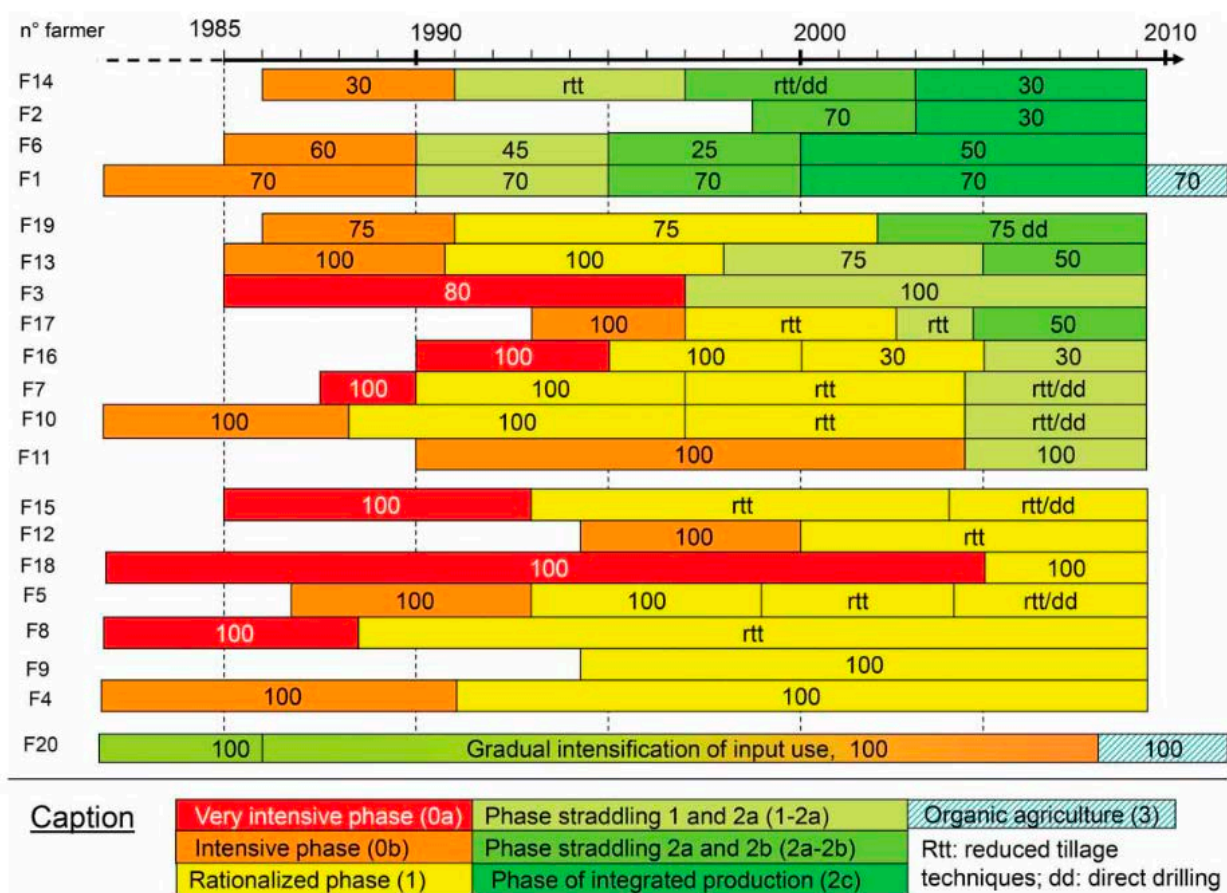


Figure 19 Les phases de cohérence agronomiques durant la carrière des 20 agriculteurs enquêtés dans l'article de Chantre et al. (2015). Chaque rectangle représente une phase de cohérence agronomique dans la trajectoire de l'agriculteur avec une couleur associée et le pourcentage de SAU labouré. Par exemple, 70 signifie que 70% de la SAU est labouré et que 30% est travaillé avec des techniques de travail du sol simplifiées ("reduced tillage techniques"). Quand il n'y pas de labour du tout, l'agriculteur utilise des techniques simplifiées qui peuvent être combinées avec du semis direct ("direct drilling"). Source Chantre et al. (2015)

En appliquant le cadre ESR à la conversion à l'AB, Lamine (2011a) distingue un "paradigme de substitution" et un "paradigme de re-conception" du système. Le "paradigme de substitution" définit l'AB comme le remplacement des intrants synthétiques par des méthodes alternatives pour lutter contre les ravageurs et maladies. Le "paradigme de re-conception" définit l'AB d'une manière plus holistique et fait référence à la construction de systèmes de production diversifiés, dans lesquels les interactions entre les composantes de cet "agro-éco-système" améliorent les processus de régulation naturelle, et garantissent ainsi fertilité, productivité et résilience.

Dans ce travail, Lamine (2011a) différencie deux stratégies agronomiques concernant la protection des cultures : utilisation d'intrants certifiés AB de la même manière qu'en conventionnel, versus une combinaison d'actions mobilisant différents leviers agronomiques. Ces stratégies se différencient par (i) des différences de vitesse de changement (transition de moins de 3 ans versus entre 3 et 20 ans), (ii) des différences de degré de spécialisation (2-5 variétés de légumes versus plus diversifié), et (iii) des différences de modes de commercialisation (circuits longs versus courts). Dans un système d'élevage, la limite entre ces deux paradigmes peut sembler difficile à établir, de par la possible co-existence d'approches de substitution et de re-conception sur les différents aspects du système (cultures céréalières, cultures fourragères, soin aux animaux, type de commercialisation, etc). De plus, cette distinction donne finalement peu d'informations sur les combinaisons de pratiques qui ont été modifiées lors de la transition, et sur celles qui conduisent à l'écologisation la plus robuste.

La mobilisation de ce cadre ESR a également permis d'analyser les questions d'apprentissage pendant ces transitions (Chantre and Cardona 2014), ce qui est un aspect important des incertitudes liées à la conversion à l'AB. La transition nécessite l'utilisation d'information de sources variées, et une diversification des modes d'apprentissage. Ces résultats sont appuyés par d'autres travaux qui ont identifié la diversité d'outils mobilisés par des éleveurs lors de leur transition vers des systèmes autonomes (Coquil et al. 2013).

Bien que séduisant au plan théorique, le cadre ESR s'avère complexe à opérationnaliser quand il faut distinguer les différents niveaux de changement : efficience, substitution et reconception. En particulier, définir à partir de quel niveau de changement il est possible de qualifier une transition de re-conception n'est pas trivial : un éleveur plutôt herbager profitant de la conversion à l'AB pour accroître la part d'herbe dans son système fourrager relève-t-il de la reconception ? De plus, lors d'une conversion à l'AB, il est probable que beaucoup de systèmes soient re-conçus. Pour produire des références sur les stratégies de conversion à l'AB limitant la vulnérabilité des élevages laitiers, il serait nécessaire de distinguer clairement et finement les niveaux de changement à un grain annuel, lequel est important pour l'opérationnalité des résultats auprès des agriculteurs. L'utilisation du cadre ESR ne permet pas de mettre en lumière facilement ces différents niveaux et en particulier les différentes formes de reconception lors de la conversion à l'AB. Enfin, ces travaux restent assez descriptifs sans faire de lien entre l'évolution des pratiques et l'évolution de performances des exploitations agricoles, lien qui est essentiel pour discuter de l'évolution de leur vulnérabilité pendant la conversion à l'AB.

Des travaux sur l'analyse de la dynamique pluriannuelle des systèmes agricoles

D'autres travaux sans lien direct avec la transition agroécologique peuvent contribuer à son analyse en proposant des méthodes d'analyse de la dynamique pluriannuelle des systèmes agricoles (García-Martínez et al. 2009; Falconnier et al. 2015). García-Martínez et al. (2009) se sont intéressés aux évolutions de systèmes agricoles de montagne dans les Pyrénées Espagnoles entre 1990 et 2004. Leurs objectifs étaient d'analyser les changements majeurs qui ont eu lieu dans les fermes sur cette période, d'identifier les différents types de trajectoires et les moteurs de ces changements. Concernant les changements généraux des fermes, les auteurs ont d'abord comparé les différences entre les deux dates en utilisant un test apparié de Student pour les variables quantitatives, et un test du χ^2 pour les variables qualitatives afin d'identifier les changements significatifs. Puis ils ont fait une analyse approfondie pour dix variables représentant la structure de la ferme, son orientation de production et son économie. Enfin, pour expliquer ces évolutions par d'autres variables, les auteurs se sont appuyés sur une analyse

discriminante qui permet de déterminer quelles variables discriminent le plus les différentes évolutions observées.

Durant cette période, l'étude a ainsi montré que les fermes qui n'ont pas disparu se sont agrandies, la production est passée d'une orientation d'élevage bovin mixte (allaitant et laitier) à une spécialisation allaitant, la gestion du pâturage est devenue plus extensive, le nombre de travailleurs familiaux a diminué tandis que la pluriactivité des agriculteurs a augmenté, les charges opérationnelles ont diminué, et la productivité du travail a augmenté. Grâce à l'analyse discriminante, les auteurs ont expliqué ces évolutions par d'autres variables, mettant ainsi en évidence les moteurs de ces changements comme la taille de la famille et le dynamisme de l'agriculteur, ou encore la situation initiale de la ferme (taille et orientation de production).

Falconnier et al. (2015) ont étudié les trajectoires de fermes au Mali de 1994 à 2010 en lien avec l'évolution du soutien institutionnel à la production de coton. Les auteurs ont séparé les fermes en quatre groupes selon leurs caractéristiques de capital au départ (taille de la ferme et du troupeau, nombre de bœufs, nombre d'outils manuels, nombre de travailleurs et taille de la famille) en utilisant une classification hiérarchique ascendante. Ils ont ensuite analysé les changements de groupe des fermes sur trois périodes de 6 ans entre 1994 et 2010. Pour chaque période et chaque ferme, ils ont comparé le groupe auquel se rattachait la ferme au début et à la fin de la période. Ils ont caractérisé ces changements en trois types avec des indicateurs de performances de rendement, productivité du travail et autonomie alimentaire: les fermes qui ont changé pour un groupe avec une meilleure performance ("stepping up"), celles qui ont changé pour un groupe avec une moins bonne performance ("falling down"), et celles qui n'ont pas changé de groupe ("hanging in"). Pour discuter du lien entre ces évolutions et l'évolution du soutien institutionnel, ils ont distingué deux périodes de soutien différents : une favorable et une défavorable à la production de coton. Ils ont comparé le pourcentage de fermes "stepping up" avec celles "falling down" entre les deux périodes et n'ont mis en évidence aucun impact négatif de la chute des soutiens institutionnels à la production sur les trajectoires des fermes.

Ces travaux analysent les évolutions de fermes sur des horizons temporels relativement longs, de l'ordre de plusieurs décennies, en mettant en relation différents types de variables à l'aide d'outils statistiques, ce qui est proche de notre objectif d'expliquer l'évolution de la vulnérabilité par des évolutions de stratégies d'adaptation. Cependant, ces études se situent sur des pas de temps longs (14 ans pour García-Martínez et al. (2009) et 6 ans pour Falconnier et al. (2015)) ce qui n'est pas bien adapté pour traiter d'adaptations techniques qui ont lieu à un grain annuel comme c'est le cas dans le cadre d'une conversion à l'AB. De plus, la question de la conversion nécessite d'avoir une approche intégrant des dimensions techniques, économiques et aussi sociales de la ferme. Enfin, les méthodologies développées dans ces travaux n'abordent pas les questions des valeurs des agriculteurs, de leurs motivations et objectifs, ce qui est une limite pour répondre à nos enjeux.

Ces travaux sur les transitions agroécologiques à l'échelle des fermes ont plusieurs limites :

- (i) les différents niveaux de changements s'appuyant sur le cadre ESR sont difficiles à distinguer, et ce particulièrement dans le cas de la conversion AB,**
- (ii) les niveaux de changements ne sont pas abordés au grain annuel alors que celui-ci est important pour l'opérationnalité des résultats auprès des agriculteurs,**
- (iii) peu d'études ont une approche intégrée de la transition, alors que la conversion à l'AB a une diversité d'impacts sur une ferme,**
- (iv) peu de travaux proposent des méthodologies pour expliquer des évolutions de vulnérabilité par d'autres variables de structure d'exploitation ou de pratique, or c'est précisément ce que nous souhaitons réaliser.**

La partie suivante s'attache à discuter plus particulièrement des travaux scientifiques sur la conversion à l'AB.

1.2.2 Les études sur la conversion à l'AB

Deux axes pour distinguer les études sur la conversion à l'AB

Lamine and Bellon (2009) ont produit une synthèse sur les études sur la conversion à l'AB, qu'elles soient issues des sciences agronomiques ou des sciences sociales, en les représentant selon deux axes : le premier séparant les études selon la durée de la conversion prise en compte, et le deuxième séparant les études normatives des études compréhensives (**Figure 20**).

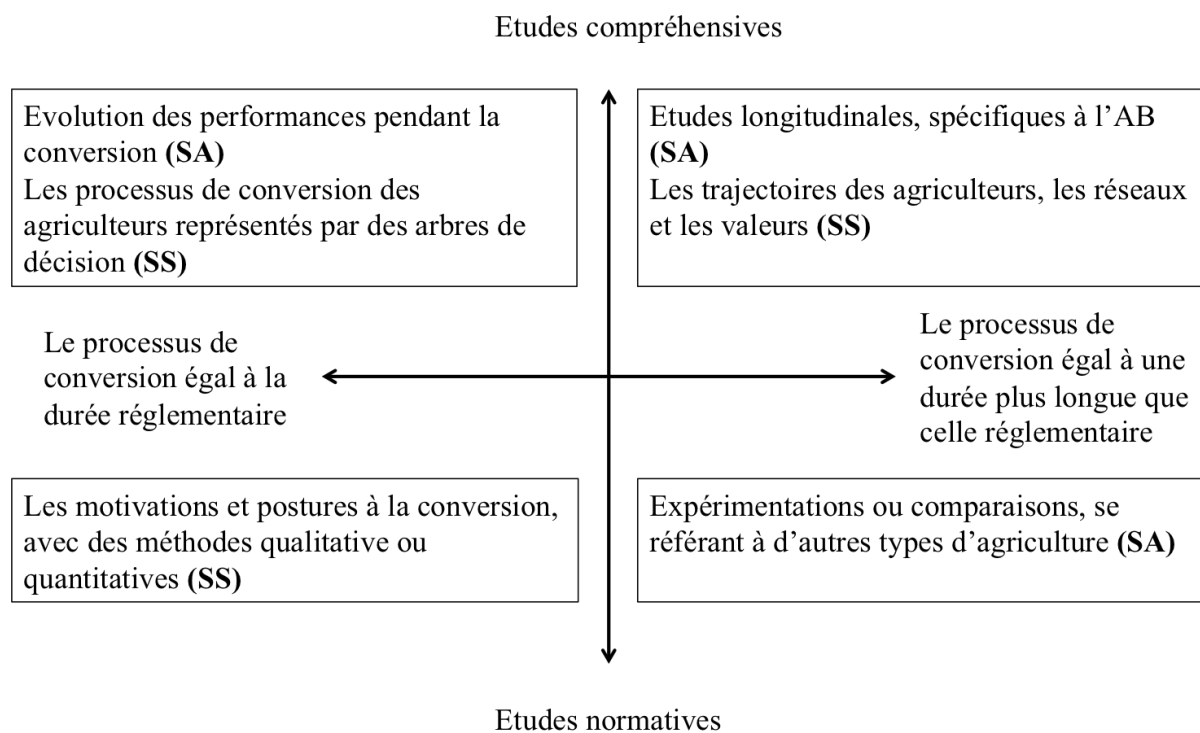


Figure 20 Principales approches de la conversion dans les sciences agricoles (SA) et sciences sociales (SS). L'axe horizontal oppose des études sur la conversion réglementaire (quelques années) à celles considérant un temps plus long (au-delà de la durée réglementaire de la conversion). L'axe vertical oppose des évaluations normatives des effets de la conversion à des études compréhensives considérant la conversion comme un enjeu multidimensionnel. Source traduit de Lamine and Bellon (2009)

Les travaux en sciences humaines et sociales

La littérature sur la conversion à l'AB est très riche dans le champ des sciences humaines et sociales. Comme présenté précédemment, c'est une dimension importante de la conversion à l'AB, et de l'évolution de la vulnérabilité des exploitations pendant cette transition. Trois approches peuvent être identifiées (présentées dans la **Figure 20** avec le sigle SS pour sciences sociales) : (i) des analyses quantitatives ou qualitatives des motivations, généralement basées sur l'analyse des postures des agriculteurs, (ii) l'identification des processus de décision pendant la conversion, généralement réduite à sa période administrative, et (iii) des études centrées sur les trajectoires des agriculteurs, leurs réseaux et leurs valeurs en considérant la conversion sur une période plus longue (Lamine and Bellon 2009a).

Le premier champ de travaux s'appuie souvent sur des méthodes quantitatives avec des questionnaires envoyés aux agriculteurs pour évaluer leurs motivations en comparant des agriculteurs AB et conventionnels, des agriculteurs AB et des "potentiels futurs convertis", ou encore des récents et plus anciens convertis (Flaten et al. 2006; Koesling et al. 2008; Best 2008; Cranfield et al. 2010). Le deuxième champ s'appuie sur l'analyse des processus de décision au moment du choix de la conversion, ce qui permet, à contrario du premier champ de travaux, de ne pas considérer les motivations comme indépendantes les unes des autres. Ces travaux décrivent les raisons et contraintes qui expliquent le choix de la conversion à l'AB en s'appuyant sur des arbres de décision (Darnhofer et al. 2005). Le troisième champ de travaux considère la conversion au-delà de sa période réglementaire et s'appuie sur de l'analyse qualitative d'entretiens compréhensifs qui retracent la trajectoire professionnelle de l'agriculteur. Cela permet d'identifier des événements biographiques qui amènent progressivement à la conversion, ainsi que les perceptions des agriculteurs de leur travail tout au long de cette trajectoire (Guthman 2000). Ces approches analysent aussi les réseaux autour des agriculteurs qui peuvent éclairer les choix de la conversion (Smit et al. 2009).

Récemment, une nouvelle approche a été mobilisée pour analyser les conversion à l'AB. Elle s'appuie sur la modélisation des processus de décision des agriculteurs lors de la conversion à l'AB en comparant sa satisfaction dans la situation présente et sa satisfaction potentielle en AB. Les auteurs ont mis en lumière deux points clés expliquant la décision de conversion (Xu et al. 2018). Un premier point est que la décision de conversion est fortement influencée par le niveau de satisfaction de l'agriculteur sur sa situation présente et le niveau de satisfaction attendu en étant en AB : un agriculteur ne changera pas s'il n'a pas des raisons d'insatisfaction assez fortes dans sa situation présente et des espérances élevées vis-à-vis de son projet de conversion. Le deuxième point est l'importance de la communauté agricole dans la prise de décision : si des pairs que l'agriculteur estime ont un jugement négatif de l'AB, cela entravera la décision de conversion.

Les résultats de ces études montrent qu'il y a des motivations diverses à passer en AB : économiques, environnementales, préoccupations liées à la santé, motivations idéologiques ou philosophiques, etc. En passant en AB, beaucoup d'agriculteurs remettent en question et changent leurs valeurs, ainsi que les représentations de leur métier et de leur ferme (MacRae et al. 1990; Lamine and Bellon 2009a; Van Dam et al. 2010). Bien que beaucoup de catégories de motivations se retrouvent dans diverses études, il est important de souligner que des spécificités apparaissent aussi en fonction du pays, du type de production, et de la période de l'étude.

Les différentes approches présentées nous montrent l'intérêt d'approches compréhensives avec des entretiens auprès des agriculteurs pour discuter de leurs motivations. De plus, le contexte spatio-temporel semble avoir une importance forte dans les processus de décision à la conversion. Ainsi, selon la filière étudiée, la région et la période considérée, les motivations peuvent être différentes. Cependant, une limite de ces travaux est qu'ils sont souvent réalisées après la conversion, ce qui pose problème quant à la fiabilité des résultats : le temps et l'expérience peuvent amener des différences entre l'interprétation à posteriori et le ressenti au moment de la conversion (Lamine and Bellon 2009a). Il serait pertinent de questionner les agriculteurs au moment de leur conversion pour mieux saisir leurs perceptions.

Dans ces travaux, la question des motivations à la conversion est peu reliée aux questions de gestion des risques sur l'exploitation, que ce soit au moment de la décision comme dans les années qui suivent la conversion. Pourtant, vu les incertitudes nombreuses inhérentes à la conversion, il est nécessaire de s'y intéresser. Une étude a analysé les différences de perceptions des risques entre éleveurs laitiers AB et conventionnels en Norvège (Flaten et al. 2005) en montrant que les agriculteurs AB avaient globalement moins d'aversion au risque que ceux en conventionnels. Mais l'évolution de ces perceptions pendant la conversion n'est pas discutée, ni les liens entre ces perceptions et les motivations à passer en AB. Pourtant, les considérations liées au risque ont été montrées comme limitant les conversions les plus récentes (Läpple and Rensburg 2011), ce qui mériterait de plus amples recherches. Läpple and Rensburg (2011) ont montré que la mise à disposition d'informations aux agriculteurs pouvait réduire le risque de la conversion, ce qui renforce la nécessité de résultats actualisés et contextualisés sur les stratégies d'adaptation permettant de réduire la vulnérabilité des élevages bovins laitiers durant leur conversion à l'AB .

Les travaux biotechniques

Dans l'ensemble, les travaux biotechniques sur la conversion à l'AB visent davantage à caractériser ses impacts que la dynamique de changement de pratiques qu'elle induit (Lamine and Bellon 2009a). Trois approches peuvent être identifiées (présentées dans la **Figure 20** avec le sigle SA pour sciences agricoles) : (i) des expérimentations ou comparaisons entre des systèmes AB et d'autres formes d'agriculture en considérant la conversion au-delà de sa période réglementaire, (ii) l'évolution des performances pendant la conversion en considérant la conversion selon sa durée réglementaire, et (iii) des études longitudinales spécifiques à l'AB sur un temps long.

Beaucoup d'études agronomiques s'intéressent aux systèmes après conversion en comparant leurs performances avec des systèmes conventionnels en utilisant des indicateurs techniques, technico-économiques ou environnementaux (Schader et al. 2012; Tuomisto et al. 2012; de Ponti et al. 2012; Seufert et al. 2012). Le rendement est souvent au cœur des questionnements. Archer et al. (2007) ont comparé les rendements et les résultats économiques de systèmes en AB et

conventionnels conduits avec deux stratégies de labour différents, deux rotations, et deux stratégies de fertilisation. Les performances ont été évaluées chaque année pendant quatre ans en considérant les rendements des cultures, les coûts des intrants et la valeur ajoutée nette.

Reganold and Wachter (2016) ont produit une synthèse sur les performances de l'agriculture biologique en considérant quatre facteurs de durabilité : la production, les impacts environnementaux, la viabilité économique et le bien-être social (**Figure 21**). Les auteurs ont montré que les systèmes en AB ont des rendements plus faibles que l'agriculture conventionnelle. Cependant, ils sont aussi plus rentables et plus respectueux de l'environnement, et ils produisent des aliments avec autant voire plus de qualité nutritionnelles qui contiennent moins (ou pas) de résidus de pesticides. Ces travaux donnent des informations sur les systèmes AB, mais traitent assez peu de la question du changement lors de la conversion pour arriver à ces systèmes.

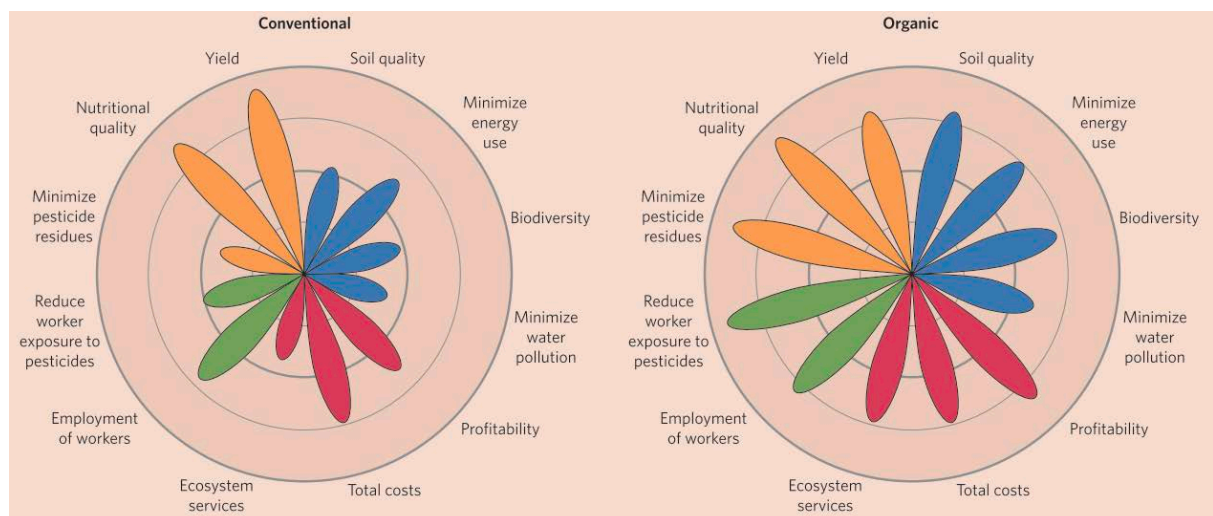


Figure 21 Evaluation de l'agriculture biologique en comparaison de l'agriculture conventionnelle dans les quatre domaines majeurs de la durabilité. Les longueurs des 12 pétales de fleurs sont basées de manière qualitative sur les articles présentés dans la revue de la littérature de Reganold and Wachter (2016) et représentent le niveau de performance de chaque indicateur de durabilité sur les quatre cercles représentant 25, 50, 75 et 100%. Les pétales oranges représentent le domaine de la production, les pétales bleues représentent le domaine de la durabilité environnementale, les pétales rouges représentent le domaine de la durabilité économique, et les pétales verts représentent le domaine du bien-être social. La longueur des pétales illustre que l'agriculture biologique a un meilleur équilibre sur l'ensemble des quatre domaines de vulnérabilité que l'agriculture conventionnelle.

On retrouve les questions de rendement dans les travaux qui traitent de l'évolution des performances pendant la phase de conversion, et ce, en se limitant à sa période administrative. Ces études sont souvent à l'échelle de la parcelle. Delate and Cambardella (2004) ont comparé une rotation maïs-soja-orge-luzerne en conventionnel et pendant les quatre premières années suivant le début de conversion à l'AB. Ils cherchaient à déterminer quelle rotation était associée au plus faible risque pendant la transition, et ce en analysant les différences de rendement du maïs, du soja, la fertilité du sol, la population adventice et la population de ravageurs. D'autres travaux s'intéressent aux impacts de l'AB sur différents compartiments écologiques comme Briar et al. (2007) qui ont évalué les évolutions de divers paramètres du sol (densité apparente, matière organique, biomasse microbienne, azote disponible, communauté de nématodes) pendant les quatre premières années de la conversion en les comparant à un système conventionnel. Ces travaux de station expérimentale se sont focalisés à chaque fois sur une seule stratégie choix de pratiques pour la conversion.

Dans les études longitudinales qui sont spécifiques aux systèmes AB, le sujet principal des études est l'impact de la conversion sur la production et sur la variabilité interannuelle des rendements après la conversion. Dans une revue de la littérature, Zundel and Kilcher (2007) suggèrent qu'une baisse des rendements pendant la phase de conversion dépendrait du niveau d'intensification des sols avant la conversion. Si avant la conversion le niveau d'utilisation de fertilisants azotés sur la ferme était très élevé, les rendements diminueront, puis s'amélioreront en même temps que la fertilité du sol se rétablira jusqu'à se stabiliser à un niveau correspondant aux capacités de l'écosystème. Ce rôle du sol dans la conversion a été mis en évidence par plusieurs études en parlant d'un "organic transition effect" (Liebhardt et al. 1989; MacRae et al. 1990) : il y aurait une diminution des performances technico-économique au début de la conversion, puis après 3 années ou plus, la qualité du sol et l'activité biologique s'amélioreraient, amenant une amélioration des rendements.

(Liebhardt et al. 1989) ont comparé trois rotations de cinq ans pour étudier la transition d'un système conventionnel à un système bas intrants et identifier les facteurs responsables des baisses de rendement : l'expérimentation était séparée en une rotation témoin en conventionnel, et deux rotations bas intrants. Ils ont montré que pendant les quatre premières années, la compétition des adventices et le manque d'azote a limité les rendements du maïs. Ils concluent qu'une transition vers des systèmes bas intrants est réalisable si la rotation inclut des plantes qui ont des besoins faibles en azote et qui sont compétitives envers les adventices comme le soja, ou des légumineuses fourragères, et donc préconisent d'éviter la culture du maïs les trois ou quatre premières années.

D'autres études ont remis en cause ces conclusions comme Martini et al. (2004) qui contredisent l'hypothèse qu'il faut au moins trois ans de transition pour que la qualité du sol s'améliore et ne limite plus les rendements. Leurs expérimentations sur des cultures de tomates et maïs n'ont en effet pas mis en évidence de différence de qualité de sol en fonction de l'année de transition. Ils suggèrent l'hypothèse que l'amélioration des rendements observée dans d'autres études viendrait de l'expérience accrue des agriculteurs au fur et à mesure de la transition. Ces travaux considèrent très peu la diversité des adaptations techniques qui peuvent exister pendant la conversion sur les fermes puisqu'une seule voire deux combinaisons de pratiques de changements sont considérées.

Les rotations des cultures sont aussi au centre des travaux : dans le processus de conversion, la fertilité du sol doit être améliorée grâce aux effets des précédents cultureux, particulièrement sur les fermes sans élevage. Rollett et al. (2007) ont comparé sept stratégies de conversion basées sur des successions culturales différentes. Les critères d'analyse étaient les rendements, la population adventice et la fertilité du sol des 2^{ème} et 3^{ème} années de culture cultivées en AB (c'est-à-dire après la phase de conversion).

Au global, peu d'études comparent différentes adaptations techniques mises en place par les agriculteurs lors de leur conversion en AB. En effet, beaucoup de travaux comparent seulement des systèmes AB avec des systèmes conventionnels. De plus, l'évaluation des performances souvent seulement faite par le rendement est limitée, du fait que ce mode de production vise aussi d'autres objectifs comme les impacts sur l'environnement, la qualité des produits, de nouvelles relations avec les consommateurs, ou une moindre vulnérabilité. Par exemple, un facteur de moindre vulnérabilité peut être une stabilité accrue des rendements face à des aléas climatiques, alors que ce qui reste largement explorée est seulement le niveau de rendement. Une évaluation sous un angle plus systémique (autonomie, résilience, stabilité, vulnérabilité) serait nécessaire pour enrichir ces travaux. Les approches interdisciplinaires sont donc pertinentes pour travailler la question de la conversion à l'AB (Bellon et al. 2007).

Ces travaux traitent peu de la conversion à l'échelle de la ferme, et restent surtout à l'échelle de la parcelle. A ma connaissance, seule une étude agronomique s'attache plus à discuter du processus de conversion dans les fermes (Smukler et al. 2008). L'objectif de cette étude était d'analyser la transition en système maraîcher sous l'angle des performances agronomiques et des pratiques mises en place sur une exploitation agricole en Californie. Les auteurs ont couplé un dispositif d'échantillonnage de site (analyses de sol, adventices, bio-agresseurs, rendement) à des enregistrements de pratiques culturales de l'agriculteur (analyse des logiques techniques) pendant les trois ans de la conversion. Lamine and Bellon (2009) soulignent la nécessité d'études de longue durée, et à l'échelle des fermes.

Les travaux sur la conversion à l'AB, qu'ils soient issus des sciences humaines et sociales ou des sciences agronomiques, abordent peu la question de la gestion des risques ou de la vulnérabilité.

Les travaux en sciences sociales sont fortement centrés sur les motivations à passer en AB, amenant des discussions sur le développement à l'échelle de la filière plus qu'à l'échelle de la ferme. Les travaux en sciences agricoles traitent surtout des impacts de l'AB à l'échelle de la parcelle et discutent peu des différentes stratégies d'adaptation que les agriculteurs peuvent mettre en place pendant leur conversion dans leurs fermes.

1.2.3 Les études sur l'évaluation de la vulnérabilité

Vulnérabilité et changement climatique

Le concept de vulnérabilité a été principalement mobilisé dans des travaux sur les changements globaux, en particulier le changement climatique, et sur l'adaptation à ces changements. Adger (2006) définit la vulnérabilité comme le degré auquel l'exposition à des stress associés à des changements environnementaux et sociaux, et l'absence de capacité d'adaptation sont susceptibles de causer des dommages sur un système. Ce concept, avec celui de sensibilité et de capacité d'adaptation est au cœur des rapports du GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat créé en 1988, (**Figure 22**) qui a pour mission d'évaluer les données scientifiques, techniques et socio-économiques utiles pour comprendre les changements climatiques imputables aux activités humaines, l'incidence possible de cette évolution, ainsi que les options d'adaptation et d'atténuation. Le secteur primaire, c'est-à-dire l'ensemble des activités dont la finalité consiste en une exploitation des ressources naturelles (dont l'agriculture, la pêche, les forêts) a été identifié comme le secteur le plus vulnérable au changement climatique (Marshall et al. 2014).

Encadré N° 1 — Changements climatiques – Sensibilité, capacité d'adaptation et vulnérabilité

Sensibilité

Proportion dans laquelle un système est influencé, favorablement ou défavorablement, par des stimuli liés au climat. Ces stimuli englobent tous les éléments liés aux changements climatiques, dont les caractéristiques climatiques moyennes, la variabilité du climat, la fréquence et l'ampleur des extrêmes. Les effets peuvent être directs (par exemple une modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple des dommages causés par la fréquence accrue des inondations de zones côtières dues à l'élévation du niveau de la mer).

Capacité d'adaptation

Capacité d'un système de s'adapter aux changements climatiques (notamment à la variabilité du climat et aux phénomènes extrêmes), de façon à atténuer les dommages potentiels, à tirer parti des possibilités offertes et à faire face aux conséquences.

Vulnérabilité

Mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

Figure 22 Encadré extrait du 3ème rapport du GIEC définissant les termes de sensibilité, capacité d'adaptation et vulnérabilité. Source GIEC (2001)

La vulnérabilité fonction de l'exposition, de la sensibilité et de la capacité d'adaptation

La vulnérabilité d'un système est une fonction de (i) l'exposition et de (ii) la sensibilité du système à des aléas, et (iii) de la capacité du système à faire face, s'adapter ou se remettre des effets néfastes de ces aléas (Smit and Wandel 2006, **Figure 23**). L'exposition fait référence à la durée, l'intensité et la fréquence des aléas climatiques et économiques qui affectent le système (Adger 2006). La sensibilité est le degré auquel le système réagit à ces aléas (Gallopín et al. 2006). L'exposition et la sensibilité déterminent les impacts potentiels des aléas sur le système. La capacité d'adaptation est le degré auquel le système peut ajuster, modérer ou compenser les impacts potentiels, ou tirer parti des opportunités créées par ces événements climatiques ou économiques (Schneider et al. 2001). Les impacts réels sont les impacts qui restent après la prise en compte de la capacité d'adaptation, particulièrement les adaptations mises en places par les acteurs du système. Par exemple, la vulnérabilité de l'agriculture au changement climatique peut être décrite en terme d'exposition à des températures élevées, de sensibilité des rendements des cultures à ces températures élevées, et de la capacité des agriculteurs à s'adapter, par exemple en semant des variétés de plantes plus résistantes à la chaleur ou en changeant de culture (Schröter et al. 2005).

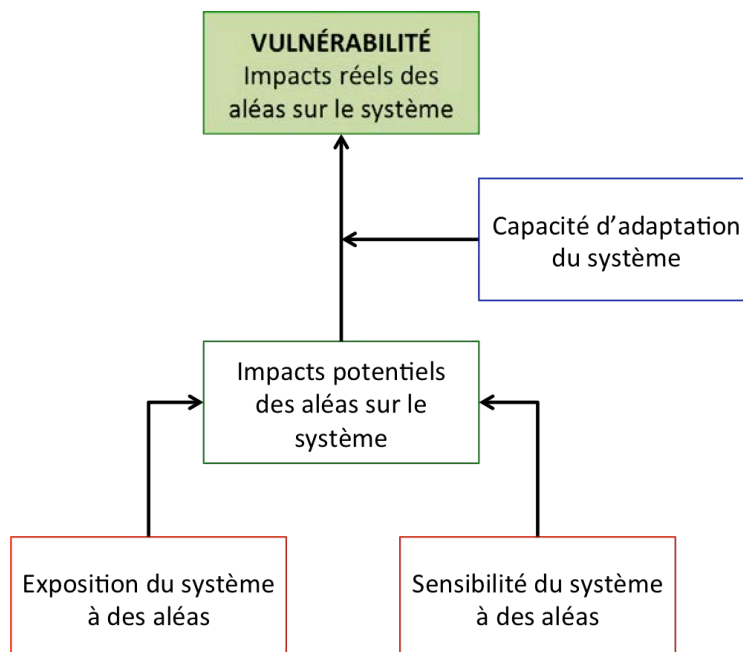


Figure 23 Schéma du cadre de la vulnérabilité. Source adapté d'après Smit and Wandel (2006)

Les différentes composantes de la vulnérabilité sont connectées, comme représentées sur la **Figure 24**. Les plus grands ovales représentent les pressions et forces qui déterminent l'exposition, la sensibilité et la capacité adaptative à une échelle globale, tandis que les plus petits ovales représentent ceux qui opèrent à des échelles plus locales. Les interactions entre des forces extérieures (environnementales, sociales, économiques) déterminent l'exposition et la sensibilité, et diverses forces sociales, culturelles, politiques et économiques déterminent la capacité d'adaptation. Les chevauchements entre les ensembles illustrent le fait que les processus qui déterminent l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation sont souvent interdépendants. Leurs interactions à la plus petite échelle représentent la vulnérabilité locale, et les adaptations sont les expressions de la capacité adaptative.

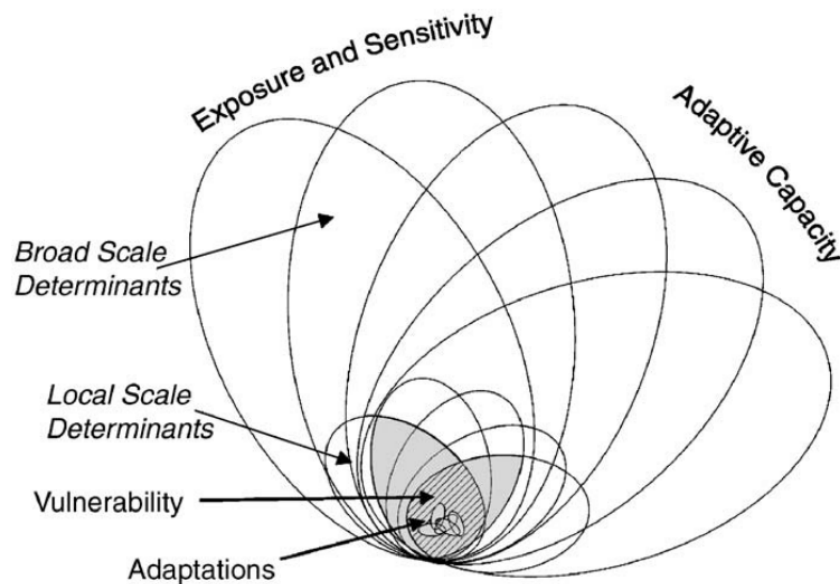


Figure 24 Modèle hiérarchique imbriqué de la vulnérabilité. Source Smit and Wandel (2006)

Des étapes à suivre dans les évaluations de vulnérabilité

Différents travaux proposent des cadres détaillant les étapes nécessaires aux analyses de vulnérabilité comme Reed et al. (2013) qui proposent quatre étapes pour évaluer la vulnérabilité des ménages au changement climatique et analyser des options d'adaptations. Schröter et al. (2005) proposent eux une méthode en huit étapes pour évaluer la vulnérabilité aux effets des changements environnementaux mondiaux (**Figure 25**). Ils suggèrent cinq critères que les évaluations de vulnérabilité devraient satisfaire pour atteindre l'objectif d'informer efficacement et de manière pertinente les acteurs sur les options pour s'adapter aux effets de ces changements : (i) avoir des connaissances scientifiques de différentes disciplines et issues de la participation d'acteurs, (ii) être situées géographiquement en tenant compte que les différentes échelles spatiales sont imbriquées, (iii) considérer que les aléas sont multiples et en interaction, (iv) analyser différentes capacités d'adaptation, et (v) être prospectives et historiques. Ce cadre a ensuite été opérationnalisé par Polsky et al. (2007) avec le "Vulnerability Scoping Diagram" pour faciliter la comparaisons de divers travaux d'évaluations de vulnérabilité.

De nombreux travaux traitent de questions similaires en utilisant les concepts de résilience, capacité d'adaptation, robustesse, flexibilité, stabilité (Turner et al. 2003; Gallopin et al. 2006; Dedieu 2009; Miller et al. 2010; Darnhofer et al. 2010a; David et al. 2010; Astigarraga et al. 2011; Cabell and Oelofse 2012; Milestad et al. 2012; Biggs et al. 2012; Callo-Concha and Ewert 2014; Darnhofer 2014; Urruty et al. 2016). À l'échelle de l'exploitation agricole, on retrouve ces différents concepts et on peut distinguer les travaux s'appuyant sur le concept de résilience et ceux s'appuyant sur le concept de vulnérabilité.

VULNERABILITY ASSESSMENT: AN EIGHT STEP APPROACH

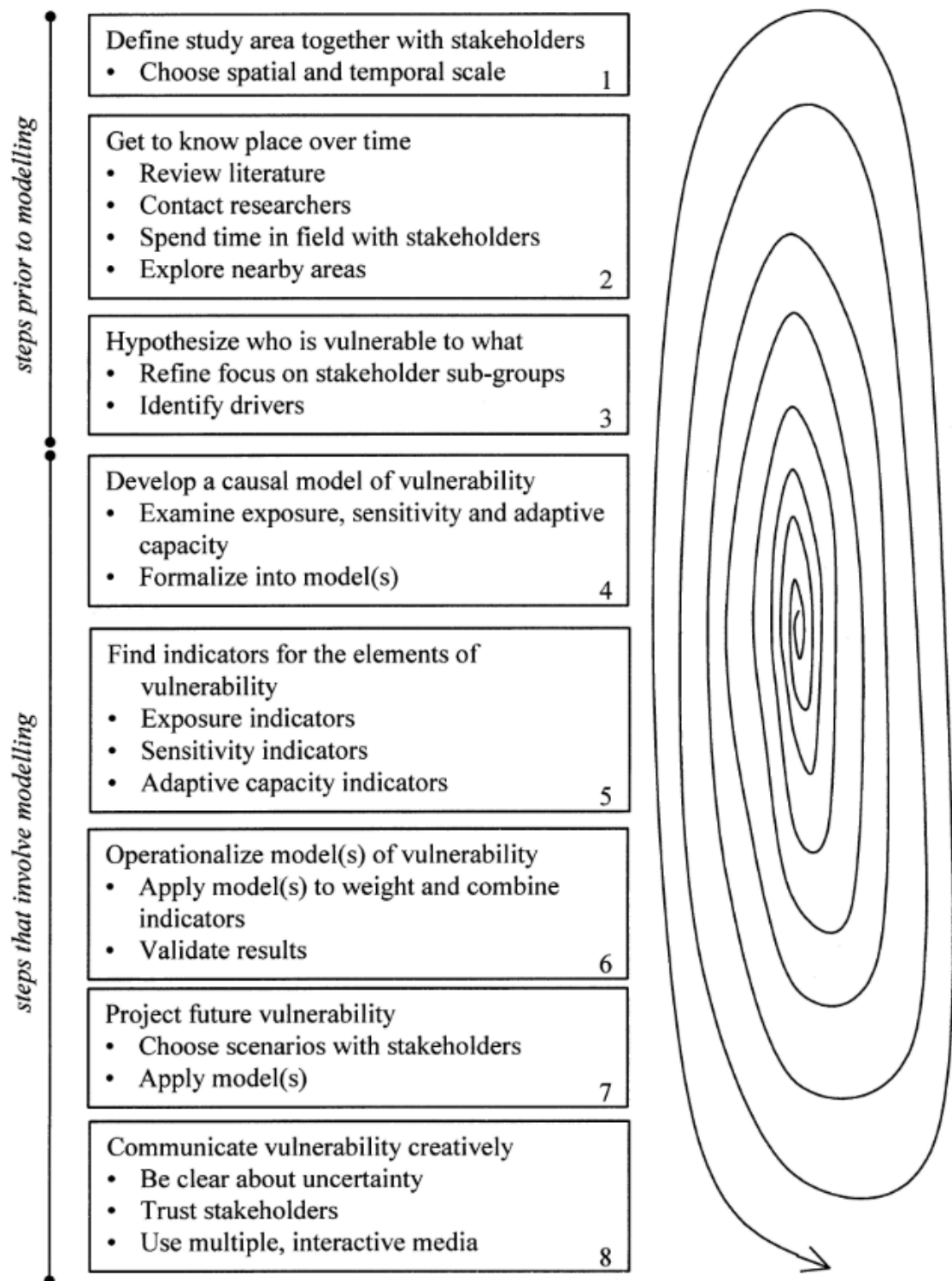


Figure 25 Une méthode en huit étapes pour évaluer la vulnérabilité aux changements globaux. Source Schröter et al. (2005)

Les travaux à l'échelle de l'exploitation agricole mobilisant le concept de résilience

Un champ important de littérature mobilise le concept de résilience pour analyser les changements des fermes en réponse à des perturbations (Milestad and Darnhofer 2003; Darnhofer et al. 2010a, 2016, Darnhofer 2010, 2014; Herman et al. 2018). L'ensemble de ces travaux partagent l'idée que la capacité à s'adapter aux changements et à faire face aux perturbations imprévisibles futures est déterminante pour les exploitations agricoles. Ainsi, ces approches complètent les travaux sur la durabilité des exploitations qui négligent souvent la dimension dynamique de la durabilité en s'appuyant sur un état à un instant t d'une ferme.

Ces travaux s'intéressent à la dynamique des systèmes sur des temps longs en s'appuyant sur la notion de cycle adaptatif (**Figure 26**) qui est issue des travaux de Holling (2001). Pour que la ferme soit résiliente sur ce temps long, elle doit être capable de se déplacer dans le cycle adaptatif qui comprend différentes phases allant de changements marginaux à des réorganisations profondes du système. La résilience des fermes peut ainsi être définie comme la "*capacité à perdurer, c'est-à-dire à être capable de faire face à des perturbations à toutes les étapes du cycle adaptatif*" (Dedieu and Ingrand 2010).

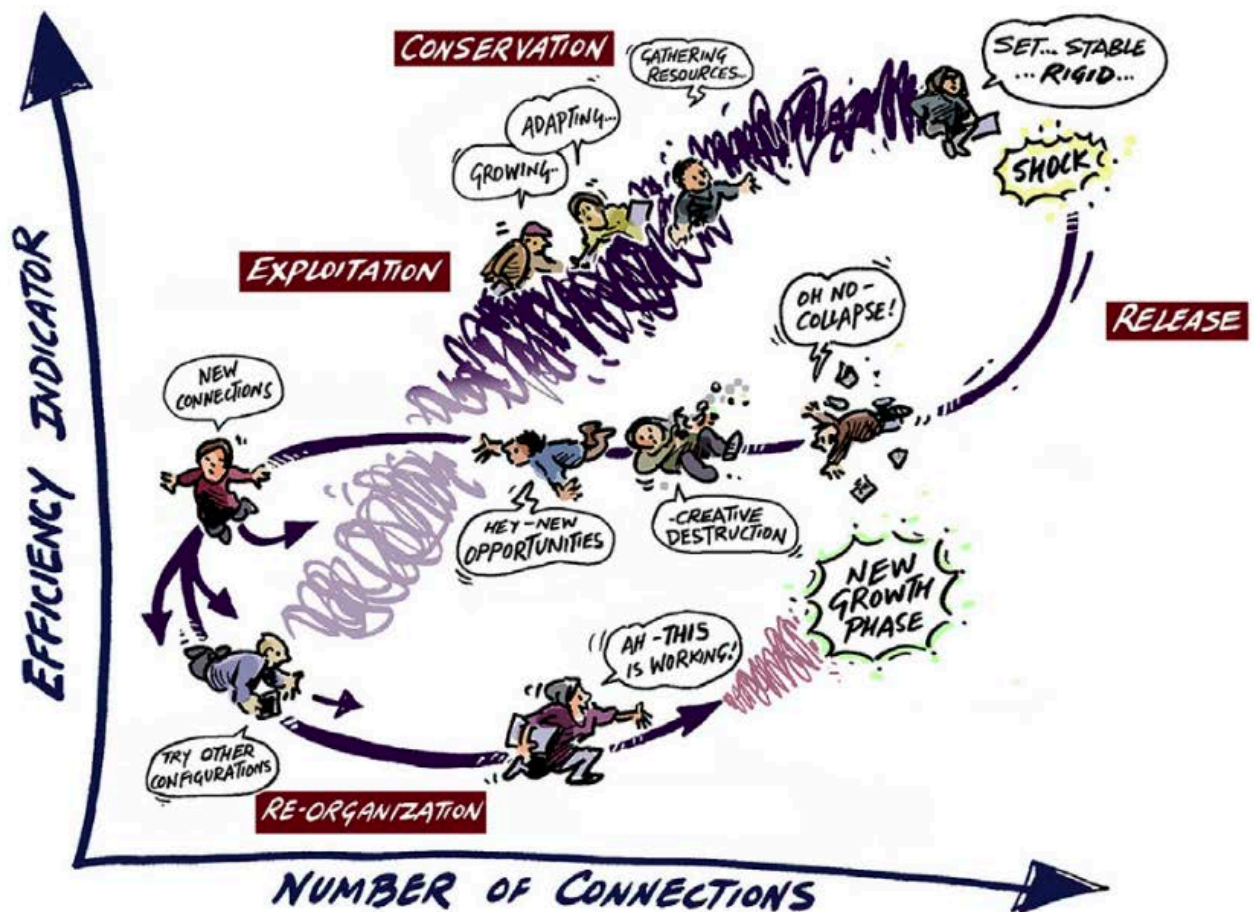


Figure 26 Représentation du cycle adaptatif où la ferme doit pouvoir se déplacer pour être résiliente. Cela comprend de longues périodes de changements marginaux où les connexions entre les ressources sont ajustées pour accroître l'efficacité ("EXPLOITATION"). Cependant, avec le temps, le système devient rigide ("CONSERVATION"). Après un choc, les connexions sont rompues et les ressources libérées ("RELEASE"). La ferme doit alors être en capacité de traverser une période de changements rapides où de nouvelles opportunités sont saisies. La ferme vit une forte réorganisation ("RE-ORGANIZATION") avant d'entrer dans une nouvelle phase de croissance. Source Simon Kneebone dans l'article Darnhofer et al. 2016

Les résultats de ces études sont souvent des grands principes favorables à la résilience des fermes. Darnhofer (2010) a mis en évidence différentes stratégies permettant d'augmenter la résilience des fermes familiales à partir d'ateliers avec des agriculteurs autrichiens retraçant les évolutions agricoles des années 70 aux années 2000. L'analyse s'est appuyée sur quatre facteurs importants pour l'amélioration de la résilience des systèmes socio-écologiques. Premièrement, les agriculteurs doivent apprendre à vivre avec le changement et les incertitudes, ce qui se concrétise par exemple par le fait de garder un niveau d'endettement raisonnable sur la ferme. Deuxièmement, il est important de favoriser la diversité sous toutes ses formes, comme au niveau des types de cultures sur la ferme pour ne pas être dépendant d'une seule production. Le troisième facteur de résilience est de combiner différents types de connaissances et d'apprentissage venant du monde scientifique et des observations des agriculteurs, en échangeant notamment avec d'autres dans des réseaux. Enfin, le dernier facteur est de créer des opportunités pour l'auto-organisation et pour des relations inter-échelles. L'auto-organisation se concrétise par exemple à l'échelle de la ferme par la plantation de légumineuses pour fixer l'azote de l'air dans le sol, et à l'échelle de la communauté par le développement de coopérations pour partager de l'outillage agricole. Cette auto-organisation doit être en équilibre avec l'existence de relations inter-échelles entre les agriculteurs et des institutions comme la Chambre d'Agriculture, ou en dehors du monde agricole grâce à la vente directe. Ces travaux mettent en lumière les compromis que doivent gérer les agriculteurs entre des stratégies qui assurent (i) la capacité d'adaptation des fermes sur le long terme et (ii) la rentabilité à court terme (Darnhofer 2010).

Ces résultats issus d'analyses qualitatives sur des temps longs (plusieurs décennies) mettent l'accent sur des principes favorables à la résilience mais restent assez vagues quant à ce qui pourrait être conseillé concrètement à un agriculteur. Par exemple, concernant le fait d'accompagner les agriculteurs à apprendre à vivre avec le changement et les incertitudes, où est la limite entre un niveau d'endettement raisonnable et un niveau trop risqué ? L'approche compréhensive adoptée ici est donc une limite à l'opérationnalité des résultats.

On retrouve des principes similaires chez Darnhofer et al. (2010) qui mettent en avant trois stratégies pour améliorer la capacité d'adaptation des fermes et ainsi améliorer leur durabilité : (i) apprendre en expérimentant et en observant ses résultats, (ii) maintenir une organisation de la ferme flexible pour augmenter les options de nouvelles activités sur la ferme, et (iii) diversifier pour diluer les risques et créer des marges de manœuvre. Avec deux cas d'étude en élevage en France et en Uruguay, Dedieu and Ingrand (2010) ont différencié des logiques d'action sur le long terme d'élevages résilients. Ainsi, les cinq logiques d'action sur le long terme en élevage laitier du Ségala en Aveyron étaient d'être techniquement performant, d'être "gros" en lait, d'avoir un gros troupeau laitier mais également une autre activité herbivore qui fait "tampon en cas de coup dur, être diversifié "entrepreneur" c'est-à-dire être gros avec plusieurs activités d'égale importance, et être diversifié "par rapport à des opportunités locales". Ces résultats à l'échelle d'un temps long laissent en suspens les questions de l'accompagnement "au quotidien" des agriculteurs. En effet, bien qu'une vision stratégique à long terme donne des clés de gestion, la transition passe avant tout par des planifications de changements techniques annuels.

Au vu de cette littérature, le cadre de la résilience est difficilement opérationnalisable à l'échelle de la ferme. En effet, les principes pour améliorer la résilience sont séduisants au plan théorique mais posent question quant à leur mobilisation dans l'accompagnement des agriculteurs. Par exemple, la diversité est fortement mise en avant comme un facteur de résilience, mais les questions de l'échelle de gestion de cette diversité et du seuil au-delà duquel le bénéfice induit par cette diversité se dégraderait sont peu abordées. Ces approches compréhensives permettent de mettre en lumière une diversité de stratégies qui permettent de comprendre la construction de la résilience par les acteurs, mais le manque d'indicateurs quantitatifs ne permet pas l'établissement de seuils nécessaires pour transposer ces enseignements à d'autres situations de production. De plus, ces analyses qualitatives sur des temps longs donnent peu d'informations pour accompagner les agriculteurs lors de leur transition à un pas de temps annuel.

Les travaux à l'échelle de l'exploitation agricole mobilisant le concept de vulnérabilité

Les travaux s'appuyant sur le concept de vulnérabilité à l'échelle des exploitations agricoles se distinguent entre des travaux qualitatifs et quantitatifs. Avec une approche qualitative, Nicholas and Durham (2012) ont évalué la vulnérabilité et les adaptations de fermes viticoles à des stress environnementaux en Californie. En mobilisant le "Vulnerability Scoping Diagram" (Polsky et al. 2007), ils constatent que le changement d'exposition (la localisation du vignoble) et la sensibilité (les choix de plantation comme le cépage) ont le plus grand impact pour réduire la vulnérabilité. Cependant les adaptations dans la production (par exemple la gestion des maladies ou l'irrigation) ou la transformation (par exemple l'addition d'acide lors de la vinification) du vignoble sont plus faciles à mettre en place et donc plus couramment réalisées. Marshall et al. (2014) ont mesuré la vulnérabilité sociale de producteurs avec dix indicateurs de sensibilité au climat et quatre indicateurs de capacité d'adaptation. Ils ont développé une typologie distinguant quatre groupes d'éleveurs du nord de l'Australie. En résulte, par exemple, que les producteurs les moins vulnérables qui représentaient seulement 16% de l'échantillon étaient les plus intégrés dans des réseaux et possédaient ou géraient des grandes exploitations.

Dans les approches quantitatives, deux types de travaux de recherche sur la vulnérabilité des exploitations agricoles se distinguent : des études basées sur des modèles (ex ante) et des études à partir de données de terrain (ex post). Les études basées sur des modèles sont adaptées pour des prospectives long terme à destination des décideurs publics, mais peu pertinentes pour faire des recommandations aux agriculteurs notamment du fait de la simplification du contexte trop importante dans ces approches (Martin et al. 2017).

Concernant les travaux à partir de données de terrain, nombreux sont ceux qui évaluent la vulnérabilité des exploitations agricoles par la productivité et la rentabilité en mesurant des changements de rendements ou de revenus sur plusieurs années (Reidsma et al. 2010; Dong et al. 2015). Reidsma et al. (2010) ont analysé les adaptations d'agriculteurs et de régions de l'Union Européenne aux conditions climatiques actuelles, au changement climatique, et à la variabilité

climatique d'une décennie (1990-2003). Ils ont notamment analysé les relations entre les réponses des rendements des cultures aux variations des revenus des agriculteurs. Dong et al. (2015) ont proposé une méthode pour évaluer quantitativement la vulnérabilité de l'agriculture au changement climatique. L'évaluation de la vulnérabilité est ici focalisée sur le rendement en le décomposant entre une tendance sur le temps long ("trend yield") et ses fluctuations au gré des variations climatiques ("climate yield").

Récemment, Martin et al. (2017) ont proposé une méthode d'analyse de la vulnérabilité des exploitations agricoles aux aléas climatiques et économiques. La vulnérabilité est alors définie comme le degré auquel l'exploitation agricole est susceptible (ou se révèle incapable) de faire face aux effets néfastes des aléas climatiques et économiques, voire d'en tirer parti. Les intérêts de cette approche par rapport aux autres méthodes quantitatives décrites sont (i) de pouvoir considérer plusieurs variables de vulnérabilité conjointement, (ii) d'avoir de la flexibilité dans le choix des variables de vulnérabilité analysées, (iii) pouvoir considérer plusieurs variables d'exposition et pas seulement les aléas climatiques, (iv) considérer la dynamique annuelle des changements, et (v) produire des informations mobilisables dans l'accompagnement des agriculteurs. Ainsi dans l'étude de cas de l'article, l'efficacité économique et la productivité autonome d'élevages (les variables de vulnérabilité) peuvent être expliquées par des variables illustrant (i) l'exposition de la ferme aux aléas climatiques et économiques, et (ii) les configurations initiales des fermes et les adaptations techniques des agriculteurs au cours du temps.

Cette méthode considère la trajectoire de vulnérabilité d'une ferme sous l'angle de son niveau moyen de performances, de la tendance et des variations des performances au fil des années (**Figure 27**). Le postulat est qu'une ferme peu vulnérable a un niveau moyen élevé, une tendance stable ou à la hausse et de faibles variations de l'ensemble de ses performances. Cela se traduit par : (i) des mesures brutes élevées (les performances ont un bon niveau) (ii) des pentes nulles ou positives (les performances se maintiennent ou s'améliorent), et (iii) des résidus faibles (les variations interannuelles des performances sont faibles donc la ferme est robuste aux aléas).

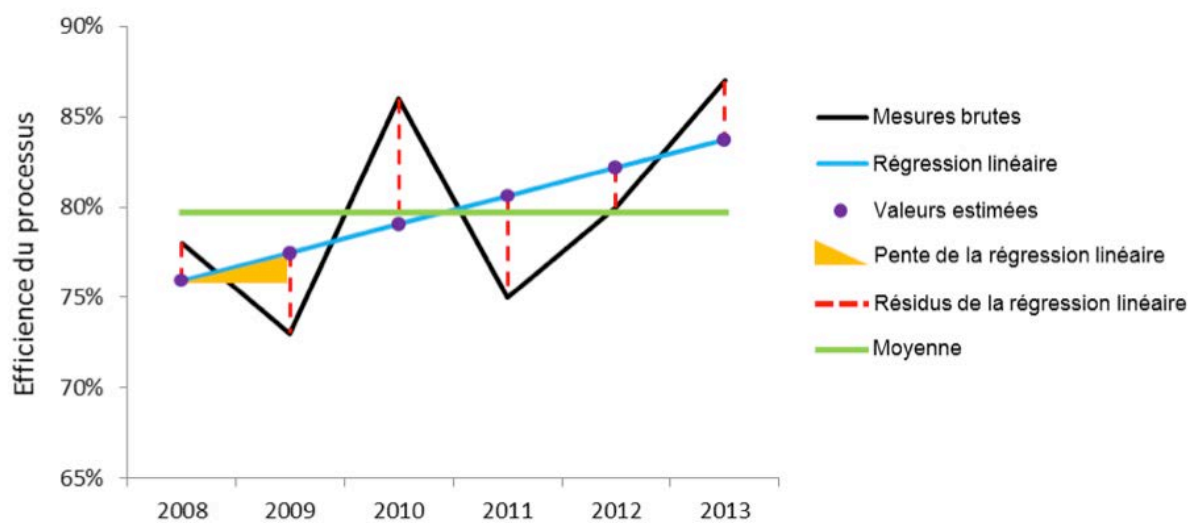


Figure 27 Méthode d'analyse de la vulnérabilité des exploitations agricoles à des aléas économiques et climatiques sur l'exemple de l'efficacité du processus, variable de vulnérabilité. Source traduit d'après Martin et al. (2017)

Cette approche s'articule en quatre étapes. La première est de choisir les variables de vulnérabilité à expliquer et les variables explicatives en mobilisant des connaissances d'experts. La deuxième est de calculer les variables de vulnérabilité en utilisant des modèles linéaires mixtes. Une régression est faite sur chaque variable de vulnérabilité, permettant d'extraire l'ordonnée à l'origine, la pente et les résidus pour chaque variable (**Figure 27**). Des effets fixes et aléatoires sont pris en compte. Avec cette méthode, le modèle est supposé valable au-delà de l'échantillon d'exploitations analysées. La troisième étape est de caractériser la diversité des profils de vulnérabilité en réalisant des analyses en composantes

principales des variables de vulnérabilité. La quatrième et dernière étape est d'expliquer la vulnérabilité des exploitations par les variables explicatives, et ce à l'aide d'une régression des moindres carrés partiels. C'est une méthode d'analyse statistique prédictive qui permet d'expliquer les variables de vulnérabilité par des variables explicatives (ici les variables d'exposition au climat et à l'économie, et variables de structure et adaptation des fermes). Cette méthode permet d'intégrer plusieurs variables de vulnérabilité et de distinguer les variables à expliquer des variables explicatives. Elle tolère les données manquantes et s'accommode de petits échantillons.

Nous avons choisi de nous positionner dans le champ de la vulnérabilité car ce concept nous semblait davantage opérationnel que les autres (comme la résilience) à l'échelle de l'exploitation agricole. Il permet de s'appuyer sur des cadres existants d'analyse qualitative et quantitative, ce qui est nécessaire pour aborder la question de la conversion à l'AB dans sa globalité. Les récents travaux de Martin et al. (2017) sont une base méthodologique intéressante pour aborder la dynamique annuelle de la conversion à l'AB sur un temps long. Des adaptations sont cependant nécessaires pour traiter de la question de la conversion à l'AB qui est une période où les changements peuvent être importants. De plus, des adaptations sont nécessaires pour développer une méthodologie qui permette de combiner des approches quantitatives et qualitatives.

Les travaux sur la résilience des exploitations agricoles mettent en lumière des grands principes pour améliorer cette résilience, mais cela reste peu opérationnalisable. Le cadre de la vulnérabilité, par ses travaux qualitatifs et quantitatifs, nous permet d'explorer la question de la conversion à l'AB de manière systémique avec la prise en compte de la dynamique annuelle sur un temps long.

Au vu de l'ensemble de la littérature scientifique présentée dans ces trois parties, la partie suivante présente les enjeux que l'on identifie.

1.2.4 Les enjeux scientifiques

Les enjeux scientifiques sont de deux ordres : (i) **méthodologiques** pour proposer une méthode d'évaluation dynamique de la vulnérabilité des exploitations agricoles opérant une transition agroécologique comme la conversion à l'AB, et (ii) **cognitifs**, pour produire des connaissances actualisées et contextualisées sur l'évolution de cette vulnérabilité lors de la conversion à l'AB des exploitations bovin lait.

Les enjeux méthodologiques

Au niveau méthodologique, l'analyse de la littérature a mis en évidence plusieurs limites pour l'analyse de la vulnérabilité des exploitations agricoles pendant une transition agroécologique comme la conversion à l'AB :

- le cadre ESR et ses déclinaisons sont difficilement mobilisables pour le cas de la conversion à l'AB. Beaucoup de systèmes sont re-conçus lors de la conversion à l'AB, et il peut s'avérer très difficile de distinguer les différents niveaux de changement par l'application de ce cadre. De plus, les déclinaisons de ce cadre restent assez descriptives et ne mettent pas en relation les évolutions des pratiques des agriculteurs avec celles des performances des fermes.

- les travaux d'analyse des dynamiques des systèmes agricoles sur des horizons temporels longs ne proposent pas de méthode largement partagée, et ils analysent des évolutions de systèmes sur des pas de temps pluriannuels, alors que la production de références sur les stratégies d'adaptation réduisant la vulnérabilité lors de la conversion nécessite un pas de temps annuel pour l'accompagnement des agriculteurs. De plus, ces travaux n'abordent pas les dimensions plus sociologiques de la conversion alors que ces aspects de valeurs et motivations des agriculteurs font partie intégrante de notre question de vulnérabilité.

- les travaux spécifiques à la conversion à l'AB manquent de recherches intégrant les différentes dimensions de la conversion : en terme d'échelles, de disciplines, de types d'indicateurs de performances. Ils pointent l'importance de discuter des motivations des agriculteurs en allant au contact des acteurs avec des méthodes compréhensives. Mais ces études ne recueillent pas les perceptions des agriculteurs au moment de leur conversion (elles le font a posteriori) et elles ne permettent pas de suivre l'évolution de ces perceptions sous l'angle de la vulnérabilité. Enfin, ces travaux mettent en lumière la nécessité de contextualiser les résultats obtenus (à une filière et dans un contexte socio-géographique donné).

- le cadre d'analyse de la résilience des exploitations agricoles permet de mettre en lumière des grands principes favorables à cette résilience. Mais faute de méthode d'évaluation largement partagée et d'indicateurs quantitatifs associés, ces principes ne sont pas associés à des seuils à respecter (par ex. un seuil de diversité minimum et maximum à respecter) et demeurent difficiles à transposer d'une situation à une autre.

- le cadre de la vulnérabilité, par ses développements méthodologiques qualitatifs et quantitatifs, nous permet d'explorer la question de la conversion à l'AB de manière systémique avec la prise en compte de la dynamique annuelle sur un temps long, et la considération de plusieurs variables de vulnérabilité de manière conjointe. Mais cela nécessite des adaptations au cas d'une transition agroécologique comme la conversion à l'AB. Ces adaptations doivent permettre de traiter la question de la conversion de manière intégrée, en considérant notamment que la vulnérabilité peut être évaluée du point de vue des agriculteurs et/ou à partir de variables plus classiquement utilisées dans les sciences agronomiques.

Il y a donc un enjeu à développer une méthode d'analyse de l'évolution de la vulnérabilité pendant une transition agrécologique qui présenterait les caractéristiques suivantes:

- une approche intégrée c'est-à-dire articulant les apports de plusieurs disciplines, plusieurs échelles temporelles, plusieurs types de variables de variables de vulnérabilité (des ressentis d'agriculteurs qualitatifs ou des variables quantitatives plus classiquement utilisées dans les sciences agronomiques) ;
- une analyse dynamique au grain annuel afin de distinguer clairement et finement les niveaux de changement, ce qui est important pour l'opérationnalité des résultats auprès des agriculteurs ;
- une explication de l'évolution de la vulnérabilité par les évolutions de stratégies d'adaptation mises en œuvre par les agriculteurs au cours du temps ;
- une méthode adaptée au cas des exploitations d'élevage bovin laitier pour prendre en compte les spécificités de cette filière, et contextualisée à des zones géographiques cohérentes.

Les enjeux cognitifs

La littérature scientifique présente des limites importantes concernant les connaissances sur l'évolution de la vulnérabilité des exploitations agricoles lors de la conversion à l'AB :

- les travaux spécifiques à la conversion à l'AB questionnent beaucoup les motivations au changement mais sans faire de lien avec la question de la vulnérabilité, alors même que la gestion des risques est pointée comme un facteur important durant la conversion, et que la production de connaissances sur cette phase spécifique permettrait de les réduire. Il faut actualiser ces questions sous l'angle de la vulnérabilité et les contextualiser au cas de la conversion des exploitations d'élevage bovin laitier.

- les travaux sur la conversion traitent peu des différentes adaptations techniques qui peuvent être mises en place par les agriculteurs pendant la conversion, et de leurs impacts sur des variables de performance. Très peu d'éléments sont donc disponibles pour savoir quelles adaptations techniques pourraient permettre de réduire la vulnérabilité des exploitations lors de leur conversion à l'AB.

Il y a donc un enjeu à produire des connaissances contextualisées et actualisées sur l'évolution de la vulnérabilité des exploitations d'élevage bovin laitier lors de la conversion à l'AB pour savoir :

- si la vulnérabilité est un facteur important dans la prise de décision de conversion par les agriculteurs ;

- si la conversion à l'AB peut permettre de réduire la vulnérabilité ;

- quelles sont les différentes adaptations techniques qui peuvent réduire cette vulnérabilité.

Il y a des enjeux scientifiques :

- (i) méthodologiques pour proposer une méthode d'évaluation dynamique de la vulnérabilité des exploitations agricoles opérant une transition agroécologique ;**
- (ii) cognitifs, c'est-à-dire de production de connaissances actualisées et contextualisées sur l'évolution de cette vulnérabilité des exploitations d'élevage bovin laitier lors de la conversion à l'AB.**

Ces enjeux amènent à formuler la problématique du travail de thèse.

1.3 Problématique et objectifs de la thèse

Les enjeux opérationnels et scientifiques font émerger la question suivante au cœur de ce travail de thèse :

la conversion à l'AB est-elle un moyen de réduire la vulnérabilité des exploitations agricoles ?

L'objectif général est d'identifier dans quelle mesure et avec quelles stratégies d'adaptation techniques la conversion à l'AB peut réduire cette vulnérabilité. Il se décline en trois sous-objectifs :

- (i) identifier les perceptions des éleveurs quant au potentiel d'une conversion à l'AB pour réduire leur vulnérabilité ;

- (ii) analyser l'évolution de la vulnérabilité au fil de la conversion à l'AB, du point de vue des agriculteurs et à partir de variables plus classiquement utilisés dans les sciences agronomiques ;

- (iii) identifier les stratégies d'adaptation des agriculteurs permettant une réduction de la vulnérabilité au fil de la conversion et à son issue.

1.4 Stratégie de la thèse

Une stratégie s'appuyant sur une diversité de dispositifs

Pour répondre à cette problématique de thèse, la stratégie mise en place s'appuie sur différents dispositifs articulant :

- (i) des approches technico-économiques et socio-techniques (axe vertical de la **Figure 28** ;

- (ii) des analyses à différents moments et sur différents pas de temps de la conversion à l'AB, en considérant que la conversion ne se réduit pas à sa phase réglementaire (axe horizontal de la **Figure 28**) ;

- (iii) des terrains d'études d'échelles spatiales différentes, du département à l'échelle nationale (cartes de France de chaque article sur la **Figure 28**).

La combinaison des approches socio-technique et technico-économique permet d'aborder la question avec un angle interdisciplinaire, et de considérer conjointement l'évolution (i) des perceptions des agriculteurs (valeurs, motivations, objectifs, satisfaction), (ii) de leurs pratiques, et (iii) de leurs résultats techniques et économiques. Afin de discuter du processus de la conversion à l'AB au-delà de sa période réglementaire, les dispositifs mis en place couvrent un pas de temps allant de la dernière année en conventionnel à plusieurs années après la conversion quand la ferme est certifiée AB. L'enjeu d'avoir des résultats contextualisés tout en essayant de tirer des conclusions génériques nous a amené à articuler des dispositifs à différentes échelles géographiques et temporelles : (i) départementale (l'Aveyron), régionale (la Bretagne) et nationale, et (ii) au moment de la première crise du lait (2009), de la seconde (2015), et sur un pas de temps long entre 2000 et 2013. La **Figure 28** présente l'articulation des quatre articles de la thèse par rapport à cette stratégie.

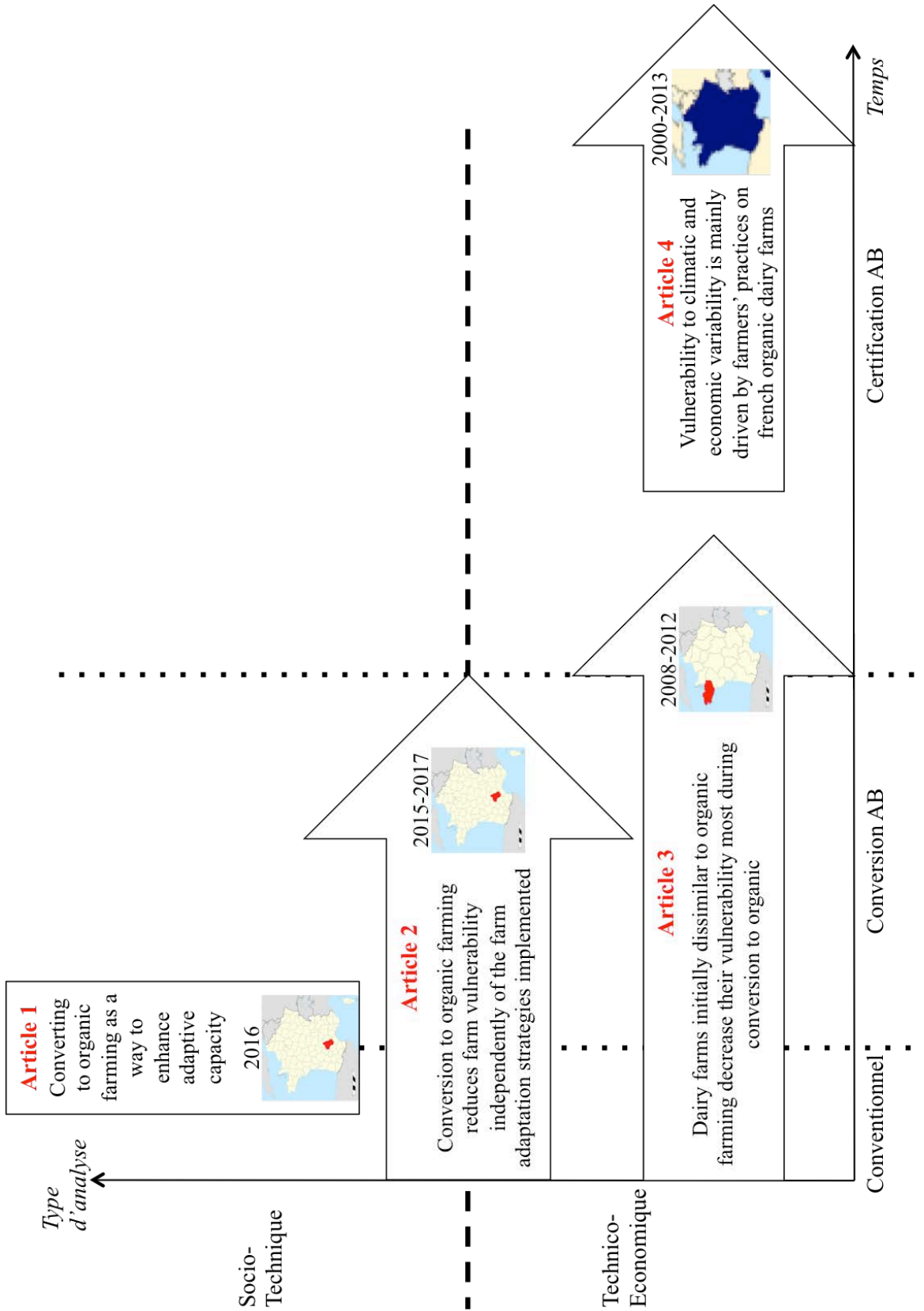


Figure 28 Articulation des articles de la thèse

Un manuscrit articulé autour de quatre articles

Ce manuscrit de thèse se structure en cinq chapitres qui s'appuient sur deux articles publiés (articles 1 et 4), un article soumis (articles 3) et un article qui sera soumis prochainement (article 2). La dernière section discute des intérêts et limites de ce travail, et en dresse les perspectives scientifiques et opérationnelles.

Le premier article, **“Converting to organic farming as a way to enhance adaptive capacity”** s'appuie sur une analyse socio-technique. Cette analyse repose sur des entretiens semi-directifs qui ont été conduits avec des éleveurs laitiers pour les questionner sur leurs motivations à passer en AB, tout en leur demandant des informations sur leur système de production et sur leur trajectoire passée. Ce dispositif à l'échelle du département de l'Aveyron a permis d'aborder la question des motivations à passer en AB en lien avec la vulnérabilité au moment où les éleveurs prenaient leur décision, dans un contexte récent de crise du lait en 2016.

Le deuxième article, **“Conversion to organic farming reduces farm vulnerability independently of the farm adaptation strategies implemented – a case study in Aveyron, France”** s'appuie sur une analyse socio-technique et technico-économique. Un suivi avec des entretiens annuels auprès d'agriculteurs sur 3 ans à l'échelle de l'Aveyron a permis de recueillir des données techniques et des données d'évaluation de la vulnérabilité par les acteurs avec des entretiens annuels dans la suite de la crise laitière de 2016. Ce travail a permis de discuter de l'évolution des performances perçues par les éleveurs en lien avec l'évolution de leurs stratégies d'adaptation pendant la période réglementaire de la conversion.

Le troisième article, **“Dairy farms initially dissimilar to organic farming decrease their vulnerability most during conversion to organic – a case study in Brittany, France”** s’appuie sur une analyse de données technico-économiques. Le dispositif à l’échelle de la région Bretagne a permis de discuter de la vulnérabilité au-delà de la phase réglementaire de la conversion grâce à des données de suivi d’éleveurs sur cinq années, et ce au moment de la première crise laitière en 2009. La vulnérabilité est évaluée avec des variables technico-économiques qui ont été expliquées par des évolutions de stratégies d’adaptation.

Le quatrième article, **“Vulnerability to climatic and economic variability is mainly driven by farmers’ practices on french organic dairy farms”** s’appuie également sur une analyse de données technico-économiques à l’échelle de la France (Centre et Ouest). Ce travail a permis de discuter de l’évolution de la vulnérabilité des exploitations bien au-delà de la phase réglementaire de la conversion à l’AB grâce à des données de suivis de fermes déjà en AB depuis plusieurs années. La période de temps considérée s’étale de 2000 à 2013 permettant d’élargir encore nos résultats par rapport aux précédents dispositifs.

2 LA PERCEPTION DES ÉLEVEURS DE LA VULNÉRABILITÉ DE LEUR EXPLOITATION ET LE CHOIX DE LA CONVERSION

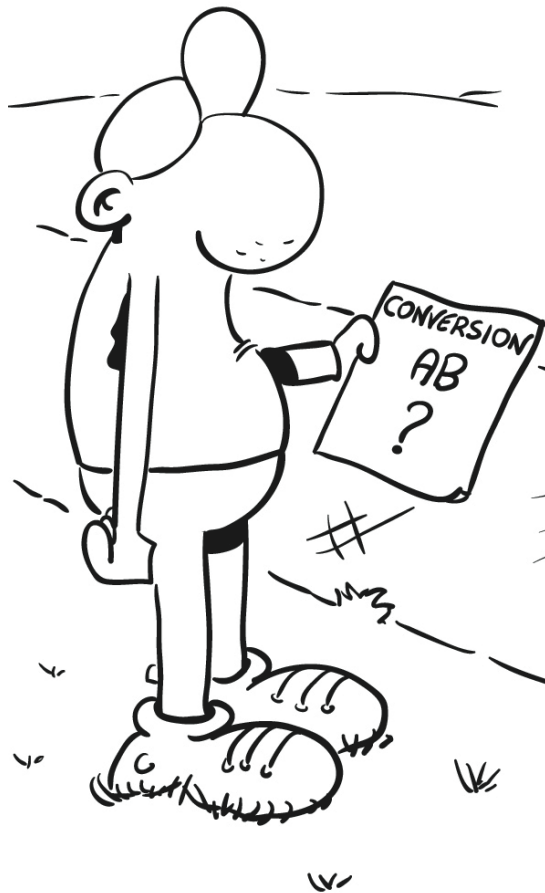


Figure 29 Eleveur s'interrogeant sur le choix de la conversion à l'AB. Extrait d'un dessin réalisé pour la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron. Source Z'lex, 2016

2.1 Introduction

Le premier objectif de la thèse a été de comprendre comment les agriculteurs appréhendent le choix de la conversion à l'AB dans le contexte incertain auquel ils font face, et en quoi ils perçoivent la conversion à l'AB comme une étape nécessaire pour permettre à leur ferme de perdurer. Il semblait en effet pertinent que le point de départ de ce travail soit le point de départ de la conversion.

Pour répondre à cet objectif, nous avons réalisé des entretiens semi-directifs dans 20 exploitations d'élevage bovin laitier aveyronnaises entre février 2016 et novembre 2016, au moment de la deuxième crise laitière. Ce dispositif qui était le début d'un suivi sur trois ans de ces éleveurs a permis de saisir les perceptions des éleveurs au moment du changement. En effet, les éleveurs se sont tous engagés courant mai 2016 et les enquêtes ont été réalisées pour moitié avant cet engagement, et pour moitié dans les mois suivants. Des temps d'immersion sur le territoire (journées de formation avec les agriculteurs, accompagnement de conseillers lors de diagnostics de conversion, entretiens avec des étudiants, journée de restitution aux éleveurs, lecture de journaux locaux) ont permis de mieux comprendre les situations des agriculteurs et ont aidé à l'analyse des entretiens.

Cet article a été écrit en collaboration avec la sociologue Ika Darnhofer, chercheuse et professeure à l'Université des Ressources Naturelles et des Sciences du Vivant (BOKU) à Vienne en Autriche. Dans le cadre du parcours doctoral de l'École internationale de recherche d'Agreenium (EIR-A), j'ai eu l'opportunité d'un séjour à l'étranger de trois mois à la BOKU durant l'été 2017. Cette collaboration interdisciplinaire a permis d'enrichir fortement l'analyse des données.

2.2 Article 1 : Converting to organic farming as a way to enhance adaptive capacity

Accepted July 20, 2018 in Organic Agriculture (Bouttes et al. 2018b)

Maëlys Bouttes^a, Ika Darnhofer^b, Guillaume Martin^a

^a AGIR, Université de Toulouse, INPT, INP-PURPAN, INRA, 31320 Auzeville, France

^b University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

Abstract

Farmers are facing an increasingly turbulent context, driven by volatile markets, shifting policies, and new societal expectations. Insights into farmers' adaptive capacity are helpful to understand how farmers perceive various options, and what they think is necessary to enable their farms to persist through uncertain times. We focus on dairy farmers, who have faced strong market volatility in the last few years. We conducted interviews with 20 dairy farmers who were starting their conversion to organic farming in Aveyron, France.

The analysis showed that the interviewed farmers perceived organic farming as less risky, especially given stable prices and positive consumer perception. Also, they expected organic farming to increase their autonomy, especially regarding feed, thus reducing their farm's exposure to volatile input prices. Interviewed farmers were aware of technical risks linked to new production practices but were confident in their ability to manage them. Organic farming was also perceived as stimulating their learning, especially through a collective dynamic and an open exchange of experiences. The interviewed farmers expected that the higher prices for organic milk would enable them to reduce the number of cows, thus reducing their workload. This would give them more time to observe, reflect, experiment and learn, thus not only increasing their professional satisfaction, but also enabling them to better cope with changes. Overall, they perceived organic farming as an attractive option to maintain the viability of their family farm, an important motivation given their rootedness in the territory.

The interviews thus showed that their decision to convert to organic farming was driven by their expectation that it would enhance their adaptive capacity, thus enabling them to better face current turbulences and future changes in the broader context.

Keywords

Dairy farming, transition, adaptiveness, vulnerability, resilience, farm management

2.2.1 Introduction

Farmers are facing an increasingly turbulent context. They have to cope with policy shifts, volatile commodity markets, global competition, increasingly stringent environmental regulations, more frequent extreme climatic events, as well as changes in consumer preferences and societal expectations. Whether a farm is vulnerable to these changes or whether it is able to adapt and cope with them, depends to a large extent on its adaptive capacity (Darnhofer et al., 2010). Indeed, vulnerability is generally understood as dependent of a system's exposure to hazards, its sensitivity to these hazards, and its adaptive capacity (Smit and Wandel 2006; Marshall et al. 2014). While exposure and sensitivity determine the potential impacts of a hazard, adaptive capacity enables to mitigate these impacts (Marshall et al. 2013b). Adaptive capacity thus refers to the potential to cope with novel situations and enable adaptation, without losing options for the future (Nelson et al. 2007).

At farm-level, adaptive capacity depends on the farm's organisation, e.g. the diversity of activities and marketing channels, and on the farmer him/herself, e.g. through his/her monitoring of the context and engaging in learning processes (Darnhofer et al. 2010a). While a number of studies that assess adaptive capacity (e.g. Astigarraga and Ingrand, 2011; David et al., 2010) focus on the activities at the farm-level, this paper focuses on farmers' perception. As Flaten et al. (2005) point out, it is important to understand how farmers evaluate alternatives, to understand their frame of reference. Farmer's choices are driven by the criteria they think are important to secure the future of their farm, and by their subjective perception of options. Indeed, studies have shown the importance of farmer subjectivity, and of the ambition to be a 'good farmer' (Burton 2004).

Recently, the strong turbulences on the milk market challenged many dairy farmers. After several decades where milk prices were regulated or the produced quantities subject to quotas, the milk market in the European Union was deregulated in March 2015. In a context of a weak demand on global markets, in France – as in much of the European Union – this liberalization contributed to a rapid and strong drop in prices paid to farmers for raw milk. Many conventional dairy farmers were faced with prices that did not cover their production costs, which led to protests organized by farmer associations across Europe, and ultimately to interventions by the European Commission (European Commission 2016). As it is unclear when conventional milk prices would recover, farmers started to consider alternative markets. Some perceived entering organic markets as a promising strategy, as the price for organic raw milk was higher, and has remained relatively stable following market deregulation. And indeed, organic farming may be perceived by farmers as offering levers to adapt their farms in the face of rising market turbulences (Milestad and Darnhofer 2003).

In this paper we explore whether farmers expect that converting to organic farming will improve their ability to face changes. Our aim is to better understand what aspects of organic farming they perceive as increasing their adaptive capacity. In the next section we briefly describe the case study region, the approach to data collection, and characterize the farms. In section 3, we present and discuss how the farmers perceived that they would enhance the adaptive capacity of their farm through converting to organic farming. This covers four areas: why they perceive that converting reduces risk and uncertainty; how they feel that organic farming enhances their ability to plan, experiment and learn; why they perceive organic farming as enhancing their ability to cope with change; and to what extent they feel they need to change to enable their family farm to persist. We conclude that the interviewed farmers perceived converting to organic farming as a way to enhance their adaptive capacity in four ways: reducing risks, stimulating learning, increasing professional satisfaction, and enabling to maintain family farms in the area (**Figure 30**).

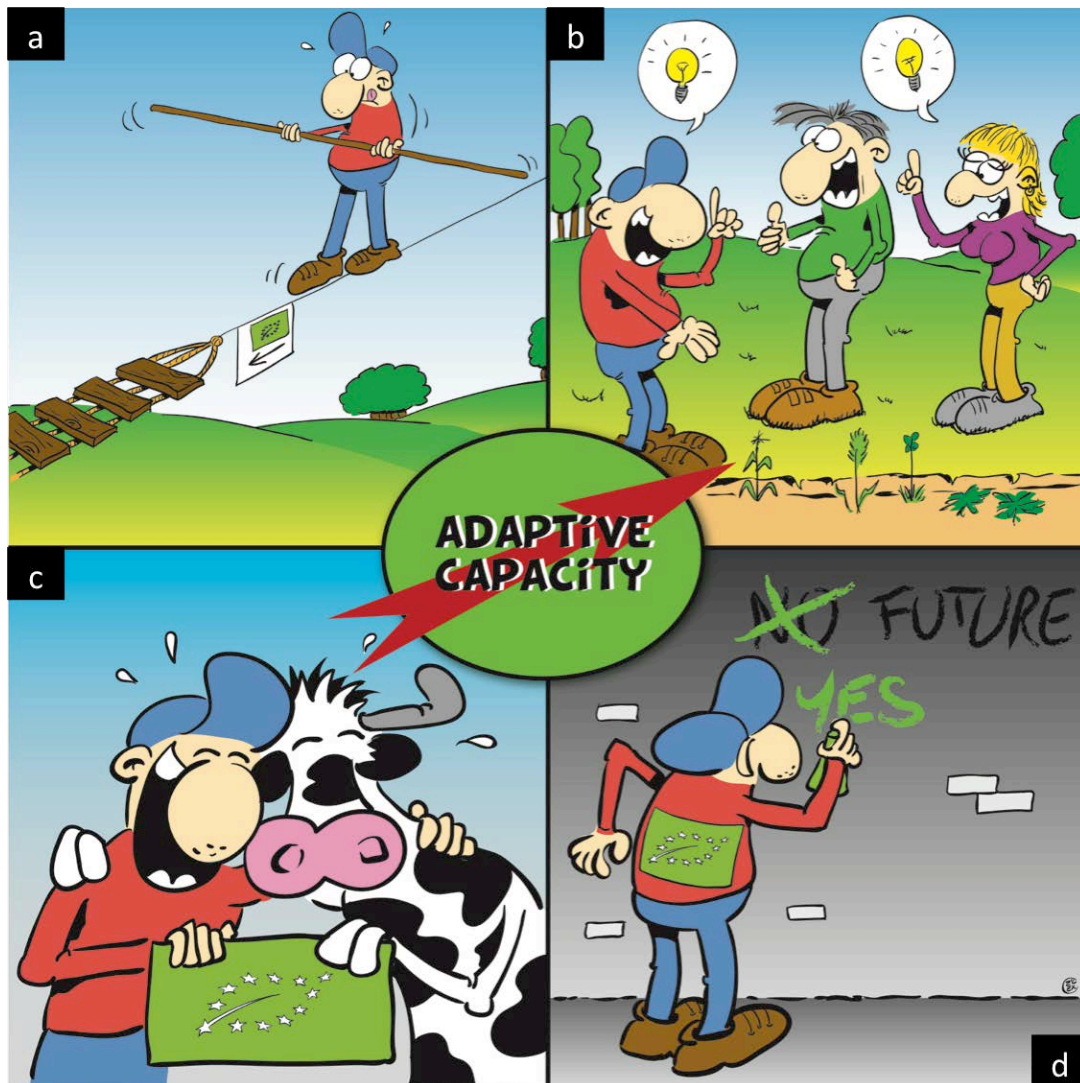


Figure 30 In the interviews with dairy farmers we identified four mechanisms through which they expect organic farming to enhance their adaptive capacity: (a) by reducing risks, esp. due to higher and more stable milk prices, thus while conventional, farmers felt like balancing on a wire, while they expect organic to be like a more comfortable suspension bridge; (b) by stimulating learning, especially through collective dynamics and an open exchange of experiences with other farmers; (c) by increasing professional satisfaction thanks to a lower workload; (d) by enabling farmers to maintain their family farm, which is an important motivation given their rootedness in the territory. (illustration by Z'Lex for the authors).

2.2.2 Material and methods

The case study is located in Aveyron, a mountainous department in Southwestern France with very varied soil and climatic conditions. The area was selected, as it allowed us to study a group of farmers concurrently engaging in the conversion to organic farming. Indeed, until 2015, out of about 1200 dairy farms in Aveyron (CA Midi-Pyrénées 2012) 40 were organic (France Agrimer 2016b), while in 2016 some 50 farmers decided to convert. This was in large part due to a dairy that previously processed mostly conventional milk, but in 2015 decided to increase its engagement in the organic milk market. After joining forces with Chinese investors, the dairy's strategy was to produce organic milk powder for the Chinese and the European market. It aimed to increase the amount of organic milk processed in its local plant from 8 to 46 million litres by 2021 (La Volonté Paysanne 2017). To achieve this aim, the dairy was actively encouraging dairy farmers to convert to organic farming by offering attractive contracts, and by encouraging the advisory services of the Chamber of Agriculture to facilitate the conversion process. More broadly, the French government also promoted organic farming through its agri-environment program, offering direct payments to all dairy farmers during the first years after conversion.

For the study, we purposively selected farms to include some that were closer to and some that were further away from organic practices. We thus included larger and smaller farms, as well as more or less intensive farms (classified based on the share of maize in the utilized agricultural area). Our aim was to capture a wide range of perceptions of how organic farming may enhance or reduce adaptive capacity, especially compared to conventional dairy farming. To identify farmers, we initially asked local organic consultants who were involved with farmers engaging in conversion, and then identified additional farmers through snowballing. We stopped data collection after 20 farmers, as data saturation was reached.

The 20 farms covered a range of sizes in terms of agricultural area (36-145 ha, with a mean of 81 ha), of herd size (35-125 heads, with a mean of 56 dairy cows), and of produced milk (200,000-800,000 kg/year with a mean of 390,000 kg). One

farm had a milking robot; two farms processed part of their milk on-farm; and six farms were engaged in direct marketing. As an indicator of land-use intensification, we used the share of maize in the agricultural area, which varied from 0 to 42% (with a mean of 16%) indicating that on some farms relied on maize silage to feed their cows, where as on others, milk production was mainly pasture-based. Almost half (45%) of the farms also had another on-farm activity (pig, sheep, or beef cattle breeding, potato or tobacco cropping). Most farmers had another person working with them on the farm, often a family member (1-3 people, with a mean of 1.9). The interviewed farmers ranged from 29 to 66 years in age (with a mean of 47 years) and had been farming for 5 to 41 years (with a mean of 20 years). The sample thus includes a broad range of experiences, from young farmers to some who will soon retire. All interviewed farmers were deeply rooted in the territory, as their families had been managing the farm for several generations.

To collect farmers' perceptions regarding their conversion to organic farming we used semi-structured interviews. These provide rich qualitative data on farmers' knowledge, reasoning, views, and perceptions (Miles et al., 1994). A preliminary list of questions was drafted based on issues raised in the literature, as well as during participant observation at collective training sessions and at farm visits organised by the Chamber of Agriculture. This preliminary list was refined through discussions with organic consultants. The interviews covered three broad areas. Firstly, farmers' goals and expectations, the constraints they perceived, and the uncertainties they had for their farm and for dairy farming on their territory. Secondly, we asked about farmer networks and sources of information, i.e. professional actors with whom they were in regular contact, as well as their involvement in professional networks. Thirdly, we raised questions specific to their decision to convert to organic farming, i.e. at what time they started to think about conversion and why; their perceptions of other organic farmers; the reactions by neighbouring farmers and by their family when they shared their thoughts about converting to organic farming; and the doubts and risks they perceived about organic farming. The interviews were carried out during spring and summer 2016, as all the farmers started their conversion in spring 2016. The interviews lasted 1-4 hours. They were recorded and transcribed in full.

To analyse the interview transcripts, we took an abductive approach (Alvesson and Sköldbberg 2009). We started with the four dimensions defining adaptive capacity that were proposed by Marshall et al. (2014): perceptions of risk and uncertainty; skills for planning, experimenting, learning and reorganizing; the ability to cope with change; and the level of interest in change. As these dimensions were developed in the context of adaptation to climate change, we revised them iteratively based on the interviews, to operationalize them in the context of market volatility and the conversion to organic farming. In the analysis, our aim was not to assess the level of adaptive capacity of the individual farms, but to understand how the interviewed farmers perceived organic farming as enabling them to enhance their adaptive capacity.

2.2.3 Results and discussion

Organic farming to reduce risk

As Marshall et al. (2014) point out, to be able to cope with and adapt to change, it is fundamental to manage the risks associated with change, and to be willing to engage in a new path if it seems promising, even if its outcome is uncertain. In the context of our study, it was important to understand both the risks that the interviewed farmers perceived in relation to either continue as conventional farmers, or to convert to organic farming (Xu et al. 2018). This allows to understand why – even if organic farming is perceived as risky and uncertain – they perceived it as more promising within the current context.

Conventional farming was seen as risky for two main reasons: the persistent market turbulences had led farmers to question whether it was economically feasible to continue as conventional dairy farmers; and the ‘get big or get out’ approach to increase profitability seemed to trap them in a vicious circle. The interviewed farmers perceived the prices for conventional raw milk as low and erratic. Most of the interviewed farmers did not expect such a strong drop in prices, nor such a prolonged crisis, following the abolition of the quota system: “we expected problems with the end of the quota, but not as hard!” (farmer 16), “[that prices would] drop that low again, no, I really didn’t believe it!” (farmer 9). While prices for conventional raw milk might increase in the future, they expect them to remain unpredictable and erratic. The market turbulences have thus led

them to question whether the conventional system was viable for them: “as long as milk worked rather well, the question [of conversion] did not really arise. But now, it is especially the financial aspect that makes you think” (farmer 3).

The perception of the low and erratic prices as problematic is compounded by the perception that conventional farming does not offer much room for manoeuvre, giving farmers the feeling of being trapped: “if one is in this vicious cycle, there is no choice” (farmer 17). Indeed, it seems that the only way to cope with low prices is for the farm to grow, to increase the volume of milk produced, and take advantage of economies of scale. However, this is not seen as a promising longer-term strategy: “to compensate prices through volumes, after a while you have to stop” (farmer 15). This is partly because the interviewed farmers do not feel that they live in a region with a comparative advantage in milk production: “we’re poorly placed in the Aveyron to produce conventional milk without quotas, other regions can produce more milk and cheaper” (farmer 11). And partly because the farmers perceive that constantly pushing the cows to produce more milk, and the land to produce more crops, is problematic: “we had reached the end of our rope, our harvests were not high enough, we were exhausting our soils” (farmer 9). The interviewed farmers were thus increasingly aware that they needed to change ‘something’: the milk crisis following the abolition of the quota system had led them to realize that continuing as conventional farmers was not promising, was increasingly risky. However, given that in this region, farms have been handed over within families over many generations, farmers are a high commitment to continue this tradition by identifying ways to secure the future of their family farm.

In this context, organic farming was perceived as offering a promising alternative. A conversion shifts the strategy from focusing on quantity, to one focusing on quality: “to pull through, we have to stop the high volumes and focus on quality” (farmer 10). Producing milk that complies with organic quality standards allows to secure higher prices, and engage in markets that seem more stable: “the tipping point for us was that it is a system that seems more sustainable, where we can try to make predictions not just on the short-term, but also on the medium-term” (farmer 12). And indeed, they feel they have “a positive perspective for at least five years” (farmer 14). This medium-term perspective is linked to the contracts between the Chinese investors and the local dairy. It is also linked to the farmers’ awareness of the strong consumer demand for organic products in France, in Europe, and on the global market: “consumption, nowadays it is organic” (farmer 1), “[organic] now seems established [...] these are no longer purchases in response to a food safety crisis. The people are getting used to eating healthier” (farmer 20).

Considering the production system, the interviewed farmers perceive organic farming as instrumental in their efforts to reduce expenditures for inputs and to increase their autonomy by focusing on feed produced on-farm: “I think that the first savings will come from a reduction of inputs, we will have to be as autonomous as possible” (farmer 18). Increasing feed autonomy is an important lever to reduce farm exposure to the volatility of input prices, and to the cost-price squeeze, which burdens farmers when input costs remain high, but milk prices are low or volatile (Van der Ploeg 2000).

However, organic farming is not devoid of uncertainties. The farmers cannot be sure of the future development of organic markets, so that they were aware that converting was “a bet on the future” (farmer 18). The interviewed farmers were aware that more farmers might convert to organic farming, including in areas where the climate enables milk production at lower cost: “if Ireland goes organic, we’re in trouble” (farmer 6). If the supply of organic milk increases, then “in 20 years [...] organic farming will become ordinary” (farmer 17). Also, with increased supply, it might be more difficult to secure markets: “maybe in ten years, the Chinese will have said goodbye to us” (farmer 14). Also, some farmers

were concerned about the evolution of organic standards: “if they become too flexible, then organic will become meaningless to consumers” (farmer 7).

Another uncertainty concerned the direct payments, which are offered to organic farmers within the French agri-environment programme ¹ However the implementation of the agri-environment program in the framework of the CAP 2014-2020 was delayed, and it was uncertain how the maximum payment per farm would be set by the regional authorities. The interviewed farmers perceived the payments as reducing the risk during the conversion period: “as long as there are the payments, the help for the conversion, I don’t take a big risk, I don’t think so” (farmer 2). However, the farmers could not be sure about the payments’ level, nor about their duration. Indeed, during the collective training sessions with farmers, which we participated in, the local consultants of the Chamber of Agriculture were reporting not only delays in the disbursement of the direct payments and uncertainties in the payment ceilings, but they also questioned whether there would be payments beyond the first five-year period. Indeed, the budgets for organic farming set by the Ministry of Agriculture are capped, and the number of conversions far exceeded expectations (CGAAER 2017). However, the interviewed farmers were not too worried: “it should work without the payments, they are the cherry on the cake” (farmer 3).

¹ In 2016, the expected payments for organic farms were in the range 35-300 €/ha (the payments depend on land use, e.g. 35 or 130 €/ha for pastures, and 300 €/ha for annual crops or pastures with more than 50% of legumes) during the first five years following the conversion, and in the range 35-160 €/ha for the next five years (FNAB, 2018)

At the same time, the interviewed farmers were well aware that they would face a number of challenges on the farm: “I’m apprehensive to have dirty crops” (farmer 9); “dock [*Rumex sp.*] will be a problem” (farmer 15). A few interviewed farmers – especially those that were rather intensive – seemed somewhat worried about this plunge into the unknown: “I’m afraid of stopping maize which is the basis of my cows feeding” (farmer 1), “Will I be up to it?” (farmer 15), “I do not really know where I am going” (farmer 8). The change seemed to be easier for those farmers who were ‘almost organic anyway’: “my production practices weren’t far from organic, and this makes the leap easier” (farmer 20); “we didn’t follow the [organic] principles, but we were not intensive, we never pushed our animals too far, nor our land” (farmer 14). Thus the interviewed farmers were aware of the risks linked to the changes in production methods, yet confident in their own capacity to manage the demands of organic farming practices: “our neighbours managed it, so we too will manage it” (farmer 9).

Overall, the interviewed farmers perceived risks and uncertainties in the future of both conventional and organic dairy farming (**Figure 31**). However, over the short- and medium-term organic farming was perceived as less risky, as milk prices were higher and more stable, consumer perception more supportive, and because at farm-level, it offers the opportunity to increase autonomy, especially regarding feed (Coquil et al. 2013; Benoit et al. 2017). Thus, in the context of low and variable prices for conventional milk, organic farming is perceived as an opportunity, offering better prospects for the future. This is quite different from former studies, where converting to organic farming was considered risky, often due to the lack of technical knowledge (Padel 2001). Our study also shows that farmers carefully assess the trade-offs between external factors such as product quality requirements and prices, and internal demands, such as risks tied to new production techniques. Farmers are thus carefully observing changes on markets, in regulations, and in technical production practices (Lamine, 2011; Chantre and Cardona, 2014) and given the developments they perceive as most likely, strive to anticipate how their farm could fare well in that future.

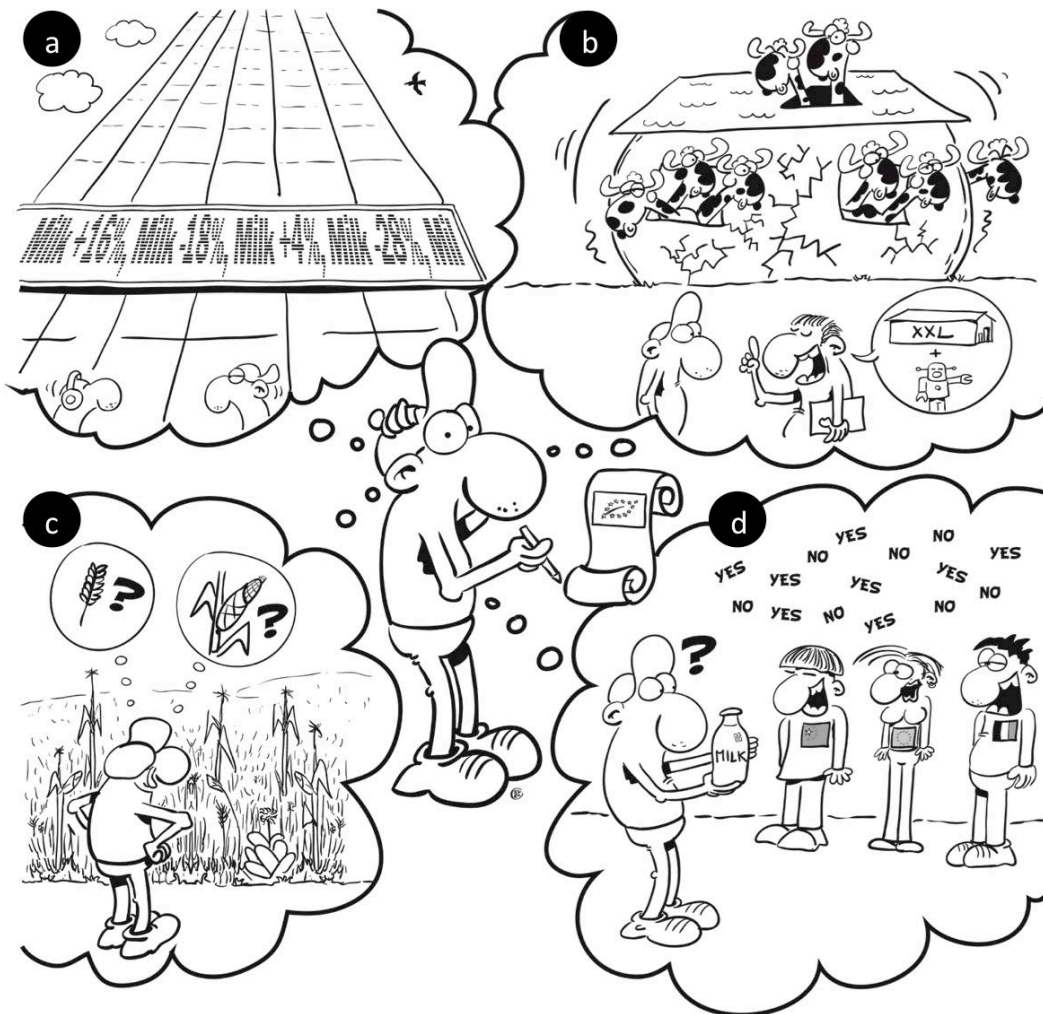


Figure 31 The interviewed farmers perceived risks and uncertainties in the future of both conventional and organic dairy farming, including: (a) price volatility, (b) the pressure to grow and invest, (c) the technical production risks on the farm, and (d) the uncertain consumer demand. Overall, organic farming was perceived as reducing external pressures and increasing autonomy, hence reducing risk (illustration by Z'Lex for the authors).

Organic farming to stimulate learning

To cope with and adapt to change, it is essential to experiment and learn, so as to prepare for the future (Marshall et al., 2014). These skills are linked to individual creativity, i.e. how personal preferences, on-farm resources, and the specific advantages of the region can be combined. But there is also a collective dimension, i.e. sharing experiences among peers and learning from each other (see Olsson et al., 2008).

A conversion to organic farming was widely perceived by the interviewed farmers as a welcome professional challenge. In conventional farming, the farmers had 'recipes' that they knew worked well, and they implemented them each year, with only minor adjustments. Some interviewed farmers said they were tired of this routine and welcomed a new challenge: "I need goals, I didn't have any anymore" (farmer 18). In organic farming, when they will be facing a problem, there will be no synthetic pesticides or fertilizers that can be applied to correct mistakes. Farmers thus perceived organic farming as farming without a safety net: "you don't have the product or the stuff which will save you" (farmer 14). And, importantly, they look forward to the challenge: "there is no parachute or umbrella to protect you. Before anything else, it requires us to observe nature, and that will be a real treat" (farmer 15). Converting to organic farming was thus perceived as an opportunity to develop new skills: "you have to learn again how to look closely, to listen, to work with nature; and not exploit-her, not negate her" (farmer 16). Organic farming is perceived as technically more challenging and the farmers looked forward to mastering the challenge for their own sense of achievement: "in conventional we are satisfied, but if we manage without polluting, it will be all the more gratifying" (farmer 1), as well as for peer recognition: "now we want to demonstrate to neighboring conventional farmers that our results will be just as good, even being organic" (farmer 7). The changes in the production practices were thus perceived as a welcome learning opportunity: "I'll have to go back to school for a bit, that's clear" (farmer 4).

Their openness to learn new production methods and their ability to face their apprehensions was strengthened by the support they received from organic consultants from the Chamber of Agriculture. These consultants were trusted and

widely perceived as ‘good’ consultants, which reassured farmers that they would get reliable advice. It was also important, that the Chamber of Agriculture designed a collective learning process (**Figure 32**). Within this process, the farmers who were considering a conversion to organic farming, were invited to visit several local organic dairy farms. Through these visits, they discovered a stimulating, dynamic network of organic farmers who were willing to openly share their experiences: “there are more exchanges than in conventional farming” (farmer 15). Importantly, the visited farmers did not hesitate to talk about their doubts and discuss mistakes they had made, which encouraged the interviewed farmers to be open too: “it allowed us to talk about it, when something had gone wrong, to say ‘I messed this up, don’t do it like that,’ or: ‘I tried this to correct the mistake,’ or: ‘I did this, it works well.’” (farmer 1). This was a welcome contrast to conventional networks, where the interviewed farmers perceived other conventional farmers as often reserved and individualistic.

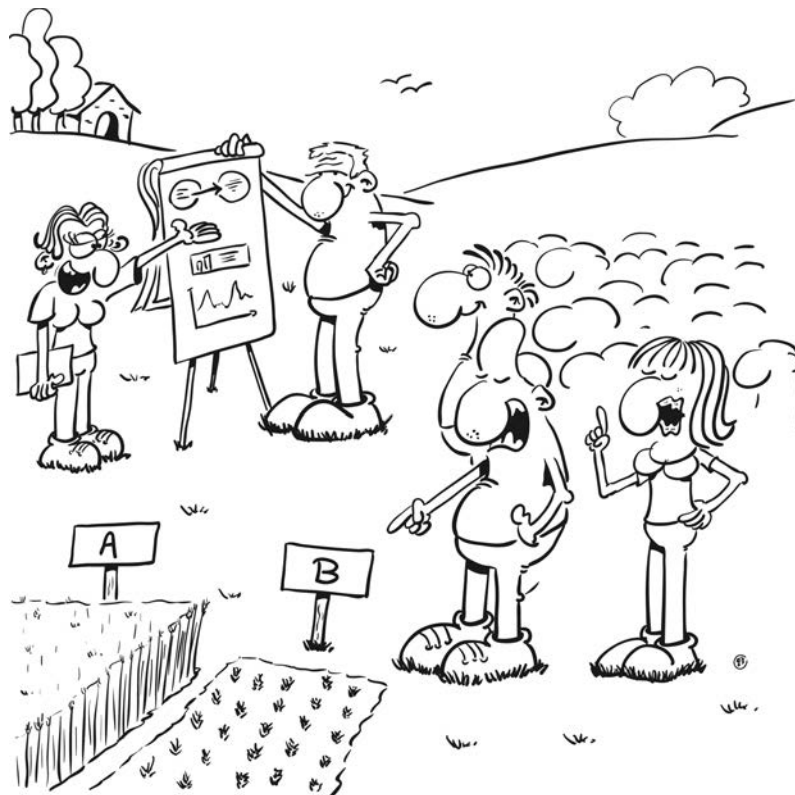


Figure 32 Organic farming is perceived as an opportunity to learn. This is illustrated by a farm visit where consultants show the results of two trials to a group of farmers, who listen and discuss their own observations. For the interviewed farmers, the collective learning process set up by the consultants and the joint visits to established organic farmers were key to strengthen their confidence in their own ability to face the technical challenges involved in the conversion to organic farming (illustration by Z’Lex for the authors).

These results are well in line with previous studies that have highlighted that conversion to organic farming demands new skills (Cranfield et al. 2010). Indeed, the interviewed farmers appreciate the conversion to organic farming as an opportunity to learn, as a welcome opportunity to break out of their routine, and an opportunity to face a new challenge. Indeed, organic farmers often experiment, which allows them to keep their practices attuned to local specificities, and adaptable to changing economic, social, and ecological conditions (Vogl et al. 2015). Both learning and experimenting can be enhanced through a group process, where production methods are proposed and discussed, insights integrated, practices implemented on individual farms, and the outcome reflected on collectively (Lamine, 2011). Such exchanges are stimulated if there is trust in a group: trust in experts' information and in peer's experience. Their openness to face a new professional challenge, to engage in experiential learning, and the networks created through the collective processes all contribute to enhancing their adaptive capacity.

Organic farming to increase professional satisfaction

The ability to cope with change is linked to the mental health and the emotional buffer of individuals, which enables them to absorb the impact of change (Marshall et al. 2014). It refers to the ability to see the positive aspects of change and to actively engage with it, rather than perceiving change as a burden to be endured. In the interviews, the emotional burden of feeling trapped in the conventional system was often mentioned, and farmers expected that converting to organic farming would contribute to improving their work satisfaction.

Some farmers pointed out the emotional burden linked to the low conventional milk prices, which negatively affected their financial status: “because at night, you wake up, you ask yourself the question: how are we going to pay the bills? That’s a problem, a big problem” (farmer 9). Other farmers pointed at the high workload they have as conventional farmers, linked to the pressure to increase milk production, to cover the costs despite low milk prices: “we were trapped in our system [...] to do a lot of milk, and behind that: a lot of work” (farmer 16). The farmers were aware that this was not just a momentary labour peak, but systemic: “we take it on, and then we notice that we’re in a vicious cycle” (farmer

20). The high labour load is also problematic as it prevents farmers from engaging in important activities: “last winter I could not attend any training courses all winter, as I was alone on the farm and overloaded” (farmer 13). Some farmers perceived the conversion to organic farming as an opportunity to reduce the number of cows, and thus their workload: “why not reduce our herd, maybe do better: more [time for] observation, better milk quality” (farmer 20). Another hoped it would contribute to improving his quality of life: “maybe we will have more free time [with] fewer cows, and we will be more peaceful, relaxed” (farmer 12).

These expectations of a better work-life balance built on what they observed during the on-farm visits organised by the Chamber of Agriculture and the organic consultants. There, they met organic farmers who were satisfied and unworried: “we see them in good spirits, serene in their work and with their finances” (farmer 9). When they compared their own situation as conventional farmers with these organic farmers, they realized the contrast: “farmers who have beautiful fields, who work well, and who, in the end, are more relaxed than you are” (farmer 14).

The interviewed farmers also pointed out that some practices in conventional farming were becoming an emotional burden, and they increasingly felt reluctant to engage in them. In particular they pointed out their dislike of having to spread chemicals on their fields: “having to attach the sprayer irritated me” (farmer 15); “the products, all that; we are not proud when we apply the products” (farmer 1). They were worried about the impact on their soils: “the chemical fertilizers, when you look it up on the internet: it doesn’t help the soil. In the end, on the long term, it destroys more than it helps” (farmer 4). Some started to feel that the chemicals were affecting their health: “last time I did maize [...] I put on the full protective suit, as if I went to the moon, with the mask and all. But my head [hurt], I did not feel well” (farmer 14); “if I open a can of herbicide, I get a headache” (farmer 4). The farmers were concerned not only about their own health, but also about the impact of potential chemical residues on consumers: “there are human beings at the end of the chain, who will get it all” (farmer 15). They looked forward not to have to “spread all sorts of stuff on the fields, no longer having to have a

cupboard full of chemicals” (farmer 16); “we won’t poison ourselves anymore, we won’t poison anybody anymore” (farmer 2).

The interviewed farmers felt increasingly apprehensive about using agrichemicals, especially given the reports in the media on environmental problems related to conventional farming: “I was never motivated to use the sprayer, we know very well that it is harmful” (farmer 12); “I think that the mentality is changing, even those who don’t convert to organic farming think about reducing their use of chemicals” (farmer 9). The public pressure has led one farmer to abstain from using standard safety measures: “I have started not protecting myself when applying chemicals, to show the tourists that it’s not dangerous” (farmer 7). They also faced these critiques at a personal level, when they have had to justify their practices with non-farming neighbours and tourists: “this context, with the pressure to protect the environment, it is really unbearable: we are always suspected to be environmental criminals [...] I exaggerate, but it is really a burden” (farmer 19). Indeed, the farmers would like to be valued and respected for their work: “that people see that in agriculture we don’t do a dirty job, that the people from the cities appreciate us a bit [...] I would like that the people take a look, that they are curious” (farmer 13); “it is important that we regain a positive image” (farmer 12).

The interviewed farmers expected that organic production practices would enable them to work in closer conformity with their personal values: “it will be a pleasure to work without chemicals” (farmer 1), to have “respect for nature” (farmer 15). “As an organic farmer, I will be better able to look myself in the mirror” (farmer 17). It will enable them to improve their own and consumers’ health: “to be in harmony with myself, with what I preach, to make a healthy product” (farmer 20). And they already received positive feedback: “when you tell people that you are converting, people say: ‘great! That’s good!’” (farmer 1).

While the organic production practices are considered by the interviewed farmers to be more environmentally friendly, they are aware that they will still have an impact on the environment: “I would like to see [agriculture] without ploughing, natural pastures, but I do not know if this exists. It is absurd to convert to organic

farming and consume more fuel” (farmer 13). They thus feel there are trade-offs: “does it really make sense to have four passes with the harrow in organic farming, rather than use a tiny amount of chemicals?” (farmer 7). Similarly, they find that producing organic milk for the global market is questionable: “it is a pity to produce milk that goes to the other end of the planet. But for now, to convert to organic farming, we don’t have a choice” (farmer 17).

Moreover, while consumers and non-agricultural neighbours have a positive image of organic farmers, their peers – many of which are conventional farmers – still perceive organic farmers as odd: “the neighbours, the other farmers tell us that we are a bit mad” (farmer 11). Many conventional colleagues question whether organic farming even works, so that interviewed farmers were faced with numerous questions and warnings: “how will you feed your dairy cows and all, from what will you live?” (farmer 20); “you won’t have any grass next year! You won’t have grass for silage!” (farmer 20); or: “it won’t work! Your productivity will drop too far. All that you will gain in price, you will lose in volume, because your cows will only produce half as much” (farmer 1). Not only were many conventional peers doubtful, a number of interviewed farmers also faced the doubts of their family members (i.e. their parents or children), as especially parents tend to perceive organic farming as a step backwards. Despite this, all interviewed farmers felt that the perception of organic farming was changing: “the mentality evolves: today, if you are organic, it’s not that you are a revolutionary [as in 1968], it’s that you think about things” (farmer 4).

The interviews highlighted the emotional dimension tied to production practices. Many of the interviewed farmers were emotionally burdened by financial challenges, by a high workload, or by concerns about the potential impact of the use of synthetic chemicals on their own health and on the environment. They also tended to be emotionally burdened by the negative reports in the media, the negative public image of conventional farming, and the need to justify their practices to non-farmers. All of these reduced their work satisfaction, which is particularly problematic as for most, being a farmer was a vocation rather than just a ‘job’. In many ways converting to organic farming was linked to the expectation that it would enable them to enjoy their work (**Figure 33**). A

satisfaction heightened by the positive feedback they already receive for their decision to convert. The importance of such “pleasures” when changing towards more ecological farming practices has been emphasised by Barbier et al. (2015). Indeed, farmers want to be proud of the work they do, which requires a fit between their aspirations and the daily reality of being a farmer (Dessein and Nevens, 2007). Work satisfaction and being proud of their work contribute to emotional health, which is essential to enable farmers to cope with change and recover from setbacks.

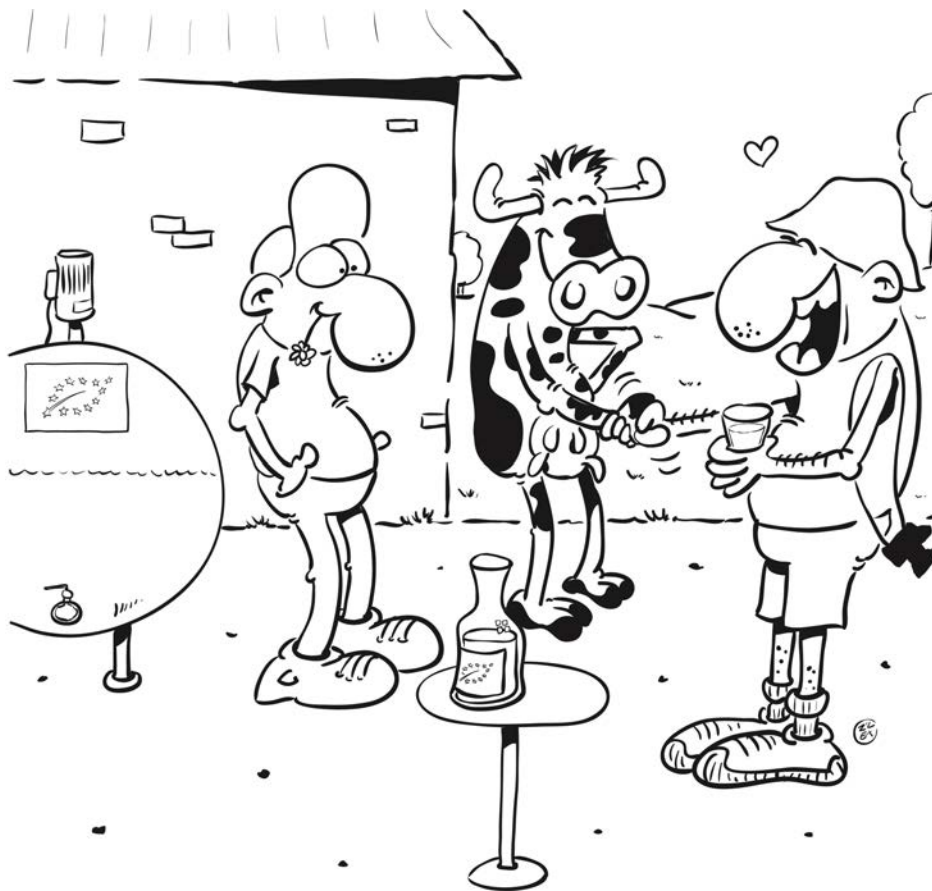


Figure 33 The farmers expected that converting to organic farming would allow them to enjoy their work more, thus enabling them to cope with change and recover from setbacks. This is illustrated by a farmer who is serene and satisfied, even if he produces less milk, as shown by the partly filled tank. His work satisfaction is enhanced by the tourist enjoying a glass of his fresh organic milk, indicating the positive feedback from consumers and the positive image of organic farming in the media (illustration by Z'Lex for the authors).

Organic farming to maintain the family farm

The fourth dimension of adaptive capacity identified by Marshall et al. (2014) is the level of interest in change. This is related to flexibility, and to the ability to explore different options (Darnhofer et al. 2010a; Astigarraga et al. 2011). People interested in change, observe trends in the broader regional, sectoral and societal context, can assess possible consequences, and identify a range of alternatives to face change. The aim is not to just react once change has occurred, but to be proactive, to recognize opportunities, and to be able to seize them.

Given the problems they were facing on their own farm, as well as the changes in public perception of conventional farming, the interviewed farmers were aware that they needed to change: “we had to find something: change production or converting, we don’t have the choice anymore!” (farmer 20); “I reached a point where I had to get out of conventional farming, I had to find an exit” (farmer 4). The farmers have thus been looking for options: “find solutions to be able to continue” (farmer 13). With the dairy offering contracts to organic farmers, conversion was a welcome opportunity: “we had been thinking about it for a long time, we kind of jumped on the opportunity” (farmer 14). And indeed, several interviewed farmers perceived conversion to organic farming, now that there was an organic dairy in the region, as an opportunity not to be missed, as a “train that you need to catch, because it won’t come around again” (farmer 9).

The interviewed farmers expressed a strong attachment to place, to maintaining their farming activity in this territory. They were all born on the territory and grew up in the local farming tradition, on farms that had been in their family for several generations: “to avoid losing what my father had done with the family farm” (farmer 4). They were also committed to continue to be part of the local community. Converting to organic farming was thus not seen as a critique of conventional farming, and was not seen as jeopardizing their solidarity with other farmers: “it’s not because I’ll be organic that I will say something bad about my conventional neighbour” (farmer 18); “I think that we need a bit of everything. We need organic, and we need conventional, because, after all, we need volume to feed the planet” (farmer 19). The conversion is thus not a matter of ideology: “we are not born organic, we don’t eat organic, our parents don’t eat organic” (farmer

12); “we evolve in our head, but I am not born with this mentality” (farmer 5). To most of the interviewed farmers, converting to organic farming is primarily a promising strategy to maintain their family farms, while adapting to changes in the broader context. Such changes were required in the past, and will be necessary in the future (**Figure 34**).

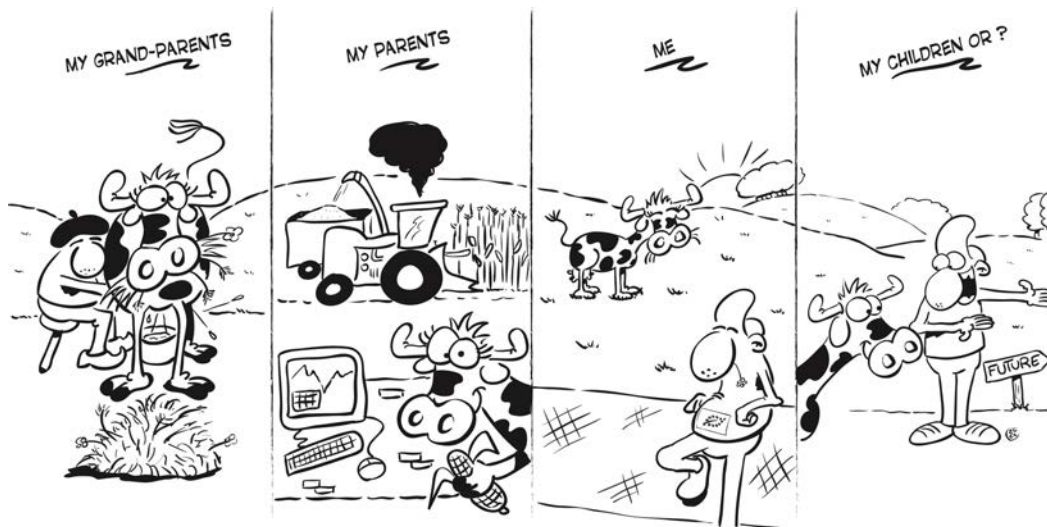


Figure 34 The farmers were aware that to persist over the long term, a system needs to change with its context. Thus over the past two generations, dairy farmers adapted to maintain their family farm. While the current farmer’s grand-parents milked their cows by hand and the cows were fed with hay, the next generation mechanised, used information and communication technologies, and cows were fed with maize. The current farmer converts to organic farming and the cows are grazing. What will happen in the future is unknown, but likely to be different from today. (illustration by Z’Lex for the authors)

That the interviewed farmers are open to change is expressed by how they look forward to the upcoming challenges: “it allows us to energize us, in our heads, see other horizons, think about other things. I myself, I really need this to work” (farmer 20); “it’s a new challenge, it renews my motivation, rather than continue what we’ve been doing, routine” (farmer 3). This desire to change and to take up a new challenge is embedded in a wider awareness that practices need to be questioned and renewed regularly, as getting stuck in a routine can be dangerous: “the worry of the farmer – me included, but it seems to me that I stepped out – is to get stuck in a rut. We are so stuck in our habits, we don’t look back. We know we have to put that much nitrogen fertilizer and that much of this. It’s a schema.

And one does not want to get out of the rut. It feels comfortable in there. But the problem is: one sinks in” (farmer 17).

Given the changes in the broader context, farmers were aware that they needed to implement changes on their farm, if they wanted to ensure its continuity. These results are in line with studies of farms transitioning towards more ecological practices, which showed that transitions were often initiated by farmers perceiving their current practices as problematic and actively looking for alternatives (Lamine and Bellon 2009a; Coquil et al. 2013; Chantre et al. 2015). Changing practices is thus recognized as necessary to keep in tune with a changing economic and social context (Goulet and Vinck 2012). The interviewed farmers were aware of the interplay between change and persistence and thus were interested in actively shaping changes on their farm, to avoid getting caught in routines, which were out of synch with society’s expectations of agriculture.

2.2.4 Conclusion

While looking for a way out of the crisis in conventional dairy farming, the interviewed farmers perceived organic farming as an attractive option, particularly because it can enhance their adaptive capacity. They regarded organic farming as a way to enhance their adaptive capacity through four mechanisms: reducing risks, stimulating learning, increasing professional satisfaction, and enabling them to maintain their family farm. The farmers perceived organic farming as less risky due to higher and more stable prices for organic milk, and by enabling them to increase their feed autonomy and thus reducing their farm’s exposure to volatile input prices. While farmers were aware that on the short-term they would face technical risks linked to implementing new, unfamiliar production practices, they also felt that converting would lower their long-term risks, as organic farming is in line with consumer expectations. Moreover, the interviewed farmers were confident that they would be able to master organic production practices, because they trusted the organic consultants, and because the Chamber of Agriculture set up a collective learning process, so that they could build on each other’s experience rather than having to face the challenge alone. Learning is also linked to professional satisfaction, as many of the farmers were looking forward to a new challenge that would enable them to break through the repetitive routine they

faced as conventional farmers, giving them an opportunity to learn and master new skills, and thereby demonstrate their professional expertise and competence. They also expected their professional satisfaction to be increased because they would be under less pressure and have more time to observe and reflect, thereby enabling them to better cope with changes. Indeed, the higher prices for organic milk and the higher feed autonomy would enable them to secure their income with fewer animals, thus reducing labour demands. Thus they perceived that converting to organic farming would enable them to maintain their family farm, which was important to them, both to maintain the family's and regional traditions, and because to them farming is not a 'job' but a preferred way of life.

This study, based on a group of farmers who have just started their conversion to organic farming, highlights the aspects that were decisive in their decision to engage in the conversion process. While the fact that the local dairy became involved in the organic milk market was doubtlessly important and is likely to have tipped the balance for a number of farmers, the root cause seems to be their increasing dissatisfaction with conventional farming. Indeed, a farmers' decision on whether or not to convert is deeply influenced by his/her satisfaction with the current strategy and the satisfaction he/she expects to derive from an alternate strategy. In this study, the farmers were clearly questioning the dominant strategy in conventional farming, which pushes farms to enlarge, increase the number of dairy cows, and intensify so as to increase the amount of milk produced. The farmers point out that in this region it leads to a high debt load and a high labour load, while exhausting the cows and depleting their soils. Moreover, some of them feel that the use of agrichemicals threatens their health and is perceived negatively by consumers. A conversion to organic farming might thus well be initiated by inviting farmers to openly reflect on their current production system, and encourage them to honestly assess whether they expect that it will secure the future of their farm, regarding e.g. financial stability, protection of natural resources, and quality of life. As was the case for this group of farmers in the Aveyron, organic farming might then emerge as a way out of a production system that offered them only a narrow 'room for manoeuvre'.

This study also highlights that a conversion to organic farming should not just be advocated by highlighting economic benefits or that the production practices are in line with societal demands for environmental protection. While these are important considerations, this study shows that the subjective, personal satisfaction of the farmer also plays a crucial role, especially if organic farming is perceived by the farmer as enabling him/her to achieve his/her professional ambitions. These may be linked to organic farming encouraging farmers to engage in a collective learning process and thus interacting with peers in a close network; to have more time to think about interactions on his/her farm, thus stimulating e.g. experiments to improve the nutrient flows, or to develop a new on-farm activity; or mastering technical challenges and thereby boosting their feeling of proficiency and self-efficacy. The study thus highlights the importance of avoiding to assume that farmers are rational decision makers narrowly focused on economics and/or optimizing productivity, and acknowledge that farmers have a complex and interacting set of values and preferences, ideals and motivations, ambitions and emotional drivers. It might thus be helpful to present organic farming as a way that enables farmers to combine traditions, societal demands and personal ambitions, rather than just as a set of production practices.

In their assessment of organic farming, the interviewed farmers integrated very different elements, such as expected development of markets, regulations, demands by consumers and citizens, perception by peers, impact on emotional health, likely technical challenges, learning requirements, and the richness of collective learning process. As this study is based on farmers' perceptions at the beginning of the conversion process, it would be important to assess whether and how their perceptions of organic farming changes in subsequent years. Indeed, the management of a family farm is based on complex and dynamic interactions between very different elements, and the relative importance of individual elements or dynamics is likely to change over time. This highlights the importance of adaptive capacity to ensure the long-term persistence of a farm. If organic farming enhances this adaptive capacity, this may be an important aspect to highlight to farmers considering a conversion, as many family farmers aim not so much to maximise their profits or yields on the short-term, than to ensure the persistence of their farm over the long-term.

Acknowledgments

This study was funded by INRA and the Midi-Pyrénées region as part of the ATARI project and Maëlys Bouttes's Ph.D. project, and by the French ANR Agrobiosphère program as part of the TATABOX project (ANR-13-AGRO-0006). Thanks to specific scholarship from INRA, Toulouse INP and Ecole des Docteurs Toulouse, Maëlys Bouttes had the opportunity to stay at the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna to work on this paper. The authors wish to thank the farmers who generously gave their time and shared their thoughts during the interviews. We thank Z'lex, an organic dairy farmer and cartoonist in Aveyron (France), for his insightful cartoons that were created in discussions with the authors. We thank Stéphane Doumayzel and Sandrine Viguie from the Chamber of Agriculture, Johann Kévin Galtier and Maxime Vial from APABA, Nicolas Juillard from BTPL for their support with the implementation of the surveys. We thank Justin Bielle for the retranscription of the interviews. We are grateful to the anonymous reviewer and to the editor for their insightful comments and suggestions on an earlier version of this paper.

3 ÉVOLUTION DE LA VULNÉRABILITÉ PERÇUE PAR LES ÉLEVEURS PENDANT LA CONVERSION



Figure 35 Eleveurs et vaches des 19 fermes aveyronnaises enquêtées pendant leur conversion à l'AB de 2016 à 2018. Photos prises en janvier-février 2018. Source Maëlys Bouttes

3.1 Introduction

Le premier article de cette thèse a permis de mettre en évidence que la décision de conversion des éleveurs était motivée par l'attente d'une amélioration de leur capacité d'adaptation, leur permettant de mieux faire face aux changements et aléas présents et futurs. Se pose alors la question de leur perception de l'évolution de la vulnérabilité de leur exploitation pendant la conversion, et de savoir si nous pouvons identifier des stratégies d'adaptation réduisant cette vulnérabilité.

Pour répondre à cette question, nous nous sommes appuyés sur un dispositif d'enquêtes annuelles pendant 3 ans de 2016 à 2018 de 19 exploitations d'élevage bovin laitier aveyronnaises ayant commencé leur conversion en 2016. Sur les 20 exploitations enquêtées en 2016 et dont les entretiens ont été analysés pour l'article précédent, l'une a décidé de transformer le troupeau laitier en troupeau allaitant, et une autre n'a pas souhaité continuer à nous accueillir. Nous avons poursuivi le dispositif d'enquêtes avec les 18 autres fermes en y ajoutant une 19^{ème} ferme intéressante pour élargir la diversité de notre échantillon.

Cet article a été écrit en collaboration avec trois conseillers en élevage AB en Aveyron, Alexandre Bancarel (APABA), Stéphane Doumayzel (Chambre d'Agriculture), Sandrine Viguié (Chambre d'Agriculture) et une chercheuse de l'INRA en statistiques, Magali San Cristobal.

3.2 Article 2 : Conversion to organic farming reduces farmers' perceptions of farm vulnerability independent of the adaptation strategies implemented - a case study in Aveyron, France

To be submitted to Agronomy for Sustainable Development

Maëlys Bouttes^a, Bancarel Alexandre^b, Doumayzel Stéphane^c, Viguié Sandrine^c, Magali San Cristobal^d, Guillaume Martin^a

^a AGIR, Université de Toulouse, INRA, INPT, INP- EI PURPAN, 31320 Auzeville, France

^b APABA, France

^c Chambre of Agriculture of Aveyron, France

^d UMR DYNAFOR 1201 INRA INPT ENSAT EI-Purpan, 31320 Auzeville, France

Abstract

Farmers in Europe are increasingly converting to organic farming. For farmers, the conversion is an uncertain period that requires multiple changes to comply with organic specifications while not obtaining the organic price for products. This raises the issue of farm vulnerability during the conversion, i.e. the ability of a farm to respond and adapt to or recover from the changes and from external hazards. Farmers' levels of satisfaction are indicative of this vulnerability, and a positive perception may encourage emotional buffers which are essential to absorb the costs of change and to develop adaptive capacity.

Our objective was to investigate whether and how farmers could improve their satisfaction and thereby reduce their perception of farm vulnerability during the conversion to organic. We surveyed a sample of 19 dairy farms in Aveyron, France, from 2016 (their last year as conventional) to 2018. We characterised the evolution of dairy farmers' satisfaction and the adaptation strategies they implemented. We used statistical analysis to relate adaptation strategies to the evolution of farmers' satisfaction.

Our results revealed that all farmers were satisfied after conversion to organic, which resulted in a decrease in perceived farm vulnerability. All adaptation strategies were oriented towards pasture-based grazing systems and a reduction in land-use and herd-management intensities. It was not possible to relate specific adaptation strategies to specific changes in patterns of satisfaction. However, it was possible to determine a given pattern of satisfaction from the adaptation strategies. In showing the strong reduction in farmers' perceptions of farm vulnerability during the conversion to organic, our results strongly contrast with previous studies that highlight the multiple hazards of converting to organic farming. When supporting farmers during the conversion, local advisers must consider farmers' perceptions of farm vulnerability to help them identify the most suitable adaptation strategies.

Keywords

Organic agriculture, dairy farming, farm management, resilience, sustainability, satisfaction, well-being

3.2.1 Introduction

Farmers are facing an increasingly turbulent context characterised by volatility in prices of inputs and outputs (Wright 2011) and more frequent extreme climate events (IPCC 2013). Since the 2000s and the increased liberalisation of the dairy sector in Europe, strong turbulence in the milk market has challenged many dairy farmers (Brehon 2009). During the previous crisis in 2015–2016, several dairies in France informed farmers that they wanted more organic milk, which would require some farmers to convert to organic. As it was unclear when conventional milk prices would recover, some farmers considered the organic market (Bouttes et al. 2018b). These farmers perceived organic markets as more profitable and more stable over time. Farmers expected that adaptive capacity would increase to better cope with hazards and changes in the environment (Bouttes et al. 2018b).

Converting to organic farming requires a period of 18 or 24 months, depending on the dairy farmer's choice (asynchronous or synchronous conversion of land and herd, respectively). This is challenging for farmers as they must comply with organic specifications while not obtaining the organic price for milk, and requires multiple changes in production techniques, marketing, knowledge exchange networks, and social relations (Lamine and Bellon 2009a). This challenge is especially critical in a turbulent context and when farmers start in fragile economic situations, as French advisers frequently reported in 2015–2016. This raises questions about the vulnerability of dairy farms during the conversion to organic farming, i.e. their ability to cope with and adapt to or recover from effects of (i) internal changes, such as compliance with organic specifications, and (ii) external hazards, such as fluctuating prices for conventional milk, changes in organic subsidies during the conversion, and climate hazards (adapted from Smit and Wandel 2006). Providing support to farmers during this transition requires knowledge about the farm adaptation strategies that reduce farm vulnerability the most.

Several studies have analysed farm trajectories over time. Chantre et al. (2015) identified agronomic-coherence phases that reduce input on arable crops throughout a farmer's career. Coquil et al. (2014) analysed transitions to self-sufficient crop-dairy farming and characterised the tools farmers used to make decisions during the transition. García-Martínez et al. (2009) analysed trajectories of mountain cattle farms to identify the mechanisms involved in changing practices. The main limitation of these sources is that they do not relate changes in farmers' practices to changes in farm performances, even though this link is essential to characterise the most suitable long-term adaptation strategies. Few studies addressed this limitation. Bouttes et al. (2018c) highlighted that farmers' practices influenced trade-offs between economic efficiency and productivity on French organic dairy farms. Falconnier et al. (2015) showed how farming techniques influenced the evolution of farm performances (including yield and labour productivity) in southern Mali. However, these studies assessed farm performance using quantitative indicators defined by experts or researchers that were related mainly to farm economics and productivity and assumed that the higher the performance the better.

In practice, farmers' choices are influenced by trade-offs among a wide range of motivations and objectives, beyond farm economics and productivity, including farmer welfare and satisfaction with work, self-reliance, etc. (Coquil et al. 2013; Bouttes et al. 2018b). Farmers may have different definitions of vulnerability, its related dimensions on the farm (which criteria, e.g. productivity, work satisfaction, or which trade-off among criteria) and ways to assess them (which indicators quantify each criteria, e.g. work hours, difficulty or income to assess work satisfaction). The scientific literature lacks characterisation of relations between changes in farmers' practices and changes in farmers' perceptions of farm vulnerability. To date, some studies have developed methods to include stakeholders' perceptions in sustainability assessment (e.g. de Chazal et al. (2008)). However, for farm vulnerability, only Marshall et al. (2014) developed a method to assess farm social vulnerability to climate change based on farmers' perceptions of their skills, circumstances, and willingness to change.

A key component of farm vulnerability is the perception of individuals who manage the farm and the degree of satisfaction they have from the results of the practices they implement. A positive perception may encourage emotional buffers for the farmer, which are essential to absorb the costs of change and adaptation and to develop adaptive capacity (Marshall et al. 2014; Bouttes et al. 2018b). We assessed farmers' satisfaction in order to investigate which adaptation strategies implemented during the conversion to organic farming reduced farmers' perceptions of vulnerability the most. Based on a sample of dairy farms in Aveyron, France, our objectives were to (i) characterise the evolution of dairy farmers' satisfaction and the adaptation strategies implemented from the last year of conventional farming up to the end of the conversion to organic, and (ii) identify which adaptation strategies improved farmers' satisfaction the most and consequently reduced their perceived vulnerability (**Figure 36**).



Figure 36 Pictures of farmers in the study with their cows at the end of the conversion to organic farming, showing different trajectories of practices that yielded mostly high levels of satisfaction. Taken in January 2018, they illustrate limitations of the mountainous area, where cows must remain inside during the winter. They also illustrate the diversity of the farmers: individual or collective farming, and technical choices such as cow breed and type of building. Source: Maëlys Bouttes

3.2.2 Materials and Methods

Case study farms

The study was performed from 2016–2018 in the department of Aveyron, southwestern France. Until 2016, about 3% ($n = 40$) of its dairy farms were organic. In 2016, 50 conventional farmers decided to convert to organic, and we surveyed 19 of them each of the three years. All 19 farms began the conversion in 2016 and implemented asynchronous conversion, i.e. conversion of land for one year and then conversion of the herd for six months prior to selling milk with the organic label and price. We selected the 19 farms to capture the diversity in (i) farming systems before conversion, i.e. initially similar or dissimilar to organic practices; (ii) farm sizes; (iii) social situations (age, gender, individual or collective farm); and (iv) soil and climate conditions. We expected that the diversity in initial situations would provide sufficient diversity in adaptation strategies during conversion to identify those that reduce farm vulnerability the most. Local organic advisers helped identify the first farmers, who then identified others (snowball effect).

Choice of vulnerability and explanatory variables

Based on a literature review, focus groups with advisers and dairy farmers, and interviews focused on motivations for converting to organic farming in 2016 (Bouttes et al. 2018b), we identified variables illustrating farmers' satisfaction and adaptation strategies. We focused on five aspects of farmers' satisfaction that were defined in discussions with farmers and local advisers, participant observation during collective farm visits and organic farmer training sessions, and focus groups with advisers and dairy farmers on what vulnerability meant to them. These satisfaction categories related to farmers' perceived vulnerability assessed the following aspects:

- economic i.e. economic status of the farm
- agronomic i.e. soil and crop conditions
- livestock-related i.e. herd conditions
- social i.e. relations with relatives, neighbours, and society
- work conditions including the workload and its difficulty.

For variables representing farmers' adaptation strategies, three groups of variables illustrated farm structure, herd-management intensity, and land-use intensity, respectively, following Bouttes et al. (2018b). These dimensions are often modified during conversion to organic farming. Ultimately, we included 21 adaptation strategy variables, composed of 4 farm structure variables, 8 land-use intensity variables, and 9 herd-management variables:

- number of dairy cows ("NbCows", livestock units (LU))
- utilised agricultural area ("UAA", ha)
- area accessible for dairy cow grazing ("Access", ha/cow)
- number of dairy cows per worker ("CowWork", LU/worker)
- percentage of UAA used to feed livestock ("UAALiv", %)
- percentage of harvested cereals in the UAA ("Cereals", %)
- percentage of pastures in the area used to feed livestock ("Pastures", %)
- percentage of maize cropping in the area used to feed livestock ("Maize", %)
- percentage of cereal-legume intercrops in the area of cereal cropping ("CerLeg", %)
- percentage of pastures including legumes in the area of pastures ("PastLeg", %)
- area grazed by dairy cows ("UAAGraz", ha/cow)
- stocking rate, calculated as the number of dairy cows per ha of the area used to feed livestock ("StockingRate", LU/ha)
- milk production per cow ("Milk", t milk/cow/year)
- age of heifers at first calving ("1stCalving", months)
- percentage of heifers in the herd ("Heifers", %)
- replacement rate, i.e. number of dairy cows in the herd replaced by heifers per year divided by the total number of dairy cows ("Replacement", %)
- calving interval, i.e. duration between two calvings ("CalvingI", days)
- calving distribution, i.e. spread of calvings over a year in the herd ("CalvingD", months)
- amount of concentrates distributed per livestock unit ("Conc", t/LU/year)
- duration of dairy cow grazing ("GrazD", months)
- duration of cow feeding without silage or wrapped bales ("NoSilage", months)

Data collection and statistical analysis

Data were collected through individual interviews from 2016–2018 concerning the previous year, i.e. from the last year of conventional farming (2015) up to the first year of organic farming (2017), and included key aspects of farms and farming systems. These aspects included geographic location, land use, herd structure and management (e.g. feeding, reproduction), and animal production. These data were supplemented with production data from the milk recording organisation (9 farms) and one local dairy (9 farms). The key features of the sample in 2015 and their evolution between 2015 and 2017 illustrate its diversity (**Table 1**).

In 2018, we collected qualitative data on the evolution and a final assessment of farmers' satisfaction. As we wanted to focus on farmers' perceptions of their situation at the end of the conversion and on the evolution of their situation, we asked farmers to answer two questions about each of the five satisfaction categories: (i) How do you feel today?, and (ii) How has your situation changed compared to 2015?, i.e. prior to the conversion to organic farming. To answer the first question, farmers pasted a sticker on a board with seven possible classes: very unsatisfied, unsatisfied, slightly unsatisfied, neutral, slightly satisfied, satisfied, very satisfied. To answer the second question, farmers pasted a sticker on a board with five possible classes: deterioration, slight deterioration, no change, slight improvement, improvement. For the work conditions category, six subcategories were distinguished: the workload and the difficulty of the regular works (as the milking), the workload and the difficulty of the seasonal works, the ability to have free time unanticipated (in case of problem on the farm), and free time (for holidays). When several associate farmers were present during the interviews, each pasted a different colour sticker, to represent the diversity of their viewpoints. We asked each farmer to explain his/her choice and noted the qualitative information.

	Farm	Farm size				Land-use intensity				Herd-management intensity			
		Land area (ha)		Dairy cows (LU)		Stocking rate (LU/ha of area used to feed livestock)		Maize cropping (% of UAA)		Milk production (t milk/cow/yr)		Concentrate distribution (t/LU/yr)	
		2015	2015-2017	2015	2015-2017	2015	2015-2017	2015	2015-2017	2015	2015-2017	2015	2015-2017
ADAPTATION STRATEGY 1	F15	98	↗	52	=	1.0	↘	5	↘↘↘	6.4	↗	1.4	=
	F10	52	↘	40	=	0.9	↗↗	4	↘↘↘	6.5	↘↘	1.8	↘↘↘
	F19	95	↗	36	↘	0.5	↘↘	0	=	5.7	↘	1.3	↗
	F13	50	↗	40	=	1.5	↘↘	10	↘	6.5	↘	1.1	=
	F17	81	↗↗	52	↗	1.1	↘↘	10	↘↘↘	7.2	↘	1.6	↘
	F3	127	↗	60	↘	1.1	↘	13	↘↘	6.7	↘	NA	NA
	F9	74	↗	66	=	1.1	↗↗	27	↘↘	7.7	↘↘	1.2	↘↘
	F6	53	↗	35	↗	1.0	↘↘	19	↘↘↘	5.9	↘↘	1.2	NA
	F14	96	=	57	↘	1.0	↘	4	↘	6.5	↘	1.2	=
	F4	50	↘	35	↘	1.2	↘	12	↗↗	6.2	↗	NA	NA
	F12	70	=	46	↗	1.0	↗↗	18	↘↘	6.1	↘	1.2	↘
ADAPTATION STRATEGY 2	F7	107	↗	70	↘	1.4	↗	16	↘↘	7.9	↘↘	2.1	↘↘↘
	F16	84	=	70	↘	1.3	=	11	↘↘	7.5	↘	1.7	↘
	F11	57	↗	65	↘↘	2.0	↘↘	21	↘↘↘	7.0	↘	1.9	NA
	F18	76	=	63	↘↘	1.6	↘↘	13	↘↘↘	7.6	↘	2.2	↘↘
	F5	72	=	80	↘↘	1.9	↘↘	35	↘↘	6.9	↗	2.2	=
	F8	57	↗↗	53	↗	2.0	↘↘	30	↘↘↘	7.6	↘↘	1.1	↘
	F1	145	=	125	=	1.7	↘↘	20	↘	6.2	↘↘	2.0	↘↘↘
	F2	126	↘	80	↘	1.7	↘↘	18	↘↘	6.4	↘	2.3	↘↘↘
Mean	83		59		1.3		15		6.8		1.6		
Standard deviation	28		21		0.4		9		0.7		0.4		

Table 1 Key features of the sample farms in 2015 and their evolution from 2015 to 2017. Symbols represent the magnitude of the coefficient of variation from 2015 to 2017: ↘↘↘ is a decrease > 50%, ↘↘ is a decrease of 16–50%, ↘ is a decrease of 2–15%, = is no evolution, ↗ is an increase of 2–15%, ↗↗ is an increase of 16–50%. Farms are listed following hierarchical clustering performed on the initial values and evolutions of the variables of practices retained in the statistical analysis. Analysis identified two clusters of adaptation strategy, i.e. two trajectories during the conversion to organic farming, separated by a dashed line. LU = livestock unit, UAA = utilised agricultural area, NA = data missing. For the amount of concentrates distributed per animal, 2 data points were missing in 2015, 1 in 2016, and 3 in 2017.

To characterise the evolution of dairy farmers' adaptation strategies, principal component analysis (PCA) was performed using yearly data, i.e. 3 points per farm. An initial PCA identified relations among selected variables and projected the farms according to these relations. PCA was performed using the package *mixOmics* (Lê Cao et al. 2009; González et al. 2011) in R software. Another PCA was performed to identify clusters of adaptation strategies among farms using the initial value and slope of a linear regression of each adaptation strategy variable from 2015 to 2017 to illustrate the initial strategy and its trend. From this second PCA, hierarchical clustering on principal components (HCPC) was performed (Husson et al. 2010) to identify adaptation strategy clusters, which were drawn over the projection of farms from the first PCA (i.e. 3 points per farm over time). HCPC was performed using the package *FactoMineR* (Lê et al. 2008).

To characterise the evolution of dairy farmers' satisfaction, we transformed the stickers' positions into grades from -3 to 3 for the final value (7 classes), and from -2 to 2 for the trend (5 classes). When different viewpoints have been expressed for the satisfaction final level or evolution, and for the subcategories of the work conditions, we took the mean of the different grades. We transformed all these grades on a scale from 0 to 100 to harmonize the data for the statistical analysis. PCA was performed using the grades of final values and trends of the five satisfaction categories for each farm. Like for adaptation strategy clusters, HCPC was performed to identify satisfaction clusters during the conversion.

To identify which adaptation strategies improved farmers' satisfaction the most and reduced their perception of vulnerability, we first explored relations between adaptation strategy clusters and satisfaction clusters using a contingency table (Pearson chi-square test with simulated p-values, due to low counts in the contingency table). We then performed partial least-squares (PLS) regression to explain the evolution of vulnerability variables, i.e. satisfaction variables (final values and trends) from farmers' adaptation strategy variables (initial values and trends) over the three years. This model is a slight adaptation of Martin et al. (2017). PLS regression was performed using the package *mixOmics* (Lê Cao et al. 2009; González et al. 2011) in R software. For PLS regression, we removed the calving interval (initial value and trend) due to the amount of missing data. We also

removed the trends for calving distribution and stocking rate because they did not vary.

3.2.3 Results and discussion

Farmers' adaptation strategies for conversion

From the first PCA, component 1 of the correlation circle plot (Fig. 2a) explained 29% of the variance. Along component 1, duration of grazing, area grazed per cow, area accessible for dairy cows, percentage of UAA used to feed livestock, and percentage of pastures in the area used to feed livestock were highly correlated. These variables were negatively correlated with percentage of maize cropping in the area used to feed livestock, stocking rate, percentage of harvested cereals in the UAA, amount of concentrates distributed per animal, and number of cows. This indicates that the factorial plot could distinguish, at three points in time (last year of conventional, first and second year of conversion), between (i) farming systems with a focus on pastures and moderate land-use and herd-management intensities (**Figure 37a**, left side) and (ii) those with a focus on cropping and higher land-use and herd-management intensities (i.e. more concentrates and maize silage fed to cows, higher stocking rate, and more grain cereals cropped, including for cash crops (**Figure 37a**, right side)).

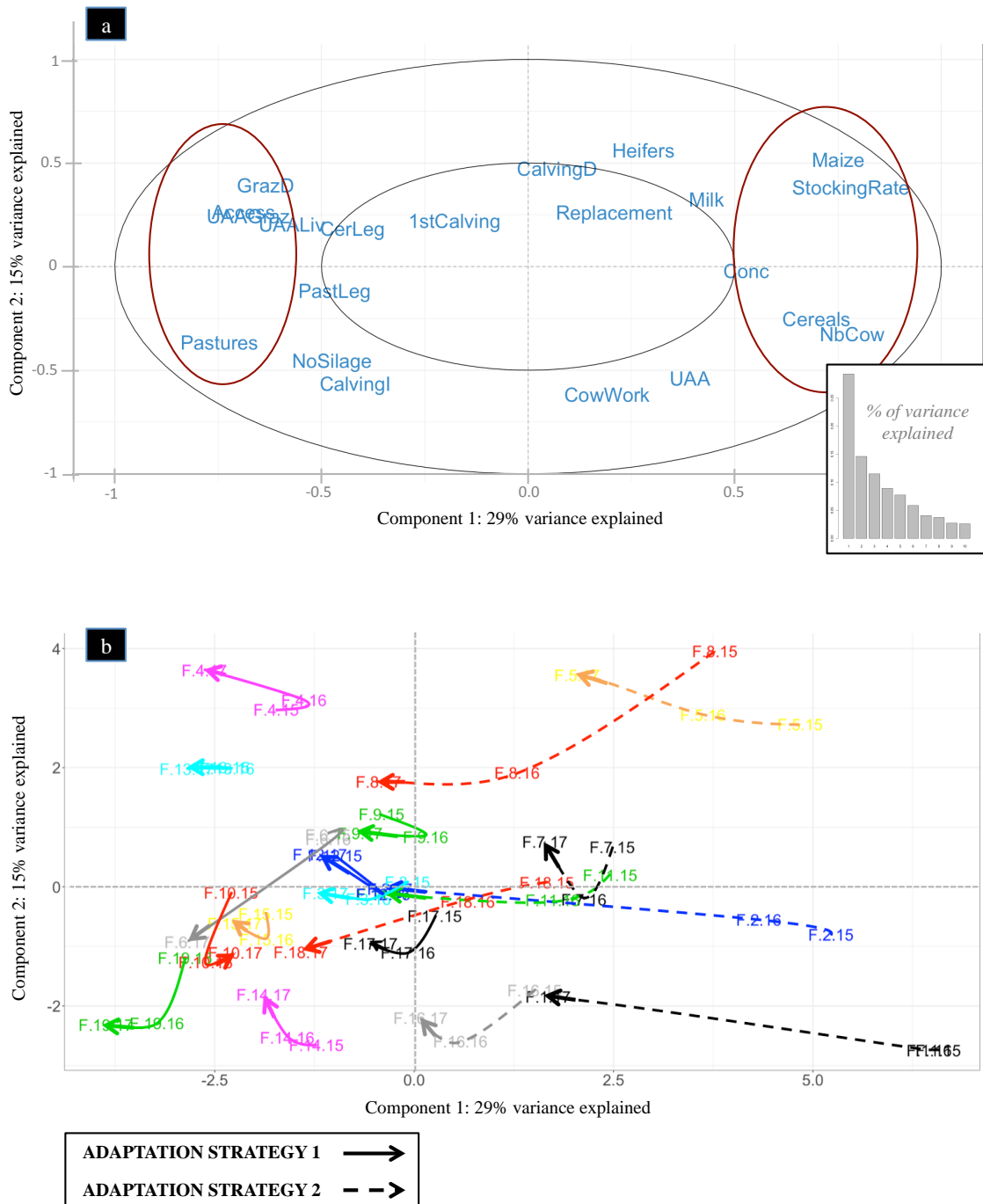


Figure 37 Principal component analysis (PCA) loading of the 19 variables of farmers' practices, showing (a) relations among variables along components 1 and 2 (explaining 29% and 15% of the variance, respectively) and (b) individual farms (F) identified by colour, number, and 2-digit year (for 2015, 2016, and 2017). For each farm, the three years are connected by a line to highlight its trajectory. Hierarchical Clustering on Principal Components of the initial values (2015, before conversion) and the slopes of the regression for the three years revealed two clusters for two adaptation strategies during the conversion to organic farming: adaptation strategy 1 (solid lines, 12 farms) and adaptation strategy 2 (dashed lines, 7 farms).

The projection of individual farms (**Figure 37b**) illustrates their trajectories during conversion. All adaptation strategies observed were oriented towards pasture-based grazing systems and a reduction in land-use and herd-management intensities (**Figure 37b**, all arrows pointing to the left). HCPC of initial values and trends of adaptation strategy variables distinguished two clusters: adaptation strategy 1 (11 farms) and adaptation strategy 2 (8 farms). The 11 farms following adaptation strategy 1 (F3, F4, F6, F9, F10, F12, F13, F14, F15, F17, and F19) were most similar to organic farming models when conventional, i.e. pasture-based farming systems with a focus on grazing and moderate land-use and herd-management intensities. Except for farm F6, they evolved less during the conversion than the farms following adaptation strategy 2.

For their structure variables, the number of cows ranged from 35–66 LU in 2015 (mean = 47 LU) and evolved little, with slopes ranging from -2.5 to 3.1 LU/yr (mean = -0.4 LU/yr), reaching 30–66 LU (mean = 46 LU) in 2017. Accessible area ranged from 0.5–1.2 ha/cow in 2015 (mean = 0.9 ha/cow) and evolved little, with values ranging from 0.5–1.3 ha/cow (mean = 0.9 ha/cow) in 2017. Even when conventional, these farms had at least the minimum area necessary for dairy cow grazing (0.3 ha/cow, according to local advisers).

As a result, farmers used nearly all the area accessible for grazing. It ranged from 0.3–1.0 ha/cow (mean = 0.5 ha/cow) in 2015 and evolved little or increased slightly, ranging from 0.4–1.0 ha per cow (mean = 0.6 ha/cow) in 2017. The percentage of pastures in the area used to feed livestock ranged from 67–94% (mean = 83%) in 2015 and decreased slightly or increased, with slopes ranging from -4.5% to 8.0%/yr (mean = 1.5%/yr), to 73–96% (mean = 86 %) in 2017. The percentage of maize in the area used to feed livestock was low in 2015 (0–25%; mean = 12%) and tended to decrease or not evolve, with slopes ranging from -5.5% to 1.0%/yr (mean = -2%/yr), to 0–17% (mean = 8%). Thus, these farms focused mainly on pastures for grazing cows when conventional and slightly strengthened this strategy during the conversion.

The percentage of harvested cereals in the UAA ranged from 0–19% (mean = 11%) in 2015 and decreased slightly or increased, with slopes ranging from -3.5% to 8.5%/yr (mean = 1.5%/yr), to 0–23% (mean = 14%) in 2017. This was related to the decrease to slight increase in the percentage of UAA used to feed livestock, which indicates that crops were grown mainly to feed animals. The stocking rate was relatively low in 2015 (0.5–1.5 LU/ha; mean = 1.0 LU/ha) and evolved little, with values ranging from 0.5–1.3 LU/ha (mean = 1.0 LU/ha) in 2017.

For their herd-management intensity variables, the duration of grazing was relatively long in 2015 (6.0–9.5 months; mean = 8 months) and evolved little by 2017 (6.0–8.5 months; mean = 8 months). In 2015, the amount of concentrates distributed per animal ranged from 1.1–1.8 t/LU/yr (mean = 1.3 t/LU/yr) and decreased or did not evolve (slopes = -0.6 to 0.0 t/LU/yr), to 0.6–1.5 t/LU/yr (mean = 1.1 t/LU/yr). Overall, the variables highlighted in the PCA evolved little during the conversion to organic farming, as these farms already had a pasture-based system when conventional.

The 8 farms following adaptation strategy 2 (F1, F2, F5, F7, F8, F11, F16, and F18) were those initially most dissimilar to organic farming models, i.e. higher land-use and herd-management intensities when conventional than farms following adaptation strategy 1. They also implemented adaptation strategies that focused on pasture-based grazing systems but made larger changes during the conversion.

For their structure variables, these farms had more cows in 2015 (53–125 LU; mean = 76 LU) than those following the other strategy. The number of cows mainly decreased, with slopes ranging from -13.0 to 0.6 LU/yr (mean = -4 LU/yr), to 53–125 LU (mean = 68 LU) in 2017. The accessible area ranged from 0.2–0.6 ha/cow (mean = 0.4 ha/cow) in 2015 and evolved little, ranging from 0.2–0.7 ha/cow (mean = 0.4 ha/cow) in 2017. Three farms fell below the minimum threshold (< 0.3 ha/cow). Two farmers found solutions to slightly increase their accessible area during conversion, but the farmer with the greatest limitation (0.2 ha/cow) did not change it.

For land-use intensity variables, the grazed area was lower in 2015 (0.0–0.4 ha/cow; mean = 0.2 ha/cow) than that in farms following the other strategy. It increased or did not evolve, reaching 0.2–0.4 ha/cow (mean = 0.3 ha/cow) in 2017. The percentage of pastures in the area used to feed livestock ranged from 44–82% (mean = 63%) in 2015 and increased, with slopes ranging from -1.5% to 10%/yr (mean = 6.6%/yr), to 63–97% (mean = 76%) in 2017. The percentage of maize cropping in the area used to feed livestock was relatively high in 2015 (12–40%; mean = 25%) and decreased greatly, with slopes ranging from -11% to -2%/yr (mean = -6%/yr), to 0–27% (mean = 13%). This was related to the large change in focus to using pastures to feed livestock during the conversion. During the conversion, the area of pastures used to feed livestock increased on these farms.

The percentage of UAA used to feed livestock ranged from 69–93% (mean = 84%) in 2015 and mainly increased, with slopes ranging from -7% to 16%/yr (mean = 4%/yr), to 72–102% (mean = 91%) in 2017. The percentage of harvested cereals in the UAA ranged from 17–44% (mean = 25%) in 2015 and mainly decreased, with slopes ranging from -10% to 3%/yr (mean = -3%/yr), to 12–32% (mean = 18%) in 2017. This was related to the increase in the percentage of UAA used to feed livestock, which indicates that these farms initially had a strategy based on exporting cereals or/and changing their feed strategy to focus more on fodder. The stocking rate was relatively high in 2015 (1.3–2.0 LU/ha; mean = 1.7 LU/ha) and decreased, with slopes ranging from -0.3 to 0.0 LU/ha/yr (mean = -0.2 LU/ha/yr), to 1.0–1.6 LU/ha (mean = 1.3 LU/ha) in 2017.

For herd-management intensity variables, the duration of grazing ranged from 0–8 months (mean = 5.1 months) in 2015 and increased or did not evolve, with slopes ranging from 0–4.5 months/yr (mean = 1.3 months/yr), to 6–9 months (mean = 7.7 months) in 2017. During the conversion, these farms transformed their strategy to focus more on grazing. The amount of concentrates distributed per animal ranged from 1.1–2.3 t/LU/yr (mean = 1.9 t/LU/yr) in 2015 and decreased, with slopes ranging from -0.7 to 0.0 t/LU/yr (mean = -0.3 t/LU/yr), to 0.7–2.2 t/LU/year (mean = 1.3 t/LU/yr) in 2017. Overall, the variables highlighted in the PCA changed during the conversion. These farms were fairly intensive when conventional and increased grazing during the conversion to organic farming.

The farms were chosen for their diverse initial situations, which we expected would result in diverse adaptation strategies during the conversion. Although the sample of 19 farms is relatively small, the results show contrasting adaptation strategies during conversion, related to the similarity of the farms' practices to organic specifications prior to the conversion. These observations support our sampling strategy of identifying farms with the participation of all local organic dairy advisers accredited to support the conversion to organic farming, and then asking the first interviewed farmers whether they knew other farmers who might have an interest in conversion (snowball effect). Discussions with local advisers from other regions are necessary to challenge our results compared to the broader vision of the adaptation strategies farmers implemented during the conversion to organic.

All the adaptation strategies observed were oriented towards pasture-based grazing systems and a reduction in land-use and herd-management intensities; however, the initial situation and the degree of change revealed two general strategies. Our results agree with Bouttes et al. (2018a), who identified these two types of adaptation strategies based on a 5-year survey of dairy farms in Brittany, France, from their last year of conventional farming up to two years following the conversion. The farms initially dissimilar to organic farming models in the French context transformed their farming systems the most to increase autonomy in animal feeding and other aspects (e.g. decision-making), in a way similar to that of conventional dairy farms transitioning towards autonomy (Coquil et al. 2013;

Lebacqz et al. 2015). Organic inputs are far more expensive than conventional inputs. Thus, the changes implemented aim to rebalance the potential productivity of the land and herd feed requirements so that farmers can recover room to manoeuvre. This is one key motivation to convert to organic farming, as shown by Bouttes et al. (2018b), who revealed that farmers felt trapped in the conventional system, in which they had no choice but to continue growing and taking advantage of economies of scale.

Our study considered only the regulatory duration of the conversion. For farmers, changes are implemented over a longer period of time (Lamine and Bellon 2009a). It might be relevant to study adaptation strategies throughout a farmer's entire career (Bellon et al. 2007), thus including the farmer's previous practices (Lamine 2011a) and the changes implemented after the two years of regulatory conversion. Because our method relies on linear regressions of variables, it cannot identify time periods that reflect different adaptation strategies over a longer period of time (e.g. decades); doing so would help understand the conversion to organic over such a timeframe. Thus, a complementary approach could be to implement the concept of agronomic-coherence phases that Chantre et al. (2015) developed to characterise transitions toward decreased inputs on field crops throughout a farmer's career. This approach might be useful for highlighting coherence phases of adaptation with a broader perspective than our approach and would consider more years before and after the regulatory duration of the conversion.

Evolution of farmers' satisfaction during conversion

We analysed the evolution of farmers' satisfaction during the conversion to organic farming using PCA and HCPC to identify relations among variables and distinguish satisfaction clusters among farms. Farmers were mostly satisfied across all five satisfaction categories at the end of the conversion and generally considered that their situation had improved (**Figure 38**). Farmers had a positive or neutral evaluation of the evolution and final level of their economic and social situations. Only 6% of the evaluations were lower than neutral (i.e. grades < 50) and concerned three of the five satisfaction categories: agronomic (evolution or final level), livestock-related (evolution) and work conditions (evolution or final level). In total, 84% of evaluations were neutral or higher: 41% had a grade of 100 and only 19% were neutral (i.e. grade of 50). Only 4% of evaluations had grades of 26–49, while 2% had a grade of 25 (the minimum grade). No farms had only negative or neutral evaluations. However, 9 farms evaluated either a final level or evolution negatively, while 1 farm evaluated both of them negatively (and in the same satisfaction category: agronomic). No farms had grades of 100 in all categories, but among the 9 farms with only neutral or higher evaluations, only 3 farms had higher than neutral evaluations in all categories.

For the final levels of satisfaction, 92% of evaluations were higher than neutral and 36% had a grade of 100. Only 2% of the evaluations were neutral, while 6% were lower than neutral. The social satisfaction category received the most grades of 100 (68% of farmers). Satisfaction about work conditions had the lowest evaluations, with no farmers giving it a grade of 100. Only agronomic satisfaction and satisfaction about work conditions had final levels with scores of 26-49 (16% of farmers each).

For the evolution of satisfaction, 76% of evaluations were higher than neutral and 45% had a grade of 100. In contrast, 19% and 5% of the evaluations had grades of 50 or 25-49, respectively. Farmers felt that economic and social satisfactions had increased the most, with 79% and 74% of farmers, respectively, giving a grade of 100. In contrast, only 5% of farmers gave satisfaction about work conditions a grade of 100, in line with results for the final level. Agronomic and livestock-

related satisfaction had the lowest grades, with 5% and 11% of farmers, respectively, giving a grade of 25.

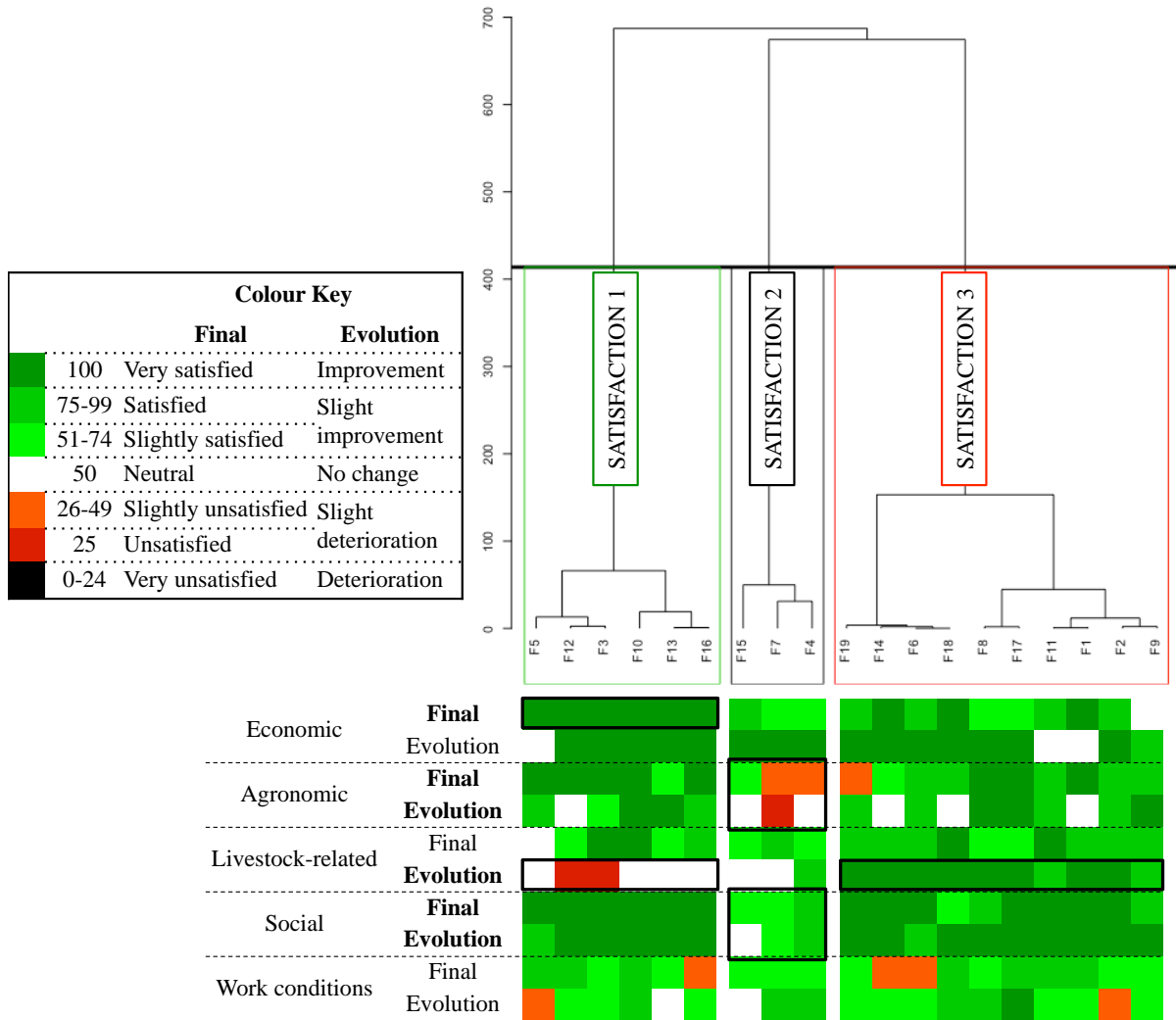


Figure 38 Hierarchical Clustering on Principal Components of farmers' satisfaction (graded from 0–100) based on the final level and evolution of five satisfaction categories during conversion to organic farming, revealing three clusters of farms (F1–F19). Satisfaction sub-categories in bold were those that were influential in distinguishing the clusters. Blocks of farms × sub-categories that characterise a given cluster are outlined in black.

Components 1 and 2 of the PCA of satisfaction variables (final values and trends) (not shown) explained 27% and 25% of variance, respectively, which helped explain relations among the variables. Along component 1, final levels of agronomic and social satisfaction and their evolution were positively correlated. The final level of economic satisfaction lay between component 1 and 2, independent of other variables. The evolution of livestock-related satisfaction lay along component 2 and was also independent of other variables. The HCPC distinguished three clusters (**Figure 38**).

The first satisfaction cluster included 6 farms (F3, F5, F10, F12, F13, and F16). This cluster had (i) high final economic satisfaction (all grades of 100) influenced by a general increase in economic satisfaction (grades of 50–100; mean = 92) and (ii) decrease or no change in livestock-related satisfaction (grades of 25–50; mean = 42), resulting in a final livestock-related satisfaction of 50–100 (mean = 75) despite the decrease in satisfaction during conversion for two of the farms. The other satisfaction variables did not distinguish the farms as only two of their grades were less than 50.

The farmers explained that their high grades for final economic satisfaction reflected the additional subsidies obtained during the conversion (from the dairy and the government) and the satisfaction of their first payment for milk at the organic price. They also mentioned that production costs decreased once they became organic due to, among other things, climate conditions favourable for grazing during the last year of their conversion. These farmers chose asynchronous conversion, which one farmer described as an economic facilitator: after converting the land for one year, converting the herd lasted six months, from spring to winter 2018. These six months can be economically difficult for farmers because they have to feed animals organic feed, which is much more expensive, while not obtaining the organic price for milk. During spring and summer, grazing cows can reduce the use of feed inputs. One farmer was economically satisfied before the conversion. He explained that while his level of satisfaction had not changed at the end of the conversion, the balance between expenses and income had. Before the conversion he produced a lot of milk and had higher expenses, while at the end of the conversion he produced less milk with fewer cows but had

lower expenses and a higher price for milk. Other farmers were unsatisfied before the conversion and perceived that their situation had improved greatly. This satisfactory economic situation helps farmers to feel less vulnerable, with more room for manoeuvre in the future, and strengthens their emotional buffer to better respond to changes.

In contrast, these farmers perceived no improvement in their livestock-related satisfaction and hoped that the situation would improve in the future. Instead, some experienced a large decrease in the quantity and quality of milk during their first few organic winters and were still looking for solutions. Livestock-related satisfaction is an important factor for farmers' confidence in themselves and their farming system, and one that farmers need to decrease their perception of vulnerability. Otherwise, farmers may become nervous or even depressed if they believe that problems of milk quality and quantity indicate failure and may impact farm profitability.

The second satisfaction cluster included 3 farms (F4, F7, and F15). This cluster had lower grades for the final level and evolution of agronomic and social satisfactions than the other clusters. Agronomic satisfaction decreased or did not change, depending on the farm (25–50; mean = 42) and had mostly low final grades (33–67; mean = 44). Social satisfaction increased or did not change (50–75; mean = 63), with relatively high final grades (67–83; mean = 72). All grades exceeded 50 for the other satisfaction variables, which did not distinguish the farms.

For agronomic satisfaction, the farmers had diverse experiences during the conversion. On one farm, the farmer set up no-till trials while converting to organic, and the results were unsatisfactory. Another farmer was disappointed with the cereal and pasture yields. The remaining farm in this cluster changed little during the conversion. Agronomic satisfaction is another key component for farmers when assessing their work successes and failures. For these dairy farmers, the agronomic health of their fields reflects their autonomy in animal feeding, which they consider a major factor reducing vulnerability.

For social satisfaction, two farmers provided ambivalent answers: the social situation in the non-agricultural environment improved, especially with other organic farmers, but interactions with conventional farmers deteriorated. For the remaining farm in this cluster, farmers evaluated the situation positively, with no changes. In the farming community, solidarity with neighbours is of primary importance when the farmer encounters hazards and/or performs collective field work, such as harvesting silage maize. Thus, deterioration of social relations with neighbouring farmers tends to increase farmers' perception of vulnerability. More positive interactions with people outside the farming community are a great emotional support and may create economic opportunities for direct sales, thus reducing vulnerability.

The third satisfaction cluster included 10 farms (F1, F2, F6, F8, F9, F11, F14, F17, F18, and F19). Livestock-related satisfaction increased, with grades ranging from 75–100 (mean = 95), and had high final levels (67–100; mean = 83). The grades of the other satisfaction categories did not distinguish the farms and ranged from 38–100. The farmers related this improvement to the perception of fewer animal health problems and higher milk quality, although some farmers remained anxious about the latter. Some farmers related this improvement to the decrease in the number of cows and the increase in the amount of grazing in their diet. Due to these changes, farmers felt that they were more attentive to individual cow issues and were accordingly more proactive and reactive.

From the main body of the literature, we expected farmers to have less economic and agronomic satisfaction after the conversion to organic (MacRae et al. 1990; Lamine and Bellon 2009a). Several studies indicated that conversion to organic farming might be an economically or/and technically difficult time for farmers, which could imply a higher sensitivity to hazards. Padel (2001) argues that the conversion is often costly. Other authors indicate an “organic transition effect” (Liebhardt et al. 1989; MacRae et al. 1990), i.e. technical and economic performances decrease for the first few years after conversion, but after three years or more, soil quality and biological activity improve and lead to an increase in yields. Martini et al. (2004) suggest that the learning required to develop the

skills involved in organic farming could result in more technical failures in the first few years after conversion.

These studies highlight uncertainties in the agronomic and therefore economic performances during conversion. Agroecosystem responses to changes in practices are unknown for farmers, as is the time required for the agroecosystem to reach a new equilibrium. Thus, farmers might experience technical failures and/or an uncertain and stressful period. These emotional difficulties would result in a reduced ability to absorb and adapt to changes, i.e. increased vulnerability. In our study, farmers were economically satisfied at the end of the conversion and were mostly satisfied with the agronomic performances. Among economic perceptions, many farmers mentioned the reduction in production costs, the support provided by conversion subsidies (from the European Union and the local dairy), and their satisfaction with the first payment for milk at the organic price.

In our study, most farmers were more satisfied at the end of their conversion than when conventional. Our results agree with those of Mzoughi (2014), who demonstrated that farmers in the process of conversion were happier than conventional farmers. All farmers interviewed evaluated economic and social satisfaction positively (evolutions and final levels), which highlights the importance of (i) financial compensation to increase satisfaction, i.e. the profitability during the conversion; and (ii) social compensation, i.e. social recognition by society (Mzoughi 2014). For the social aspect of our results, social satisfaction increased for 18 farmers, with only one farmer indicating no change. This confirms previous research that highlights that social recognition is an important motivation for converting to organic farming (Bouttes et al. 2018b; Xu et al. 2018). Social relations within or outside the agricultural community strongly influence the emotional status of farmers and are key for their ability to struggle against and react to hazards. Social interactions also reflect the support farmers may receive when encountering hazards, which is an important aspect of vulnerability.

Our method focuses on farmers' perceptions of vulnerability through five satisfaction categories. We considered all five categories together to distinguish patterns in satisfaction, which is relevant for discussing the trade-offs between satisfaction categories. However, this analysis cannot identify the overall reasons for satisfaction and dissatisfaction in each category. Further qualitative studies should be pursued to better understand the reasons that underlie the positive and negative evaluations farmers expressed. We assumed that all five categories contributed to overall vulnerability to the same degree, but farmers might have different perceptions, with different weights assigned to each category. A method that considers individual prioritisation, i.e. which category is the most important to each farmer, could help adapt the support provided to a conversion project, according to the farmer's objectives.

To evaluate satisfaction, our method entailed asking farmers to self-report their perceptions of satisfaction, as in Mzoughi (2014). This approach has several limitations (Conceição and Bandura 2008). Circumstances and individuals' emotional states at the time of the discussion might influence their evaluation greatly. This approach could be supplemented with other methods, such as an evaluation several times a year (e.g. each month) over a longer period.

Relations between farmers' adaptation strategies and satisfaction during conversion

The contingency table between the satisfaction and adaptation strategy clusters (**Table 2**) was used as the basis for a chi-square test that yielded a p-value of 0.8. Thus, we cannot conclude that a given adaptation strategy results in a specific pattern of satisfaction. Instead, it seems possible to reach a given pattern of satisfaction from different trajectories. We supported this conclusion with the PLS analysis, which helped to explain the satisfaction variables and the adaptation strategy variables without considering the previously established clusters. The PLS regression explained only the evolutions of economic and agronomic satisfaction but not those of the other vulnerability variables. A single adaptation strategy could not explain the evolutions of these two satisfaction variables. As these results did not provide more insights than the contingency table, we did not show the graph or comment on it in specific detail.

	Satisfaction 1	Satisfaction 2	Satisfaction 3
	6 farms	3 farms	10 farms
Adaptation strategy 1	4 farms: F3, F10, F12, F13	2 farms: F4, F15	5 farms: F6, F9, F14, F17, F19
11 farms			
Adaptation strategy 2	2 farms: F5, F16	1 farm: F7	5 farms: F1, F2, F8, F11, F18
8 farms			

Table 2 Contingency table between satisfaction clusters and adaptation strategy clusters, showing the farms in each cluster identified by partial least squares regression.

Our results provided no firm conclusions on relations between the adaptation strategies and satisfaction clusters identified, i.e. different adaptation strategies can result in the same satisfaction cluster. This does not agree with more quantitative studies (Zundel and Kilcher 2007; Bouttes et al. 2018a) that highlighted relations between the initial farm situation when conventional and evolution of vulnerability. Using four quantitative variables defined by experts to assess farm vulnerability (i.e. farm productivity, economic efficiency, profitability, and independence from subsidies), Bouttes et al. (2018a) highlighted that dairy farms initially dissimilar to organic farming models decreased their vulnerability more than other farms did. In contrast, Zundel and Kilcher (2007) suggested that yields decreased the most when the farm used a high level of inputs before the conversion.

Farmers' satisfaction does not necessarily align with measured data on expert-based vulnerability indicators. Indeed, farmers may assess their satisfaction using variables different than those used by experts, or they may weigh the importance of satisfaction categories differently. Discussions with farmers on cross-comparisons between their perceived satisfaction and measured data on expert-based vulnerability indicators could provide new insights for assessing farm vulnerability.

Farmers' perceptions of farm vulnerability should be considered in the support that local advisers provide during the conversion to organic farming. Although quantitative references are important to help farmers initiate and develop the conversion and reduce vulnerability, farmers must determine the adaptation strategies that correspond most to their objectives. Farmers with positive perceptions of farm management and a high degree of satisfaction with the results of the practices they implement are better equipped to absorb the costs of changes and adaptations and to develop adaptive capacity, i.e. be less vulnerable (Marshall et al. 2014).

3.2.4 Conclusion

We investigated which adaptation strategies could reduce farmers' perceptions of vulnerability, i.e. their satisfaction during conversion to organic farming. Our results highlighted that all farmers were satisfied following the conversion to organic, which resulted in a decrease in perceived farm vulnerability. All adaptation strategies focused on pasture-based grazing systems and a reduction in land-use and herd-management intensities. We identified two patterns of adaptation strategies: (i) systems similar to organic farming models when conventional that changed little during conversion, and (ii) systems initially dissimilar to organic farming models that implemented adaptation strategies that increased grazing, with major changes during the conversion. We cannot conclude, however, that a given adaptation strategy leads to a specific pattern of satisfaction. Different initial situations and different amounts of change required to adapt strategies could result in the same pattern of satisfaction.

This study was relatively exploratory and requires further analysis of relations between the evolution of farmers' adaptation strategies and their perceptions of vulnerability during the conversion to organic farming. It would be relevant to expand this approach to larger samples and a longer time period. It would also be interesting to cross-compare these results with measured data on expert-based vulnerability indicators instead of farmers' perceptions of vulnerability variables.

Acknowledgments

This study was funded by INRA and the Midi-Pyrénées region as part of the ATARI project and Maëlys Bouttes's Ph.D. project, and by the French ANR Agrobiosphère program as part of the TATABOX project (ANR-13-AGRO-0006). The authors wish to thank the farmers who generously gave their time for the interviews. We thank Marie Destruel for her help in organizing the data and performing the interviews in the second year. We thank Jean-Christophe Vidal, Claudine Murat, Stéphane Doumayzel, Sandrine Viguié, Alexandre Bancarel, Johan-Kévin Galtier, Maxime Vial, Christian Issaly, Francis Rigal, Alexandre Saurel, Lucie Bastide, Pascal Massol and Vincent Savy for their participation in the focus groups. We thank Laurent Bedoussac, Michel Duru, Julien Quenon, Augustine Perrin, and Magali Willaume for their participation in the two writing workshops we organised.

4 ÉVOLUTION DE LA VULNÉRABILITÉ ÉVALUÉE À PARTIR DE VARIABLES TECHNICO- ÉCONOMIQUES PENDANT LA CONVERSION

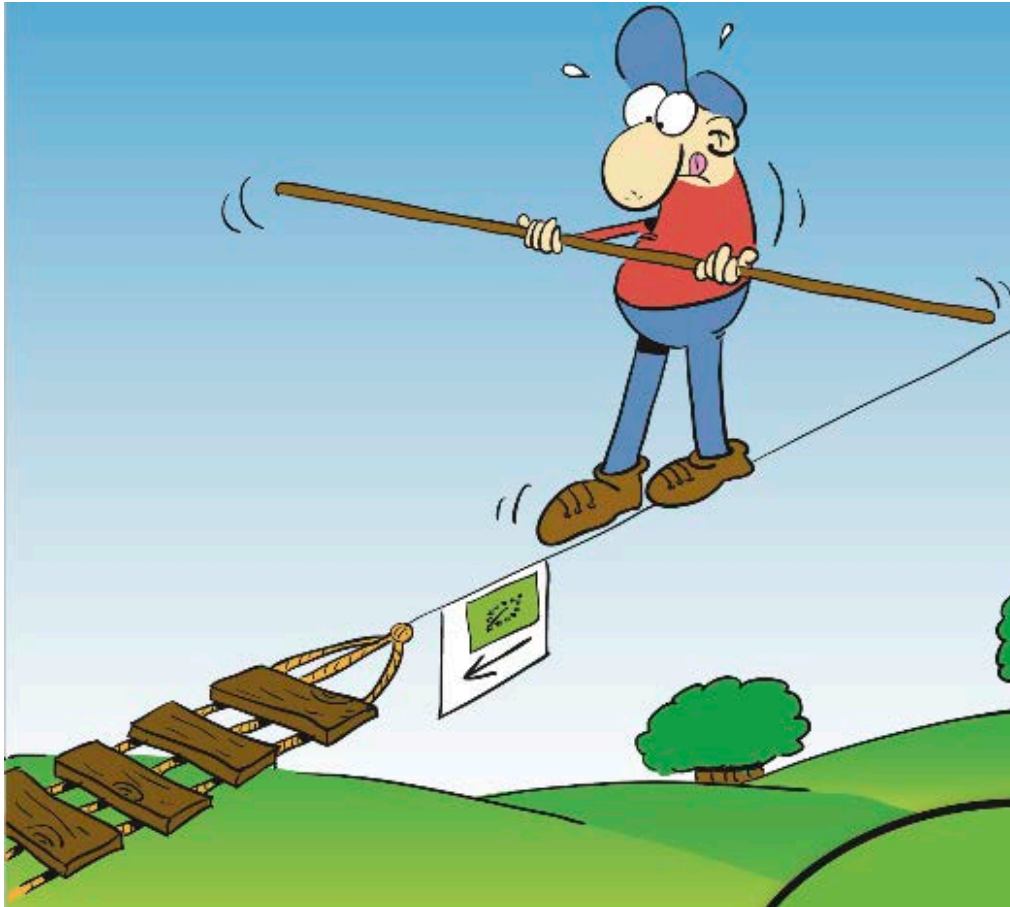


Figure 39 Passer en AB pour réduire sa vulnérabilité : un agriculteur marche vers l'AB en quittant une situation très risquée (fil très fin) pour une situation moins vulnérable (des marches sur le fil) en AB. Source extrait d'un dessin de Zl'ex pour l'article Bouttes et al. (2018)

4.1 Introduction

Le deuxième article de cette thèse a permis de mettre en évidence que la vulnérabilité perçue par les agriculteurs est fortement réduite lors de la conversion à l'AB. Baser l'analyse de la vulnérabilité sur la perception des éleveurs rend difficile la transposition des résultats à d'autres contextes. C'est pourquoi nous avons complété cette approche par une analyse de la vulnérabilité avec des variables technico-économiques plus classiques choisies par des experts. Cela permet de produire plus facilement des références diffusables aux agriculteurs, notamment des repères sur les stratégies d'adaptation réduisant le plus la vulnérabilité des exploitations laitières durant la conversion à l'AB.

Pour répondre à ces objectifs, nous nous sommes appuyés sur l'analyse d'une base de données du réseau GAB-FRAB en Bretagne. Des conseillers et stagiaires de ce réseau ont suivi pendant 5 ans de 2008 à 2012 douze exploitations d'élevage bovin laitier sur la région. Ces fermes ont initié leur conversion en 2009, au moment de la première crise laitière. Ces données nous ont permis d'étendre notre période d'analyse de la vulnérabilité à deux années après la conversion.

Cet article a été écrit en collaboration avec un stagiaire de fin d'études, Niels Bize, des conseillers du réseau GAB-FRAB, Goulven Maréchal et Guillaume Michel, et une chercheuse en statistiques, Magali San Cristobal.

4.2 Article 3 : Dairy farms initially dissimilar to organic farming decrease their vulnerability most during conversion to organic – a case study in Brittany, France

Submitted on July 12, 2018 to Agronomy for Sustainable Development

Maëlys Bouttes^{a,*}, Niels Bize^{a,*}, Goulven Maréchal^b, Guillaume Michel^c, Magali San Cristobal^d, Guillaume Martin^a

^a AGIR, Université de Toulouse, INPT, INP-PURPAN, INRA, 31320 Auzeville, France

^b FRAB Bretagne, 35510 Cesson-Sevigné, France

^c GAB 22, 22193 Plérin, France

^d DYNAFOR, Université de Toulouse, INRA, INPT, INPT-EI PURPAN, 31326 Castanet-Tolosan, France

* Both authors contributed equally

Abstract

In the context of the European crisis in conventional milk production, conventional farms potentially dissimilar to organic farming models are converting to organic. This raises the issue of farm vulnerability during and after the conversion to organic farming, i.e. the farm's ability to respond to the effects of technical, climatic and economic risks. Farmers and farm advisers need information on the adaptive strategies that decrease farm vulnerability the most.

Our objective was to show whether and how dairy farm vulnerability can decrease during and after conversion to organic farming. We surveyed a sample of 12 dairy farms in Brittany, France, from 2008 (their last year using conventional practices) to 2013. We analysed relations between the changes in farming practices and farm vulnerability. Our method considered farm vulnerability a function of the initial level of and trend in farm productivity, economic efficiency, profitability and independence from subsidies. We related these vulnerability variables to explanatory variables that illustrated farm exposure to climatic and economic variability and farming practices.

The results show that nearly all farms improved their economic efficiency (11/12), about two-thirds improved their productivity (8/12) and profitability (7/12), and half improved their independence from subsidies (6/12). Farms had diverse vulnerability patterns, with trade-offs between the initial situation and the trend followed during the conversion, and among vulnerability variables. We identified two main adaptation strategies: (i) pasture-based farms that were similar to organic farming models when conventional and that did not change much during the conversion, and (ii) farms based on maize and feed concentrates when conventional that drastically changed following the conversion. The latter farms had the greatest decrease in vulnerability and improved their productivity, profitability, economic efficiency and independence from subsidies. We show that converting to organic farming can be a powerful mechanism for reducing farm vulnerability.

Keywords

Organic agriculture, dairy farming, farm management, resilience, robustness, sustainability

4.2.1 Introduction

Farmers encounter an increasingly turbulent context characterised by volatility in the prices of inputs and outputs (Wright 2011) and more frequent extreme climatic events (IPCC 2013). In Europe, since the increased liberalization of the dairy sector in the 2000s, great instability in the milk market has challenged many dairy farmers (Brehon 2009). After the first major crisis in 2009, it was unclear when conventional milk prices would recover, so farmers began to consider alternative markets. In France, some farmers perceived that entering organic markets was a promising strategy, as the price of organic raw milk was higher and remained relatively constant over time. In 2009, the specifications for organic farming were standardised in European Union countries, which resulted in fewer restrictions for French organic farms. Thus, in Brittany, the highest-producing dairy region in France (Agreste 2015), 90 dairy farmers began their conversion in 2009, compared to 2-18 conversions per year from 2004-2008 (Despeghel, FRAB, pers. comm.).

When converting to organic farming, farmers implement management practices according to organic specifications from the beginning of their conversion. However, they are paid organic milk prices only after 18 or 24 months, depending on the type of conversion chosen (synchronous or asynchronous conversion of land and the herd). Thus, initiating a technical transition in a turbulent economic context is particularly challenging. This raises the issue of the vulnerability of dairy farms during and after their conversion to organic farming. Vulnerability depends on (i) the exposure of agricultural systems to these risks, i.e. their degree, duration and extent; (ii) the sensitivity of agricultural systems to these risks, i.e. the degree to which they are affected; and (iii) their ability to respond and adapt to, or recover from, these risks (Smit and Wandel 2006). Farmers and farm consultants need updated and contextual information on the most successful adaptation strategies to reduce farm vulnerability during and after conversion to organic farming.

Several studies analysed farm trajectories over time to identify drivers of change (García-Martínez et al. 2009; Chantre and Cardona 2014) and relate farming practices to the resulting performances (Falconnier et al. 2015). They did not focus on the conversion to organic farming, however, which often requires extensive system redesign and results in distinct changes in the patterns of farm performances. These studies considered strategic changes and consequently used multi-year time steps (up to 14 years in García-Martínez et al. (2009)), whereas year-to-year tactical adaptations are essential to capture the timeframe of the conversion to organic farming. Most of these studies focused on a single performance (i.e. productivity, economic efficiency or profitability) and failed to address trade-offs among these performances that explain farm vulnerability. In contrast, studies focused on the conversion to organic farming address mainly farmers' motivations and doubts during the conversion period (Flaten et al. 2006; Lamine and Bellon 2009a; Cranfield et al. 2010). While this is a key determinant of farmers' vulnerability during and after their conversion to organic, it fails to encompass the entire issue, which may also include the adaptation strategies and farming practices that farmers' implemented (**Figure 40**). These adaptations may result in multiple changes in farm performance patterns (Reed et al. 2013; Lebacqz et al. 2015). When converting to organic farming, the trade-offs between farm productivity, economic efficiency and profitability that illustrate farm vulnerability could change drastically. Another key component of farm vulnerability is independence from subsidies, as profitability of the least vulnerable farms should not depend too much on subsidies.



Figure 40 Adaptation strategies dairy farmers use during conversion to organic farming that result in different levels of vulnerability: (1) storing silage maize for cow feed, (2) increased focus on grazing, and (3) green feeding brought by the farmer each day. Sources: Maëlys Bouttes (1, 3) [INRA], Matthieu Chanel (2) [Agrobio 35]

Our objective was to show whether and how dairy farm vulnerability can decrease when converting to organic farming, and the adaptation strategies that decrease this vulnerability the most (e.g. changes in agricultural diversity, land-use intensity – stocking rate, percentage of cropping area in the farmland, etc. – and herd-management intensity – concentrate distribution, age at first calving, etc.) (**Figure 40**). From a sample of dairy farms in Brittany, France, we analysed relations between farmers' adaptation strategies when converting to organic farming and the resulting farm vulnerability.

4.2.2 Materials and methods

Case study farms

We performed this study in Brittany, north-western France, from 2008-2013. In 2008, organic dairy farms represented 1.8% of dairy farms (255 farms) compared to 3.3% in 2013 (456 farms). We annually surveyed 12 dairy cattle farms for 5 years. Data were collected on key aspects of farming systems: geographic location, land use, herd structure and management (feeding, reproduction), animal production, income and costs. All 12 farms began their conversion in 2009. Conversion to organic dairy farming is organised in two ways: synchronous conversion of land and the herd (24 months) or asynchronous conversion of land (18 months) and the herd (6 months, starting in month 12 of land conversion). The 12 farms were initially selected because they chose different adaptation strategies for the conversion. Five and 7 farms implemented synchronous and asynchronous conversions, respectively. The farms were distributed throughout Brittany, which exposed them to a diversity of climatic conditions (mainly exposure to droughts). Farms also differed in their initial farming system (i.e. when farming conventional), with a diversity in farm size (land area, herd size), land accessible for grazing, land-use intensity (stocking rate, milk production per ha, percentage of maize cropping in the farmland) and herd-management intensity (concentrate distribution, milk production per cow) (**Table 3**).

Table 3 Key features of the sample farms in 2008 and 2013. LU means livestock unit.
*data from 2009 instead of 2008

Farm	Year	Farm size		Land-use intensity			Herd-management intensity	
		Land area (ha)	Dairy cows (LU)	Stocking rate (LU/ha of area used to feed livestock)	Milk production (kg milk/ha of area used to feed livestock/yr)	Maize cropping (% of the area used to feed livestock)	Milk production (kg milk/cow/yr)	Concentrate distribution (kg/LU/yr)
F2	2008	64	68	1.5	3907	41	3893	332
	2013	61	56	1.4	3487	10	4118	11
F3	2008	67	69	1.7	8465	46	6819	1809
	2013	82	77	1.4	6041	15	6066	620
F4	2008	28	40	1.7	7384	13	5269	97*
	2013	30	29	1.1	4524	8	5172	502
F5	2008	94	71	1.5	6409	7	6515	601
	2013	99	77	1.0	4677	9	5732	522
F6	2008	104	76	1.2	6148	23	6723	557
	2013	106	82	1.1	4233	5	5248	105
F7	2008	74	52	1.2	5071	7	5500	318
	2013	76	60	1.0	3258	8	4338	55
F8	2008	81	54	1.3	4792	16	5122	244
	2013	80	71	1.2	3703	0	4874	19
F9	2008	69	45	1.3	6572	51	7156	1669
	2013	65	53	1.3	5914	0	6450	677
F12	2008	124	50	0.6	3513	14	7713	1100
	2013	121	56	0.9	4154	19	7046	751
F13	2008	87	67	1.4	7225	35	7092	855
	2013	87	59	1.0	3716	0	5424	504
F14	2008	73	41	1.2	3963	22	4896	632
	2013	74	46	1.0	3202	0	4920	110
F15	2008	55	42	1.1	6122	24	6357	1094
	2013	58	49	1.0	4937	7	5943	118

At this regional scale, exposure to economic risks is considered equal among dairy farms but varies over time. The national price index for energy (IDELE 2017) varied from 109 in 2008 to 118 in 2013 (index = 100 in 2010), indicating an increasing trend, especially from 2009 to 2011, when the index increased by 32 points, after decreasing by 23 points from 2008 to 2009. These variations tended to increase farm energy costs and likely the costs other inputs as well (e.g. feed, organic fertilisers). The mean price of milk also varied considerably during the period, ranging from 299–422 €/t/year, with a coefficient of variation (CV) of 15% among years and farms. During this period, conventional prices decreased by 31€/t from 2008 to 2009 under the influence of the European milk crisis and increased by 47€/t the following year. In 2011, these farmers began to receive organic milk prices; consequently, their prices increased by 76€/t from 2010 to 2011. Milk price varied little among farms (CV each year = 5.4–7.0% among farms), doing so mainly due to differences in milk quality.

Exposure to climatic risks varied among farms and over time. In 2008, mean daily effective rainfall (rainfall minus evapotranspiration) in spring ranged from -0.03 to 1.32 mm (CV = 69%). Over the entire study period, its mean yearly variability was high, ranging from -1.04 to 0.55 mm. For example, over the years, mean daily effective rainfall in spring ranged from -1.35 to 0.58 mm for farm 12 and -1.31 to 1.32 mm for farm 4, which reflects different exposures to spring droughts. In 2008, effective rainfall in summer ranged from -1.45 to 0.67 mm (CV = 62%). Over the entire study period, its mean yearly variability was low, ranging from -1.18 to -0.34. For example, over the years, mean daily effective rainfall in summer ranged from -2.04 to 0.31 mm for farm 12 and -1.57 to -0.37 mm for farm 4.

Statistical analysis

Statistical analysis was performed to (i) assess farm vulnerability to climatic, economic and technical risks and (ii) explain this vulnerability as a function of the climatic and economic context and farming practices over time. We chose an adaptation of the method developed by Martin et al. (2017) because it considers dynamics of interactions between changes in farming practices and farm vulnerability over several years. These dynamics are key when analysing conversion to organic farming, which implies extensive changes in farming-practice and farm-vulnerability variables over the years. We also wanted to consider several farm-vulnerability variables together, which is possible using this method.

We first summarised the information from repeated measurements of each vulnerability and farming-practice variable over time into two parameters. We assumed that initial (i.e. conventional farming) farm performances and farming practices strongly illustrated farm vulnerability and farmers' strategies before conversion to organic and were related to the subsequent trend during and after conversion. During conversion, farm-vulnerability variables are expected to vary as farmers implement the technical transition through trial and error and as ecosystems slowly adapt to new farming practices (e.g. plant composition changes in pastures). As we focused on general trends, we thus estimated the slope of the linear regression of raw measurements over time for each vulnerability and farming-practice variable. We also focused on the initial measured value and slope of the linear regression to discuss the initial state of farms and their overall evolution from conventional to organic farming. Unlike Martin et al. (2017), we did not analyse intercepts or residuals of variables. For explanatory variables illustrating the climatic and economic context, however, we did extract residuals of linear regressions of raw measurements as an indicator of farm exposure to climatic and economic variability. Among all possible combinations, farm vulnerability to climatic and economic variability was minimised by combining high initial values (i.e. indicating "good" initial performances) with a stable or increasing trend (i.e. indicating stability or improvement) for all vulnerability variables.

In a second step, we used partial least squares (PLS) regression to relate multiple new farm-vulnerability variables (initial value and trends) to new explanatory variables that illustrated farm exposure to climatic and economic variability and evolution in farming practices over time. The PLS regression created components (linear combinations of variables) by maximising the square covariance between components of explanatory variables and components of vulnerability variables. PLS regression was performed using the statistical package mixOmics (Lê Cao et al. 2009; González et al. 2011) in R software.

Choice of vulnerability and explanatory variables

Based on a review of the literature and focus groups consisting of farm advisers and dairy farmers, we identified variables that illustrate farm vulnerability, climatic and economic variability and farming practices. For vulnerability variables, farm productivity (i.e. milk production generated by animal feed produced on-farm by using internal farm resources) was selected because it is influenced by changes in farming practices, especially cow diets. Organic feed inputs are more expensive than those in the conventional sector. Thus, farmers tend to decrease feed consumption once they farm organically. Total farm productivity was not considered to reflect the real productivity of the farm, unlike the productivity generated by using internal farm resources. To consider the higher prices of organic feed inputs, which must be used efficiently, we selected economic efficiency, i.e. the amount of economic output produced from a given amount of operational costs. Economic profitability per worker was also included. As a decrease in farm vulnerability assumes financial independence from public subsidies to generate a profit, we chose a fourth variable called “independence from subsidies” which represents the proportion of subsidies in total farm profit. Thus, vulnerability variables were as follows:

- farm productivity generated by animal feed produced on-farm by using internal farm resources (“Productivity”, kg per year per ha of usable agricultural area) = production of milk × self-sufficiency in animal feeding (the latter corresponding to on-farm animal feed production divided by the total animal feed consumption on a dry-matter basis)

- economic efficiency of production (“Efficiency”, unitless) = (gross product – operational costs) / operational costs
- economic profitability per worker (“Profitability”, K€ per worker) = gross operating surplus / annual work unit
- independence from subsidies (“Independence”, unitless) = 1 – (overall public subsidies / gross operating surplus).

To represent farming practices, three groups of variables illustrated land-use intensity, herd-management intensity and the level of system diversity. These three aspects are often modified during conversion to organic farming towards a decrease in intensity and an increase in diversity. These three types of variables have been used to explain the vulnerability of organic dairy systems (Bouttes et al., 2018). Ultimately, we illustrated these key aspects with 10 explanatory variables:

- milk production per cow (“MilkCow, kg milk per cow per year)
- stocking rate calculated as the number of livestock units per ha of the area used to feed livestock (“StockingRate, LU per ha)
- percentage of heifers in the herd (“Heifers”, %)
- percentage of maize cropping in the area used to feed livestock (“Maize”, %)
- percentage of pasture in the area used to feed livestock (“Pastures”, %)
- percentage of farm area with pure-stand legume cropping (“Legumes”, %)
- percentage of grazed area in the area used to feed livestock (“GrazedArea”, %)
- percentage of green feeding area in the area used to feed livestock (“GreenFeeding”, %)
- amount of concentrates distributed per livestock unit (“ConcDistrib”, kg per LU per year)
- Shannon index of diversity in farm land use; the more diverse the land-use types on the farm, the higher the index (“ShannonLand”, unitless)

Among the explanatory variables, we discarded the initial measurement of the percentage of grazed area in the area used to feed livestock, as the data for this variable were collected in 2009 rather than 2008.

Farm exposure to climatic variability was assessed with the following six variables:

- earliness of the growing season, i.e. sum of degree days from 1 February to 1 April of each year (“Earliness”, °C per year)
- heat stress on crop and forage plants, i.e. number of days per year with a mean temperature greater than 25°C (“Heatstress”, number of days per year)
- mean daily effective rainfall in spring, summer, autumn, and winter (“WaterSpring”, “WaterSummer”, “WaterAutumn”, “WaterWinter”, mm per year)

Finally, farm exposure to economic variability was assessed with the mean milk price paid to farmers each year (“MilkPrice”, € per year)

The integrated fuel and energy price index for each year (IDELE 2017) was initially considered; however, it was impossible to collect per-farm data. Because it did not help distinguish farms, we excluded it from the list of variables.

4.2.3 Results and discussion

Overview of farm vulnerability patterns: diversity and trade-offs

Vulnerability variables measured at the conventional stage, i.e. in 2008, before conversion to organic, varied greatly among farms. Farm productivity ranged from 2304–5677 kg milk/ha/year (mean = 3910 kg milk/ha/year, CV = 25%). Economic efficiency ranged from 0.9–3.1 (mean = 1.7, CV = 38%). Economic profitability per worker ranged from 14–58 K€/year (mean = 32 K€/year, CV = 46%). Independence from subsidies ranged from 0.4–0.7 (mean = 0.6, CV = 18%). Overall, farms showed different initial vulnerability patterns, highlighting different trade-offs among vulnerability variables.

For example (**Figure 41**) farm F4 was not among the most efficient (1.4) or profitable farms (18 K€/year), but it tended to be among the most productive (5677 kg milk/ha/year) and most independent from subsidies (0.7). In contrast, farm F12 focused on economic efficiency (2.5) and yet was not among the most profitable (25 K€/year) or productive (2778 kg milk/ha/year), and was the least independent from subsidies (0.4). Farm F7 had another pattern, with the best balance among economic variables (efficiency of 3.1, profitability of 58 K€/year and independence from subsidies of 0.6), although it was among the least productive farms (3619 kg milk/ha/year). Farm F9 seemed vulnerable for all four variables when conventional because it was among the lowest in economic efficiency (1.5), profitability (14 K€/year), independence from subsidies (0.5), and productivity (3300 kg milk/ha/year). These trade-offs among vulnerability variables at the conventional stage illustrated differences in initial levels of vulnerability among farms and reflected differences in farming strategies.

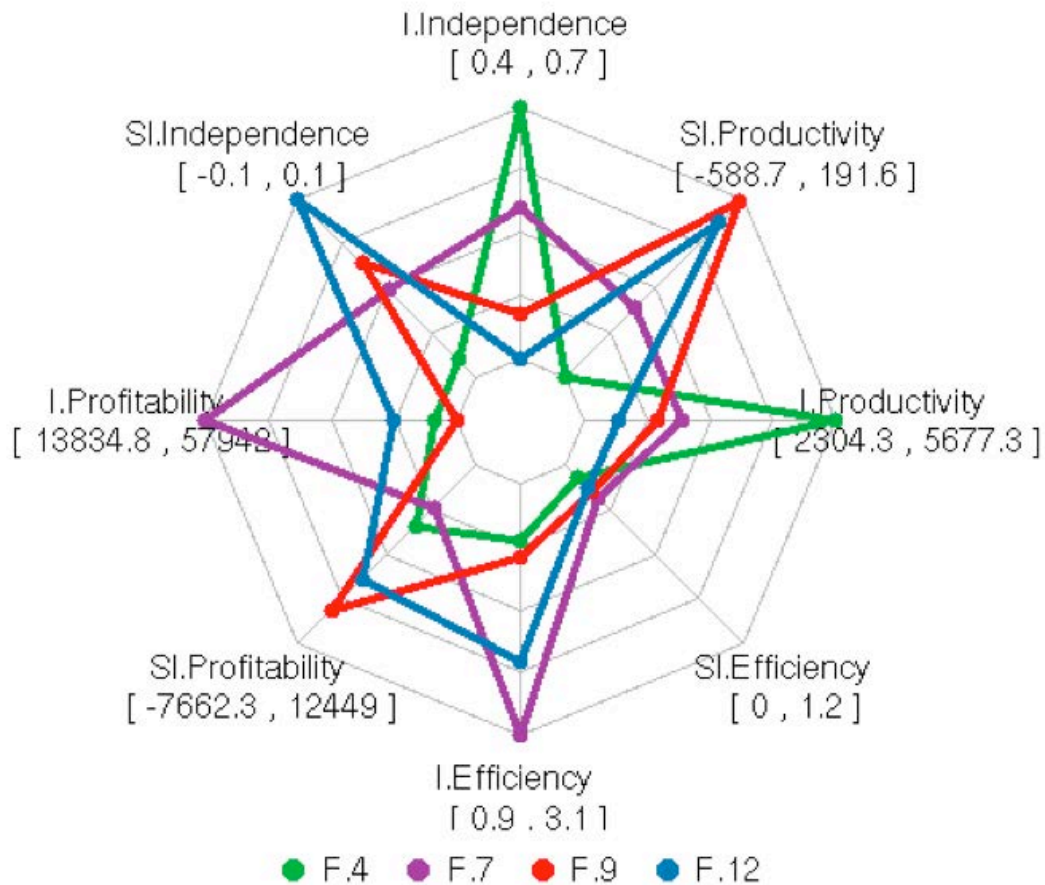


Figure 41 Radar plot of standardized vulnerability variables for four farms. Vulnerability variables are initial values (I) and slopes (SI) of farm productivity, economic efficiency, economic profitability and independence from subsidies. Values in brackets indicate the range of observed values.

Analysis of the trends in vulnerability variables showed that all farms reduced their vulnerability for at least one variable when converting to organic farming. Four farms (F9, F12, F14, F15) improved all four vulnerability variables during and after conversion to organic farming. For three farms (F2, F3, F13) and two farms (F6, F8), improvements were limited to three and two vulnerability variables, respectively. For farms F4, F5 and F7, only one vulnerability variable improved. These changes differed among farms depending on the vulnerability variable. Six farms increased their productivity by 1-38%, while six others decreased it by 2-55%. As a result, farm productivity in 2013 ranged from 2558–4932 kg milk/ha/year (mean = 3621 kg milk/ha/year, CV = 23%). Ten farms increased their efficiency by 12-412%, while two decreased it by 1-8%. Economic efficiency in 2013 ranged from 1.5–6.5 (mean = 3.3, CV = 47%). Eight farms

increased their profitability by 5-229%, while four decreased it by 1-69%. Profitability in 2013 ranged from 12–84 K€/year (mean = 42 K€/year, CV = 45%). Six farms increased their independence from subsidies by 2-32% (mean = 15%), while six others decreased it by 6-80% (mean = 26%). Independence from subsidies in 2013 ranged from 0.1–0.7 (mean = 0.5, CV = 28%).

Different trade-offs among vulnerability variables among farms best illustrate the changes in vulnerability patterns during and after conversion to organic farming. Four farms with contrasting patterns were selected to illustrate these trade-offs. Farm F4 displayed a trend toward higher vulnerability for three vulnerability variables (**Figure 41**). Its productivity and independence from subsidies, which were the best in the sample when conventional, decreased to 2579 kg milk/year (slope = -589 kg milk/year) and 0.5 (slope = -0.05), respectively. Its economic efficiency and profitability were low when conventional, and did not increase greatly during and after conversion to organic. Its efficiency increased (slope = 0.07) to 2.0 and profitability decreased (slope = -0.8 K€/worker/year) to 12 K€/worker/year.

Farm F7 also appeared to follow a trend toward higher vulnerability for the three variables, but had a more balanced trade-off among these variables than farm F4 (**Figure 41**). Starting with a moderate productivity and independence from subsidies, the former slightly decreased (slope = -287 kg milk/year) to 2558 kg milk/ha/year and the latter stabilised at 0.4. Even though its economic variables were initially in the upper range, its economic vulnerability increased, as illustrated by the decrease in profitability (slope = -2.9 K€/worker/year) to 36 K€/worker/year and the small increase in efficiency (slope = 0.2) to 3.5.

In contrast, farm F9 had the largest decrease in vulnerability, which decreased for all four variables: productivity was initially in the moderate range and increased (slope = 177 kg milk/year) to 4542 kg milk/year; efficiency was initially in the lower range and slightly increased (slope = 0.16) to 1.8; profitability was initially the lowest in the sample and increased (slope = 8.6 K€/worker/year) to 46 K€/worker/year; and independence from subsidies was initially low and increased (slope = 0.01) to 0.6.

Like farm F9, farm F12 showed a decrease in vulnerability for the four variables; however, the trade-off among these variables differed. Farm F12, initially in the lower range for productivity and independence from subsidies, increased the former (slope = 87 kg milk/year) to 2929 kg milk/ha/year, which slightly increased the latter (slope = 0.06) to 0.4. Its economic efficiency increased to 2.3. It had low profitability in the beginning which increased (slope = 5.2 K€/worker/year) to 41 K€/worker/year.

These four farms highlight the diversity in vulnerability patterns among the farms and the trade-offs between the initial situation and the trend followed during and after conversion, as well as among vulnerability variables. Overall, nearly all farms followed a conversion trend towards increased efficiency (11/12), two-thirds towards increased productivity (8/12), nearly as many towards increased profitability (7/12), and half towards increased independence from subsidies (6/12). This is related to the trade-offs between the initial situations (i.e. when conventional) and changes during and after conversion. When initial independence from subsidies was low, it was much easier to increase it during the conversion to organic. Similarly, the most profitable farms when conventional did not increase their profitability much during and after the conversion. Mainly based on grazing, these farms (F5, F7, F8) focused on maximising profit rather than productivity, as Coquil et al. (2014) observed for dairy farms when analysing trends in their autonomy. Thus, these farms did not have much room for improvement, except in obtaining the organic price for milk.

Additionally, trade-offs among vulnerability variables were clear, yet differed among farms depending on their initial situation and the adaptation strategy implemented for the conversion. In most cases, it was not possible to simultaneously maximise productivity, efficiency, profitability and independence from subsidies. Only four farms decreased their vulnerability for all four variables. Previous studies showed similar results and the inability to simultaneously maximise farm productivity and economic performances in organic dairy (Bouttes et al. 2018c), conventional dairy (Doole and Romera 2015), and sheep farms (Ripoll-Bosch et al. 2012). Farmers' objectives for obtaining a given trade-off depend on their motivations for converting to organic

farming (Cranfield et al. 2010): some do so to improve their adaptive capacity (Bouttes et al. 2018b), while others are motivated mostly by health and safety concerns (Cranfield et al. 2010). Thus, the diversity in farmers' motivations for converting to organic farming may explain the trade-offs observed among vulnerability variables. For example, a farm that focuses on productivity may meet this objective at the individual cow level (kg milk/cow/year), but at the expense of farm profitability. This kind of trade-off analysis helps to understand farming system functioning and supports decision-making when managing multiple objectives (Kanter et al. 2016). The results are relevant as a "discussion support" (Klapwijk et al. 2014) because they enable farmers and farm advisers to engage in deeper discussions about adaptation strategies during and after conversion to organic that are based on farmers' objectives.

Strategies to convert to organic farming and respective vulnerability

We investigated whether explanatory variables that illustrate farm exposure to climatic and economic variability and farming practices over time could predict vulnerability variables for productivity, economic efficiency, profitability and independence from subsidies. Components 1 and 2 (**Figure 42**) of the PLS regression between vulnerability variables and explanatory variables provided insights. For component 1, the slopes of productivity and profitability were highly correlated, indicating that increasing productivity throughout the conversion to organic enabled an increase in profitability. For components 1 and 2, the slope of profitability was negatively correlated with initial levels of efficiency and profitability. Thus, profitability increased most when farms initially were not profitable or efficient. The slope of independence from subsidies was negatively correlated with the initial levels of independence from subsidies and productivity. Thus, independence from subsidies increased most when farms had low productivity or were highly independent from subsidies when conventional.

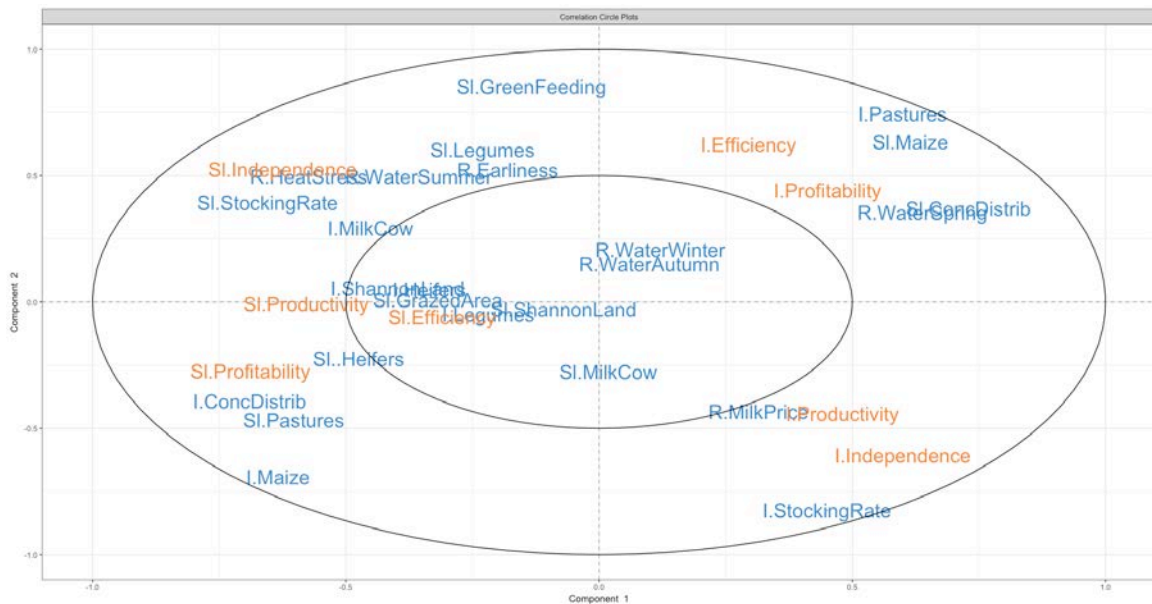


Figure 42 Partial least square regression of vulnerability variables (orange) based on explanatory variables (blue): residuals (R) of climate and economic conditions, and initial values (I) and slopes (SI) of farming practices. Components 1 and 2 show relationships of the variables along these dimensions. Full names of variables are provided in section 2.3.

The largest increase in farm productivity and profitability corresponded to farms that initially had a high percentage of maize, a low percentage of pasture, and a high distribution of concentrates. When conventional, these farms were intensive and focused on productivity because they were based on silage maize and purchased concentrates to feed the cows. These systems were the most dissimilar to organic farming models, which tend to rely mainly on pastures. During conversion, these farms increased the percentage of pasture at the expense of the percentage of maize the most and decreased concentrate distribution the most. Thus, these farms sharply revised their strategy for grazing and self-sufficient animal feeding. The increase in farm productivity and profitability was also related to farm exposure to climatic variability. It was highest on farms with the least exposure to variability in effective rainfall in spring.

Conversely, the decrease in farm productivity and profitability corresponded to farms that initially had a high percentage of pasture, a low percentage of maize, and a low distribution of concentrates. These farms had conventional strategies similar to organic farming standards and were already profitable and productive when conventional. During their conversion, these farms did not greatly change the percentage of maize, the percentage of pasture or the distribution of concentrates. Conversion to organic farming did not transform these farms or significantly decrease their vulnerability to the variables considered. The decrease in farm productivity and profitability was also related to climatic variability and was highest on farms with the greatest exposure to variability in effective rainfall in spring.

The largest increases in farm independence from subsidies corresponded to the least productive and independent farms when conventional. This was due to an increase in the stocking rate, which was low when conventional yet composed of highly productive cows. These farms had the greatest exposure to variability in climatic conditions, especially earliness of the growing season, heat stress and effective rainfall in summer.

Conversely, farms that were initially the most productive and independent from subsidies had the largest decrease in independence from subsidies during conversion to organic farming. These farms had low milk production per cow and a high stocking rate when conventional, the latter decreasing during the conversion to organic. These farms had the least exposure to variability in climatic conditions, especially earliness of the growing season, heat stress and effective rainfall in summer.

Analysis of the distribution of individual data points in the PLS (**Figure 43**) identified the farms that decreased their vulnerability most or least during the conversion to organic farming according to the vulnerability variables, and the position of these farms with respect to farming practices and climatic and economic variability. The farms with the largest decrease in vulnerability (F9, F12, F14 and F15) were initially dissimilar to organic farming models in the Brittany context. They increased their productivity (from 2304–4228 to 2892–4799 kg milk/ha/year), efficiency (from 1–2.4 to 1.8–5.1), profitability (from 14–39 to 41–84 K€/worker/year) and independence from subsidies (from 0.4–0.5 to 0.4–0.7). They decreased their vulnerability for all four variables during the conversion to organic.

They decreased their initially high percentage of maize in the farmland (from 14–51% to 0–19%) in favour of increasing the percentage of pasture, which was initially low (from 49–86% to 81–100%). Distribution of concentrates shifted to more cost-effective management (from 632–1669 to 110–751 kg/LU/year), but the extent of the decrease did not decrease milk production per cow (from 4920–7046 to 4896–7713 kg milk/ha/year). Their initial strategy was based on a low stocking rate (0.6–1.3 LU/ha) that changed (0.9–1.3 LU/ha) as the percentage of heifers in the herd increased slightly (from 12–31% to 16–32%), except on one farm. These farms had the least exposure to variability in effective rainfall in spring (range = -1.44 to 0.85 mm/year, mean = -0.36, CV = 70%). These farms used conversion to organic farming as a way to change from a cropping-based, feed-input-dependent and productivity-centred strategy towards a strategy focused on grazing and self-sufficient animal feeding. Starting from vulnerable situations,

these changes resulted in a decrease in vulnerability for these farms during the conversion.

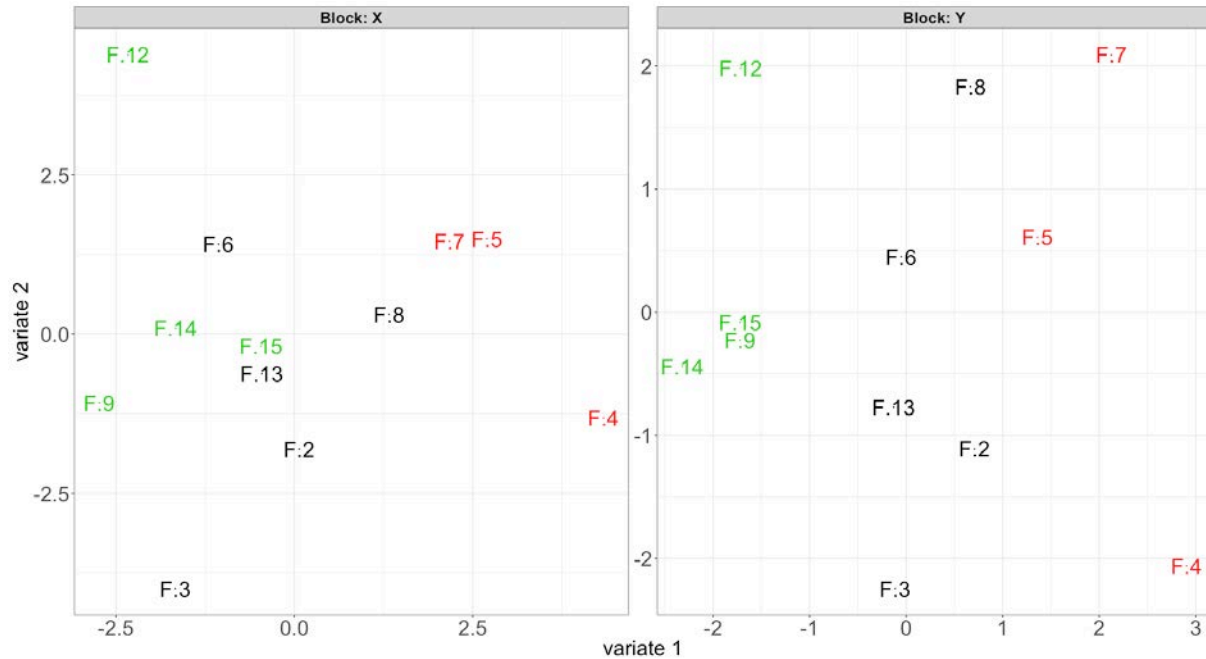


Figure 43 Partial least square (PLS) regression showing individual data points (farms by number). Block X (left) corresponds to explanatory variables (economic and climatic exposure, farming practices), while block Y (right) corresponds to vulnerability variables (efficiency, profitability, productivity and independence). Farms in green and red reduced their vulnerability most and least during the conversion, respectively.

Conversely, some farms (F4, F5, and F7) tended to increase their vulnerability during their conversion to organic. When conventional, these farms were the most similar to organic farming models in the Brittany context. They decreased their profitability (from 18–58 K€/year to 12–48 K€/year) and, to a smaller extent, independence from subsidies (from 0.6–0.7 to 0.4–0.5). Farms F4 and F7 even decreased their productivity (from 3619–5677 to 2558–2579 kg milk/ha/year), as did farm F5, but to a smaller extent (from 4301 to 4074 kg milk/ha/year). Efficiency did not increase for these farms, and was among the lowest in the sample, with a slight decrease for farm F5 (from 1.97 to 1.96) and a slight increase for farms F4 and F7 (from 1.4–3.1 to 2.0–3.5). These farms were the only

three in the sample to decrease these three vulnerability variables during conversion to organic, which confirms the trend for increased vulnerability.

These farms followed a relatively conservative strategy: the percentage of maize remained relatively low (from 7–13% to 8–9%), and the percentage of pasture remained high (from 87–91% to 78–92%). They implemented different strategies to distribute concentrates, which was initially relatively low: farm 4 increased distribution from 97 (in 2009) to 502 kg/LU/year, farm F5 kept it relatively constant at 601 to 522 kg/LU/year, and farm 7 decreased distribution from 318 to 55 kg/LU/year. When farms F5 and F7 were conventional, they had a relatively high stocking rate (from 1.2–1.7) that decreased (to 1.0–1.1 LU/ha) as the percentage of heifers decreased (from 22–29% to 16–18%) for farms F5 and F7, or remained relatively constant for farm F4 (from 15% to 16%). These farms had the highest exposure to variability in effective rainfall in spring (range = -1.68 to 1.32 mm/year, mean = -0.14, CV = 62%).

As shown for French organic dairy farms (Bouttes et al. 2018c), despite increasing uncertainty and variability in the production context (Wright 2011; IPCC 2013), interannual variability in climatic and economic conditions had less influence on vulnerability variables than farming practices before, during and after conversion to organic farming. The extent of the adaptation strategies was relatively large considering the small sample size. Farm-level adaptation was required for the most vulnerable farms in the conventional stage, as demonstrated for Californian vineyards confronted with climate change (Nicholas and Durham 2012). These farms decreased their vulnerability the most during conversion to organic. Initially dissimilar to organic farming models, these farms successfully implemented adaptation strategies that focused on grazing and self-sufficient animal feeding, as Coquil et al. (2014) and Lebacqz et al. (2015) observed for conventional dairy farms.

Farms that were similar to organic farming models when conventional began in less vulnerable situations, but seemed to have little room for improvement and implemented fairly conservative strategies. As a result, conversion to organic did not decrease their vulnerability much and even slightly decreased some of the vulnerability variables considered. These farmers had “recipes” that worked well

for conventional farming which they may have repeated without adapting them to organic farming. Responding and adapting to change requires experimenting and learning at the individual level, as well as at the group level by sharing experiences with peers (Marshall et al. 2014). This stimulates individual creativity in how farm resources, specific regional advantages and the production context can be combined (Bouttes et al. 2018b).

The least vulnerable farms, once organic, were based on cost-effective management and self-sufficient animal feeding, with a major focus on pastures. This is consistent with Bouttes et al.'s (2018b) findings from a network of 51 organic dairy farms in France. This challenges the diversity argument made in most scientific articles on the mechanisms of adaptive capacity, resilience and vulnerability of agricultural systems (e.g. Darnhofer et al. 2010). Even in systems with little diversity, farmers need to consistently adjust land-use and herd-management intensities so as to reach expected trade-offs among productivity, economic efficiency, profitability, and independence from subsidies, as well as other aspects not considered in this study but which are of major importance in farmers' decision-making. For example, one farm similar to organic farming models when conventional invested the increased income provided by the conversion to organic and hired an employee to reduce the workload. This may improve the social component of farm vulnerability (Marshall et al. 2014), which is another type of trade-off that farmers consider to improve the balance between profitability and their workload (Bouttes et al. 2018b).

4.2.4 Conclusion

This study is the first to assess farm vulnerability during the conversion to organic farming.. We analysed whether and how to decrease dairy farm vulnerability as a trade-off between productivity, economic efficiency, profitability and independence from subsidies when converting to organic farming, and the adaptation strategies that most decrease this vulnerability. The farms with the largest decrease in vulnerability were initially dissimilar to organic farming models in the Brittany context. They drastically changed from a crop-based, feed-input-dependent and productivity-centred strategy to a strategy focused on grazing and self-sufficient animal feeding. However, the statistical approach was fairly descriptive, and no significance tests were performed, mainly due to the small sample size. The small-sample survey was an initial step in understanding changes in vulnerability during the conversion to organic farming. As the trade-off analysis was based solely on researchers' viewpoints, future studies should include farmers' perceptions of vulnerability during the conversion to organic farming. These findings will help farm advisers adapt the support provided to farmers who are considering converting to organic farming.

Acknowledgments

This study was funded by INRA and the Midi-Pyrénées region as part of the ATARI project and Maëlys Bouttes's Ph.D. project, and by the French ANR Agrobiosphère program as part of the TATABOX project (ANR-13-AGRO-0006). The authors wish to thank the farmers who generously gave their time for the interviews.

5 ÉVOLUTION DE LA VULNÉRABILITÉ ÉVALUÉE À PARTIR DE VARIABLES TECHNICO- ÉCONOMIQUES APRÈS LA CONVERSION

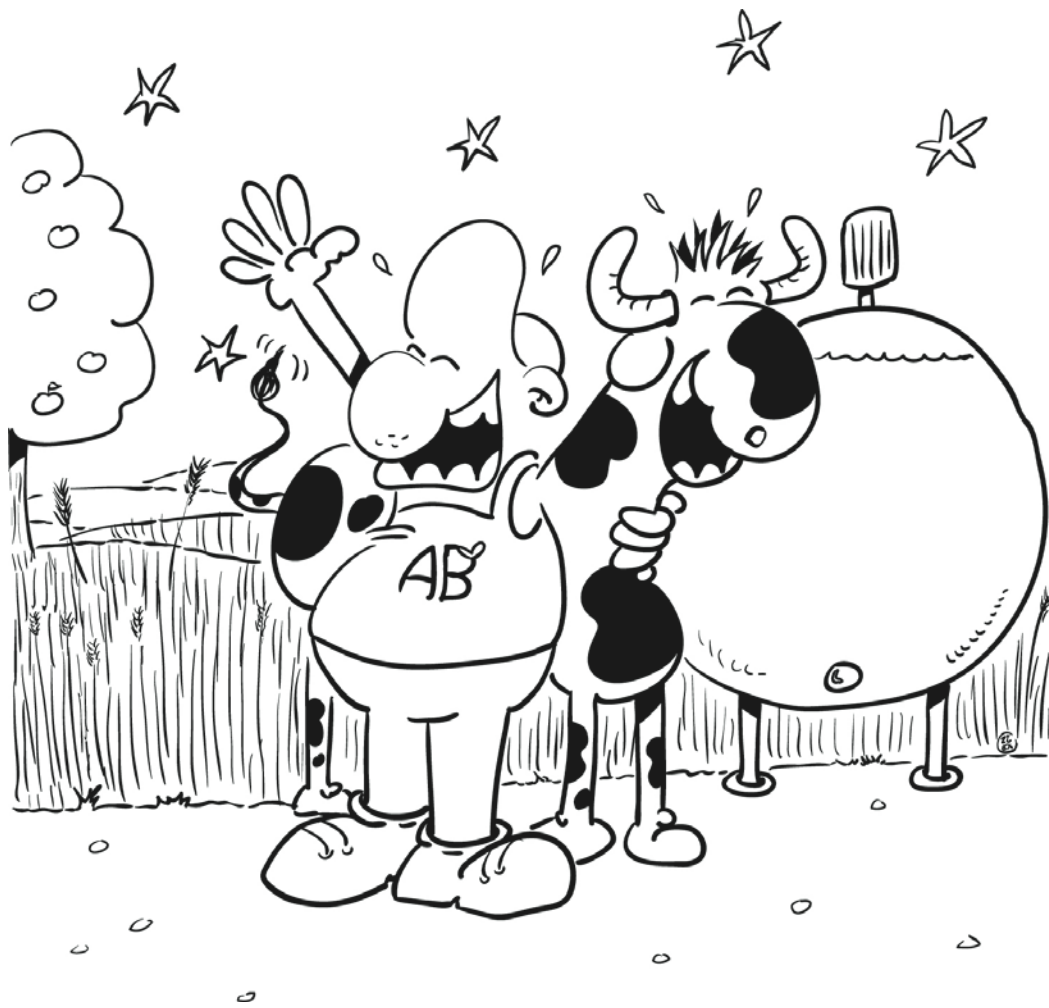


Figure 44 Un éleveur en AB depuis plusieurs années, se sentant heureux et peu vulnérable aux aléas. Source Z'lex en collaboration avec Maëlys Bouttes, 2016

5.1 Introduction

Les trois articles précédents nous ont permis d'explorer l'évolution de la vulnérabilité des exploitations agricoles lors de la conversion à l'AB et jusqu'aux deux premières années certifiées AB. Se pose alors la question de savoir comment évolue cette vulnérabilité plusieurs années après la durée administrative de la conversion. Dans cette dernière partie du travail de thèse, nous avons cherché à identifier les déterminants de la vulnérabilité des exploitations d'élevage bovin laitier déjà en AB depuis plusieurs années, et ce en considérant la vulnérabilité avec des variables technico-économiques définies par des experts.

Nous nous sommes appuyés sur une base de données (Inosys) de suivis d'élevage analysée en partenariat avec l'Institut de l'Élevage. Les données de suivi technico-économiques de 51 élevages sur 5 à 14 ans dans l'ouest et le centre de la France nous ont permis d'analyser l'évolution de la vulnérabilité de ces fermes en AB depuis plusieurs années.

Cet article a été écrit en collaboration avec une chercheuse en statistiques, Magali San Cristobal.

5.2 Article 4 : Vulnerability to climatic and economic variability is mainly driven by farmers' practices on french organic dairy farms

Published in 2018 in European Journal of Agronomy (Bouttes et al. 2018c)

Maëlys Bouttes¹, Magali San Cristobal², Guillaume Martin¹

¹ AGIR, Université de Toulouse, INPT, INP-PURPAN, INRA, 31320 Auzeville, France

² UMR DYNAFOR 1201 INRA INPT ENSAT EI-Purpan, 31320 Auzeville, France

Abstract

The climatic and economic context of agricultural production is increasingly unpredictable and volatile. These issues raise questions about the vulnerability of agricultural systems, i.e. their ability to cope with, adapt to, or recover from the effects of a range of hazards. Applied to organic dairy farming, vulnerability relates to farm productivity and economic efficiency that remain controversial.

Our objective was to show whether and how organic dairy farm vulnerability can be reduced by adapting agricultural diversity as well as land-use and herd-management intensities of farm configurations over time, along with contextual changes (both climatic and economic). We analyzed data from 51 organic dairy farms surveyed for 5-14 years in the northwest lowland plains and central mountains of France. Our method considered farm vulnerability as a function of the mean level of, trend in, and variability in productivity and economic efficiency and related these vulnerability variables to explanatory variables that illustrate farm exposure to climatic and economic variability and farm configurations over time using partial least square (PLS) regressions.

The animal stocking rate in both regions was positively related to mean farm productivity, whereas concentrate (nutrient-rich feedstuffs e.g. soybean meal) distribution was negatively related to mean and trend of economic efficiency. On average, farm productivity responded positively to land-use intensification, but increasing farm economic efficiency required thrifty management and self-sufficiency with regard to animal feeding. Overall, it appeared that tradeoffs among vulnerability variables were driven by farmers' practices rather than by interannual variability in rainfall amounts and energy or milk prices. This reveals that the extent to which farms must adapt to changes in the production context remains large and partly unexplored by most organic dairy farmers.

Keywords

Organic agriculture, dairy farming, farm management, resilience, robustness

5.2.1 Introduction

The climatic and economic context of agricultural production is increasingly unpredictable and volatile (Wright 2011; IPCC 2013). Moreover, the occurrence and impacts of these contextual changes are increasingly variable between farms within a single region (Reidsma et al. 2007). Over time, these issues raise questions about the vulnerability of agricultural systems, i.e. their ability to cope with, adapt to, or recover from the effects of a range of hazards (Smit and Wandel 2006). Vulnerability depends on (i) the exposure of agricultural systems to these hazards, i.e. their degree, duration and extent; (ii) the sensitivity of agricultural systems to these hazards, i.e. the degree to which they are affected; and (iii) their capacity to cope with, adapt or recover from these hazards. Farm vulnerability is assessed through productivity and profitability by measuring changes in yield or income over several years (Reidsma et al. 2010; Dong et al. 2015).

While the ecological performance of organic farming is now undisputed in research (Schader et al. 2012; Tuomisto et al. 2012), its productivity and economic efficiency remain controversial. The difference in yields between conventional and organic production has been repeatedly reported (de Ponti et al. 2012; Seufert et al. 2012). Restrictions on agricultural practices in organic crop and livestock production may decrease stability of farm productivity over time (Niggli et al. 2015), and this trend is expected to grow along with climate change (IPCC 2013). Organic farming has also been criticized for having viability problems related to insufficient technical and economic efficiency, as reported for dairy sheep farms in Spain (Toro-Mujica et al. 2011) and dairy cow farms in Finland (Kumbhakar et al. 2009).

Diversification of agricultural systems consists of an increase in the variety i.e. how many different crops, pastures, animals, etc., balance i.e. how many of each element, and disparity i.e. how different the elements are from one another (Biggs et al. 2012). It has frequently been shown to reduce their vulnerability by promoting increased and more stable productivity (Ponisio et al. 2014; Martin and Magne 2015; Liu et al. 2016). In some cases, it could also lead to improved technical and economic efficiency (Martin and Magne 2015). Diversification

practices increase yields in organic agriculture (Liu et al. 2016), e.g. by 8% for crop rotations (Ponisio et al. 2014). They also tend to stabilize yields under variable climate conditions (Isbell et al. 2015). Diversification practices promote greater internal nutrient recycling. For example, plant associations with root systems that explore soil horizons might reduce fertilizer rates without influencing yields (Zhang and Li 2003). This kind of benefit could improve technical efficiency and in turn positively influences economic efficiency (Martin and Magne 2015). Yet diversification could also lead to reduce economies of scale within farms and accordingly farm overall economic performance.

Diversification practices alone do not provide solutions to reduce farm vulnerability. Organic fertilizers are expensive. The main sources of nutrient inputs on organic farms are nitrogen fixation via legume crops and the purchase of animal feed in the form of forage and concentrates from livestock farms (Barataud et al. 2015). Internal nutrient recycling is a key issue to achieve productivity and technical and economic efficiency to decrease vulnerability (Bonaudo et al. 2013). Recycling of carbon (C), nitrogen (N) and phosphorus (P) depends strongly on land-use and herd-management intensities. Beyond a site-dependent threshold of land-use intensification, C, N and P cycles become decoupled and associated with losses to the environment (Lemaire et al. 2014; Soussana and Lemaire 2014). For example, (Ledgard et al. (2009) described a doubling of nitrate leaching from 30 to 60 kg N.ha⁻¹.yr⁻¹ by increasing milk yields per ha from 13,200 to 15,500 kg milk.ha⁻¹.yr⁻¹.

Our objective was to show whether and how organic dairy farm vulnerability can be reduced by adapting agricultural diversity and land-use and herd-management intensities (e.g. stocking rate, percentage of cropping area, concentrate distribution) of farm configurations over time, along with contextual changes (both climatic and economic). Examining organic dairy farms in France, we analyzed relations between agricultural diversity, land-use and herd-management intensities and vulnerability in two regions: the northwest lowland plains and the central mountains.

5.2.2 Materials and Methods

Case study farms

We performed this study in France. At this country scale, exposure to economic hazards is considered equal among dairy farms but variable over time. In contrast, exposure to climate hazards varies among farms and over time. We analyzed farms in two large French regions, corresponding to two of the main dairy production areas in France (**Figure 45**): the northwest lowland plains (West) and the central mountains (Mountains). These two regions have contrasting climates (oceanic vs. mountainous, respectively), ranges of elevation (0-416 vs. 139-4807 m above sea level, respectively), types of production systems (high vs. low opportunities for cropping, respectively), and presence of product-quality schemes besides organic specifications (few vs. many Protected Designation of Origin cheeses, respectively).

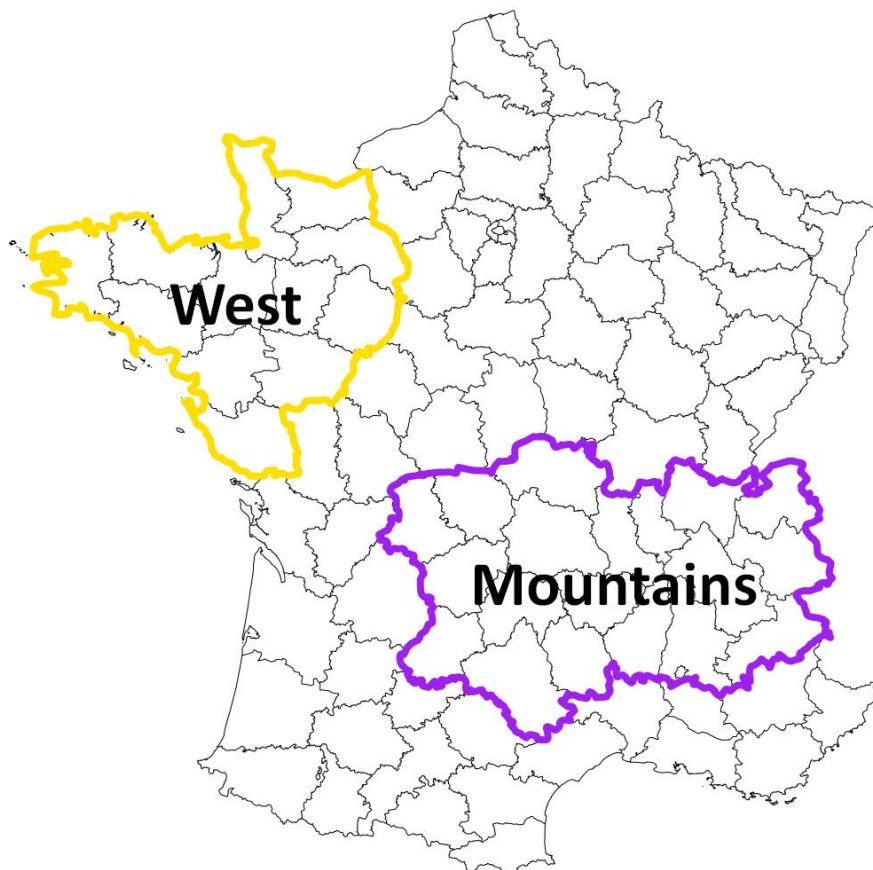


Figure 45 Locations of the two regions analyzed

In France, in the framework of the Réseaux d'élevage program (Inosys 2016), 261 organic dairy cattle farms in a network were surveyed annually from 2000 to 2013. The number of years surveyed ranged from 1 to 14 years, depending on the farm. Data were collected about key aspects of livestock systems: geographic location, land use, crop and pasture yields, herd structure and management (feeding, reproduction), animal production, and economic revenues and costs. Of the 261 farms, only 79 were surveyed at least 5 years. We assumed it was the minimum time necessary to consider variability in farm productivity and technical and economic efficiency. As we had selected two French regions i.e. the West and the mountains, we further restricted analysis to the 51 farms located in these regions, 36 in the West (5 of which were surveyed more than 10 years) and 15 in the mountains (4 of which were surveyed more than 10 years). These farms represented a diversity of climate conditions and production systems since they differed in water deficit, farm size (land area, herd size), land-use intensity (stocking rate, milk production per ha, maize cropping percentage) and herd-management intensity (concentrate distribution, milk production per cow) within and between regions (**Table 4**).

Table 4 Key features of the sample farms in the two study regions.

Feature	West	Mountains
Daily mean water balance in spring (mm)	-0.3 ± 0.7	0.2 ± 1.1
Daily mean water balance in summer (mm)	-1.0 ± 1.0	-0.7 ± 1.5
Farm area (ha)	100.4 ± 51.9	67.6 ± 22.0
Farm area used to feed livestock (ha)	84.6 ± 39.8	59.4 ± 21.1
Number of dairy cows	65.1 ± 26.1	38.1 ± 10.9
Stocking rate (livestock units/ha)	1.26 ± 0.26	0.98 ± 0.22
Maize area (% of farm area)	6.9 ± 6.8	0.9 ± 2.5
Concentrates distributed (kg/livestock unit)	604.3 ± 307.3	751.7 ± 245.4
Milk production per ha (kg milk/ha)	4317 ± 1366	3420 ± 832
Milk production per cow (kg milk/cow)	5312 ± 990	5150 ± 829

Both climatic and economic variability occurred during the survey period. The national price index for energy (IDELE 2015) varied from a minimum of 77 in 2002 to a maximum of 160 in 2012 (index = 100 in 2005), indicating an increasing trend, especially from 2010 to 2011, when the index increased by 22.7. These variations tended to increase farm energy costs but likely those of other inputs (e.g. feed, organic fertilizers) as well. Mean milk price also varied considerably during the period, ranging from 284-479 €/t in the West and 285-487 €/t in the Mountains. Variability in milk price among farms was also high, with coefficients of variation of 11% in both regions related to differences in milk quality among farms. During the period, milk prices showed an increasing trend. The daily mean difference between rainfall and evaporation tended to decrease in spring and summer during the period, but with high variability among years, ranging for example in the West from -1.68 to 0.7 mm/day in spring and from -2.28 to 0.46 mm/day in summer.

Statistical analysis

We applied the method developed by Martin et al. (2017) to (i) assess farm vulnerability to drivers of multiple contextual changes and (ii) explain this vulnerability as a function of initial farm configurations and farmers' multiple technical adaptations. We selected this method for three main reasons. Whereas farm vulnerability is often reduced to productivity or income issues (Reidsma et al. 2010; Dong et al. 2015) this method enables several vulnerability variables to be addressed jointly. Second, whereas farm vulnerability assessments are often limited to climatic hazards (Dong et al. 2015), this method enables reflecting exposure with a large number of variables allowing integration of climatic and economic variability. Third, this method considers dynamic changes in farmer practices and their interactions (i.e. co-occurrence of changes in farmer practices) among years.

This method considers farm vulnerability as a function of predicted values of vulnerability variables in the linear regression of raw measurements over time (so as to eliminate noise) and of the slope and residuals of this linear regression (**Figure 46**). These three mathematical parameters describe the mean level of, trend in, and variability in each vulnerability variable, respectively. Among all possible combinations, farm vulnerability to climatic and economic variability is minimized by a combination of high values of predicted values (i.e. indicating “good” expected performances); a stable or increasing trend (i.e. indicating improvement), and low variability (i.e. indicating stability and robustness) for all vulnerability variables. Analysis was performed using linear mixed models (see Supplementary Material A in **Annexe 1** for details) with the statistical package lme4 (Bates et al. 2015) in R software (R Development Core Team 2015).

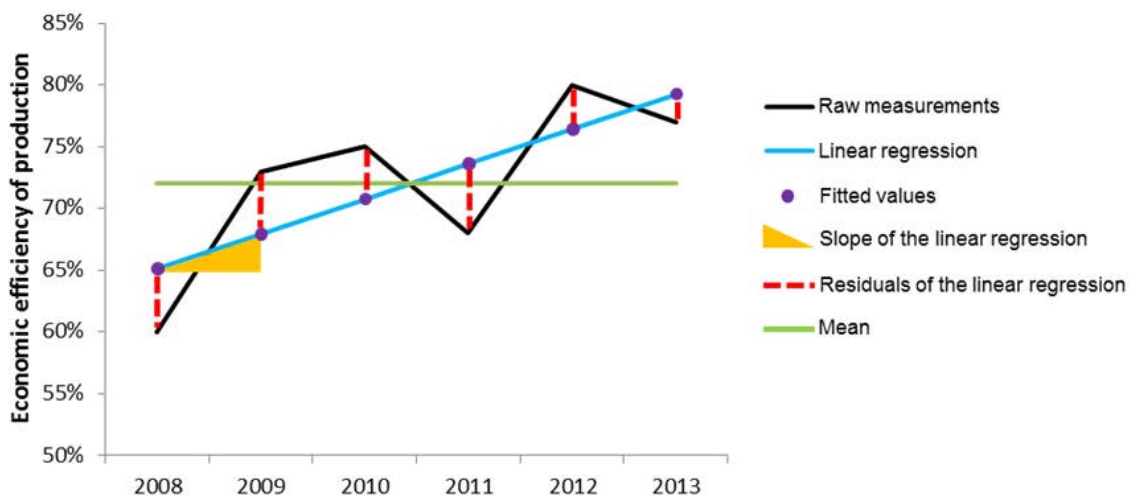


Figure 46 Overview of the three types of vulnerability variables calculated to assess farm vulnerability (restricted to economic efficiency of production taken as an example in this figure) to hazards over time: predicted values (overall level), slope of the linear regression over time (general trend), and residuals of the regression (as a measure of stability and robustness).

This method then relates multiple farm vulnerability variables to explanatory variables that illustrate farm exposure to climatic and economic variability and farm configurations over time. The regression mode of PLS (partial least square regression) analysis was used to model explanatory relationships between variables in two datasets, i.e. PLS predicted multiple vulnerability variables (expected level of, trend in, and variability of each vulnerability variable) from two types of explanatory variables: exposure variables (climatic and economic) and variables describing farm configurations over time. PLS regression was performed using the statistical package mixOmics (Lê Cao et al. 2009; González et al. 2011) in R software.

Choice of response and explanatory variables

As mentioned, productivity and economic efficiency of organic farms remain controversial. Thus, vulnerability variables (**Table 5**) were:

- farm productivity allowed by animal feed produced on-farm only; the amount of milk produced per year and per ha on the farm multiplied by an index of self-sufficiency in animal feeding (on-farm animal feed production divided by total animal feed consumption (on a dry-matter basis))
- economic efficiency of production; net economic output produced per unit of feed input invested.

We chose eight explanatory variables to illustrate organic dairy farm exposure to climatic and economic variability (**Table 5** and section 2.1. for an overview of their variability during the survey period). Exposure to climatic variability was assessed with the following six variables:

- earliness of the growing season; sum of degree days from 1 February to 1 April of each year
- heat stress on crop and forage plants; number of days per year with a mean temperature greater than 25°C (Ansquer et al. 2009)
- water balance in spring, summer, autumn, and winter; mean daily difference between rainfall and evapotranspiration during each season of each year.

Exposure to economic variability was assessed with the following two variables:

- integrated fuel and energy price index for each year (IDELE 2015)
- mean milk price paid to farmers each year.

We chose 12 explanatory variables to illustrate agricultural diversity and land-use and herd-management intensities of farm configurations over time (**Table 5**):

- animal stocking rate; number of livestock units (LU) per ha in the area used to feed livestock. A livestock unit corresponds to an animal consuming 4.75 t dry matter/year, i.e. a cow producing 6000 kg milk/year. A cow producing 7500 kg milk/year corresponds to 1.1 LU.
- percentage of maize cropping in the area used to feed livestock
- percentage of farm area with pure-stand legume cropping
- percentage of sown pasture in the area used to feed livestock
- percentage of semi-natural pasture in the area used to feed livestock
- Shannon index of diversity of farm land use; the more diverse the land-use types on the farm, the higher the index
- spread of calving within the herd, calculated as the inverse of the calving duration in months; the more grouped the calving, the higher the index
- percentage of heifers in the herd
- Shannon index of diversity of the herd; the diversity of the age and sex of cattle on the farm
- percentage of maize silage in animal diets on a dry-matter basis
- amount of concentrates distributed per animal
- milk production per cow.

Table 5 Response and explanatory variables describing individual farms. LU means livestock unit. DM means dry matter.

Category	Sub-category	Variable	Abbreviation	Unit
Vulnerability	Productivity	Farm productivity	Y.Prod	kg protein/ha/year
		Slope of the linear regression of Y.Prod	Sl.Prod	kg protein/ha/year
		Residuals of the linear regression of Y.Prod	R.Prod	kg protein/ha/year
	Economic efficiency	Economic efficiency of animal feeding	Y.EconEff	%
		Slope of the linear regression of Y.EconEff	Sl.EconEff	%
		Residuals of the linear regression of Y.EconEff	R.EconEff	%
Exposure	Climate	Number of days with heat stress	HeatStress	day
		Earliness of the growing season	Earliness	°C-day
		Daily mean water balance in autumn	WaterAutumn	mm
		Daily mean water balance in summer	WaterSummer	mm
		Daily mean water balance in winter	WaterWinter	mm
		Daily mean water balance in spring	WaterSpring	mm
	Economics	Fuel price index	FuelPrice	none
		Milk price	MilkPrice	€/t
Adaptive capacity	Land use	Stocking rate	StockingRate	LU/ha
		Percentage of maize in the area used to feed livestock	%Maize	%
		Percentage of farm area with legume cropping	%Leg	%
		Percentage of sown pasture in the area used to feed livestock	%SownPast	%
		Percentage of semi-natural pasture in the area used to feed livestock	%NatPast	%
		Shannon index of diversity of farm land use	ShannonLand	/
	Herd management	Spread of calving within the herd	CalvingSpread	month ⁻¹
		Percentage of heifers in the herd	%Heifers	%
		Milk production per cow	MilkPerCow	kg/year
		Shannon index of diversity of the herd	ShannonHerd	/
		Percentage of maize silage in animal diets	%Silage	%
		Amount of concentrate distributed per animal	ConcDistrib	t DM/LU

5.2.3 Results

Overview of farm vulnerability variables

In the West, distribution of farm productivity had a Gaussian shape. Farm productivity ranged from 1468-7547 kg milk/ha/year among farms, with a mean of 3839 kg milk/ha/year. Farms showed large differences in mean productivity and interannual variability (**Figure 47**). For example, farm W.28 produced a mean of 3017 kg milk/ha/year and had a maximum range of productivity over time limited to 1237 kg milk/ha/year, leading to mean absolute residuals of 241 kg milk/ha/year. In contrast, farm W.14 had higher mean productivity, i.e. 5910 kg milk/ha/year, but varied much more over time, with a maximum range of 2668 kg milk/ha/year, leading to mean absolute residuals of 525 kg milk/ha/year. Productivity of farm W.28, however, decreased by 28 kg milk/ha/year over time, whereas it increased on other farms (e.g. W.11, W.13 and W.14 had positive slopes of 30, 32 and 27 kg milk/ha/year, respectively).

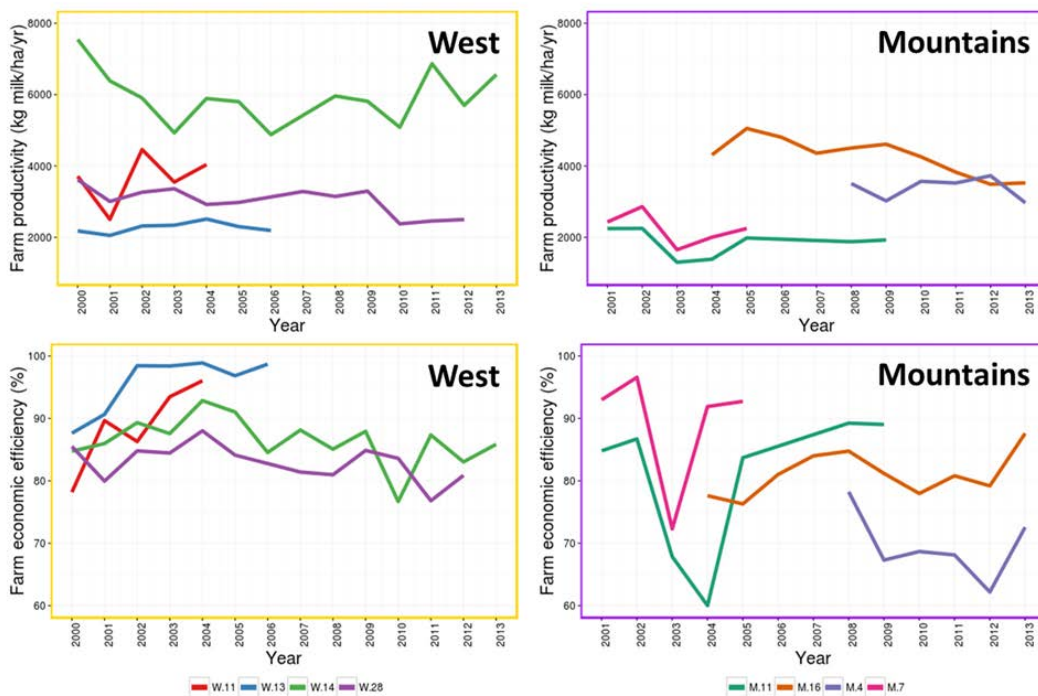


Figure 47 Farm productivity (top) and economic efficiency (bottom) in the West (left) and in the Mountains (right) over time for a subset of four contrasting farms in each region. Each colored line represent a farm (bottom).

Distribution of farm economic efficiency had a Gaussian shape yet it was more similar among farms: the mean of all farms was 86.5%, with a standard deviation (SD) of 7.0%. Relatively large differences occurred nonetheless: mean efficiency was 95.6% for farm W.13 and 82.9% for farm W.28. Efficiency of the former increased by 1.6% over time, while that the latter remained constant, which exacerbated their differences over time. Again, certain farms buffered interannual variability in production conditions (mainly climate and prices) better, while others were more sensitive to these changing conditions and exhibited larger interannual differences in efficiency. For example, farm W.28 had mean absolute residuals of 1.9% around its mean efficiency of 82.9%, which was more than twice as small as that of farm W.11, with 4.2% around its mean of 88.7%.

In the Mountains, distribution of farm productivity had a Gaussian shape. Farm productivity was lower than that in the West, ranging from 1300-5050 kg milk/ha/year among farms, with a mean of 3019 kg milk/ha/year. Consequently, Mountain farms had smaller differences in mean productivity and interannual variability than farms in the West (**Figure 47**). The SD of all Mountain farms (776 kg milk/ha/year) was lower than that of farms in the West (1138 kg milk/ha/year). Still, farm M.16 produced more than twice as much milk per ha (4273 kg milk/ha/year) than farm M.11 (1852 kg milk/ha/year), but their mean absolute residuals were similar (282 and 279 kg milk/ha/year, respectively). Productivity on farm M.16, however, decreased by 70 kg milk/ha/year over time whereas it increased on other farms (e.g. M.4 and M.11 had positive slopes of 12 and 17 kg milk/ha/year, respectively).

Distribution of farm economic efficiency had a Gaussian shape but it varied more among farms and over time in the Mountains than in the West. Like productivity, mean farm efficiency (80.7%) was lower than that in the West (86.5%), with larger differences among farms. For example, mean farm efficiency was 69.5% for farm M.4 and 89.3% for farm M.7. These efficiencies remained stable over time, with slopes ranging from -0.5% to 0.4%. Farm economic efficiency also varied more than that in the West, with a SD of 7.5%, related more to interannual variability than variability among farms. For example, farm M.11 had a maximum range of efficiency of 19.2% over time and mean absolute residuals of 9.0%. Similarly, farm M.7 had a maximum range of 24.3% over time and mean absolute residuals of 9.0%.

Farm vulnerability patterns as tradeoffs among productivity and economic efficiency

In both regions, none of the surveyed farms had a combination of high predicted values (i.e. “good” mean performances), a constant or increasing trend (i.e. indicating improvement), and low variability (i.e. indicating stability and robustness) for farm productivity or economic efficiency. Instead, we observed a diversity of trade-offs among vulnerability variables (**Figure 48**).

For example, in the West, farm W.13 was among the least productive (2358 kg milk/ha/year), but it had the highest efficiency (95.0%) and the best ability to buffer the variability in the production context (residuals of productivity limited to 137 kg milk/ha/year). In contrast, farm W.14 focused on maximizing productivity (5847 kg milk/ha/year), but this came at the expense of its efficiency (86.5%) and ability to buffer the variability in the production context (residuals of efficiency as high as 2.8%). A third pattern was illustrated by farm W.28, which had the best buffering abilities for productivity and economic efficiency (residuals limited to 241 kg milk/ha/year and 1.9% respectively), with low mean levels for both variables (3040 kg milk/ha/year and 83.3% respectively). Farm W.11 had relatively high economic efficiency (88.8%) that increased over time (+1.6%/year) but was sensitive to changes in the production context as shown by large variations in productivity and efficiency (residuals as high as 498 kg milk/ha/year and 4.2% respectively).

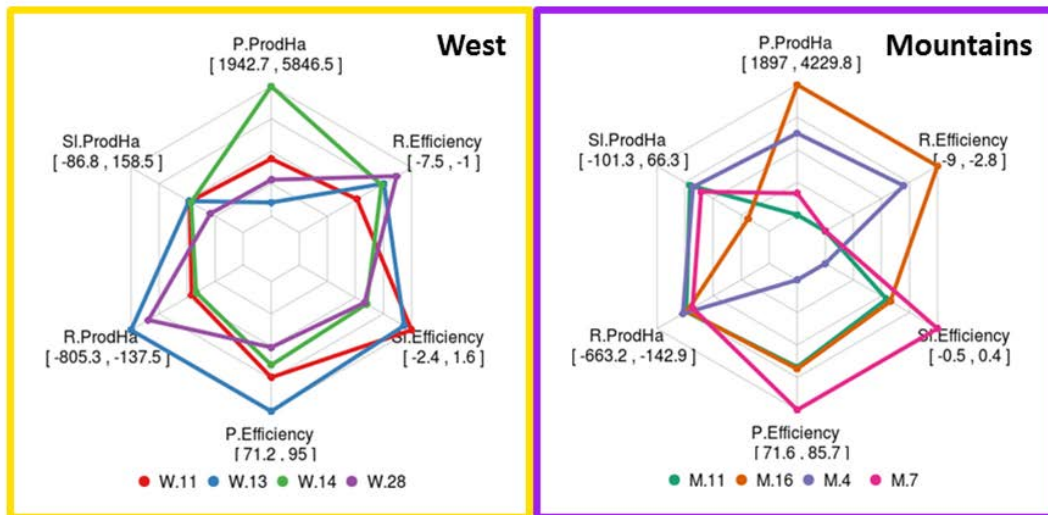


Figure 48 Radar plot of standardized vulnerability variables for four contrasting farms in the West (left) and in the Mountains (right) of France. Vulnerability variables are predicted values (P), slope (Sl), and mean absolute residuals of linear regressions (R) of measurements of farm productivity (ProdHa, kg milk/ha/year) and farm economic efficiency (Efficiency) Values in brackets indicate the range of observed values. Since we assume that farm vulnerability is minimized among other things through low variability (i.e. indicating stability and robustness), the inverse of mean absolute residuals is plotted.

Similar differences among farms were observed in the Mountains. For example, farm M.7 had high economic efficiency (85.7%) that increased over time but experienced high variability (residuals as high as 8.9%). Its productivity was low (2284 kg milk/ha/year), however. In contrast, farm M.16 was the most productive (4230 kg milk/ha/year) and had low variability in productivity and economic efficiency (residuals limited to 282 kg milk/ha/year and 2.8% respectively), but its productivity decreased over time (-70 kg milk/ha/year), and its economic efficiency (81.3 %) was lower than that of M.7. A third pattern was illustrated by farm M.4, which had intermediate productivity but low economic efficiency (3360 kg milk/ha/year and 71.6% respectively) that decreased over time (-0.5%/year). Farm M.11 had low but stable productivity (1897 kg milk/ha/year and residuals limited to 279 kg milk/ha/year) that slightly increased over time (+17 kg milk/ha/year), and it was among the most economically efficient (81.1%) yet not robust (residuals as high as 9.0%) farms of the Mountains.

Farm vulnerability according to agricultural diversity and land-use and herd-management intensities

We investigated whether the vulnerability variables for productivity and economic efficiency could be predicted by explanatory variables that illustrate farm exposure to climatic and economic variability and agricultural diversity and land-use and herd-management intensities of farm configurations over time. PLS regression was used to fit a linear model between vulnerability variables and explanatory variables. PLS regression created components (linear combinations of variables) by maximizing the square covariance between components of explanatory variables and components of vulnerability variables. PLS regression was applied to each region separately.

In both the West and the Mountains, component 1 clearly brought insightful results. Component 2 was borderline but we decided to keep it nevertheless (see Supplementary Material B in **Annexe 2** for details and discussion on that point). In both regions, expected levels of productivity and economic efficiency were almost orthogonal, i.e. nearly orthogonal to each other, meaning that they were not correlated (**Figure 49**). Predicted values and slopes of efficiency were highly correlated: the more efficient the farm, the higher the increase in its efficiency over time.

The slopes and residuals of productivity and the residuals of economic efficiency were not related with any explanatory variable. In both regions, stocking rate was positively related to productivity, while concentrate distribution was negatively related to economic efficiency. As compared to farm-management variables, variables representing exposure to climatic and economic variability were seldom correlated with farm vulnerability variables. Moreover, projections of each farm from all years were close to each other and these groups of projections were quite distant among farms (Supplementary Material B in **Annexe 2**). This indicates that in spite of adaptations implemented, farms remained quite similar over the time of the survey and differences between farms were larger than differences within farms and across years. Moreover, it means that changes in patterns of productivity and economic efficiency and therefore in farm vulnerability due to climatic and economic variability during the survey period had relatively little

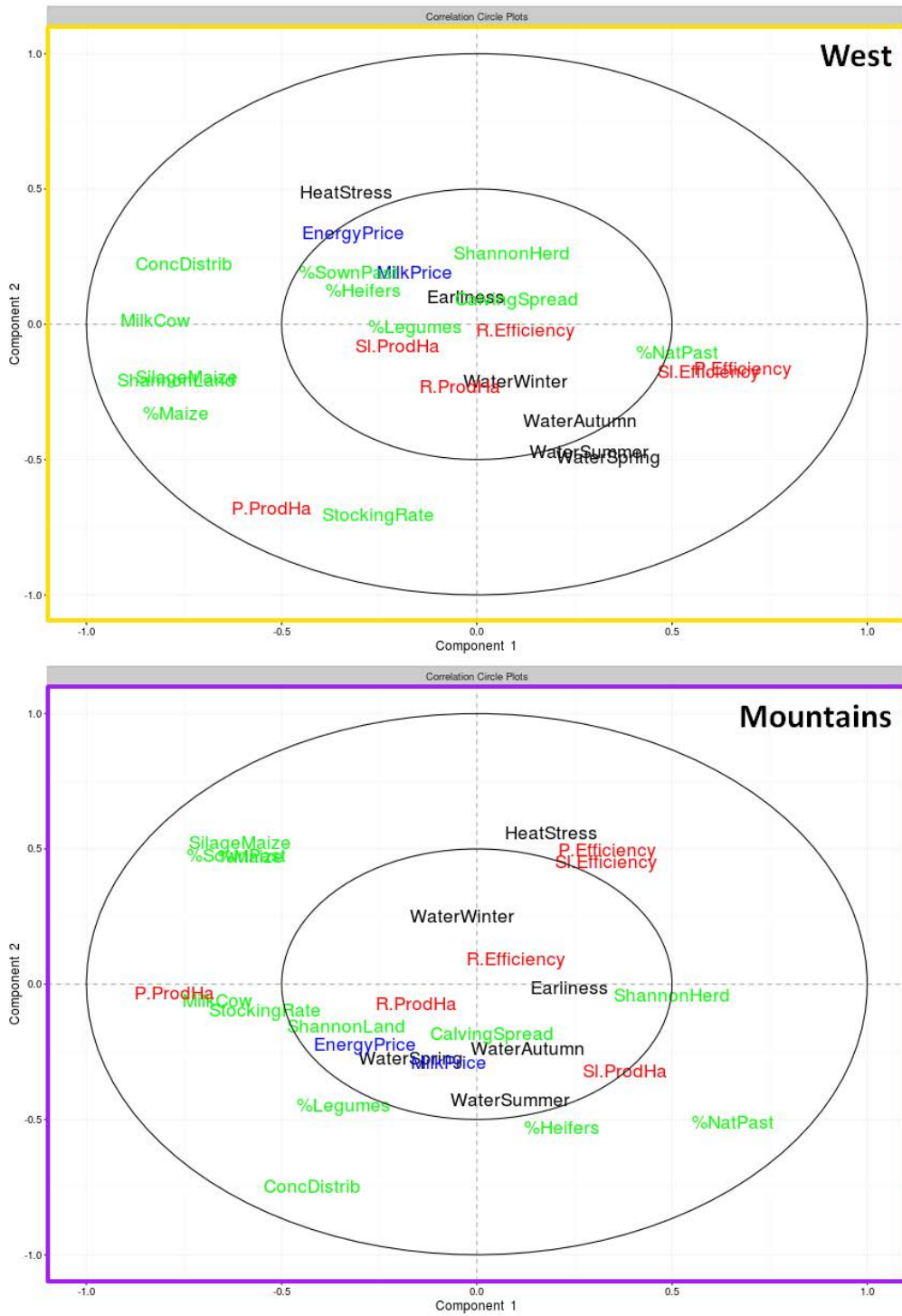


Figure 49 Partial least squares regression of the vulnerability variables (red) based on exposure (climate conditions (black) and economic conditions (blue)), farm configuration and farmers' technical adaptation variables (green) in the West (top) and in the Mountains (bottom) of France. Components 1 and 2 are displayed, showing relationships of the variables along these dimensions. Full names of variables are provided in **Table 5**.

effect compared to initial differences in farm configurations. This conclusion was strengthened by the absence of statistical links between climatic and economic variability and farm-management variables (Supplementary Material B in **Annexe 2**). Therefore, potential drivers of farm vulnerability identified through the PLS analysis are robust to climatic and economic variability and apply quite independently of the year.

In the West, component 1 of the PLS regression represented mainly the level and slope of economic efficiency, while component 2 was driven mainly by productivity. In component 1, predicted productivity was positively related to five farm-management variables (see Supplementary Material B in **Annexe 2** for details): Shannon diversity index of farm land use, maize cropping percentage, percentage of maize silage in animal diets (although many farms did not grow maize; see Supplementary Material B in **Annexe 2**), amount of concentrates distributed, and milk production per cow. In contrast, productivity was negatively related to the percentage of semi-natural pasture in the area used to feed livestock.

In component 2, productivity was positively related to two climatic variables (water balances in spring and summer) and overall with one farm-management variable (stocking rate) that explained most of the large differences in productivity observed among farms (1468-7547 kg milk/ha/year). In contrast, productivity was negatively related to heat stress. In component 1, predicted economic efficiency and its slope were positively related to the percentage of semi-natural pasture in the area used to feed livestock and negatively to the Shannon diversity index of farm land use, maize cropping percentage, percentage of maize silage in animal diets, amount of concentrates distributed, and milk production per cow.

Thus, it appears that farms relying solely on semi-natural pastures limiting their distribution of concentrates, had the highest efficiencies, which increased over time. These farms also tended to have slightly lower productivity than those farms that included crops (e.g. silage maize), distributed more feed (fodder and concentrates) per animal (i.e. less grazing), had higher stocking rates, and produced more milk. Land-use and herd-management intensities, especially stocking rate, were effective mechanisms to increase productivity, especially

during years with above-average rainfall and average temperatures. Intensifying land use and herd management, however, was not necessarily related to increased economic efficiency, which benefited more from thrifty and self-sufficient management.

In the Mountains, component 1 represented mainly productivity, while component 2 was driven mainly by the level and slope of economic efficiency. Predicted productivity was positively related to five farm-management variables: stocking rate, percentage of sown pasture in the area used to feed cattle, maize cropping percentage, percentage of maize silage in animal diets (although, as in the West, many farms did not grow maize; see Supplementary Material B in **Annexe 2**), and milk production per cow. It was negatively related to the percentage of semi-natural pasture in the area used to feed livestock and diversity within the herd. These seven positively- and negatively-related variables were at the roots of the differences in productivity among farms (1300-5050 kg milk/ha/year). In component 2, predicted economic efficiency and its slope were positively related to heat stress and negatively related to percentage of farm area with legume cropping, percentage of heifers in the herd, and amount of concentrate distributed.

It appears that, as for the West, Mountain farms relying on semi-natural pastures had lower productivity than farms that included sown pastures and silage maize, had higher stocking rates, and produced more milk. Unlike farms in the West, however, economic efficiency was orthogonal and thus uncorrelated to land use type (semi-natural-pasture-based vs. cropping-based). It was related more to the amount of concentrate distributed and effective management of turnover within the herd, which led to low percentages of heifers (unproductive animals), especially during years with above-average temperatures. Mountain farms distributed more concentrates than farms in the West (146 vs. 114 g/ kg milk, respectively; Table 1). Because organic concentrates are expensive (costing nearly 3 times as much as conventional concentrates), fine tuning of concentrate distribution resulted in major differences among farms.

5.2.4 Discussion

We initially assumed that farm vulnerability to climatic and economic variability was minimized by a combination of high values of measurements, predicted values, or intercepts (i.e. indicating “good” mean performances); a stable or increasing trend (i.e. indicating improvement); and low variability (i.e. indicating stability and robustness) for farm productivity and economic efficiency. No farm in the sample followed this pattern. A diversity of trade-offs emerged among vulnerability variables, as shown by Ripoll-Bosch et al. (2012), who analyzed the sustainability of conventional Spanish sheep farms.

The number of years surveyed differed among farms, ranging from 5-14 years. As a result, not all farms experienced the same hazards during the study period. Still, it appeared that tradeoffs among vulnerability variables were overall driven by agricultural diversity and land-use and herd-management intensities. Despite the increasing uncertainty and variability in the production context (Wright 2011; IPCC 2013), interannual variability in climatic and economic conditions had a limited effect on vulnerability variables among farms. However, it had a substantial impact on vulnerability variables within farms and within years (see Supplementary material B in **Annexe 2**). This was probably because differences in farmers’ practices had more influence than interannual variability in rainfall and energy or milk prices. These differences can best be explained by differences in farmer abilities to perceive risk and uncertainty and better skills for planning farm configurations accordingly, as observed by (Marshall et al. 2013a). These abilities may explain differences in farmers’ practices and resulting differences in farm vulnerability. This also reveals that the extent to which farms must adapt to changes in the production context remains large and partly unexplored by most organic dairy farmers.

No specific combination of agricultural diversity and land-use and herd-management intensities emerged that reduced farm vulnerability. Instead, different combinations led to similar levels of vulnerability depending on tradeoffs between farmers’ productivity and economic efficiency targets. Productivity responded positively to intensification of land use (growing more

maize and sown pasture) by increasing the stocking rate and to intensification of herd (feeding more silage, distributing more concentrates) by producing more milk per cow. Accordingly, semi-natural pastures were not conducive to increasing productivity. Under organic standards, it is more difficult for farmers to correct management errors and respond to adverse pedological or climatic conditions (Niggli et al. 2015). For example, failure in sowing a pasture might be difficult to rectify as it can be difficult to find organic inputs especially organic seeds in a limited timeframe. This difficulty of farming organically is exacerbated on pasture-based farms, whose pastures require high skills to maintain their productivity and nutrient contents and which can experience severe water shortages in spring and summer, when most pasture production occurs.

In the farm sample, greater production was not related to greater earnings. Increasing economic efficiency required an approach based on thrifty management and self-sufficiency with regard to animal feeding, which confirms recent findings for conventional farms (Coquil et al. 2013; Lebacqz et al. 2015). Because organic concentrates are expensive, fine tuning of concentrate distribution resulted in major differences among farms, as occurred in Belgium (Lebacqz et al. 2015) and Spain (Ripoll-Bosch et al. 2012) with conventional dairy cattle and sheep, respectively. Fine tuning can best be performed by ensuring the quality of fodder in cattle diets and adjusting concentrate distributions accordingly.

This study shows that over the mid-to-long-term (5-14 years), it is not possible to maximize both productivity and economic efficiency of farms under organic production standards, as shown for conventional farming (Ripoll-Bosch et al. 2012). Organic dairy farms will continue to be vulnerable to a range of hazards, mainly climate hazards when farms focus on productivity, and economic hazards when farms focus on economic efficiency. For farmers to avoid this tradeoff between climatic and economic vulnerability, farm-level adaptation is required (Nicholas and Durham 2012) to consistently adjust the level of intensification of land use and herd management to targeted levels of productivity and economic efficiency despite variability in the production context (climate, prices, etc.). Decision support systems (e.g. Forage Rummy presented in Martin 2015) can be a

participatory way to simulate consequences of farm adaptations and thus encourage farmers to reflect on their practices.

Conclusions

We analyzed whether and how organic dairy farm vulnerability can be reduced by adapting agricultural diversity and land-use and herd-management intensities of farm configurations over time. It appeared that interannual variability in climatic and economic conditions generally had a limited effect on vulnerability among farms compared to differences in farmers' practices. For most farmers, the extent to which they must adapt their farms to changes in the production context remains large and partly unexplored. In this context, policies should support knowledge exchange among farmers about agricultural diversity and land-use and herd-management intensities of farm configurations enabling to reduce farm vulnerability.

Acknowledgments

MB's Ph.D. project is funded by INRA and the Midi-Pyrénées region. This study was funded by the French ANR Agrobiosphère program as part of the TATABOX project (ANR-13-AGRO-0006) and by the French Ministry of Agriculture as part of the OPTIALIBIO project. The authors thank Marine Philippe, Clémence Drieu and Loïc Madeline for their support with data preparation and analysis.

6 DISCUSSION GÉNÉRALE



Figure 50 Journée de discussion des résultats de la première année d'enquêtes en Aveyron sur l'une des fermes enquêtées avec les agriculteurs, conseillers de la Chambre d'Agriculture, et de l'APABA, le 9/12/2016. Source photo Floriane Le Maître.

6.1 Les apports méthodologiques pour l'analyse de l'évolution de la vulnérabilité des exploitations agricoles permise par la conversion à l'AB

6.1.1 Une approche intégrée

Apports du travail de thèse

Ce travail de thèse est original par son approche intégrée de l'analyse de la vulnérabilité des exploitations agricoles pendant une transition agroécologique. Cette approche s'appuie sur les deux axes de la **Figure 28** présentant l'articulation entre les quatre articles de la thèse : (i) la combinaison d'approches socio-techniques et technico-économiques, et (ii) la combinaison de travaux à différents pas de temps de la conversion depuis la dernière année en conventionnel jusqu'à plusieurs années après la conversion réglementaire.

La combinaison d'approches socio-techniques (article 1), technico-économiques (articles 3 et 4) et mixtes (article 2) a permis d'analyser les différents impacts d'une transition agroécologique sur la ferme de manière intégrée : (i) au niveau des perceptions des agriculteurs (motivations à la conversion, satisfaction concernant l'économie, l'agronomie, la zootechnie, les relations sociales et la qualité de travail), (ii) au niveau des pratiques, et (iii) au niveau des résultats technico-économiques. Ces trois niveaux d'analyse ont été mis en relation par analyse statistique alors qu'ils faisaient jusqu'à présent l'objet d'analyses fragmentaires que ce soit sur les perceptions (Guthman 2000; Koesling et al. 2008; Best 2008; Lamine and Bellon 2009a; Cranfield et al. 2010), sur l'analyse des pratiques (Navarrete et al. 2011; Coquil et al. 2013; Chantre and Cardona 2014; Chantre et al. 2015) et sur l'analyse des résultats technico-économiques (Smukler et al. 2008; Seufert et al. 2012; Reganold and Wachter 2016). Cette approche intégrée permet d'aller au-delà de la description des possibles vers la production de références utiles à l'action.

Ce travail s'est appuyé sur des collaborations interdisciplinaires (agronomie, statistique, sociologie) et répond à la nécessité d'études interdisciplinaires sur la conversion à l'AB (Lamine and Bellon 2009a) et lorsque l'on évalue la vulnérabilité (Schröter et al. 2005). Les précédents travaux sur la conversion à l'AB relevaient surtout d'une seule discipline, excepté quelques études combinant agronomie et sociologie (Bellon et al. 2007; Lamine 2011a). Pourtant, de nombreux chercheurs recommandent d'engager des recherches interdisciplinaires (Timmermans et al. 2018; Tourdonnet et al. 2018) qui "jouent un rôle clé dans les grands défis qu'affrontent les sociétés" (Gleed and Marchant 2016). Accompagner les exploitations dans la transition agroécologique comme la conversion à l'AB est l'un de ces défis. Mes travaux permettent d'appréhender la complexité de la conversion à l'AB en s'appuyant sur des connaissances agronomiques et zootechniques des systèmes agricoles, en collaborant avec une sociologue pour intégrer la dimension humaine et avec une statisticienne pour développer des outils plus adaptés à notre question. Cette approche interdisciplinaire est un point clé d'une production de références utiles à l'action.

Cette combinaison d'approches socio-techniques, technico-économiques et mixtes a permis de discuter de la vulnérabilité d'un point de vue technico-économique ancré sur des connaissances d'experts (articles 3 et 4) et d'un point de vue des perceptions des agriculteurs (article 2). Dans les travaux précédents, il y avait d'un côté des travaux basés sur des approches qualitatives analysant des témoignages d'agriculteurs sous l'angle de la vulnérabilité ou la résilience (Darnhofer et al. 2010a; Dedieu and Ingrand 2010; Darnhofer 2010; Nicholas and Durham 2012; Marshall et al. 2014) conduisant à des résultats difficilement opérationnalisables, et d'autre part des travaux basés sur des approches quantitatives évaluant la vulnérabilité seulement par la productivité ou la rentabilité économique des exploitations (Reidsma et al. 2010; Dong et al. 2015).

Il s'est avéré très riche, dans le cadre de ce travail, d'approcher la vulnérabilité en considérant la représentation des experts et les perceptions des agriculteurs de manière complémentaire. Les variables quantitatives technico-économiques définies par des experts ont un potentiel important pour généraliser les résultats au-delà du groupe d'éleveurs étudié, et ainsi transposer les références obtenues. Mais il importe aussi d'avoir des informations sur ce que perçoivent les agriculteurs puisque ce sont eux qui gèrent la transition sur la ferme (Christiansen et al. 2018). Leurs perceptions ne sont pas nécessairement en phase avec l'évolution des variables technico-économiques mais pourtant, si un agriculteur perçoit une amélioration de sa situation, c'est un premier pas essentiel de réduction de la vulnérabilité. Dans leur proposition de critères nécessaires aux évaluations de vulnérabilité, Schröter et al. (2005) insistent sur l'importance de collaborer avec les acteurs pour comprendre leur point de vue, leurs connaissances et leurs préoccupations. Ainsi, cette diversité d'approches de la vulnérabilité contribue à rendre nos résultats plus robustes et pertinents pour les acteurs. Dans cette thèse, il y a convergence entre les résultats des différentes approches sur la réduction de vulnérabilité permise par la conversion à l'AB, et ce que l'on ait considéré la vulnérabilité d'un point de vue d'éleveurs ou d'un point de vue d'experts.

Le deuxième axe de la **Figure 28** met en avant les différents pas de temps des travaux de la thèse : depuis la dernière année en conventionnel jusqu'à plusieurs années après la conversion réglementaire. Peu de travaux traitent de la conversion à l'AB au-delà de sa période réglementaire (Lamine and Bellon 2009a). Beaucoup de travaux en sciences humaines et sociales se sont concentrés sur les motivations à la conversion en la réduisant à sa période administrative (Darnhofer et al. 2005; Flaten et al. 2006; Koesling et al. 2008; Best 2008; Cranfield et al. 2010) et peu se sont intéressés aux trajectoires des agriculteurs en considérant la conversion sur une période plus longue (Guthman 2000; Smit et al. 2009). Du côté des travaux biotechniques, beaucoup de travaux discutent des performances des systèmes AB à la fin de la conversion (Rollett et al. 2007; Schader et al. 2012; de Ponti et al. 2012; Reganold and Wachter 2016), ou se concentrent sur la période de conversion administrative (Delate and Cambardella 2004; Briar et al. 2007; Smukler et al. 2008) en allant parfois quelques années au-delà (Liebhardt et al.

1989; Martini et al. 2004). Etudier la conversion à l'AB nécessite de la considérer durant sa période réglementaire mais aussi au-delà (Bellon et al. 2007; Lamine and Bellon 2009a), et les quatre articles de cette thèse contribuent à cet enjeu en étudiant (i) le moment de la décision de la conversion (article 1), (ii) la conversion réglementaire depuis la dernière année conventionnelle (article 2), (iii) la conversion au delà de sa période réglementaire depuis la dernière année conventionnelle jusqu'à deux ans après (article 3), et (iv) les années post-conversion réglementaire (article 4). Cette approche dynamique qui couvre différentes périodes de la conversion depuis la dernière année en conventionnel permet de produire des connaissances sur l'ensemble de la transition utiles à la décision et l'action sur différents horizons temporels (court, moyen et long terme).

Limites

Cette approche intégrée souffre néanmoins de plusieurs limites. Premièrement, il n'a pas été possible de combiner analyse technico-économique et socio-technique basée sur les perceptions des agriculteurs sur un même terrain. Les bases de données technico-économiques ont été récupérées plusieurs années après leur construction, ne permettant pas d'entretiens avec les agriculteurs pour recueillir leurs perceptions. Concernant le dispositif de suivi en Aveyron, les délais nécessaires à l'obtention des 3 années de données comptables n'ont pas rendu possible leur analyse sur le temps de la thèse. Pourtant, le croisement des résultats issus d'approches différentes sur un même terrain d'étude pourrait enrichir l'analyse et renforcer encore davantage la robustesse des résultats (Bellon et al. 2007).

Deuxièmement, nous n'avons pas pris en compte la dimension environnementale dans notre évaluation de la vulnérabilité. Pourtant, les impacts environnementaux de l'exploitation agricole peuvent contribuer à sa vulnérabilité. Ainsi, les évolutions réglementaires vont dans le sens de normes environnementales de plus en plus importantes (Buller and Brives 2017): réglementation limitant les épandages dans les zones vulnérables liées à la directive Nitrates, questionnements dans certaines laiteries sur un label garantissant de faibles émissions de gaz à effet de serre des exploitations agricoles, etc. Des agriculteurs ayant des impacts négatifs environnementaux importants verraient donc leur

vulnérabilité augmenter. Cette évaluation des impacts environnementaux est possible et pourrait être faite avec un outil comme CAP'2ER (Idele 2018).

Troisièmement, dans ce travail de thèse, les variables caractérisant les stratégies d'adaptation sont réduites à des variables de pratiques sur l'atelier bovin lait qui ne sont pas exhaustives. D'autres stratégies d'adaptation à l'échelle de l'atelier bovin lait pourraient jouer un rôle important comme le changement de race laitière ou la mise en place de croisement. En outre, les stratégies d'adaptation peuvent relever de choix sociaux (réseaux de conseil, etc.) ou économiques (investissements, etc.). Des agriculteurs peuvent par exemple gérer leur taux d'endettement pour qu'il reste à un niveau raisonnable afin de faire face à des aléas futurs (Darnhofer 2010). Parmi les agriculteurs suivis en Aveyron (article 2), certains ont lancé –concrètement ou en réflexion- des projets de diversification sur la ferme comme la transformation à la ferme du lait avec une nouvelle associée, ou la transformation d'un atelier d'engraissement d'agneaux en atelier de poules pondeuses. La moitié de ces éleveurs ont changé de laiterie lors du passage en AB, passant d'un industriel privé à une organisation coopérative ou à un groupement de producteurs. Ces changements qui dépassent les pratiques à l'échelle de l'atelier bovin lait de la ferme sont d'autres leviers d'adaptation qui peuvent contribuer à réduire la vulnérabilité et qui n'ont pas été considérés dans ce travail.

Perspectives

Ces limites ouvrent des perspectives de travaux scientifiques pour compléter notre approche intégrée de la vulnérabilité : (i) analyser l'évolution de la vulnérabilité d'un point de vue technico-économique et d'un point de vue des agriculteurs sur le même terrain, et ce sur des temps longs au-delà de la phase de conversion réglementaire (ii) explorer d'autres dimensions de la vulnérabilité (dimension environnementale) et d'autres facettes des stratégies d'adaptation (adaptations en lien avec l'environnement socio-économique).

6.1.2 Une méthode dynamique à un grain annuel pour expliquer l'évolution de la vulnérabilité permise par la conversion

Apports du travail de thèse

Ce travail de thèse a permis d'enrichir l'approche technico-économique de l'exploitation traditionnellement mobilisée dans le champ de l'agronomie en intégrant la dynamique pluriannuelle de la transition, et avec l'objectif de ne pas s'arrêter à la notion de performance mais de discuter de la question de la vulnérabilité des exploitations agricoles. Nous avons adapté une méthode statistique originale (Martin et al. 2017) pour expliquer l'évolution de la vulnérabilité à un grain annuel et sur un horizon pluriannuel. Cette méthode permet de relier les variables de vulnérabilité de l'exploitation à des variables explicatives illustrant son exposition aux aléas climatiques et économiques et/ou illustrant les stratégies d'adaptation mises en place par les éleveurs.

Par rapport à la proposition de Martin et al. (2017), et en lien avec la question de la conversion en bovin lait, nous avons proposé d'autres variables de vulnérabilité (technico-économiques basées sur des représentations d'experts, et reflétant la perception des éleveurs) et d'autres variables explicatives (illustrant les aléas climatiques et économiques et/ou les stratégies d'adaptation des éleveurs). Alors que Martin et al. (2017) utilisaient les données brutes des variables explicatives dans l'analyse de régression des moindres carrés ("PLS"), nous avons aussi réalisé des régressions linéaires sur les variables explicatives pour intégrer leur évolution. En fonction du type de variable (vulnérabilité, exposition ou stratégie d'adaptation) et du moment de la conversion étudié, nous avons adapté le choix des paramètres mathématiques (pentes des régressions, valeurs prédites des régressions, valeurs initiales ou finales). Ces adaptations de la méthode de Martin et al. (2017) la rendent applicables à une plus large gamme de questions.

La méthode développée permet d'avoir une flexibilité quant au choix des variables de vulnérabilité : nous avons proposé (i) deux variables technico-économiques dans l'article 4 (efficacité économique et productivité autonome), (ii) 4 variables technico-économiques dans l'article 3 après discussion avec des conseillers agricoles et administrateurs du réseau FRAB-GAB partenaires de

l'étude (efficience économique, productivité autonome, rentabilité et indépendance aux aides), et (iii) cinq variables de satisfaction ressenties par les éleveurs dans l'article 2 (satisfaction économique, agronomique, zootechnique, sociale et qualité de travail). La diversité de ces variables permet de discuter de la vulnérabilité des exploitations agricoles au-delà des seules variables de rendement et de revenu souvent considérées (Reidsma et al. 2010; Dong et al. 2015). En outre, elle permet de considérer des variables relevant de la vulnérabilité sociale des exploitations agricoles (Marshall et al. 2014). Enfin, en considérant conjointement plusieurs variables de vulnérabilité, cette méthode permet de discuter des compromis qui s'opèrent entre ces variables.

Cette méthode permet également de la flexibilité sur le choix des variables explicatives. Ainsi il est possible de considérer d'autres aléas que les aléas climatiques (articles 3 et 4), alors que beaucoup de travaux évaluant la vulnérabilité se limitent à un seul aléa, souvent climatique (Reidsma et al. 2010; Dong et al. 2015). Cette flexibilité sur le choix des variables explicatives permet également de choisir différentes variables illustrant les stratégies d'adaptation selon les cas (21 variables dans l'article 2, 10 variables dans l'article 3, et 12 dans l'article 4) et d'analyser leurs relations (par ex. pour identifier la co-occurrence de changements), alors que la plupart des travaux antérieurs les négligent (Reed et al. 2013).

Cette méthode est originale de par la décomposition des variables en plusieurs paramètres mathématiques que nous avons adaptés aux différentes situations. Ainsi, concernant les variables de vulnérabilité, Martin et al. (2017) ont proposé de considérer trois paramètres mathématiques pour chaque variable de vulnérabilité : (i) les données brutes ou l'ordonnée à l'origine de la régression représentant le niveau, (ii) la pente de la régression représentant la tendance, (iii) les résidus de la régression représentant la variabilité. Nous avons proposé différentes adaptations dans nos articles: (i) dans l'article 2 analysant des fermes aveyronnaises pendant 3 ans de la conversion, nous avons choisi de nous concentrer sur la tendance et le niveau final des variables de satisfaction des éleveurs, (ii) dans l'article 3 analysant des fermes bretonnes sur 5 ans, nous avons choisi le niveau initial et la tendance, et (iii) dans l'article 4 analysant des fermes

en AB depuis plusieurs années, nous avons décomposé les variables de vulnérabilité en valeurs prédites (indiquant le niveau des performances), tendance, et variabilité. Cette diversité (que l'on retrouve au niveau des variables explicatives) rend compte de l'adaptation de la méthode aux différentes phases de la conversion : nous avons ainsi décidé de ne pas conserver la variabilité des performances dans l'analyse de l'article 3 en considérant que le temps de conversion était une phase instable et que ce qui nous intéressait plus était la tendance, contrairement à l'analyse de l'article 4 où les fermes sont certifiées AB et où la variabilité de leurs performances est une composante importante de la vulnérabilité.

Cette méthode permet de considérer les changements induits par la conversion à un grain annuel, contrairement aux travaux s'appuyant sur le cadre ESR (Lamine 2011a; Navarrete et al. 2011; Chantre and Cardona 2014; Chantre et al. 2015). Elle permet ainsi la création de références pour les conseillers et agriculteurs. L'explication de l'évolution de la vulnérabilité par des variables explicatives à ce grain annuel est bien adaptée pour traiter des adaptations lors de la conversion à l'AB, ce qui n'était pas le cas de travaux précédents analysant les évolutions de fermes sur des horizons temporels relativement longs (García-Martínez et al. 2009; Falconnier et al. 2015).

Limites

En considérant conjointement plusieurs variables de performances dans nos analyses, nos résultats révèlent systématiquement des compromis entre ces variables, comme d'autres travaux qui ont évalué la durabilité de systèmes ovins conventionnels (Ripoll-Bosch et al. 2012). Ces résultats mettent en lumière la multiplicité et complexité des profils de performance qui sont à mettre au regard des objectifs visés. Ces compromis et leur mise au regard des objectifs des éleveurs sont un enseignement potentiellement riche pour le conseil, mais il s'avère complexe à appréhender et vulgariser pour accompagner les agriculteurs. En outre, cette approche peut s'avérer inadaptée pour accompagner un agriculteur qui voudrait progresser sur l'un des axes de performance. En effet, notre méthode ne nous permet pas d'avoir des informations sur les stratégies d'adaptation les

plus efficaces lorsque l'on souhaite améliorer isolément un seul axe de performance.

Cette méthode pourrait intéresser des conseillers disposant de bases de données longitudinales de suivis d'exploitations agricoles, mais la complexité de manipulation (bases en statistique, en programmation, etc.) de la méthode rend sa diffusion difficile à envisager en l'état. La vulgarisation de la méthode nécessiterait un processus participatif pour aboutir à un outil d'aide à la décision pertinent pour les conseillers (Cerf et al. 2012).

Perspectives

Les limites pointées ouvrent des perspectives de recherches pour compléter notre méthode, notamment pour mieux comprendre les compromis mis en lumière et avoir des informations sur les stratégies d'adaptation les plus efficaces lorsque l'on souhaite améliorer isolément un seul axe de performance.

De plus, d'autres modèles que la régression linéaire pourraient être pertinents pour mieux considérer les spécificités des trajectoires qui ne sont pas forcément linéaires (possibilités de changements brutaux dans un sens puis l'autre). Des ressources sur l'analyse longitudinale de données sont à mobiliser dans d'autres champs de recherche (Maçaira et al. 2018) comme en médecine où Genolini et al. (2016) ont développé une méthode d'analyse typologique en fonction de la forme des courbes, et ce même si cette forme n'est pas observée au même moment dans le temps.

6.1.3 Une méthode adaptée au cas de la conversion en bovin lait

Apports du travail de thèse

La méthode développée est bien adaptée au cas de la conversion en bovin lait, ce qui répond à l'enjeu pointé en introduction de développement de méthodes qui prennent en compte les spécificités des filières. Peu de travaux sur les transitions agroécologiques portent sur la filière bovin lait. Les travaux précédents sur l'analyse des transitions agroécologiques à l'échelle de la ferme se sont centrés sur d'autres filières comme les grandes cultures (Lamine 2011a; Chantre et al. 2015), l'horticulture (Bellon et al. 2007) et l'arboriculture (Lamine 2011a; Navarrete et al. 2011). La seule étude identifiée traitant de l'élevage bovin laitier est celle de Coquil et al. (2013) qui analyse la transition d'élevages laitiers vers des systèmes autonomes. Ils mettent en évidence les différents outils mobilisés par les éleveurs lors de cette transition. Ces outils comme l'implantation de prairies temporaires ou la limitation des achats sur la ferme ne sont pas discutés au grain annuel de la transition. Ils sont de plus difficilement mobilisables dans l'accompagnement des agriculteurs pour concevoir des références localement-pertinentes pour le conseil, de par le manque d'indicateurs quantitatifs permettant d'établir des seuils nécessaires pour la décision et l'action comme pour la transposition des références à d'autres situations de production.

Dans les travaux spécifiques à l'AB, certaines études en sciences humaines et sociales se sont intéressées spécifiquement à la filière bovin lait (Flaten et al. 2005, 2006; Koesling et al. 2008; Smit et al. 2009) en discutant des motivations à la conversion et/ou des perceptions des risques des éleveurs AB en Norvège et aux Pays-Bas. Mais dans ces travaux, la question des motivations à la conversion est peu reliée aux questions de gestion des risques de l'exploitation. Seuls Flaten et al. (2005) discutent des différences de perception des risques entre éleveurs laitiers AB et conventionnels en Norvège. Mais l'évolution de ces perceptions pendant la conversion n'est pas analysée, pas plus que les liens entre ces perceptions et les motivations à passer en AB. Du côté des travaux biotechniques, la majorité des travaux identifiés en introduction de ce manuscrit sont des analyses multi-filières (Schader et al. 2012; Tuomisto et al. 2012) ou se concentrent sur les productions végétales (Briar et al. 2007; Rollett et al. 2007;

Zundel and Kilcher 2007; Smukler et al. 2008; de Ponti et al. 2012; Seufert et al. 2012). D'autres travaux traitent de l'élevage laitier AB (Hardie et al. 2014; Palhares and Pezzopane 2015; Orjales et al. 2016; Krieger et al. 2017), mais ils ne discutent pas spécifiquement de la phase de conversion. On trouve du côté des travaux sur la conception participative des systèmes d'élevage une étude réalisée avec des éleveurs bovin lait sur la conversion à l'AB comme exemple de re-conception du système (Gouttenoire et al. 2013). Mais ce travail est plus centré sur la méthode de modélisation pour re-concevoir son système que sur la discussion des stratégies d'adaptation qui ont été mises en place pendant la conversion, ou des performances en résultant.

Dans les travaux sur la résilience et la vulnérabilité à l'échelle des exploitations agricoles, beaucoup de travaux ne sont pas spécifiques à une filière agricole (Darnhofer et al. 2010a; Darnhofer 2010; Herman et al. 2018) ou s'intéressent à d'autres filières que l'élevage laitier comme la vigne (Nicholas and Durham 2012), l'élevage allaitant (Astigarraga et al. 2011; Marshall et al. 2014) ou les grandes cultures (Reidsma et al. 2010; David et al. 2010; Dong et al. 2015). Des travaux discutent spécifiquement de questions liées à la vulnérabilité en élevage bovin laitier (Begon et al. 2009; Dedieu and Ingrand 2010; Oliveira et al. 2015; Martin et al. 2017; Sneessens et al. 2017) mais sans faire de lien avec la transition. De plus, certains de ces résultats sont qualitatifs et difficilement mobilisables dans le cadre d'une activité de conseil car peu transposables d'une situation à une autre (Begon et al. 2009; Dedieu and Ingrand 2010).

Nous avons développé une méthode bien adaptée au cas de la filière bovin lait pendant la conversion à l'AB, et ce notamment grâce à la diversité des cas d'étude (Aveyron, Bretagne, Ouest et Centre de la France) et aux échanges importants avec des conseillers et agriculteurs. L'immersion sur le terrain pendant le temps de thèse a été conséquente afin de comprendre au mieux les enjeux spécifiques à la filière et proposer une méthode adaptée : (i) en Aveyron j'ai réalisé 77 entretiens individuels avec les éleveurs sur les trois années de ma thèse, participé à des formations collectives sur l'AB pour les éleveurs, accompagné des conseillers lors de diagnostics de conversion, organisé une journée d'échanges avec une vingtaine d'agriculteurs et des conseillers, je suis intervenue dans deux groupes techniques bovin lait AB de la Chambre d'Agriculture et lors de la commission filière lait Occitanie, (ii) en Bretagne j'ai participé à deux réunions d'échange avec des conseillers et agriculteurs du réseau GAB-FRAB, ainsi qu'à une formation pour les éleveurs sur la conversion à l'AB, (iii) dans le cadre des CASDAR Résilait et Optialibio j'ai pu échanger avec des acteurs des filières laitières AB de l'ensemble de la France sur les questions d'autonomie et de résilience des systèmes laitiers. Cette diversité de cas d'études, les échanges et restitutions avec des acteurs de différents horizons permettent de parvenir à des résultats plus robustes.

Limites

Le choix des variables de nos travaux ne couvre pas tous les aspects de la production laitière, comme la qualité du lait. Cependant, cela pourrait être complété puisque la méthode développée permet une flexibilité dans le choix des variables.

Perspectives

Ce travail ouvre des perspectives de recherche pour analyser l'évolution de la vulnérabilité d'autres transitions agroécologiques que la conversion à l'AB, et ce sur d'autres filières agricoles. En effet, la méthode d'analyse pourrait être appliquée à d'autres cas de systèmes bovin lait effectuant des transitions agroécologiques, et ce quel que soit la période de temps considéré : des transitions vers l'agriculture intégrée, ou l'agriculture de conservation, etc. L'application à d'autres filières de production nécessiterait un travail important sur le choix des variables, en fonction des spécificités de chaque production et de la disponibilité des données.

Le travail de thèse a permis des apports méthodologiques pour l'analyse de l'évolution de la vulnérabilité des exploitations agricoles permise par la conversion à l'AB :

- (i) une approche intégrée ;**
- (ii) une méthode dynamique à un grain annuel pour expliquer l'évolution de la vulnérabilité permise par la conversion ;**
- (iii) une méthode adaptée au cas de la conversion en bovin lait.**

6.2 Les apports cognitifs sur l'évolution de la vulnérabilité des exploitations d'élevage bovin laitier permise par la conversion à l'AB

6.2.1 La réduction de vulnérabilité comme moteur de décision pour la conversion

Apports du travail de thèse

L'article 1 a mis en lumière que les éleveurs passent en AB pour "voir plus loin" : ils attendent de la conversion une amélioration de leur capacité d'adaptation, leur permettant ainsi de mieux faire face aux changements et aléas présents et futurs. La réduction de la vulnérabilité de leurs exploitations agricoles est donc un moteur de décision pour la conversion des éleveurs. Les travaux précédents sur les motivations à la conversion ont peu abordé la question de vulnérabilité. Ils ont plutôt mis l'accent sur des motivations économiques ou environnementales à se convertir sur différentes filières agricoles (Darnhofer et al. 2005; Koesling et al. 2008; Lamine and Bellon 2009a) et ont alimenté des débats à l'échelle de la filière autour de la conventionnalisation de l'AB (Buck et al. 1997; Hall and Mogyorodó 2001; Guthman 2004; Langer et al. 2005; Flaten and Lien 2006; De Wit and Verhoog 2007; Best 2008; Guptill 2009; Sutherland 2013; Brzezina et al. 2017; Ramos García et al. 2018).

Nos résultats ont été confortés par une journée d'échanges avec une partie des agriculteurs enquêtés, et lors de deux interventions avec les éleveurs aveyronnais des deux groupes techniques bovin lait AB de la Chambre d'Agriculture (présence de récents convertis et éleveurs en AB depuis plusieurs années). Ils vont dans le sens des travaux de Flaten et al. (2005) qui ont montré que les éleveurs laitiers AB en Norvège avaient globalement moins d'aversion au risque que ceux en conventionnels. Nos résultats sont à discuter au regard des conclusions de Läßle and Rensburg (2011) qui ont montré que les considérations liées au risque limitent les conversions les plus récentes. Nous montrons que les considérations liées au risque jouent un rôle dans la conversion, mais, à la différence de Läßle and Rensburg (2011), ces considérations ne sont pas un frein mais un moteur puisque

les agriculteurs perçoivent l'AB comme un moyen d'améliorer leur capacité d'adaptation face à ces risques.

Ces différences peuvent être liées aux différences de contexte des travaux. Läßle and Rensburg (2011) ont réalisé leur étude en Irlande en envoyant des questionnaires à des agriculteurs conventionnels et AB en 2008, toutes productions confondues. Ils ont catégorisé les agriculteurs en quatre groupes : (i) les "non-adopters" qui sont en conventionnel, (ii) les "pionniers" qui sont passés en AB avant la mise en place du programme de protection de l'environnement rural en 1994, (iii) les "followers" qui sont passés en AB entre 1994 et 2005 quand le régime de paiement unique a été mis en place, et (iv) les "lagards" qui sont passés en AB après 2005. Les spécificités du contexte de la filière bovin lait en France (conventionnelle et AB) au moment de notre étude peuvent expliquer en partie les différences. En effet, les éleveurs enquêtés ont insisté sur les risques de la filière conventionnelle (volatilité des prix du lait conventionnel des dernières années, baisse de consommation et critiques des consommateurs) qui leur paraissaient plus importants que les risques associés à un passage en AB (au niveau de la filière comme sur la ferme).

Limites

Une limite de notre travail est le petit nombre de fermes sur lequel s'appuie nos résultats, ce qui questionne sa généralisation au-delà de l'Aveyron et au-delà de la filière bovin lait. Le choix de réaliser des entretiens individuels compréhensifs plutôt que d'envoyer des questionnaires permet de mieux comprendre les perceptions des agriculteurs, mais il limite fortement le nombre d'enquêtés par le temps que cela nécessite (déplacement sur la ferme, retranscription des entretiens, analyse qualitative).

Perspectives

Au niveau opérationnel, ces travaux montrent l'intérêt de communiquer et discuter du choix de la conversion sous l'angle de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité des exploitations. Ces résultats peuvent servir de support d'échanges avec les agriculteurs pour leur permettre d'exprimer les risques qu'ils perçoivent, et les attentes qu'ils ont de l'AB. J'ai ainsi expérimenté deux formats d'animation

avec des conseillers et agriculteurs en m'appuyant sur une partie des dessins réalisés avec Z'lex. La première animation s'est appuyée sur une technique de psychologie, le photolangage (Vacheret 2010) qui utilise l'image comme objet de médiation pour faire exprimer les ressentis. Nous avons organisé une journée d'échanges en décembre 2016 en Aveyron avec les agriculteurs enquêtés et les conseillers partenaires. Chaque participant (agriculteur, conseiller ou chercheur) a reçu une enveloppe avec une dizaine de dessins de Z'lex illustrant nos résultats. Tour à tour, chacun a choisi l'un des dessins et expliqué aux autres son choix (**Figure 51**). Le choix d'un dessin facilite la prise de parole de chacun et l'expression des émotions en ayant le support de cet objet "extérieur". De plus, cela facilite l'écoute des autres participants curieux de voir le choix du dessin et d'entendre l'explication. Ainsi, certains éleveurs ont exprimé des craintes ou des attentes sur l'avenir en AB, tandis que d'autres ont témoigné de leur vécu de la prise de décision de la conversion.



Figure 51 Sandrine Viguié, conseillère AB à la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, explique son choix de dessin aux autres participants lors de la journée de discussion des résultats de la première année d'enquêtes en Aveyron sur l'une des fermes enquêtées avec les agriculteurs le 9/12/2016. Source photo Floriane Le Maître

La deuxième animation s'est appuyée sur une technique de pédagogie active utilisant des boîtiers de vote électroniques (Canopé 2013; Blasco-Arcas et al. 2013). Je suis intervenue en décembre 2017 et janvier 2018 dans deux journées d'échanges des deux groupes techniques bovin lait AB de la Chambre

d'Agriculture d'Aveyron, auxquels participent des éleveurs déjà en AB depuis plusieurs années et d'autres récemment convertis. J'ai construit une présentation s'appuyant sur une partie des dessins réalisés avec Z'lex, et j'ai posé plusieurs questions en rapport avec les résultats pendant la présentation (par exemple, pensez-vous que l'agriculture biologique est plus ou moins risquée que l'agriculture conventionnelle ?). Les agriculteurs devaient y répondre avec leurs boîtiers et l'ensemble des résultats s'affichait à l'écran, ce qui permettait d'enclencher les discussions sur les raisons des réponses (**Figure 52**).

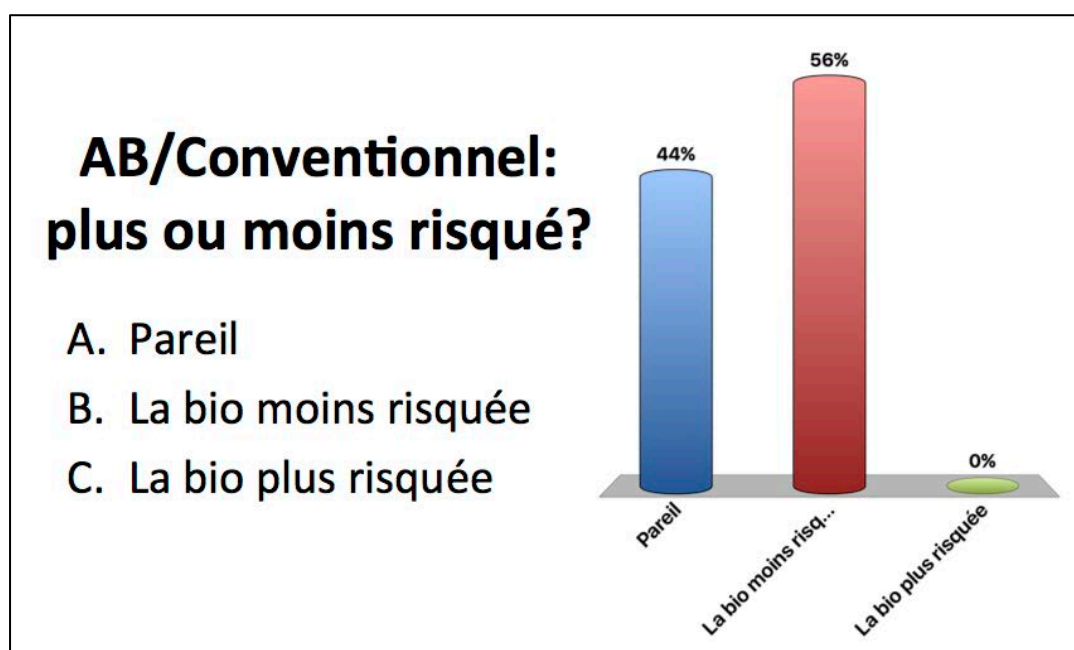


Figure 52 Ecran affichant les réponses d'agriculteurs à la question "Pensez-vous que l'agriculture biologique est plus ou moins risquée que l'agriculture conventionnelle ?" en utilisant des boîtiers de vote électroniques. Extrait d'une intervention dans un groupe technique bovin lait AB de la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron le 12/12/2017. Source Maëlys Bouttes

Au niveau scientifique, nos travaux appellent à la réalisation d'autres études similaires dans d'autres zones et sur d'autres filières agricoles pour conforter ou remettre en question nos résultats. De plus, il serait intéressant de discuter de l'évolution des perceptions des agriculteurs sur les années post conversion, et ce sur les différents points mis en avant dans l'article 1 : les moindres risques en AB par rapport au conventionnel, la stimulation de l'apprentissage, une meilleure satisfaction professionnelle et le maintien des fermes familiales sur le territoire.

6.2.2 La conversion à l'AB : un levier pour réduire la vulnérabilité

Apports du travail de thèse

En évaluant la vulnérabilité avec des variables reflétant la perception des éleveurs (article 2) et des variables technico-économiques choisies par des experts (articles 3 et 4), et ce à différents moments de la conversion à l'AB et sur différents cas d'étude nous avons montré que la conversion à l'AB est un levier important pour réduire la vulnérabilité des exploitations laitières. L'article 2 (suivi de 19 fermes sur 3 ans en Aveyron) a mis en évidence que les éleveurs étaient globalement plus satisfaits à l'issue de la conversion à l'AB, ce que nous relierions à une réduction de leur vulnérabilité ressentie. L'analyse de l'évolution de la vulnérabilité avec des variables technico-économiques pendant la conversion (article 3) met en évidence des résultats plus mitigés : 7 exploitations sur les 12 réduisent 3 ou 4 des variables de vulnérabilité, tandis que 5 n'en réduisent qu'une ou deux. En analysant variable par variable, nous avons mis en évidence que plus de la moitié des fermes amélioraient leur efficacité économique (11/12), leur productivité (8/12) et leur rentabilité (7/12), et la moitié leur indépendance vis-à-vis des aides. La conversion à l'AB permet donc globalement une réduction de la vulnérabilité, mais certaines exploitations "profitent" plus de la conversion que d'autres.

Alors que les résultats sur l'évolution de la satisfaction économique sont unanimement positifs (article 2), les résultats sur l'évolution de la rentabilité, obtenus sur une autre situation, sont plus partagés (article 3). Concernant la satisfaction agronomique et zootechnique, qui peut être en partie liée à la productivité, on retrouve une majorité d'amélioration dans les deux approches avec quelques cas de dégradation. Ces résultats diffèrent pour partie de la littérature mettant en avant les risques techniques et économiques de la conversion (Liebhardt et al. 1989; MacRae et al. 1990; Padel 2001; Martini et al. 2004; Lamine and Bellon 2009b). Au contraire, ils confortent les travaux exploratoires de Mzoughi (2014) qui montrent que les agriculteurs AB et en conversion sont plus heureux que les agriculteurs conventionnels dans la région française PACA. L'approche de la vulnérabilité par les perceptions des éleveurs a mis en avant l'évolution très positive de la satisfaction sociale, c'est-à-dire la reconnaissance par la société (**Figure 53**) et l'insertion dans un réseau social

positif agricole ou non agricole, ce qui avait déjà été montré dans des travaux précédents (Mzoughi 2014; Xu et al. 2018).



Figure 53 Caricature de François Hollande avant les dernières élections présidentielles, dans une période de côté de popularité assez basse. Cette caricature illustre la recherche de reconnaissance de la société comme motivation à passer en AB pour les agriculteurs. Source Z'lex en collaboration avec Maëlys Bouttes, 2016

L'article 3 (suivi de 12 fermes sur 5 ans en Bretagne) a montré que les exploitations avaient différents profils de vulnérabilité pendant la conversion avec des compromis entre la situation initiale et la tendance d'évolution pour les différentes variables de vulnérabilité (efficacité économique, productivité autonome, rentabilité et indépendance vis-à-vis des aides), et des compromis entre ces variables de vulnérabilité. L'article 4 (suivi de 51 fermes dans l'ouest et le centre de la France) a montré que ces compromis perdurent après la période de conversion réglementaire, et ce entre les deux variables de vulnérabilité considérées (efficacité économique et productivité autonome) et entre la situation initiale, la tendance et la variabilité. Ces résultats font écho à des travaux précédents sur l'élevage laitier conventionnel bovin (Doole and Romera 2015) et ovin (Ripoll-Bosch et al. 2012) mettant en avant la difficulté à maximiser

conjointement la productivité et des performances économiques. Ces compromis qui diffèrent selon les fermes peuvent refléter des différences d'objectifs des agriculteurs, et plus particulièrement des priorités différentes. Par exemple, un éleveur peut avoir à cœur d'être le plus indépendant possible des aides et être moins attaché à produire beaucoup, alors qu'un autre aurait comme priorité d'avoir une production de lait importante, sans chercher à maximiser son efficacité économique. Ainsi, la diversité des motivations des éleveurs à la conversion (Darnhofer et al. 2005; Cranfield et al. 2010) pourrait expliquer certains des compromis observés, ce qui justifie de les intégrer dans ce type d'études.

Limites

Dans notre travail sur l'évolution de la vulnérabilité à partir des perceptions des éleveurs (article 2), nous avons assez peu analysé les raisons de satisfaction et d'insatisfaction pour les différentes variables. De plus, nous avons peu d'informations sur la manière dont les éleveurs ont évalué leur satisfaction, c'est-à-dire quel variable et/ou indicateur mettent-ils derrière chaque catégorie de satisfaction, et quels compromis ils opèrent. Par exemple, pour la satisfaction agronomique, un éleveur mentionnait l'état de son sol et très peu ses niveaux de rendement, ce qui suggère qu'un compromis s'opérait entre ces variables dans son évaluation. Quand il évoquait l'état de son sol, il n'a pas décrit par quels indicateurs il jugeait un bon ou mauvais état.

Nous avons considéré que chaque catégorie de satisfaction avait le même niveau d'importance pour les éleveurs, alors que, comme le suggèrent les résultats des articles 3 et 4, les éleveurs opèrent des compromis pouvant induire des poids différents entre catégories de satisfaction. Ce choix est une limite à la comparaison que l'on pourrait faire avec les résultats s'appuyant sur les variables technico-économiques (articles 3 et 4), exception faite de conduire les deux approches d'analyse de l'évolution de la vulnérabilité (variables technico-éco, et variables de satisfaction des éleveurs) sur le même terrain, ce qui n'a pu être le cas dans cette thèse.

Dans nos travaux sur l'évolution de la vulnérabilité avec des variables technico-économiques, nous avons peu discuté des niveaux finaux de vulnérabilité. Ainsi, dans l'article 3, nous avons montré que les exploitations qui réduisent le plus leur vulnérabilité sont celles qui étaient au départ le plus éloignées de l'agriculture biologique au niveau de leurs pratiques. Mais nous n'avons pas discuté de savoir si ces exploitations étaient arrivées au même niveau que les autres, ou étaient encore très éloignées, ou au contraire avaient au final des bien meilleures performances, bien que cela soit permis par notre méthode. Cela pose la question des valeurs de références que l'on se donne pour évaluer la vulnérabilité des fermes. Nous avons fait le choix de discuter de la vulnérabilité en comparant les exploitations entre elles, mais nous n'avons pas systématiquement mis en discussion si l'ensemble de ces exploitations étaient plutôt très vulnérables, ou plutôt peu vulnérables.

Perspectives

Au niveau opérationnel, notre travail incite à considérer l'accompagnement à la conversion comme un moyen de réduire la vulnérabilité de son exploitation. Cet accompagnement nécessite (i) de s'appuyer sur des références technico-économiques qui permettent de donner des repères, et des exemples sources d'inspiration, et (ii) de discuter avec l'agriculteur sur ses objectifs et sur sa perception de la vulnérabilité pour construire un projet de conversion adapté à chacun. Par exemple, un éleveur témoignait de l'importance du maïs dans son système comme gage d'une certaine sécurité. Il tenait à garder un minimum de maïs dans son projet de conversion dans un premier temps pour se rassurer, et était prêt à faire d'autres changements qui pour lui étaient moins risqués comme la mise en place de méteils. Pour un autre, garder du maïs signifiait au contraire un risque important de par la crainte d'enherbement fort, ce qui l'a amené à choisir de passer dès le début de conversion à un système tout herbe.

Au niveau scientifique, il serait intéressant de mieux caractériser les compromis qui s'opèrent entre les variables de vulnérabilité. Cela permettrait d'identifier différents "modèles" de réduction de la vulnérabilité et discuter de leurs atouts et contraintes en fonction des objectifs et contextes des éleveurs. De plus, notre travail serait à compléter par des travaux comparant les différentes approches de l'analyse de la vulnérabilité sur le même terrain, et discutant ainsi de l'évolution de la vulnérabilité du point de vue des éleveurs, et d'un point de vue technico-économique basé sur des connaissances d'experts.

6.2.3 Plus d'herbe pour réduire la vulnérabilité

Apports du travail de thèse

Ce travail de thèse a permis de relier l'évolution de la vulnérabilité permise par la conversion à l'AB à des stratégies d'adaptation et à des aléas climatiques et économiques (article 2, 3 et 4). Que l'on évalue la vulnérabilité avec des variables technico-économiques (article 3) ou avec des variables de satisfaction des éleveurs (article 2), les stratégies d'adaptation qui réduisent cette vulnérabilité s'appuient sur la mise en place de systèmes plus herbagers. L'article 3 a mis en évidence que les fermes qui réduisent le plus leur vulnérabilité sont celles qui étaient au départ les plus éloignées des pratiques de l'agriculture biologique. Cette différenciation ne se retrouve pas dans l'article 2 où nous avons abordé la vulnérabilité par la satisfaction des éleveurs. Les fermes suivies pour cet article 2 ont pourtant des situations initiales et des ampleurs de changement assez différentes, mais nous n'avons pas relié ces différences à des différences d'évolution de la vulnérabilité.

Dans la littérature, des liens entre les pratiques avant conversion et les performances durant la conversion avaient déjà été mis en évidence : Zundel and Kilcher (2007) suggèrent que les rendements diminueraient plus si la ferme avait une utilisation intensive d'intrants azotés, et ce dans le cas de fermes sans production animale. En élevage, l'arrêt de la fertilisation minérale est à priori moins impactante que sur une exploitation spécialisée en grandes cultures puisque les effluents d'élevage sont une source importante d'azote. Nos résultats qui s'intéressent non seulement à l'évolution des rendements mais à l'analyse de la vulnérabilité montrent que ce sont les exploitations qui avaient les pratiques les

plus intensives avant conversion qui réduisent le plus leur vulnérabilité au cours de la conversion. Ces exploitations ont mis en place de manière efficace des stratégies basées sur le pâturage et l'autonomie pour alimenter leur troupeau, comme observé pour des exploitations en conventionnel (Coquil et al. 2013; Lebacqz et al. 2015).

L'article 4 analysant l'évolution de la vulnérabilité de systèmes en AB depuis plusieurs années a montré que les différences de vulnérabilité entre élevages étaient principalement dues aux différences de pratiques d'éleveurs selon le compromis visé entre productivité autonome et efficacité économique. À l'inverse, les différences d'exposition aux aléas climatiques ou économiques, bien que marquées, expliquaient peu les différences de vulnérabilité entre élevages. Ce résultat se retrouve dans l'article 3 dans l'analyse des fermes en conversion. Les marges de réduction de la vulnérabilité par les pratiques des éleveurs demeurent donc importantes, et les stratégies d'adaptation à l'échelle de la ferme sont donc des leviers importants (Nicholas and Durham 2012).

Limites

De manière générale, nos tailles d'échantillon d'exploitations agricoles restent assez faibles pour obtenir des résultats très robustes: 19 fermes aveyronnaises dans l'article 2, 12 fermes bretonnes dans l'article 3, 36 fermes dans l'Ouest et 15 fermes dans le Centre de la France pour l'article 4. Nous sommes en effet limités par le caractère chronophage de la collecte de données qui se fait par des entretiens individuels. La transposition de nos résultats au-delà de notre échantillon est donc à faire avec précaution, et des travaux complémentaires seraient nécessaires pour conforter les conclusions.

Perspectives

Au niveau opérationnel, nos travaux contribuent à la production de références sur les stratégies d'adaptation réduisant la vulnérabilité, et ce en mettant en lumière des trajectoires, ce qui est complémentaires des références à un temps t (BioRéférences 2018). Cela peut être une source d'inspiration pour les conseillers accompagnant les agriculteurs. Si l'herbe est toujours au cœur des évolutions des pratiques des agriculteurs, nos travaux montrent qu'une diversité de stratégies d'adaptation sont possibles, et que les choix doivent être faits en fonction des objectifs des éleveurs. La généralisation des résultats à l'ensemble de la filière bovin lait reste limitée de par les échantillons réduits étudiés, et la question reste complètement ouverte quant à l'évolution de la vulnérabilité dans d'autres productions.

Au niveau scientifique, il serait intéressant de poursuivre des dispositifs de suivi sur des temps longs pour analyser la suite des évolutions après conversion sur le même terrain en reliant l'évolution des stratégies d'adaptation à la vulnérabilité évaluée à la fois sous l'angle technico-économique et telle que perçue par les éleveurs.

Le travail de thèse a permis des apports cognitifs sur l'évolution de la vulnérabilité des exploitations bovin laitiers permise par la conversion à l'AB :

- (i) la réduction de vulnérabilité est un moteur de décision pour la conversion;**
- (ii) la conversion à l'AB est un levier pour réduire la vulnérabilité des exploitations ;**
- (iii) des stratégies d'adaptation vers des systèmes avec plus d'herbe réduisent la vulnérabilité.**

7 Annexes

Annexe 1 Supplementary Material A (article 4)

Vulnerability as a function of trade-offs between productivity and efficiency is driven by farmers' practices on French organic dairy farms

Maëlys Bouttes, Magali San Cristobal and Guillaume Martin

Calculation of farm-specific vulnerability variables

The random regression is written as:

$$y_{i,j,t} = \alpha + \beta t + \alpha_j + \beta_j t + a_i + b_i t + e_{i,j,t} \quad (1)$$

where $y_{i,j,t}$ is the measure of the response variable for farm i in year t for level j of a certain combination of cofactors,

α is the mean level of the response variable at time 0 (beginning of the study period),

β is the mean trend of the response variable over the period,

α_j is the mean level of the response variable at time 0 specific to a combination j of cofactors,

β_j is the mean trend of the response variable over the period specific to a combination j of cofactors,

a_i is the random effect of farm i on the level of the response variable at time 0; it is seen as a deviation from the overall mean $\alpha + \alpha_j$ for farm i . All a_i are assumed to be independent and identically distributed (iid) $a_i \sim N(0, \sigma_a^2)$,

b_i is the random slope for farm i , the deviation from the overall trend $\beta + \beta_j$. All b_i are assumed to be iid $b_i \sim N(0, \sigma_b^2)$,

$e_{i,t}$ is the residual, assumed to be iid $e_{i,t} \sim N(0, \sigma_e^2)$ and independent of all a_i and b_i .

A correlation ρ_{ab} between the two random effects relative to the farm is assumed:

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}_i \sim N_2 \left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_a^2 & \rho_{ab} \sigma_a \sigma_b \\ \rho_{ab} \sigma_a \sigma_b & \sigma_b^2 \end{pmatrix} \right)$$

The information contained in $y_{i,t}$ for $i=1,\dots,I$ and $t=1,\dots,T$ is partitioned into the prediction (fitted value) $\hat{y}_{i,t} = \alpha + \beta t + \alpha_j + \beta_j t + a_i + b_i t$ and the residual $e_{i,t}$.

As a direct consequence of model (1), each farm i is characterized by three aspects corresponding to (i) its response level a_i at the beginning of the period expressed, i.e. the intercept, as a deviation from the overall performance level of all farms; (ii) its trend b_i over the period, as a deviation from the overall trend; and (iii) the variability $\sigma_{e,i}^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_{i,t}^2$ around the expected trajectory $\alpha + \beta t + \alpha_j + \beta_j t + a_i + b_i t$.

We used this model to generate fitted values (so as to have de-noised data) to study detailed measures for each farm over the entire period.

Annexe 2 Supplementary Material B (article 4)

Vulnerability as a function of trade-offs between productivity and efficiency is driven by farmers' practices on French organic dairy farms

Maëlys Bouttes, Magali San Cristobal and Guillaume Martin

As the datasets on the two regions were analyzed separately, we will hereafter present detailed results from the West then from the Mountains.

SM1. Supplementary analysis of the West dataset

For each response variable (denoted by Y), here farm productivity and economic efficiency, a random coefficient regression was fitted (see Supplemental Material A in **Annexe 1**). We considered that the sampled farms were a random sample from a larger population of farms, hence the farm effects were treated as random effects. The overall (for all farms) tendency over time and discrepancies from this tendency for each farm were fitted. Since we chose a linear tendency, the regression gave a farm-specific intercept (denoted by I) and a farm-specific slope (denoted by Sl). They are plotted in Figures S1.1 and S1.2. Discrepancies from farm trajectories were simply the regression residuals (denoted by R). The predicted (or adjusted) values were denoted by P . All the Y , I , Sl , P , R were at that stage considered as potential measures of vulnerability (denoted by V). Their correlations are presented in Figure S1.3.

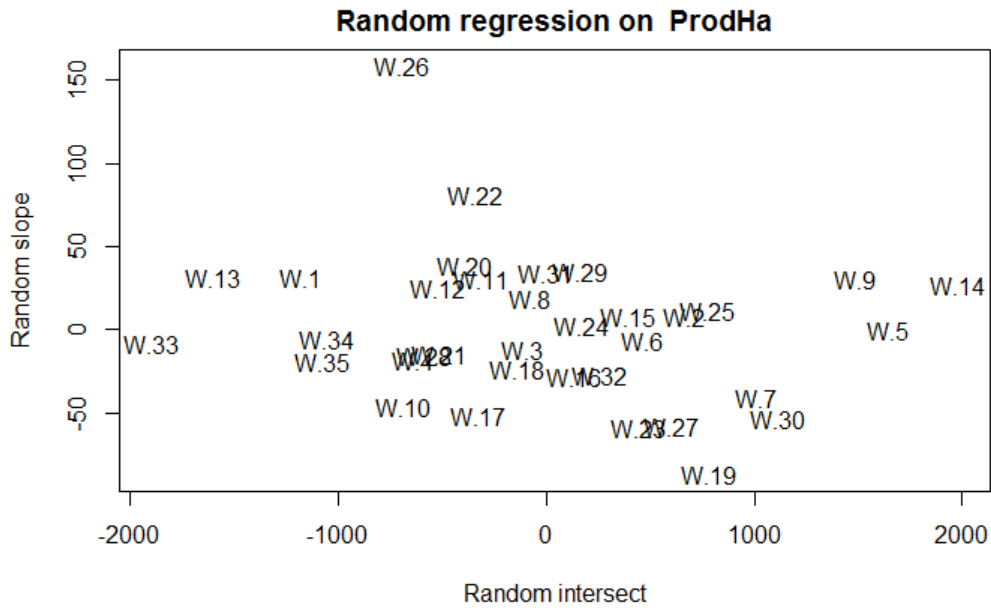


Figure S1.1. West. Predictions of random effects of farms on intercept and slope in the random coefficient regression on ProdHa with time as covariate (see Supplemental Material A in **Annexe 1**).

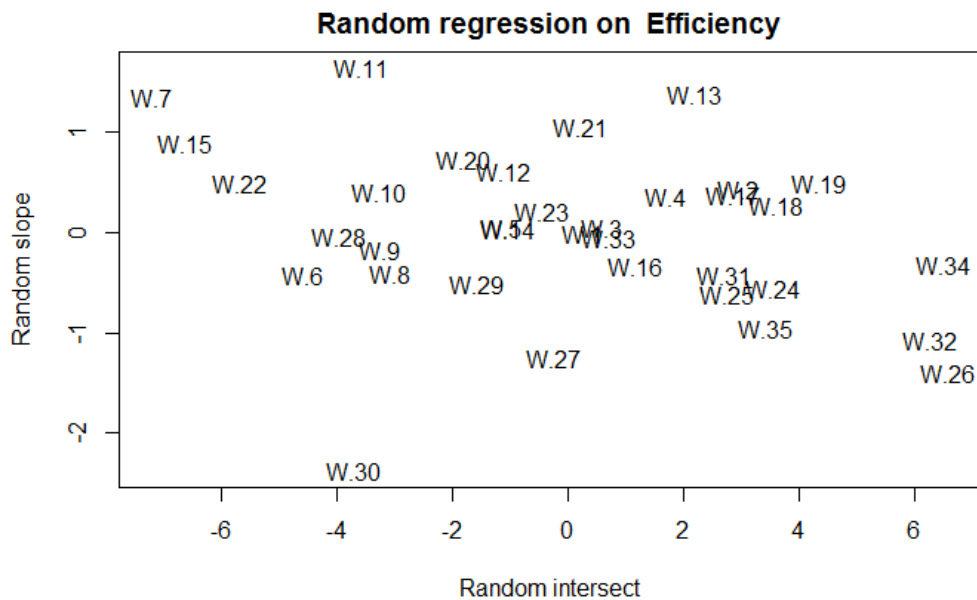


Figure S1.2. West. Predictions of random effects of farms on intercept and slope in the random coefficient regression on Efficiency with time as covariate (see Supplemental Material A in **Annexe 1**).

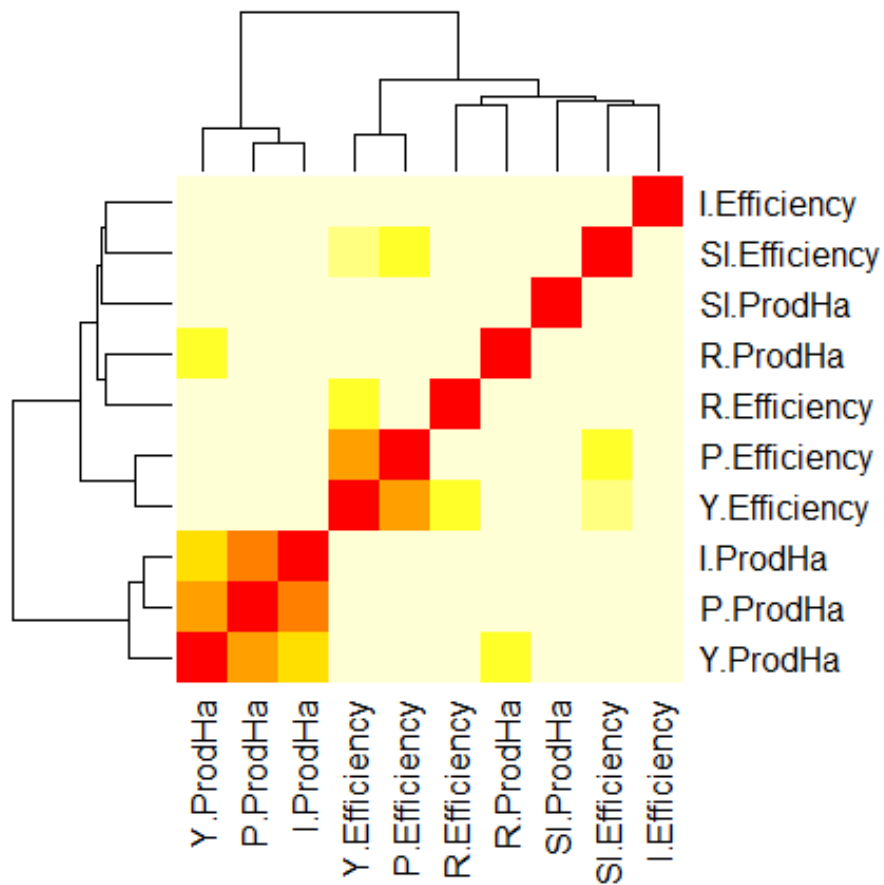


Figure S1.3. West. Level plot of the distance matrix $\sqrt{1 - \text{cor}(V)^2}$, where V is the data for organic dairy farm vulnerability. Colors correspond to a gradient from 0 (ivory) to 1 (red). Full names of variables are provided in Table 2 of the article. Y stands for observed values, P for predicted values, and SI and I for slopes and intercepts of linear regressions of observed values, respectively.

Observed and predicted values of farm productivity (ProdHa) and economic efficiency (Efficiency) are correlated. The intercept of productivity is also correlated with observed and predicted values. Thus, it is possible to restrict the analysis to predicted values. We expected that observed (Y.), predicted (P.) and intercept (I.) were linked because all three are measures of the level of a vulnerability variable. We chose to restrict the set of vulnerability variables to P., Sl. and R. variables.

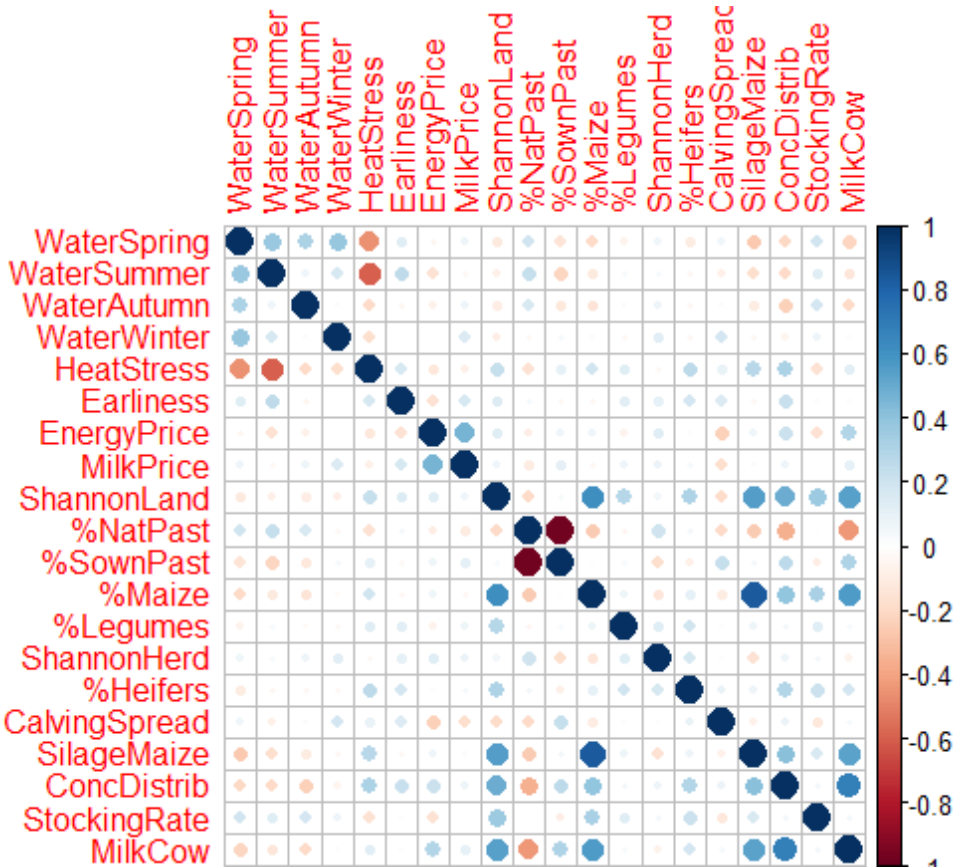


Figure S1.4. West region. Correlation plot of explanatory variables: climatic and economic conditions and farmer practices.

SM1.1. Partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables

A PLS (Partial Least Square) regression was performed on vulnerability variables (V), with a large set of explanatory variables (climatic and economic conditions, farmer practices). In the R package mixOmics, the `pls()` function denotes Block:Y the response variables for the PLS, i.e. here the vulnerability variables V. It denotes Block:X the explanatory variables.

A PLS analysis maximizes the square correlation between a linear combination (or latent variable) of response variables and a linear combination of explanatory variables, in a regression setting, for each component. The weights in these linear combinations are called loading vectors. Remind that a PCA (Principal Component Analysis) maximizes the variance of a linear combination of variables. As PCA, a PLS aims at reducing the number of components, and projects the samples on one hand and the variables on the other hand, onto a space with lower components.

The choice of the number of components can be based on several indicators. As for classical regression, a R^2 can be calculated, but maximizing R^2 can often lead to a high number of components. A useful model is often a parsimonious model, able to be extended to other data. Therefore other indicators are used in practice, related to the prediction ability of the PLS model. Cross-validation provides estimations of MSEP (Mean Squared Error of Prediction, the lower the better) and Q^2 (the higher the better). Roughly, Q^2 is based on the ratio of prediction errors on estimation errors. An ad hoc threshold of 0.0975 for the total Q^2 (all variables) is used in practice, but its use should not be too strict.

For the West, these indicators are shown in **Figures S1.5 – S1.8**.

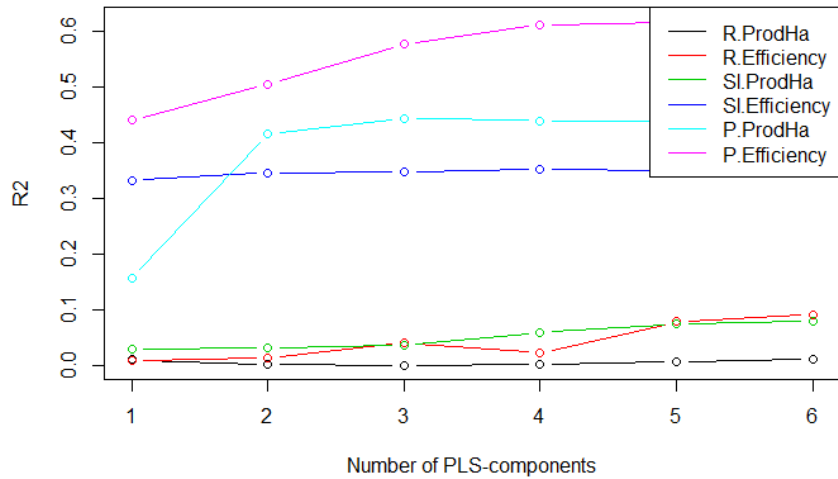


Figure S1.5. West. R2 coefficients of each vulnerability variable (response variable in the PLS regression), as a function of the number of components.

The R2 remains low whatever the number of components, increases drastically from 1 to 2 components for P.ProdHa, and also from 1 to 4 components for P.Efficiency. It remains stable whatever the number of components for the rest of the variables.

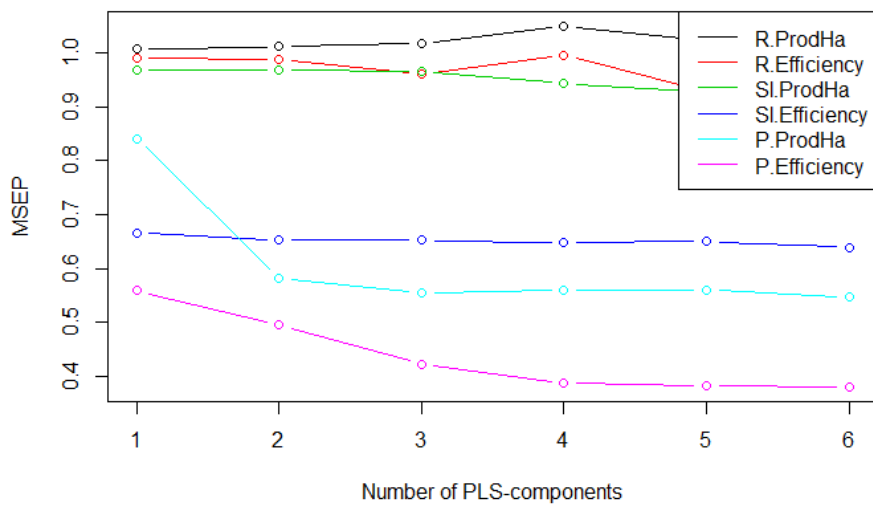


Figure S1.6. West. Mean Square Errors of Prediction (MSEP) of each vulnerability variable (response variable in the PLS regression), as a function of the number of components.

The Mean Square Error of Prediction drops off dramatically when moving from 1 to 2 components for P.Efficiency, and as well from 1 to 4 components for P.Efficiency. The behavior is hence the same as for the R2 for the West dataset.

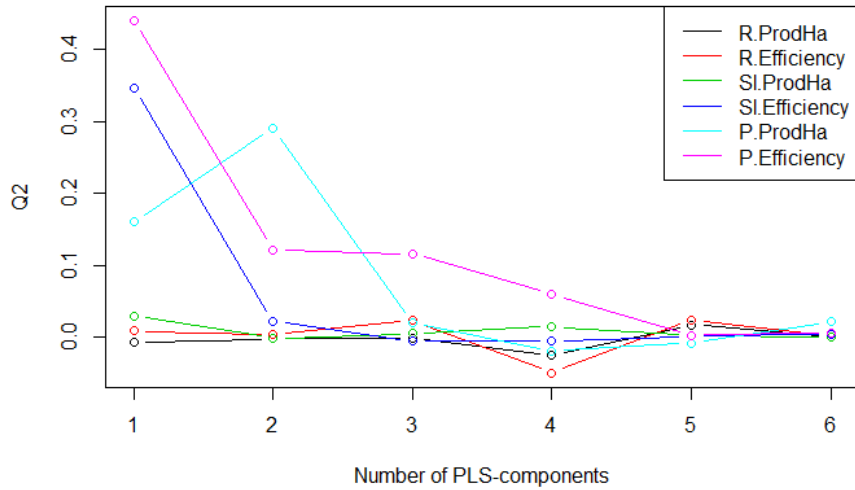


Figure S1.7. West. Q2 coefficient of each vulnerability variable (response variable in the PLS regression), as a function of the number of components.

The Q2 is the highest at 1 component for P.Efficiency and SI.Efficiency, at 2 components for P.ProdHa, then is nearly 0 for all other variables. Hence 2 components seem a reasonable choice.

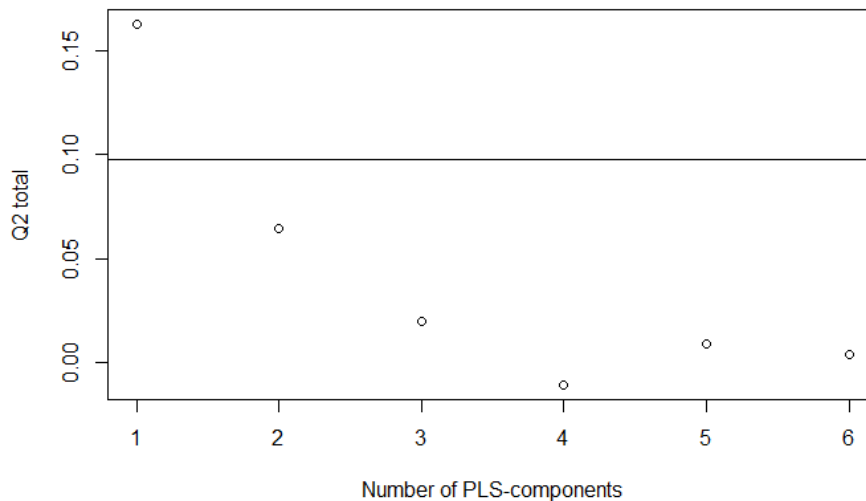


Figure S1.8. West region. Q2 total for all vulnerability variables (response variables in the PLS regression), as a function of the number of components. The horizontal line represents an ad-hoc threshold.

A look at the total Q2 would lead us to 1 component, but because of the estimation error during cross-validation, it is also possible to consider component 2, since the Q2 total is not so far from the ad hoc threshold.

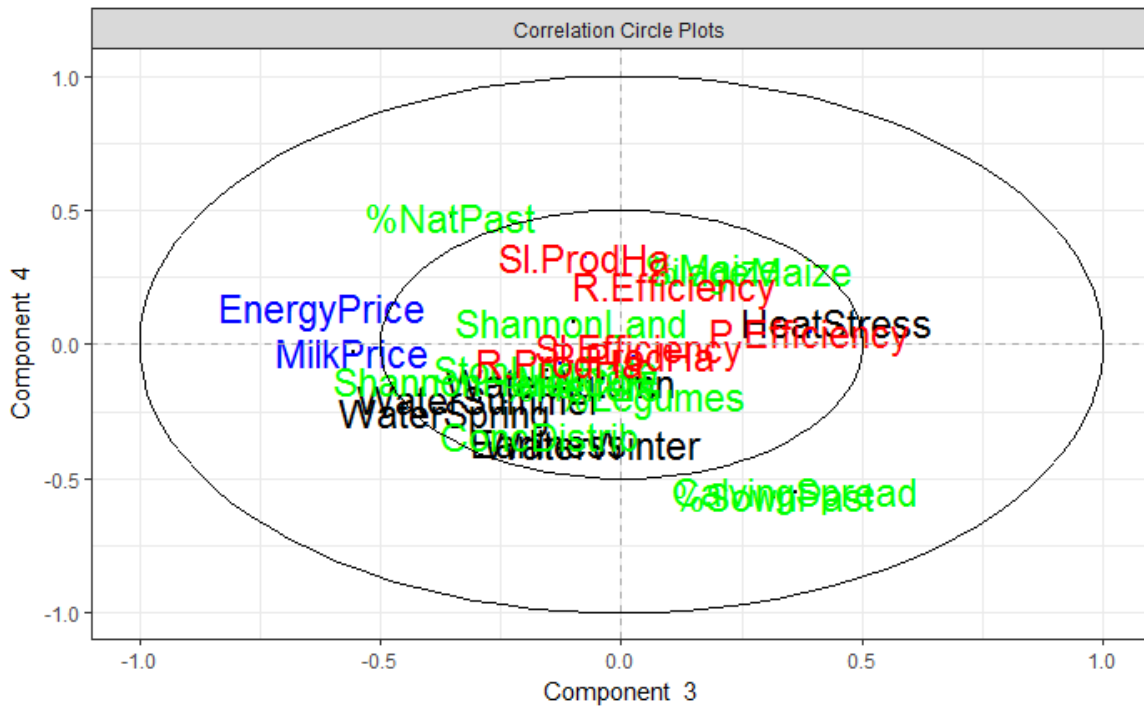


Figure S1.9. West region. Variable plot of the PLS with vulnerability variables as responses (orange color) and explanatory variables (blue color), on components 3 and 4.

A final way to decide how many components will be kept in the PLS analysis is to have a look at the variable (and sometimes individual) plots. The variable plot displays the correlation between each component and the initial variables. The outer circle corresponds to a correlation of 1 (maximal), while the inner circle corresponds to a correlation of 0.5, an ad hoc minimal value for a correlation to be considered interesting. In **Figure S1.9** no PLS-response (vulnerability) variable lies outside the inner circle for components 3 and 4. This means that neither component 3 nor component 4 are able to provide a good model explaining farm vulnerability. Components 1 and 2 (**Figure 49** in the main text) on the contrary displayed high links among some vulnerability variables (outside the inner circle). Hence we decided to consider the first two components from now on, keeping in mind that the first component is the main one to focus on.

Each component is a linear combination of initial variables. The coefficients are linked to correlations between response and explanatory variables. These coefficients are called loadings and are presented graphically in **Figure S1.10**. This helps the interpretation of components. Component 1 is linked to variations in P.Efficiency and SI.Efficiency mainly, and to a lesser extent to P.ProdHa. Several explanatory variables covary: ShannonLand, MilkCow, ConcDistrib, SilageMaize, StockingRate, EnergyPrice and %NatPast mainly. Component 2 represents mainly variations in P.ProdHa, and StockingRate.

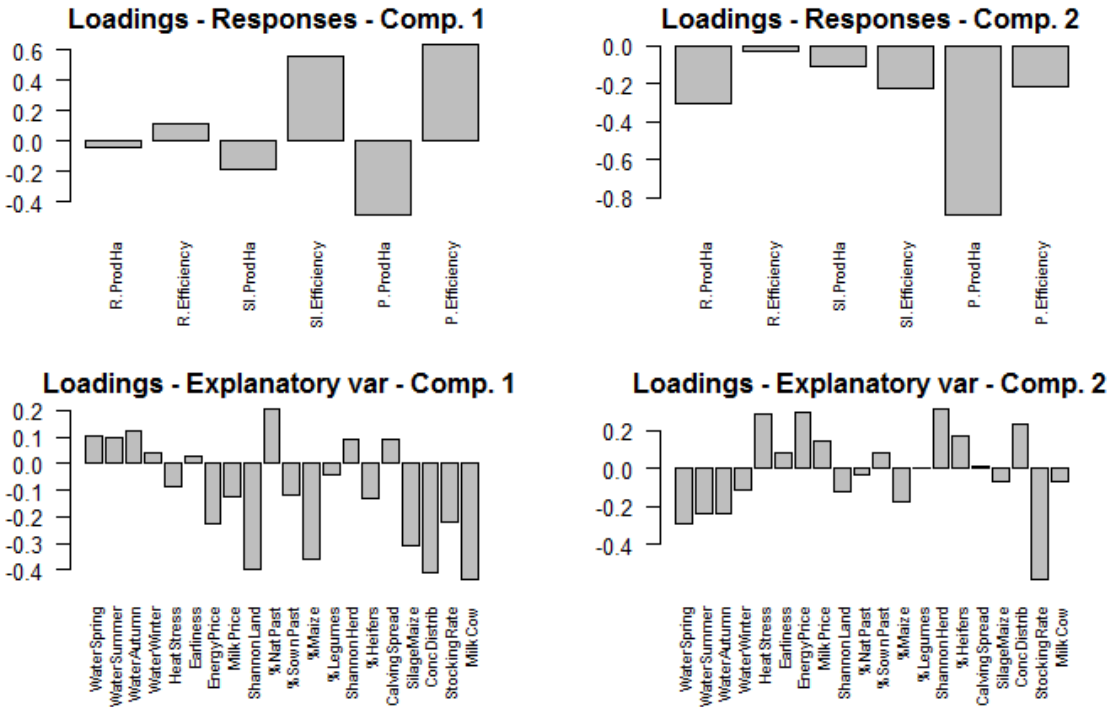


Figure S1.10. West. Barplots of loadings on components 1 and 2 of the PLS regression, for response and explanatory variables.

The variable plot for components 1 and 2 is at the top of **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** in the article. It is interesting to superimpose it with the individual plot given in **Figure S1.11**. For example, samples at the right hand side of the individual plot (Block:Y, i.e. using response in the PLS model) correspond to high values of P.Efficiency and SI.Efficiency (at the right hand side in the variable plot, **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), imilarly samples at the right hand side of Block:X individual plot (i.e. using explanatory variables) surely have high values of %NatPast (right hand side of variable plot, **Figure 49**) and low values of MilkCow (left hand side of variable plot).

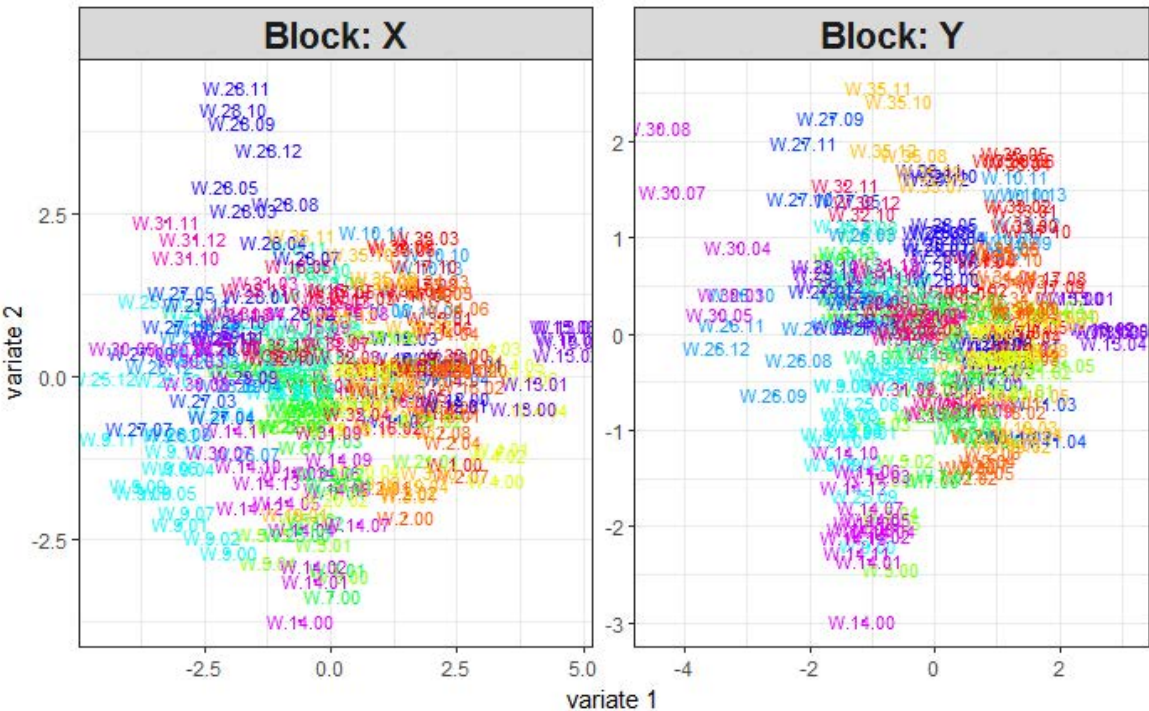


Figure S1.11. West. Individual plot of the partial least squares (PLS) analysis of vulnerability variables on explanatory variables. Each farm is plotted in a different color and with a code corresponding to farm number and survey year separated by a period. The abscissa corresponds to the first component (variate 1) and the ordinate to the second component (variate 2).

In blocks X (explanatory variables) and Y (PLS response variables, i.e. vulnerability), since measures of each farm from all years are grouped, between-farm differences are larger than within-farm differences during the survey period. Thus, adaptations of farm configurations that farmers implemented during the survey period had relatively little effect on vulnerability. Potential drivers of farm vulnerability provided by the PLS analysis apply quite independently of the year.

Another way to present the variable plot (**Figure 49**) is a Clustered Image Map (CIM, **Figure S1.12**) quantifying with a color intensity the correlations between projections of variables on a given subspace. In **Figure S1.12** the subspace was the span defined by the first two principal components. The highest correlations highlighted by the CIM were verified in a simple paired plot between variables (**Figure S1.14**), in order to verify the results of the PLS, in this demonstration analysis.

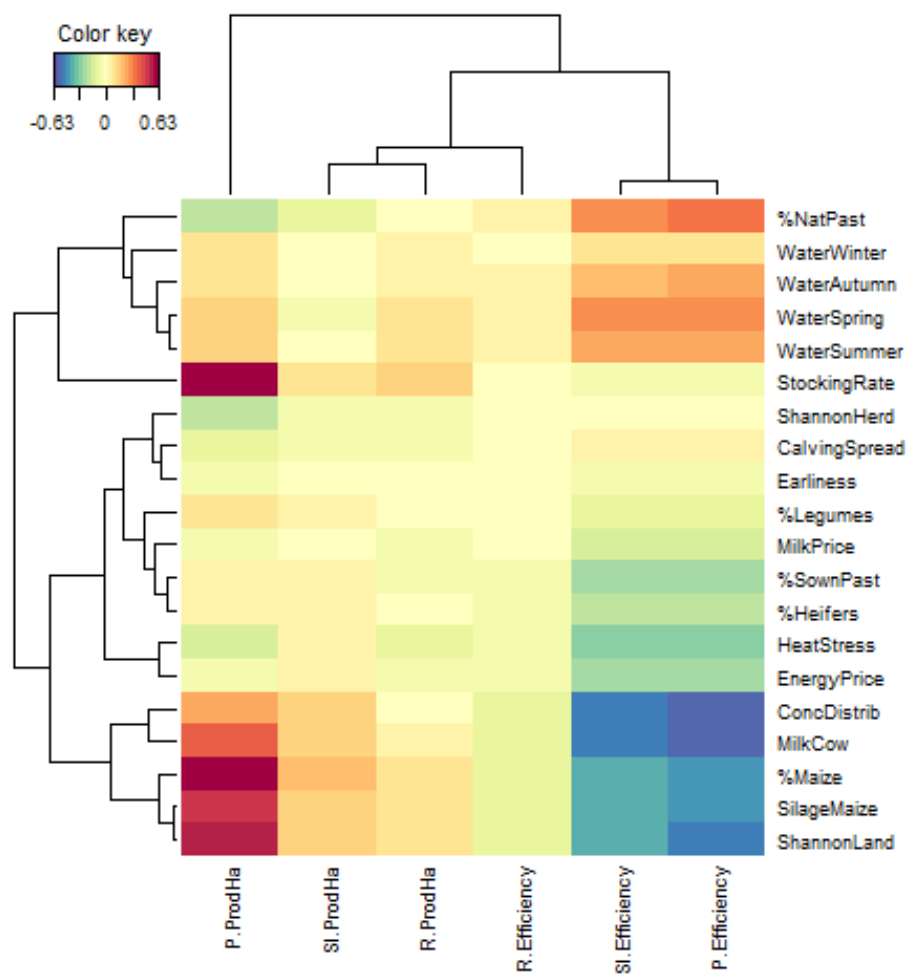


Figure S1.12. West. Clustered Image Map of the partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables based on its components 1 and 2. Blue and red indicate negative and positive correlations, respectively, between the projection of a vulnerability variable and the projection of an explanatory variable on the first principal plane. This map contains the same information about correlations between variables as **Figure 49** (top) in the article but displays it differently. Full names of variables are provided in **Table 5** of the article.

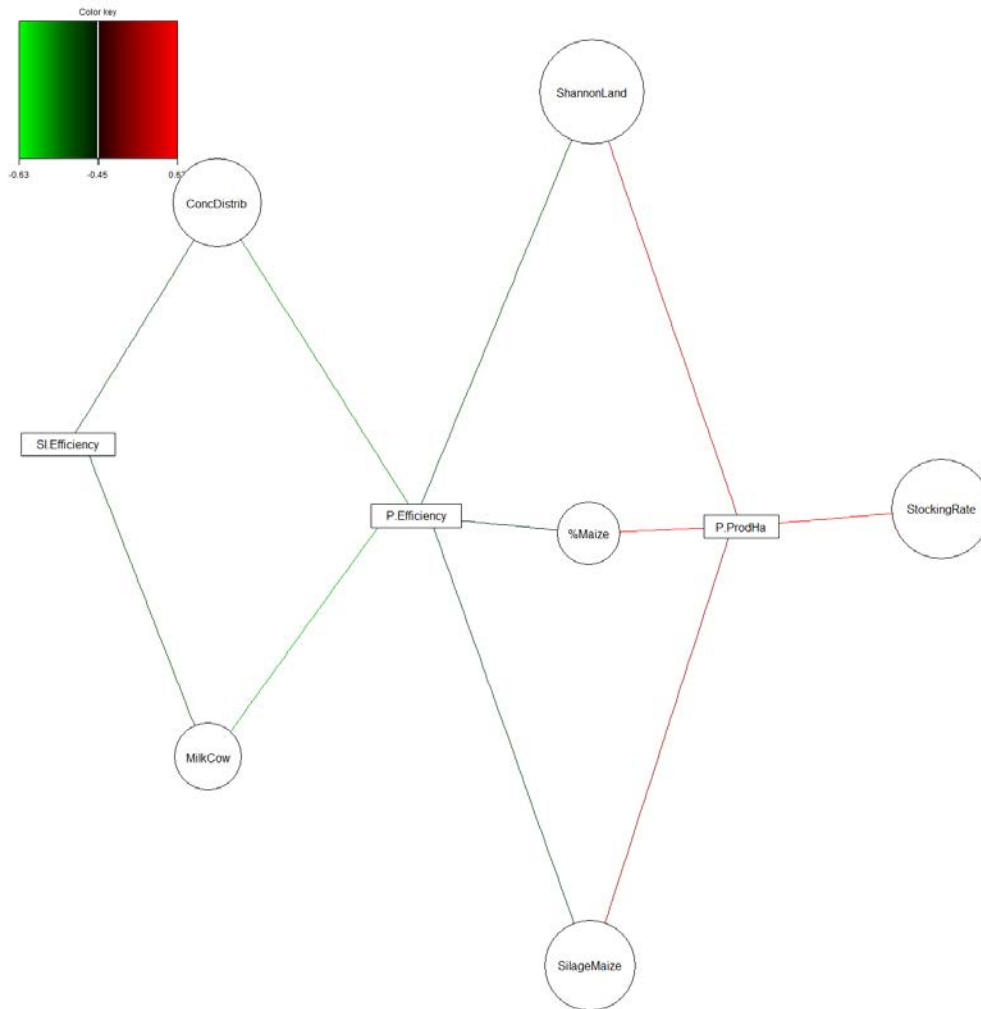
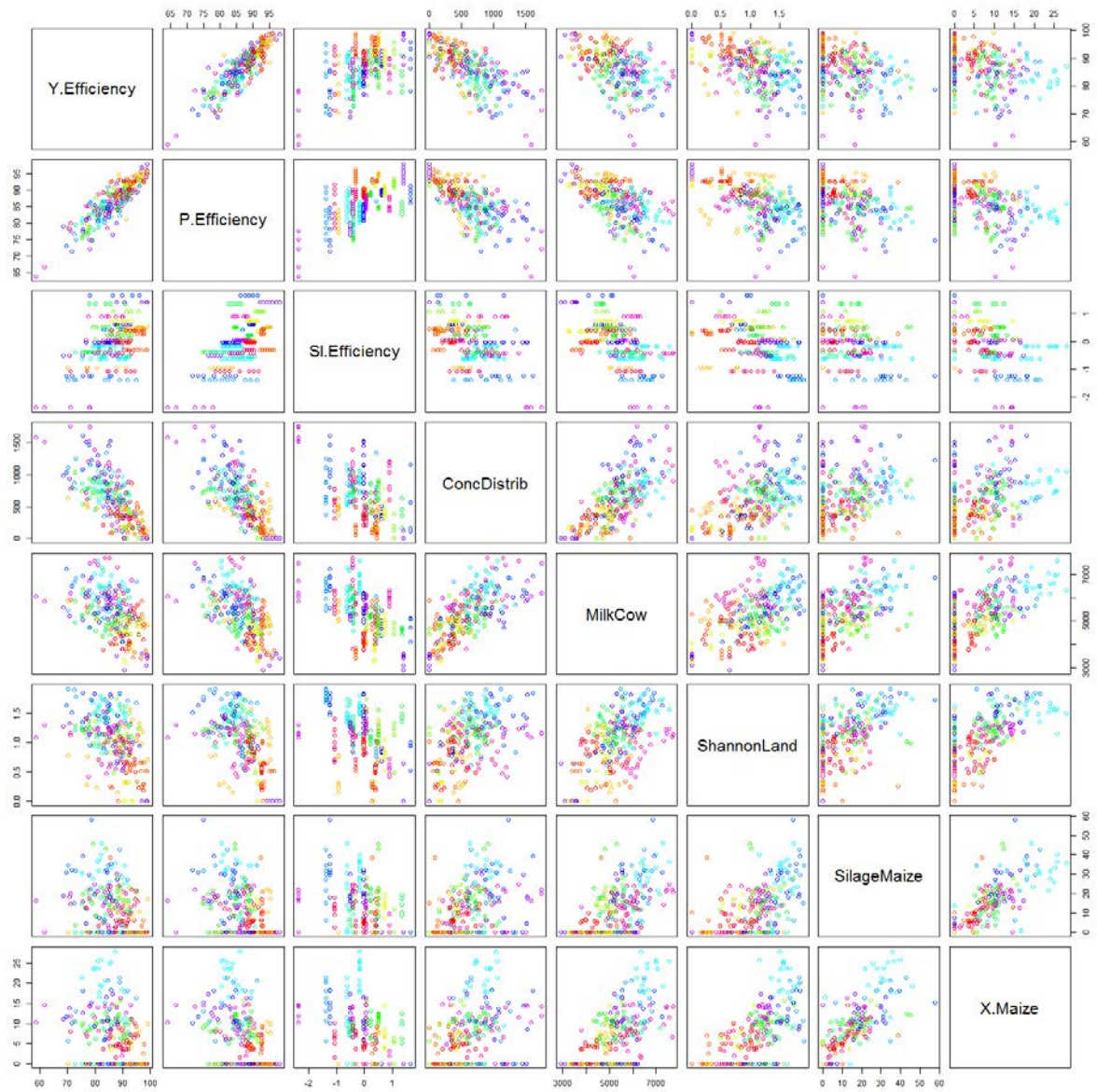


Figure S1.13. West. Network representation in the partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables based on its components 1 and 2. Blue and red arrows indicate negative and positive correlations, respectively, between the projection of a vulnerability variable and the projection of an explanatory variable on the first principal plane. This plot is based on the information about correlations between variables as **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (top) in the article or the CIM (**Figure S1.12**). Full names of variables are provided in **Table 5** of the article. The chosen arbitrary cutoff is 0.45.



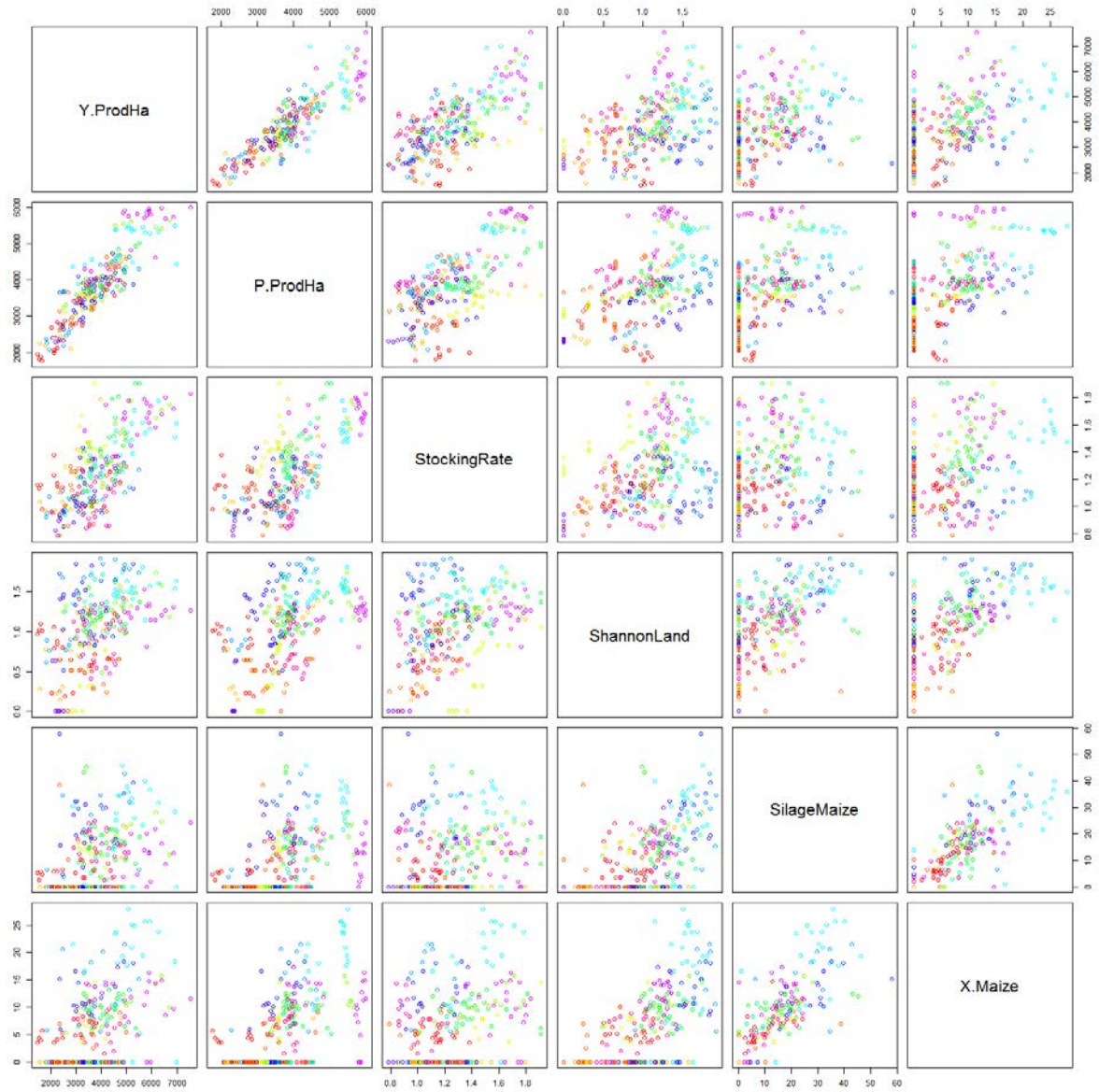


Figure S1.14. West. Correlation plot between variables highlighted by the Clustered Image Map in **Figure S1.12** and the network in **Figure S1.13**. Each color represents a farm. Full names of variables are provided in **Table 5** of the article.

In agreement with the partial least squares analysis (**Figures S1.12 – S1.14**), relatively clear linear relationships were found between both amount of concentrates distributed and milk production per cow, and predicted farm economic efficiency and its slope. Observed values are added to show the visual coherence of the results. Stocking rate was highly correlated with observed and predicted farm productivity. The correlation with observed and predicted farm productivity was weaker with the Shannon diversity index of farm land use and with maize cropping percentage because many farms do not grow maize.

SM1.2. Multilevel partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables

After a global PLS that showed mainly differences between farms, we performed a multilevel PLS. The term multilevel indicates that the PLS analysis was performed within farm after removing the empirical mean of farm observations to each observation of the farm considered (data are centered by farm). The aim was here to focus on the within-farm possibilities to adapt farmer practices, and to modify its vulnerability pattern.

Note that variables whose values are constant within-farm were removed from this analysis, because they bring no information. Finally, Predicted (P.) and Residuals (R.) were kept in the multilevel analysis.

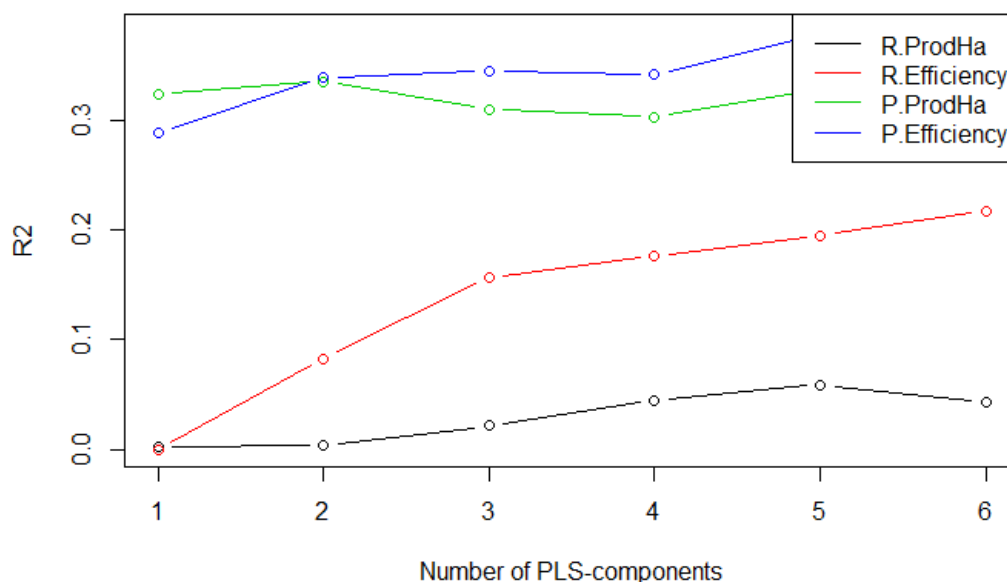


Figure S1.15. West. R2 coefficients of each response variable (vulnerability) of the multilevel PLS.

The R2 coefficients, denoting the quality of the PLS model from an explanatory perspective, remained relatively constant, with the exception of R.Efficiency (**Figure S1.15**).

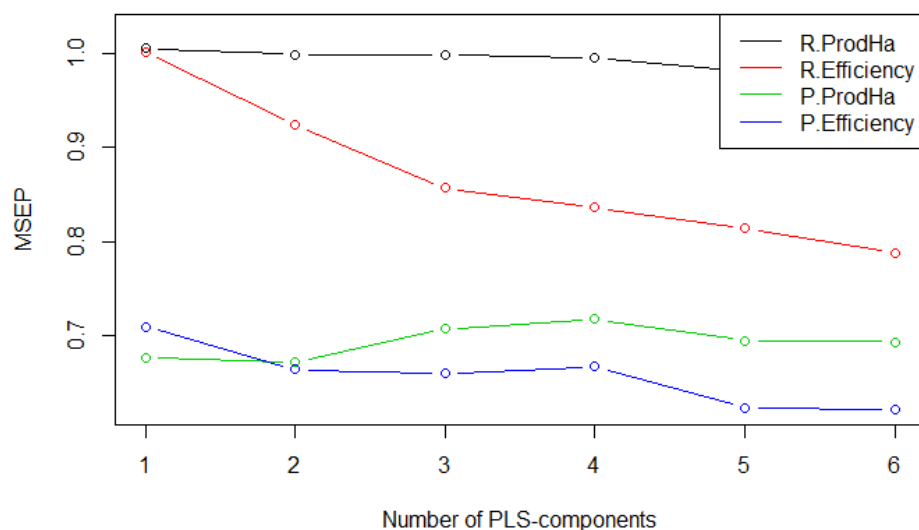


Figure S1.16. West. Mean Square Errors of Prediction (MSEP) of each response variable (vulnerability) of the PLS multilevel.

Vulnerability variables are poorly predicted with the multilevel PLS (**Figure S1.16**). MSEP for R.ProdHA remains catastrophic whatever the number of components in the model. One component is enough for P.Efficiency and P.ProdHa. The prediction tends to improve for R.Efficiency, with a large number of components.

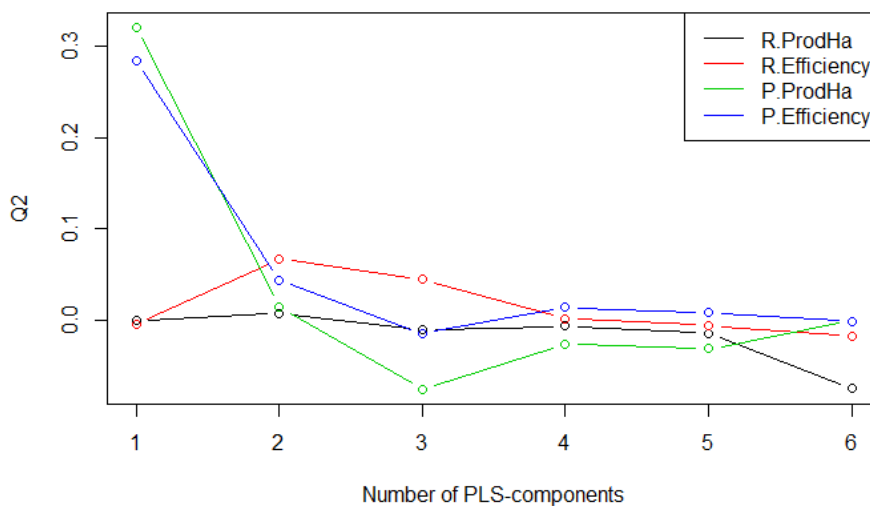


Figure S1.17. West region. Q2 coefficients of each response variable (vulnerability) of the multilevel PLS.

The Q2 coefficients (**Figure S1.17**) are maximum at one component for all variables, except R.Efficiency at 2 components.

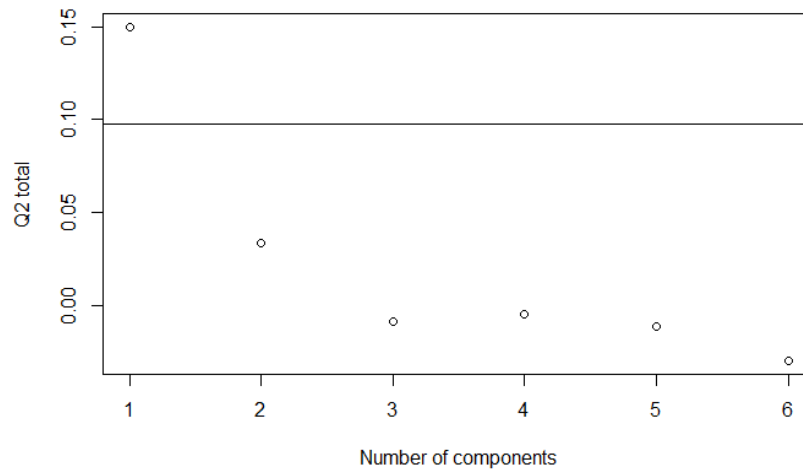


Figure S1.18. West region. Q2 total of all response variables (vulnerability) of the multilevel PLS.

The total Q2 is above the threshold of 0.0975 only with one component (**Figure S1.18**). All these indicators lead us to consider only the first component of the PLS multilevel.

The variable plots are provided in **Figure S1.19** and **S1.20**, the CIM in **Figure S1.21**, a network representation in **Figure S1.22** and the individual plots in **Figure S1.23**.

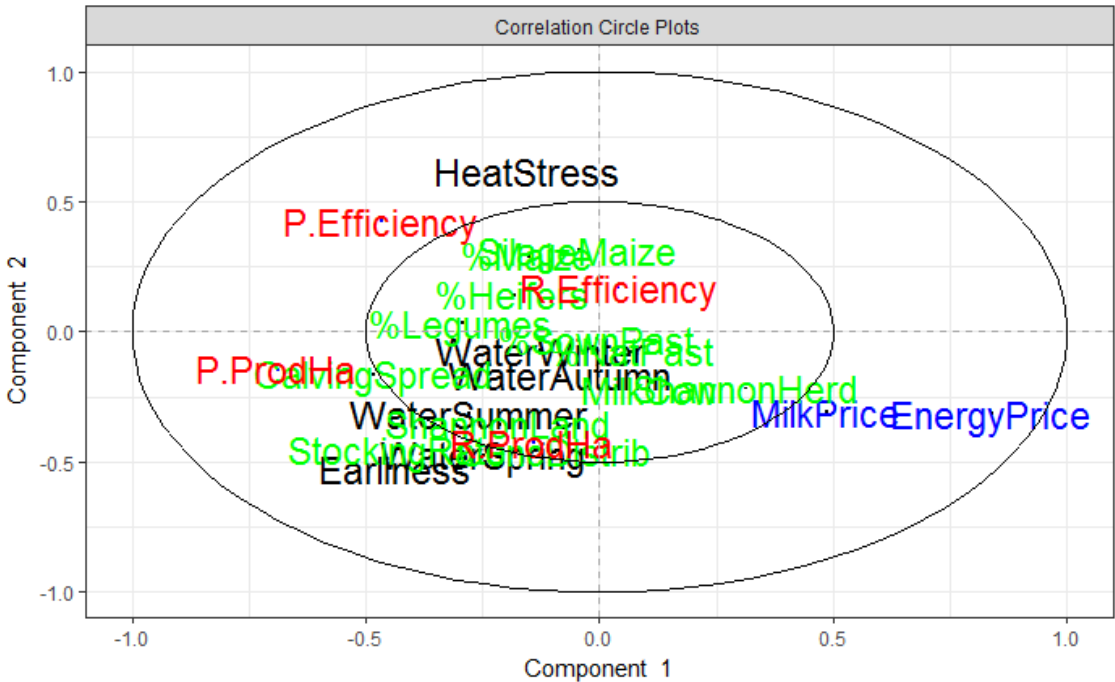


Figure S1.19. West. Variable plot of the multilevel partial least squares (PLS) analysis of vulnerability variables on explanatory variables. Full names of variables are provided in **Table 5** of the article. The colors are the same as in **Figure 49** of the article: red for vulnerability variables, black for climate conditions, blue for economic conditions, and green for farm configuration and farmers’ technical adaptation variables.

Predicted farm productivity (P.ProdHa) is the main vulnerability variable that the PLS can predict within the farm. The main related explanatory variables are stocking rate (StockingRate) and the price of energy (EnergyPrice). There are few potential mechanisms to minimize vulnerability once the farm is established.

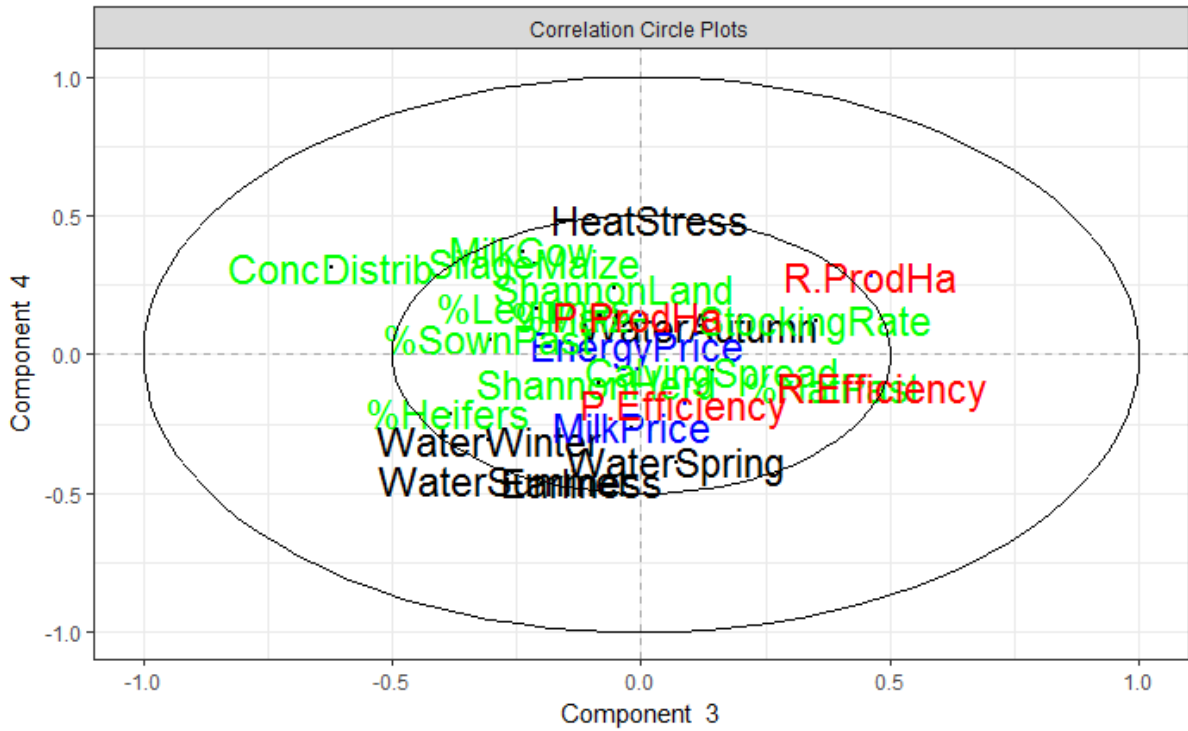


Figure S1.20. West. Variable plot of the multilevel PLS on components 3 and 4. Response variables (vulnerability) are displayed in orange, and explanatory variables in blue.

Low information is to be extracted from components 3 and 4.

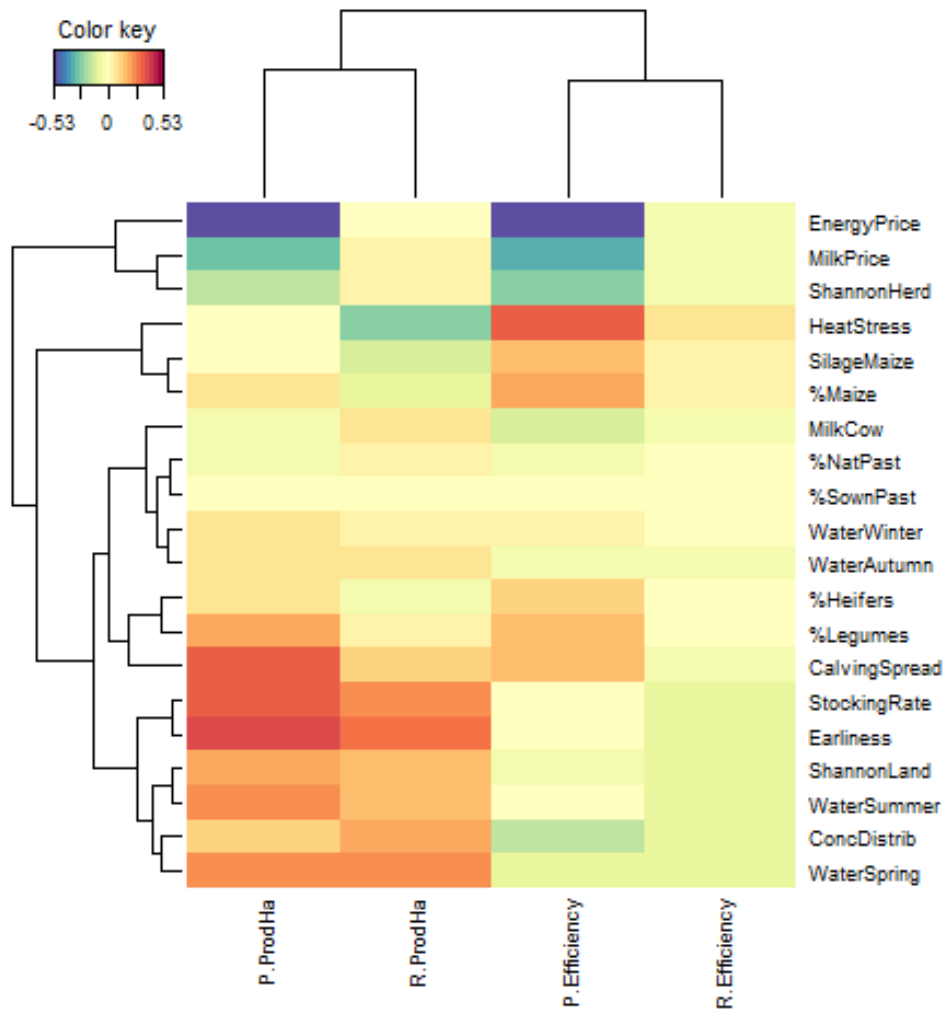


Figure S1.21. West. Clustered Image Map of the multilevel partial least squares (PLS) analysis of vulnerability variables on explanatory variables based on components 1 and 2. Blue and red indicate negative and positive correlations, respectively, between the projection of a vulnerability variable and the projection of an explanatory variable on the first principal plane. This map contains the same information about correlations between variables as **Figure S1.19**, but displays them differently. Full names of variables are provided in **Table 5** of the article.

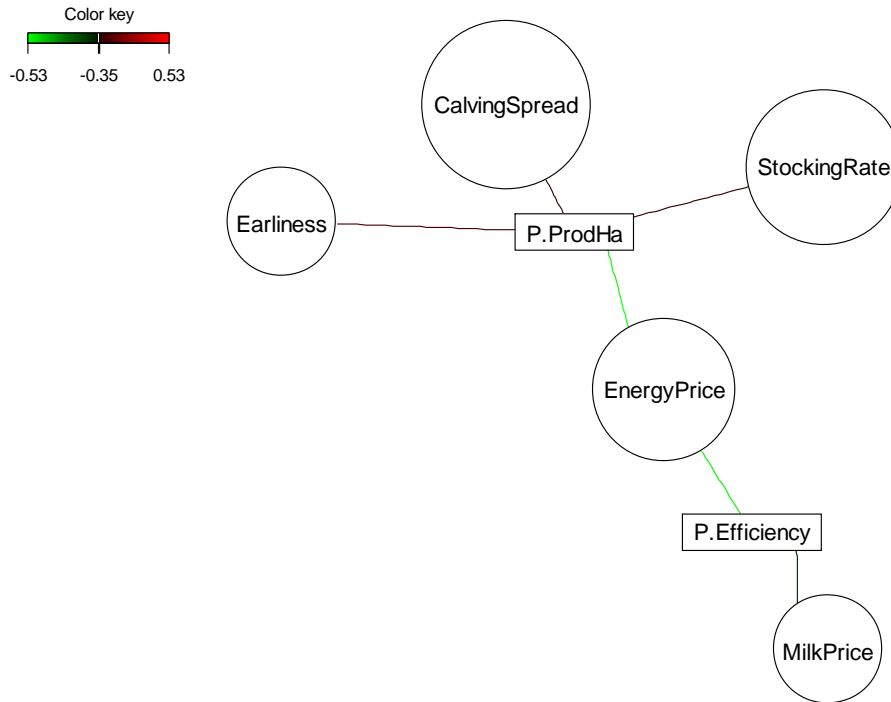


Figure S1.22. West. Network representation in the multilevel partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables based on its components 1 and 2. Green and red arrows indicate negative and positive correlations, respectively, between the projection of a vulnerability variable and the projection of an explanatory variable on the first principal plane. This plot is based on the information about correlations between variables as in the variable plot (**Figure S.1.19**) and in the CIM (**Figure S1.21**). Full names of variables are provided in **Table 5** of the article. The chosen arbitrary cutoff is 0.35. Note that a cutoff between 0.4 and 0.5 only points out the relation between EnergyPrice and both P.ProdHa and P.Efficiency.

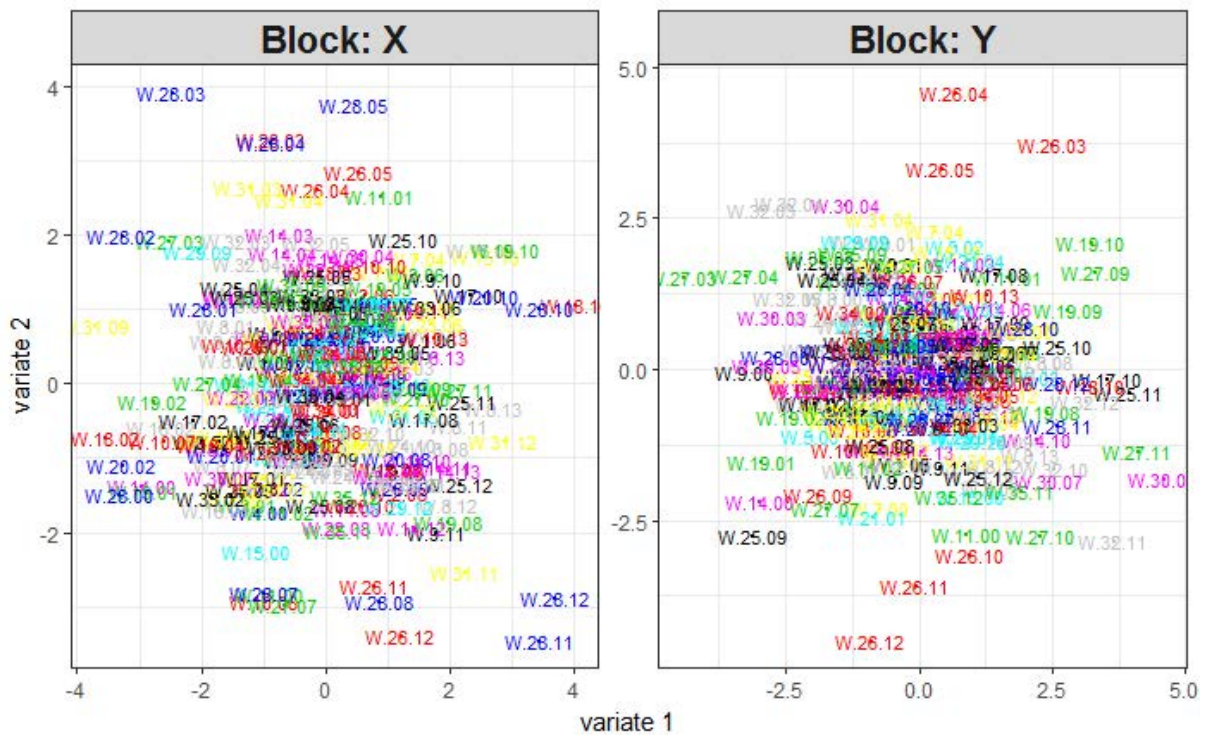


Figure S1.23. West region. Individual plot of the multilevel partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables. Each farm is plotted in a different color and with a code corresponding to farm number and survey year separated by a period.

In blocks X (explanatory variables) and Y (PLS responses, i.e. vulnerability), because the yearly measurements of each farm are no longer close to each other (unlike in **Fig. S1.11**), farms with the highest variations in farm productivity and economic efficiency are clearly distinguished. For example, farms W.26 and W.28 are both exposed to heat stress (X block, variate 2), but the former appears generally sensitive to economic efficiency (the only vulnerability variable on axis 2), whereas the latter is able to buffer these variations in the production context (Y block, variate 1).

It is important to come back to initial data and confirm (or question) the PLS results. This is the purpose of **Figures S1.24 - S1.27**.

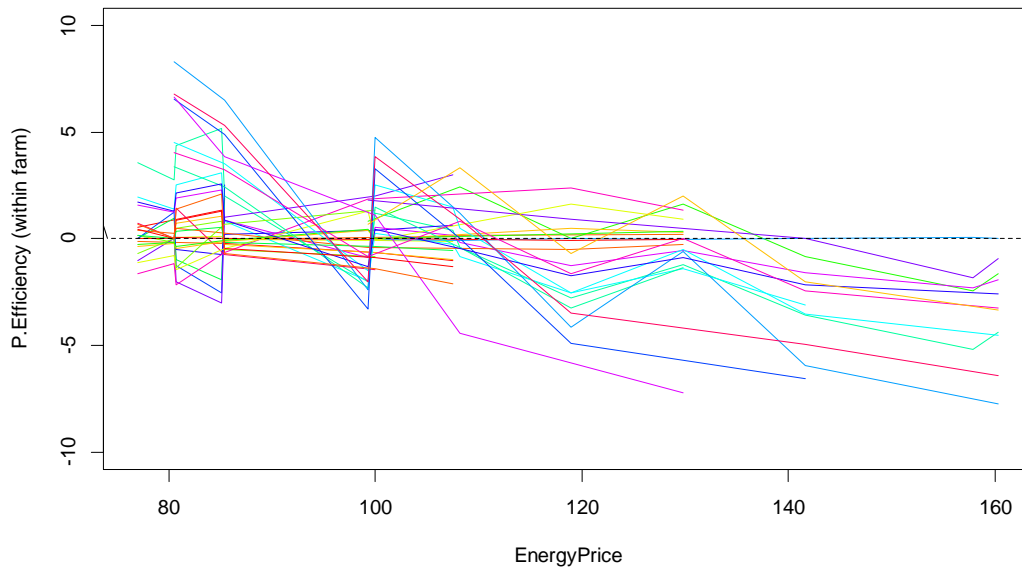


Figure S1.24. West. Variation in the predicted level of farm economic efficiency (P.Efficiency) as a function of the price of energy (EnergyPrice). Each farm is plotted in a different color. Data from each farm are centered.

The graph confirms the negative correlation between the price of energy and the predicted level of economic efficiency (within-farm) detected by the multilevel partial least squares analysis.

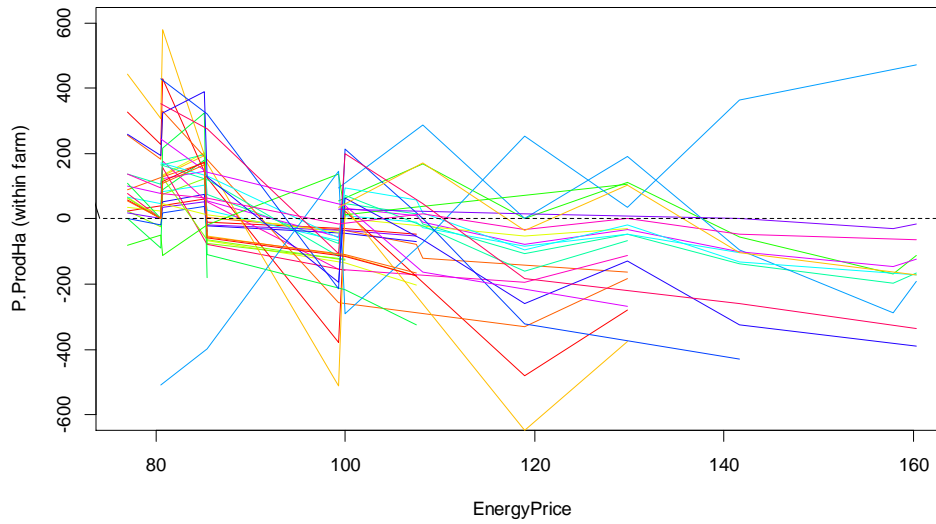


Figure S1.25. West. Variation in the predicted level of farm productivity (P.ProdHa) as a function of the price of energy (EnergyPrice). Each farm is plotted in a different color. Data from each farm are centered.

The graph confirms the negative correlation between the price of energy and the predicted level of productivity (within-farm) detected by the multilevel partial least squares analysis, with some outliers.

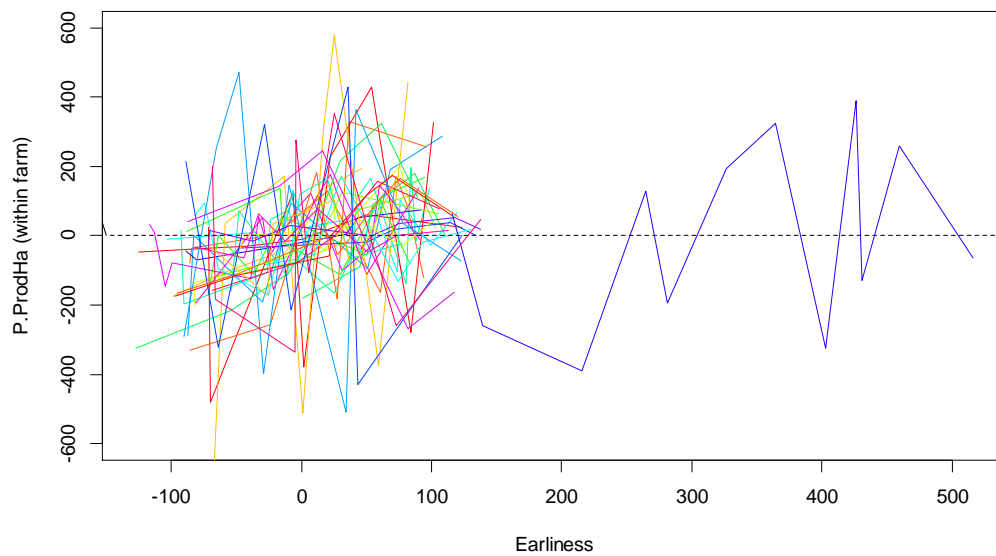


Figure S1.26. West. Variation in the predicted level of farm productivity (P.ProdHa) as a function of the price of energy (EnergyPrice). Each farm is plotted in a different color. Data from each farm are centered.

Caution is required when interpreting the relatively large positive correlation between productivity (centered) and earliness provided by the multilevel partial least squares analysis, partly due to extreme values of earliness on one farm.

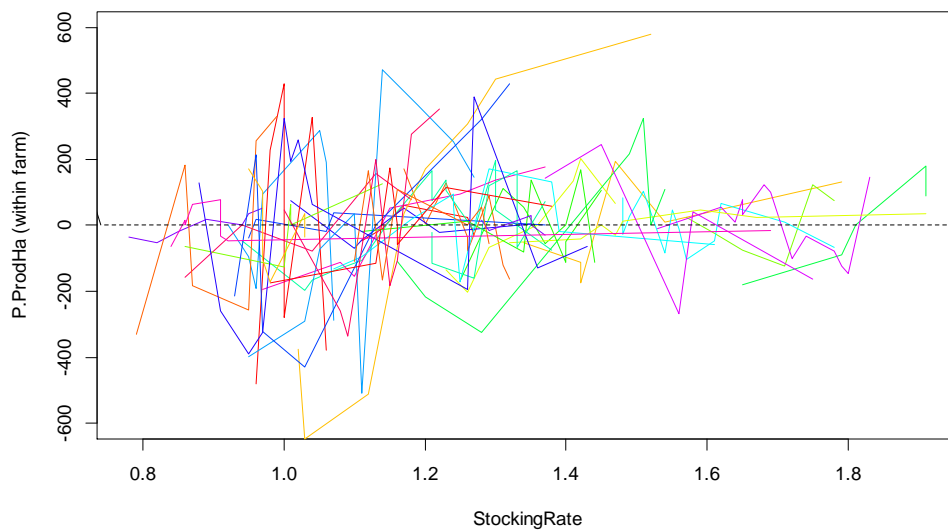


Figure S1.27. West. Variation in the predicted level of farm productivity (P.ProdHa) as a function of the stocking rate (StockingRate). Each farm is plotted in a different color. Data from each farm are centered.

The positive correlation calculated by the multilevel partial least squares analysis (**Figures S1.19 and S1.21**) is not as apparent on this graph.

SM2. Supplementary analysis for the Mountains dataset

As for the West, results pertaining to the Mountains are given below, with the same approach, the same abbreviations.

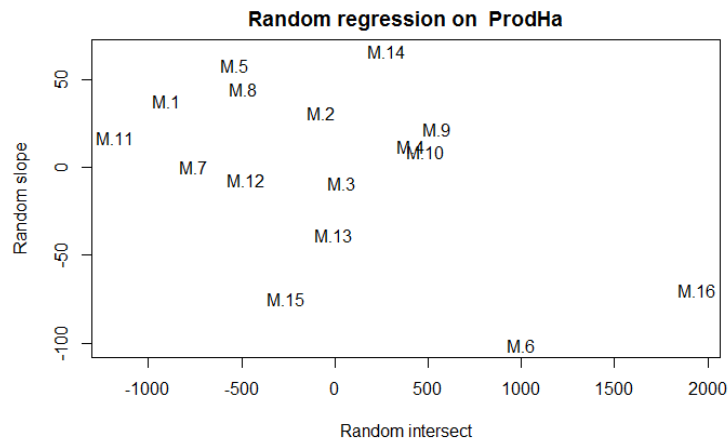


Figure S2.1. Mountains. Predictions of random effects of farms on intercept and slope in the random coefficient regression on ProdHa with time as covariate (see Supplemental Material A in **Annexe 1**).



Figure S2.2. Mountains. Predictions of random effects of farms on intercept and slope in the random coefficient regression on Efficiency with time as covariate (see Supplemental Material A in **Annexe 1**).

The random coefficient regression on Efficiency showed an estimated correlation equal to 1 between the farm effects on intercept and slope (Figure S2.2). When a parameter estimate is

stuck to the boundary of the parameter space, this means that the model cannot be well fitted. Therefore the final random regression model for Efficiency did not include a random slope.

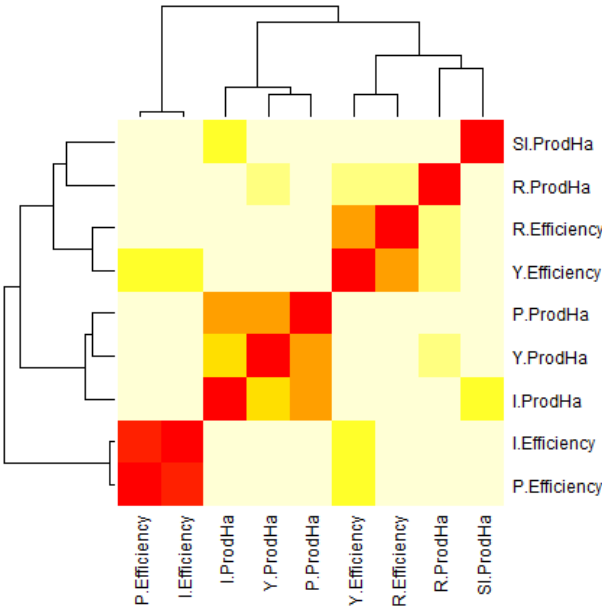


Figure S2.3. Mountains. Level plot of the distance matrix $\sqrt{1 - cor(V)^2}$, where V is the data for organic dairy farm vulnerability. Colors correspond to a gradient from 0 (ivory) to 1 (red). Full names of variables are provided in **Table 5** of the article.. Y stands for observed values, P for predicted values, and SI and I for slopes and intercepts of linear regressions of observed values, respectively.

Observed and predicted values of farm productivity (ProdHa) are highly correlated, but the correlation is weaker for farm economic efficiency (Efficiency). The intercept of economic efficiency is highly correlated with predicted values, whereas the correlation is weaker for productivity. Based on these results, it is possible to restrict the analysis to predicted values. We conducted the analysis with P., SI. and R. variables.

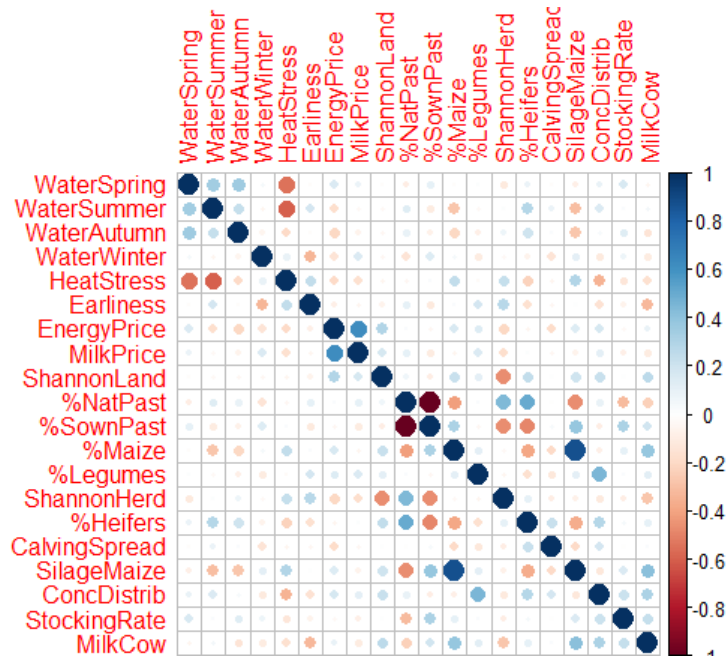


Figure S2.4. Mountains. Correlation plot of explanatory variables: climatic and economic conditions and farmer practices.

SM2.1. Partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables

Cross-validation for the PLS model on vulnerability variables lead to consider preferably the first component, and possibly the second (Figures S2.5 – S2.8).

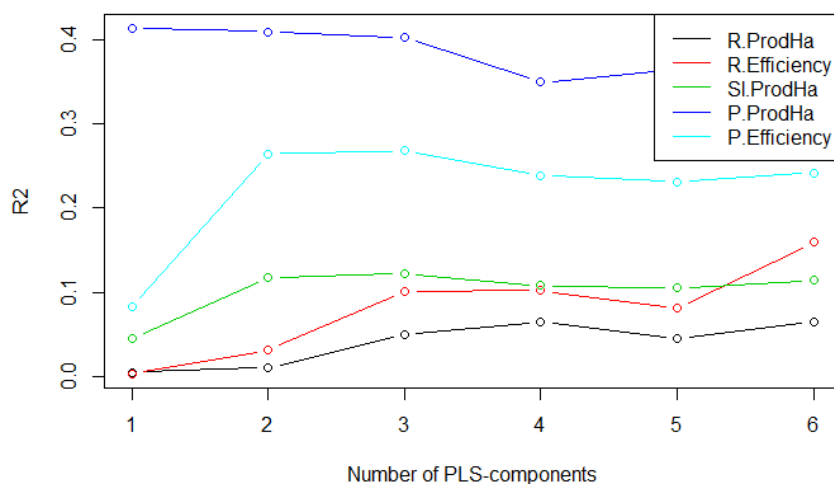


Figure S2.5 Mountains. R² coefficients of each vulnerability variable (response variable in the PLS regression), as a function of the number of components.

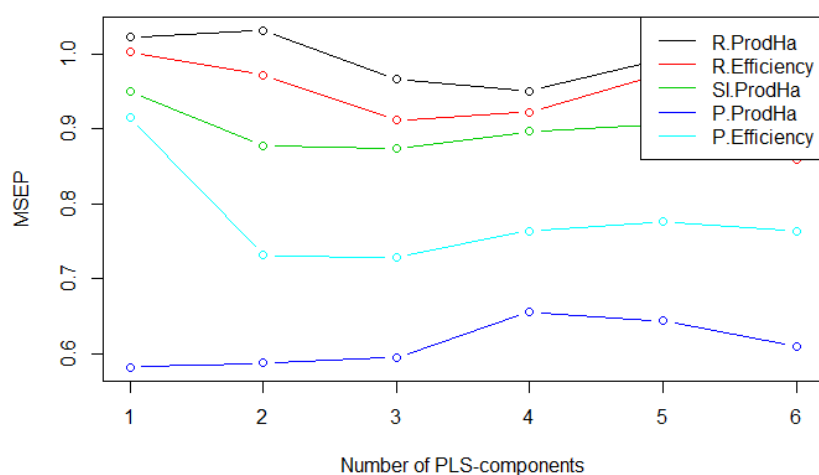


Figure S2.6. Mountains. Mean Square Errors of Prediction (MSEP) of each vulnerability variable (response variable in the PLS regression), as a function of the number of components.

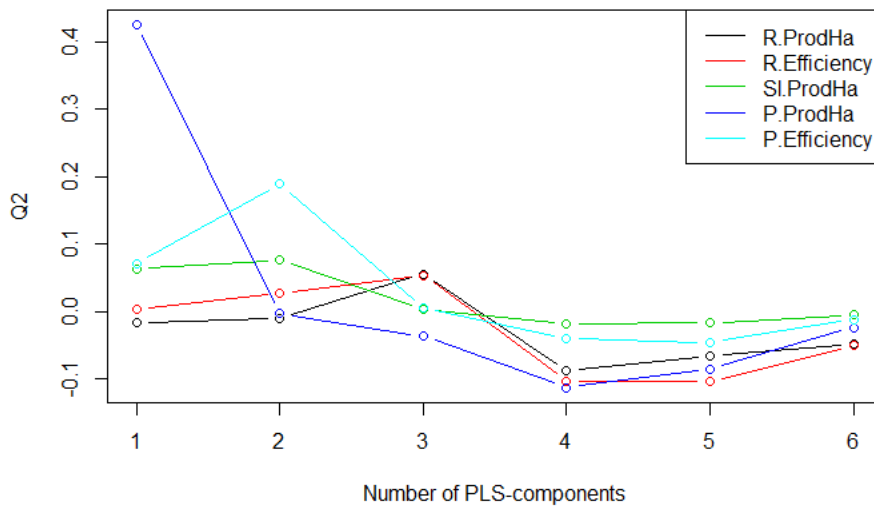


Figure S2.7. Mountains. Q2 coefficient of each vulnerability variable (response variable in the PLS regression), as a function of the number of components.

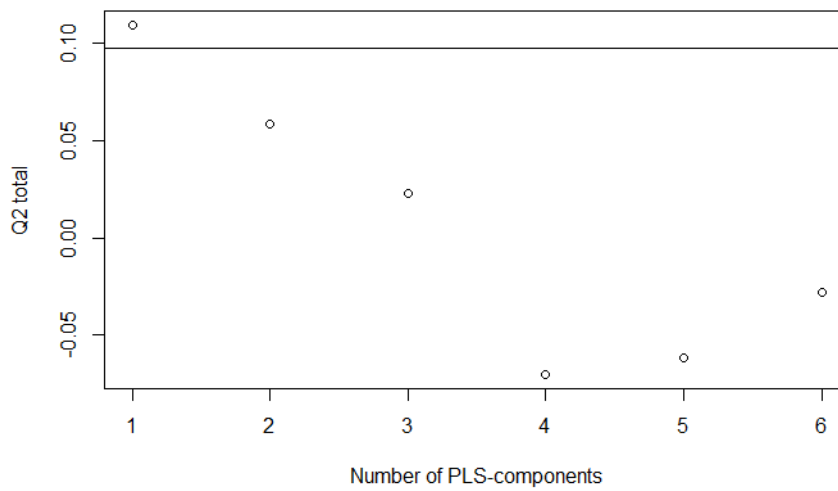


Figure S2.8. Mountains. Q2 total for all vulnerability variables (response variables in the PLS regression), as a function of the number of components. The horizontal line represents an ad-hoc threshold.

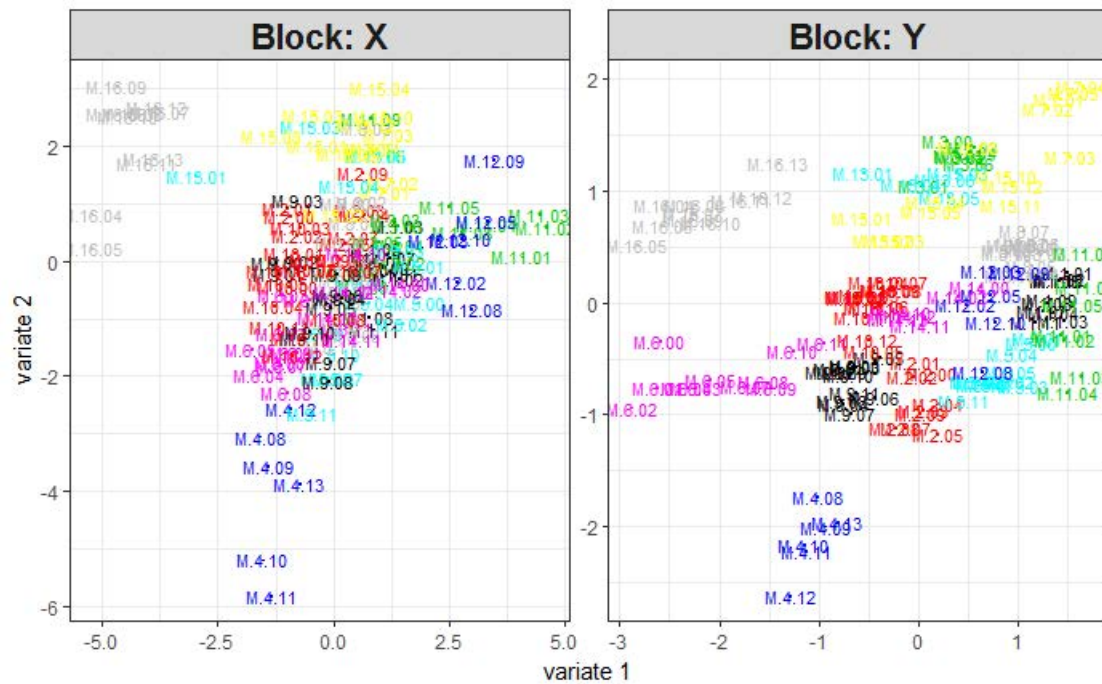


Figure S2.9. Mountains. Individual plot of the partial least squares (PLS) analysis of vulnerability variables on explanatory variables. Each farm is plotted in a different color and with a code corresponding to farm number and survey year separated by a period. The abscissa corresponds to the first component (variate 1) and the ordinate to the second component (variate 2).

In blocks X and Y, as for the West, since measures of each farm from all years are grouped, between-farm differences are larger than within-farm differences during the survey period. Thus, adaptations of farm configurations that farmers implemented during the survey period had relatively little effect on vulnerability. Potential drivers of farm vulnerability provided by the PLS analysis apply quite independently of the year.

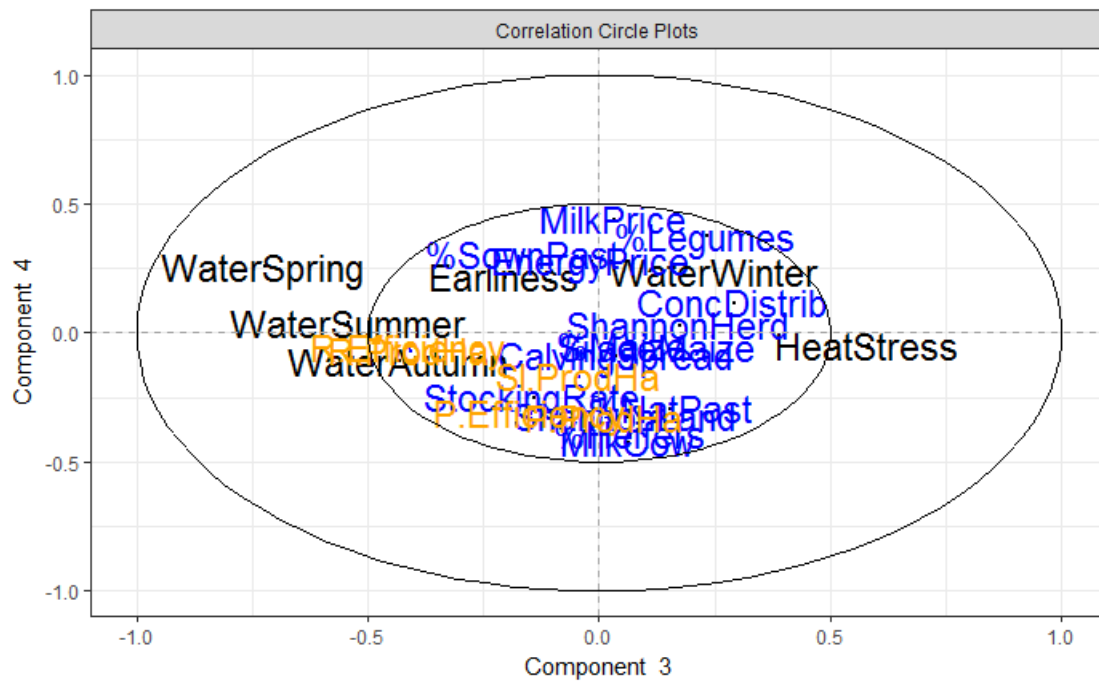


Figure S2.10. Mountains. Variable plot of the PLS with vulnerability variables as responses (orange color) and explanatory variables (blue color), on components 3 and 4.

In **Figure S2.10** no PLS-response (vulnerability) variable lies outside the inner circle for components 3 and 4. This means that neither component 3 nor component 4 are able to provide a good model explaining farm vulnerability. Components 1 and 2 (**Figure 49** in the main text) on the contrary displayed high links among some vulnerability variables (outside the inner circle). Hence we decided to consider the first two components from now on, keeping in mind that the first component is the main one to focus on.

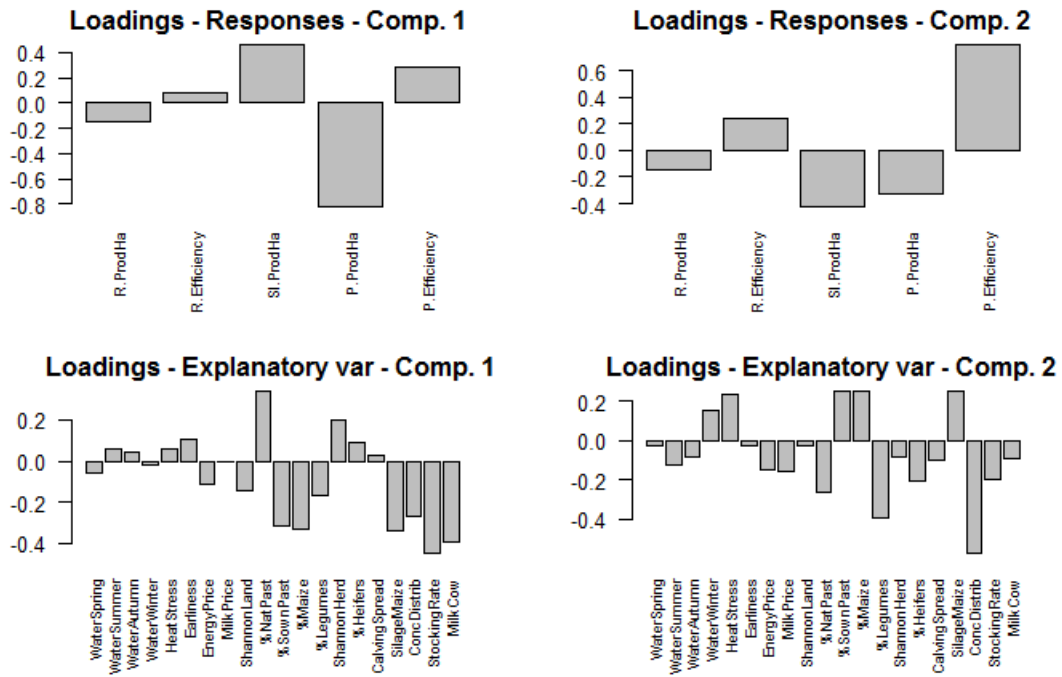


Figure S2.11. Mountains. Barplots of loadings on components 1 and 2 of the PLS regression, for response and explanatory variables.

Component 1 is linked to variations in P.ProdHa and SI.ProdHa mainly, and to a lesser extent to P.Efficiency. Several explanatory variables covary: %NatPast, StockingRate, MilkCow, SilageMaize, %Maize, %SownPast and ConcDistrib. Component 2 represents mainly variations in P.Efficiency, and ConcDistrib.

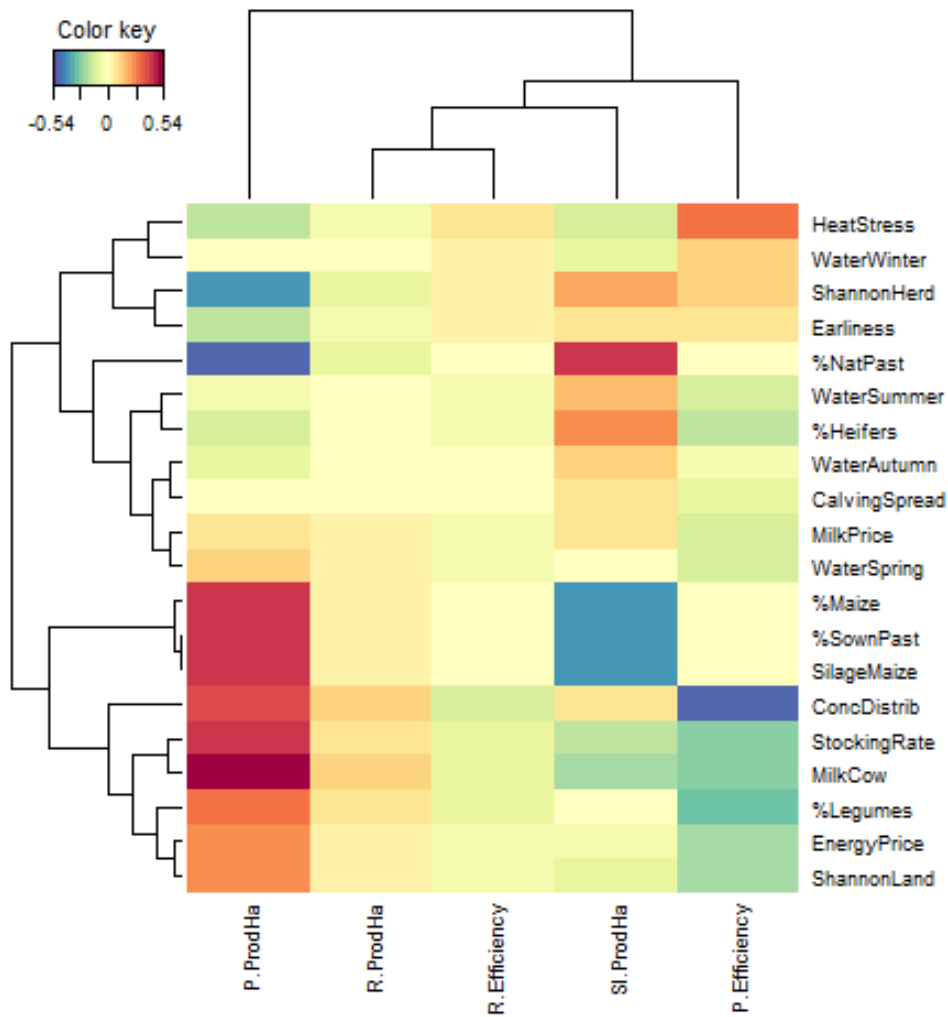


Figure S2.12. Mountains. Clustered Image Map of the partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables based on components 1 and 2. Blue and red indicate negative and positive correlations, respectively, between the projection of a vulnerability variable and the projection of an explanatory variable on the first principal plane. This map contains the same information about correlations between variables as **Figure 49** (bottom) of the article, but displays it differently. Full names of variables are provided in **Table 5** of the article.

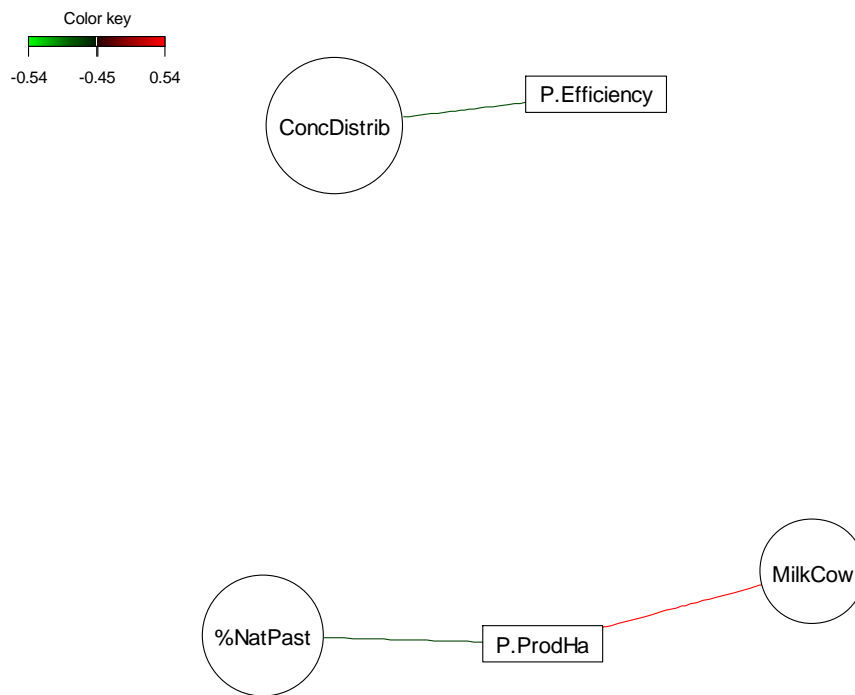


Figure S2.13. Mountains. Network representation in the partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables based on its components 1 and 2. Green and red arrows indicate negative and positive correlations, respectively, between the projection of a vulnerability variable and the projection of an explanatory variable on the first principal plane. This plot is based on the information about correlations between variables as Figure 5 (bottom) in the article or the CIM (**Figure S2.12**). Full names of variables are provided in **Table 5** of the article. The chosen arbitrary cutoff is 0.45.

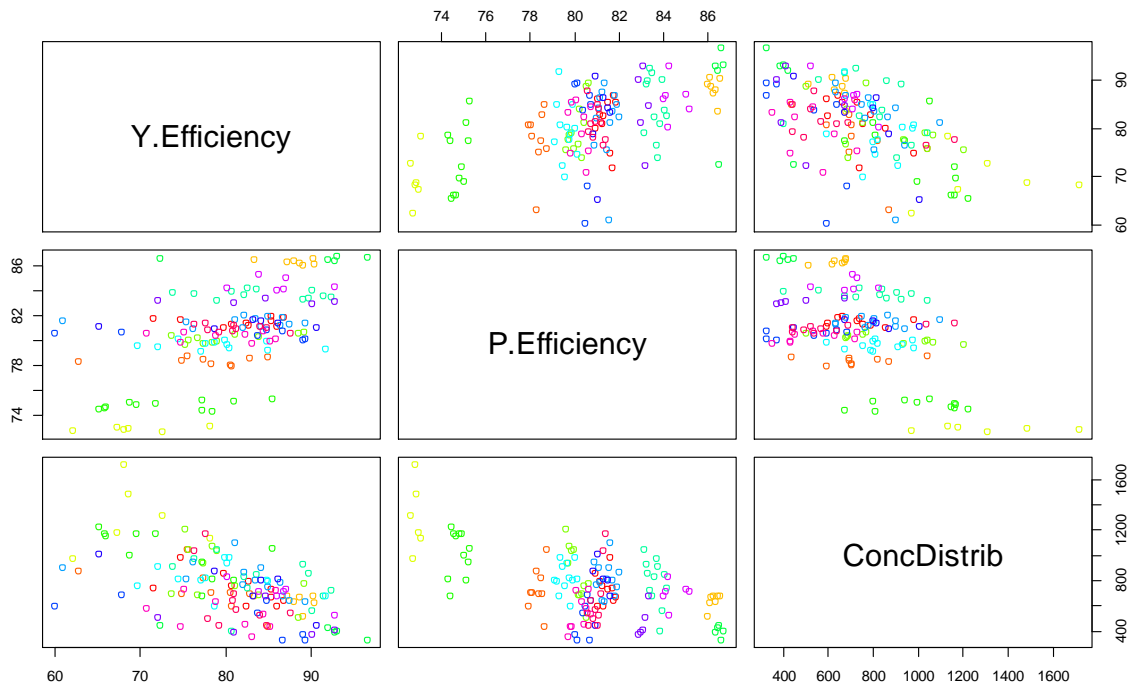
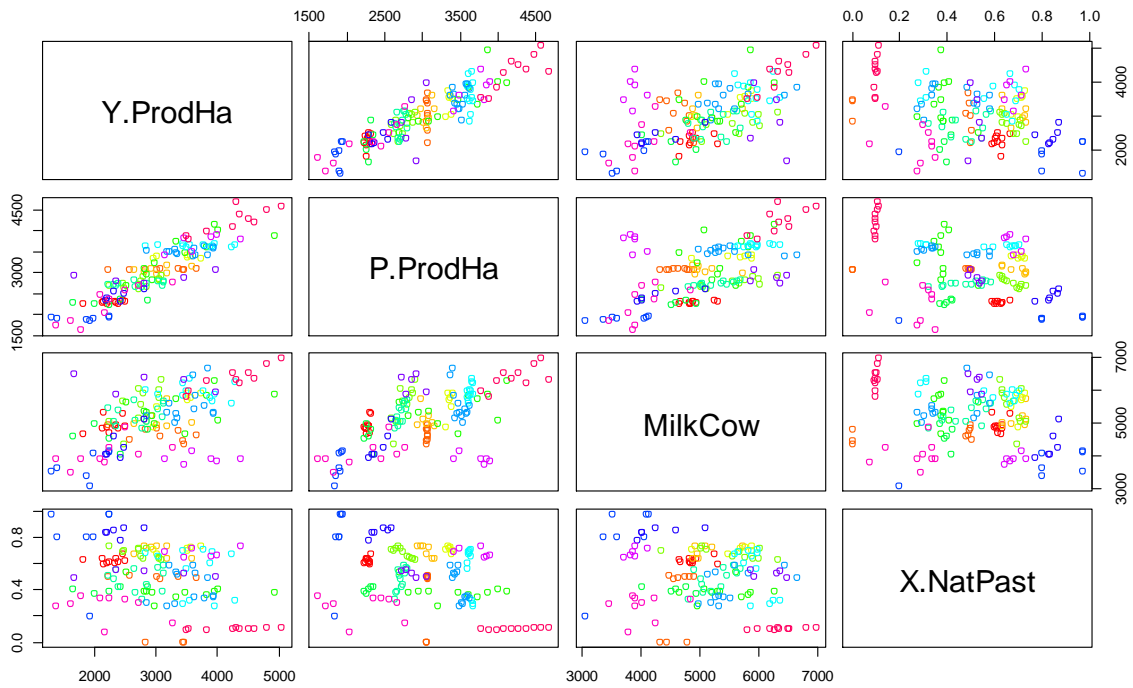


Figure S2.14. Mountains. Correlation plot between variables highlighted by the Clustered Image Map in **Figure S2.12** and the network in **Figure S2.13**. Each color represents a farm. Full names of variables are provided in **Table 5** of the article.

In agreement with the partial least squares (PLS) analysis (**Figures S2.12 – S2.14**), relatively clear linear relationships were found between both milk production per cow (positive) and percentage of semi-natural pasture in the farmland (negative) and observed and predicted levels of farm productivity, and between percentage of semi-natural pasture in the farmland and slope of farm productivity. Caution is required when interpreting relationships between farm productivity and maize cropping percentage and percentage of maize silage in animal diets because many farms did not grow maize. Thus, only a few farms drive the positive correlation identified in the PLS. Correlations are confirmed between the amount of concentrate distributed and observed and predicted levels of farm economic efficiency.

SM2.2. Multilevel partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables

The various indicators provides in **Figures S2.15 – S2.18** lead to the conclusion that only the first component of the multilevel PLS of vulnerability on explanatory variables is of interest.

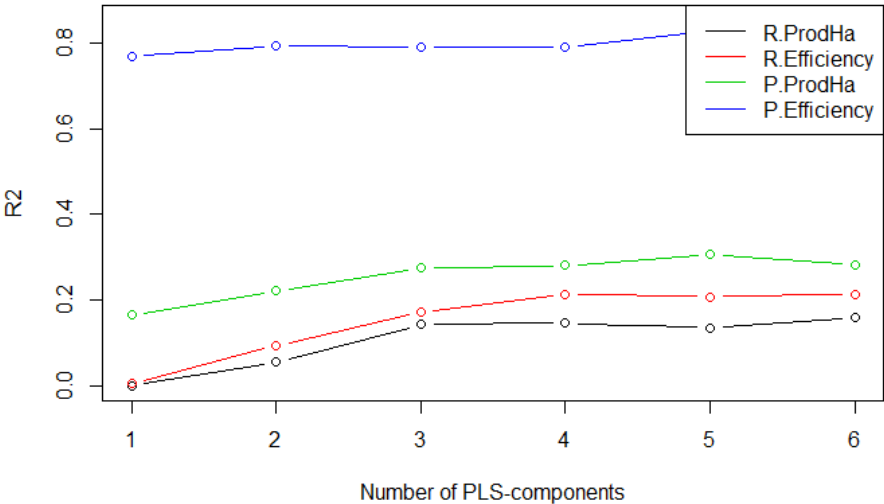


Figure S2.15. Mountains. R2 coefficients of each response variable (vulnerability) of the multilevel PLS.

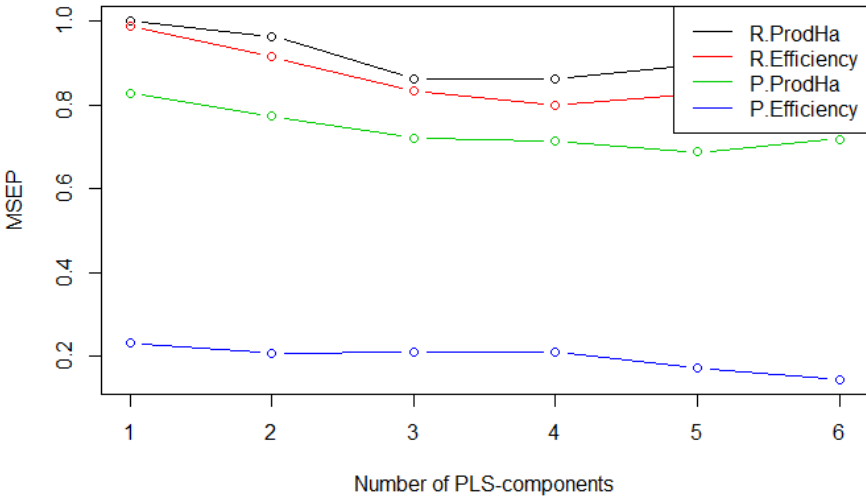


Figure S2.16. Mountains. Mean Square Errors of Prediction (MSEP) of each response variable (vulnerability) of the PLS multilevel.

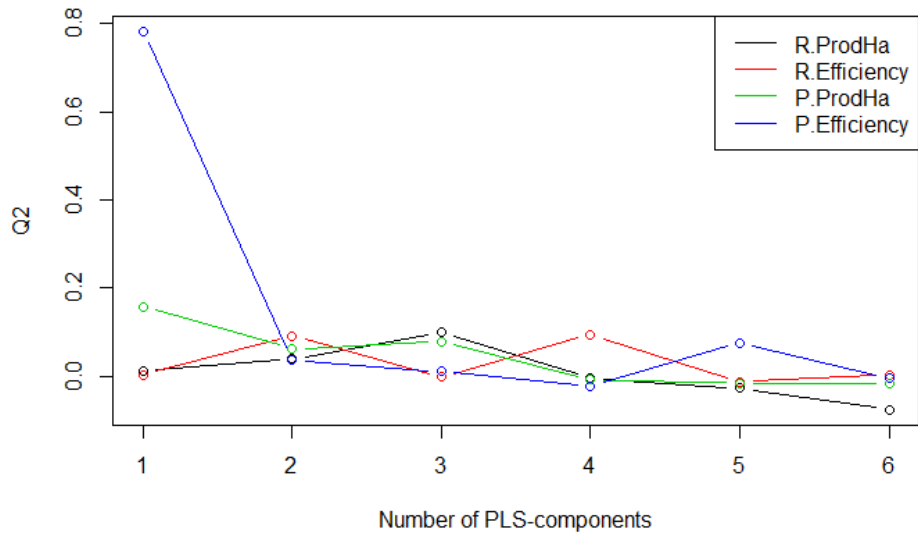


Figure S2.17 Mountains. Q2 coefficients of each response variable (vulnerability) of the multilevel PLS.

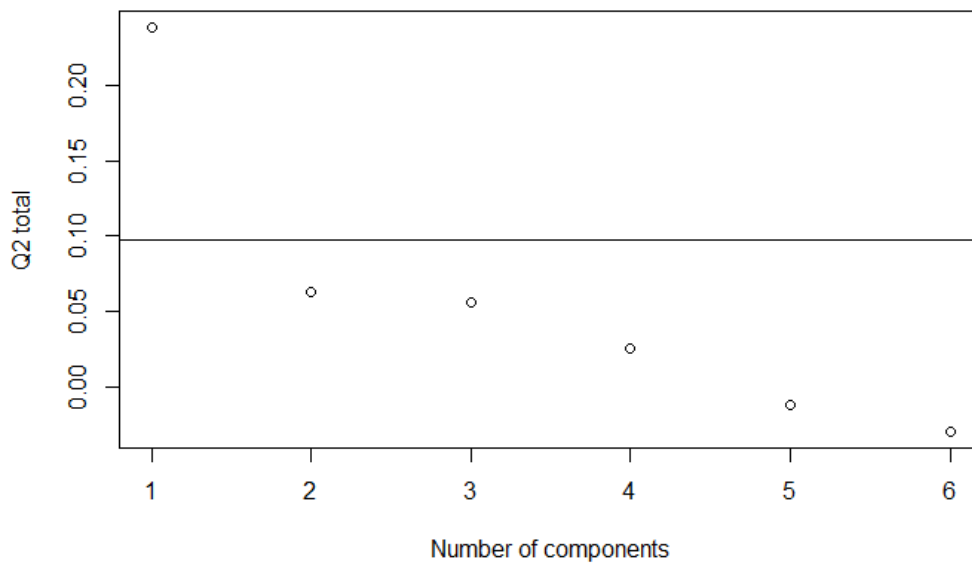


Figure S2.18. Mountains. Q2 total of all response variables (vulnerability) of the multilevel PLS.

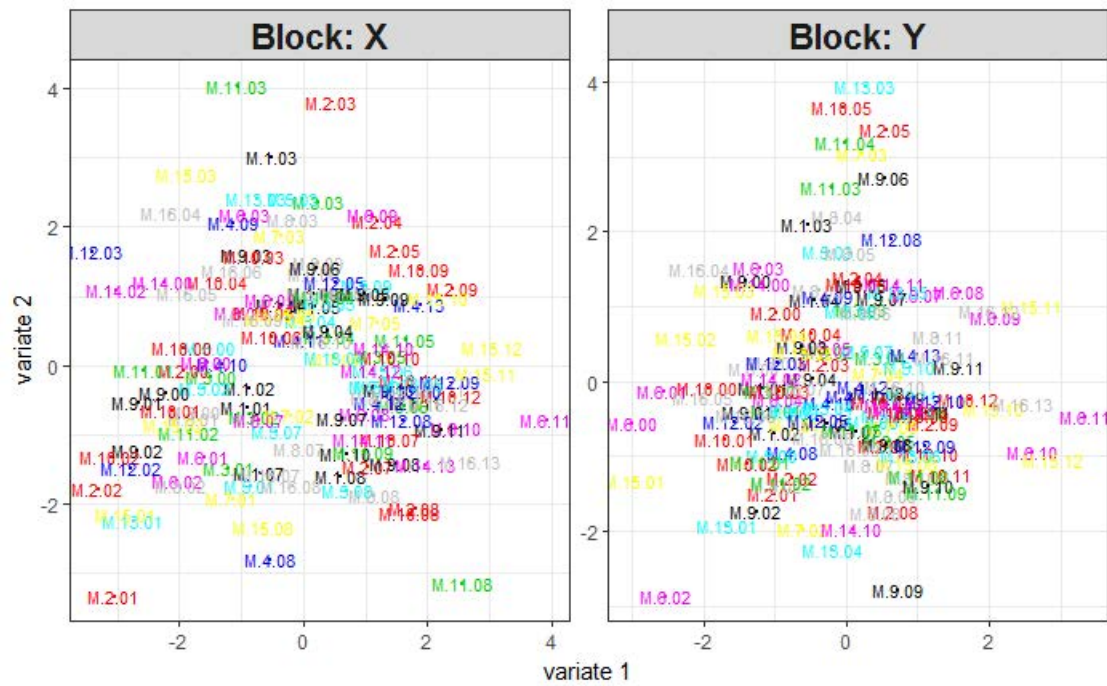


Figure S2.19. Mountains. Individual plot of the multilevel partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables. Each farm is plotted in a different color and with a code corresponding to farm number and survey year separated by a period.

In blocks X and Y, because yearly measurements of each farm are no longer close to each other (unlike in **Figure S2.11**), farms with the highest variations in farm productivity and economic efficiency are clearly distinguished. For example, farm M.13 has high variations in productivity (Y block and axis 2 in **Figure S2.20**) but it does not seem to experience heat stress and water shortage in spring (X block). For economic efficiency, farms M.6 and M.7 appear sensitive to variations in the prices of milk and energy (right side of blocks X and Y, and of axis 1 in **Figure S2.20**).

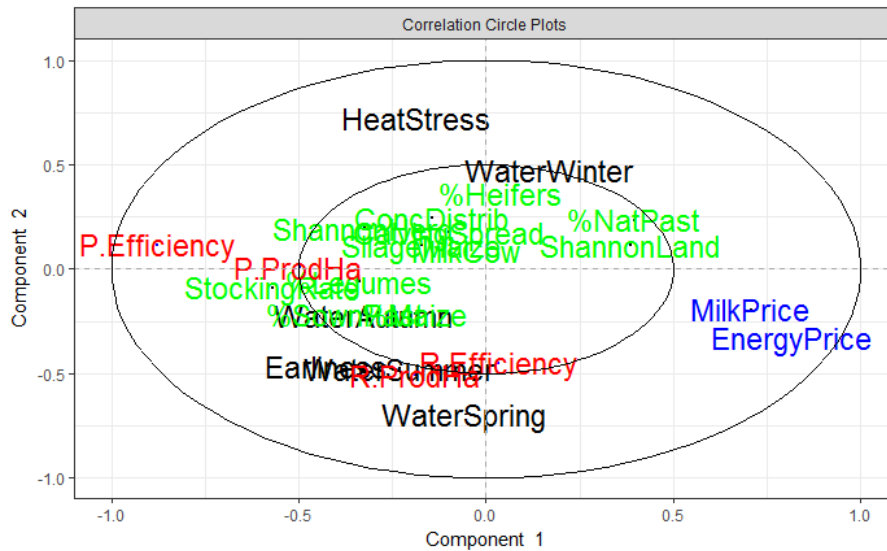


Figure S2.20. Mountains. Variable plot of the multilevel partial least squares (PLS) analysis of vulnerability variables on explanatory variables. The term multilevel indicates that the PLS analysis was performed within the farm after replacing the empirical mean of all observations with each observation of the farm considered. Full names of variables are provided in **Table 5** of the article. The colors are the same as in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** of the article: red for vulnerability ariables, black for climate conditions, blue for economic conditions, and green for farm configuration and farmers’ technical adaptation variables.

Predicted farm economic efficiency (P.Efficiency) is the only vulnerability variable the PLS can accurately predict within the farm. The main related explanatory variables are the stocking rate and the prices of milk and energy. There are few potential mechanisms to minimize vulnerability once the farm is established and they may influence only the prediction of economic efficiency.

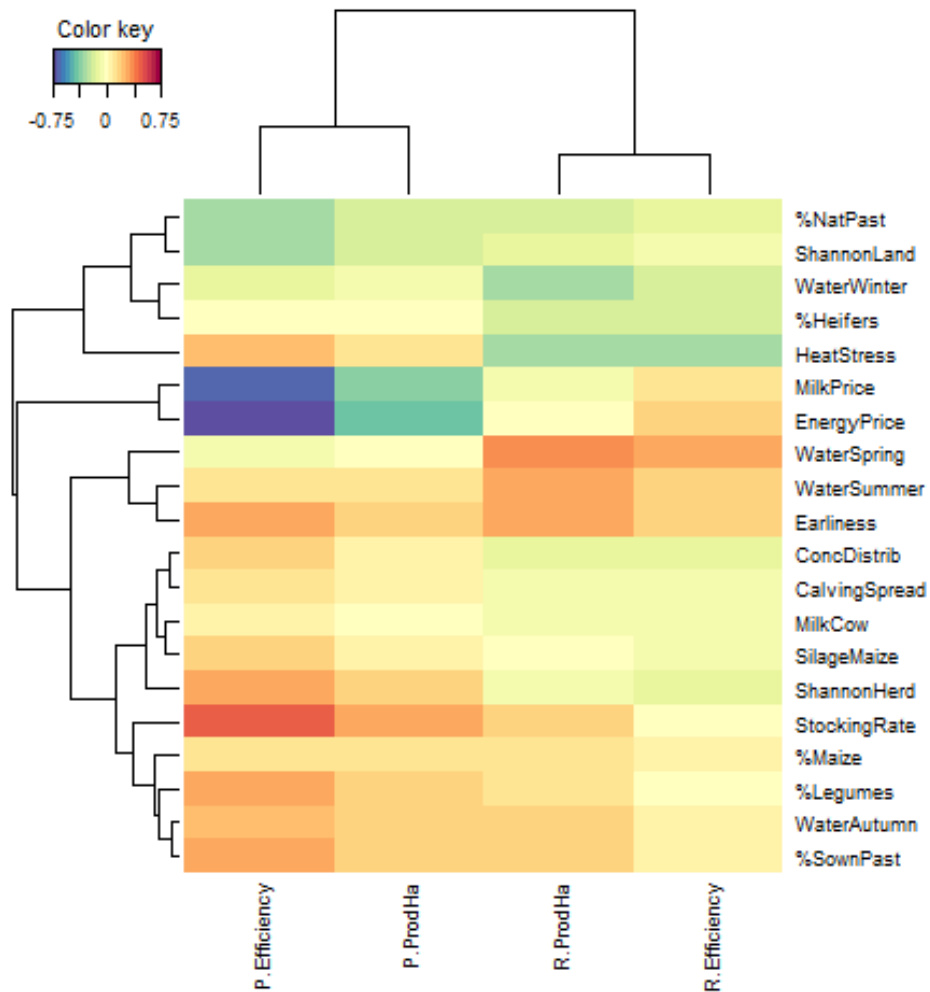


Figure S2.21. Mountains. Clustered Image Map based on components 1 and 2 of the multilevel partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables. Blue and red indicate negative and positive correlations, respectively, between the projection of a vulnerability variable and the projection of an explanatory variable on the first principal plane. This contains the same information about correlations between variables as **Figure S2.20**, but displays them differently. Full names of variables are provided in **Table 5** of the article.

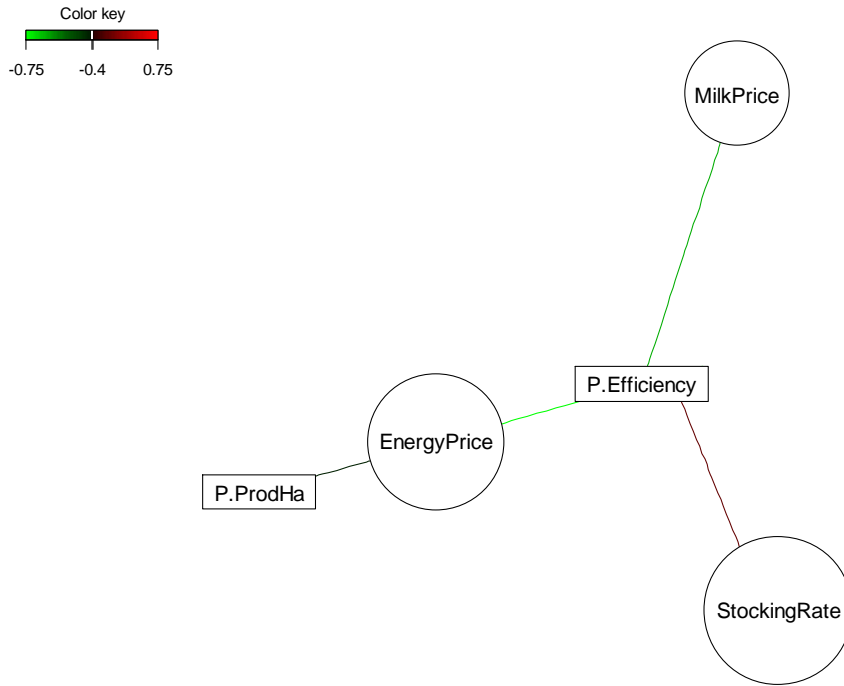


Figure S2.22. Mountains. Network representation in the multilevel partial least squares analysis of vulnerability variables on explanatory variables based on its components 1 and 2. Green and red arrows indicate negative and positive correlations, respectively, between the projection of a vulnerability variable and the projection of an explanatory variable on the first principal plane. This plot is based on the information about correlations between variables as in the variable plot (**Figure S.2.19**) and in the CIM (**Figure S2.21**). Full names of variables are provided in **Table 5** of the article. The chosen arbitrary cutoff is 0.4.

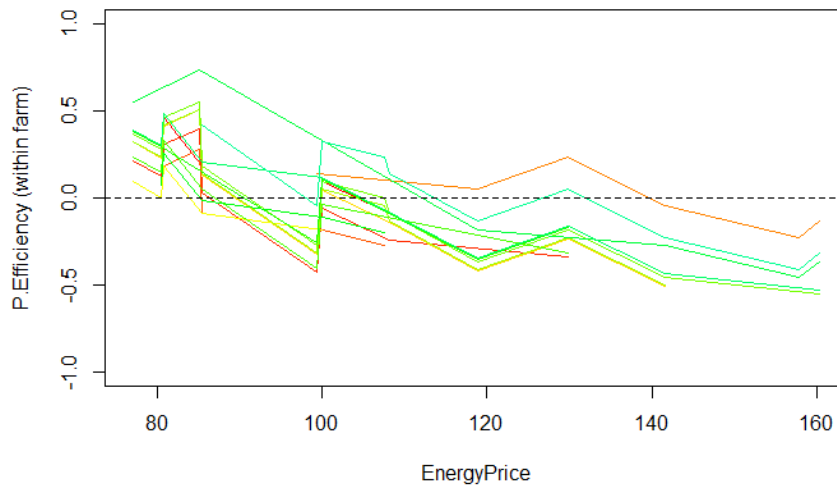


Figure S2.23. Mountains. Variation in the predicted level of economic efficiency (P.Efficiency) as a function of the price of energy (EnergyPrice). Each farm is plotted in a different color. Data from each farm are centered.

The predicted level of efficiency tends to decrease as the price of energy increases.

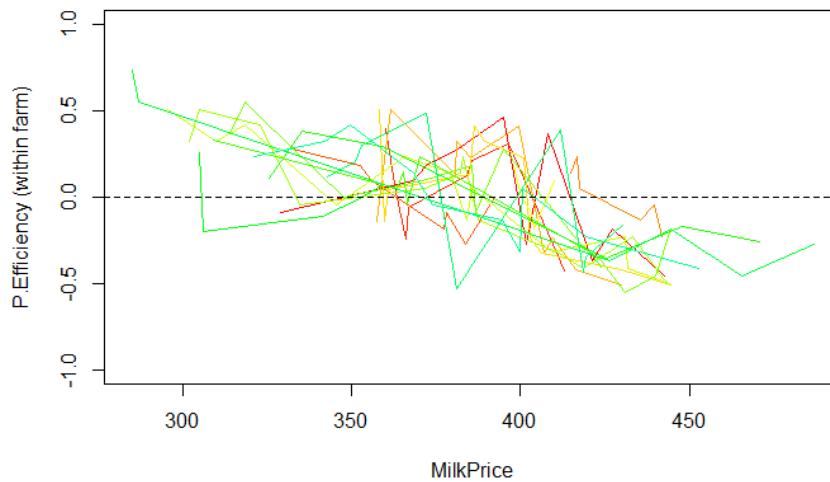


Figure S2.24. Mountains. Variation in the predicted level of economic efficiency (P.Efficiency) as a function of the price of milk (MilkPrice). Each farm is plotted with a different color. Data from each farm are centered.

Predicted efficiency tends to decrease as the price of milk increases.

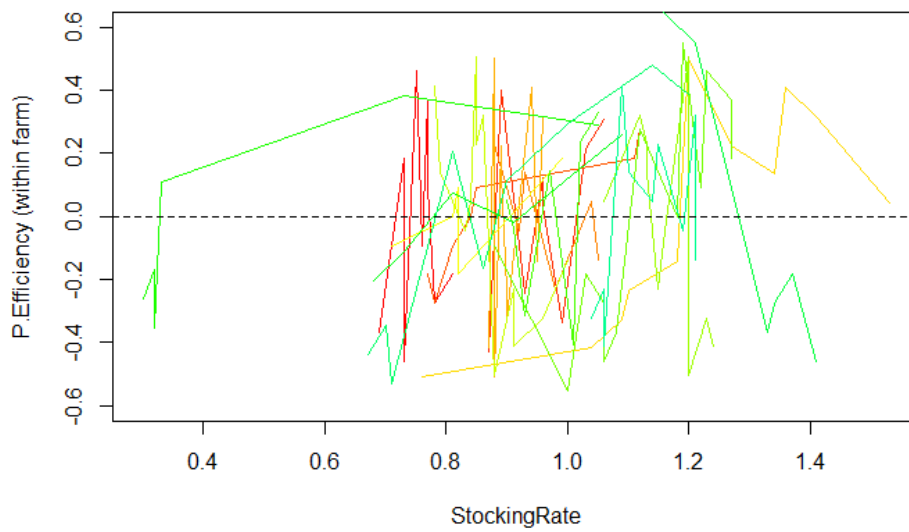


Figure S2.25. Mountains. Variation in the predicted level of farm economic efficiency (P.Efficiency) as a function of the stocking rate (StockingRate). Each farm is plotted in a different color. Data from each farm are centered.

The positive correlation calculated by the multilevel partial least squares analysis (**Figures S2.20 and S2.21**) is not as apparent on this graph.

8 Références

-
- Adger WN (2006) Vulnerability. *Glob Environ Chang* 16:268–281. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006
- Agence BIO (2018a) Dossier de Presse: L’agriculture biologique, un accélérateur économique, à la résonance sociale et sociétale.
- Agence BIO (2018b) Les textes réglementaires. <http://www.agencebio.org/les-textes-reglementaires>. Accessed 20 Jul 2018
- Agence BIO (2018c) Qu’est-ce que la bio ? <http://www.agencebio.org/quest-ce-que-la-bio>. Accessed 23 Jul 2018
- Agence BIO (2017) Dossier de presse La bio change d’échelle en préservant ses fondamentaux! 50.
- Agreste (2011) France métropolitaine - Recensement agricole 2010 - Premières tendances. Agreste Primeur 266:1–4.
- Agreste (2015) Bretagne Filière Lait.
- Alvesson M, Sköldbäck K (2009) Reflexive methodology : new vistas for qualitative research. SAGE
- Ansquer P, Al Haj Khaled R, Cruz P, et al (2009) Characterizing and predicting plant phenology in species-rich grasslands. *Grass Forage Sci* 64:57–70. doi: 10.1111/j.1365-2494.2008.00670.x
- Archer DW, Jaradat AA, Johnson JMF, et al (2007) Crop productivity and economics during the transition to alternative cropping systems. *Agron J* 99:1538–1547. doi: 10.2134/agronj2006.0364
- Astigarraga L, Ingrand S, correspond To A Double Loop Learning As They Stéphane LI (2011) Production Flexibility in Extensive Beef Farming Systems. *Ecol Soc* 16:7. doi: 10.5751/ES-03811-160107
- Barataud F, Foissy D, Fiorelli J-LL, et al (2015) Conversion of a Conventional to an Organic Mixed Dairy Farming System: Consequences in Terms of N Fluxes. *Agroecol Sustain Food Syst* 39:978–1002. doi: 10.1080/21683565.2015.1067940
- Barbier C, Cerf M, Lusson J-M (2015) Cours de vie d’agriculteurs allant vers l’économie en intrants : les plaisirs associés aux changements de pratiques. Life course of farmers going to the economy in inputs: pleasures associated with changes in practices. *Activités*. doi: 10.4000/activites.1081

- Bates D, Mächler M, Bolker BM, Walker SC (2015) Fitting linear mixed-effects models using lme4. *J Stat Softw* 67:1–48.
- Begon M, Pailleux JY, Joly N, et al (2009) Les chemins pour durer en élevage bovin laitier : diversité des logiques d' action sur le long terme en Ségala (Massif Central). *Renc Rech Rum* 105–108.
- Bellon S, Desclaux D, Le Pichon V (2010) Innovation and research in organic farming : a multi-level approach to facilitate cooperation among stakeholders.
- Bellon S, Navarrete M, Fauriel J, et al (2007) Converting to organic horticulture as socio-technical trajectories. XXII ESRS Congress, Wageningen, Netherlands, 2007/08/20-24
- Benoit M, Tchamitchian M, Penvern S, et al (2017) Potentialités, questionnements et besoins de recherche de l'agriculture biologique face aux enjeux sociétaux. Potentialities, questions and research needs of organic farming in the face of societal challenges. *Econ Rural* 361:49–69. doi: 10.4000/economierurale.5309
- Best H (2008) Organic agriculture and the conventionalization hypothesis: A case study from West Germany. *Agric Human Values* 25:95–106. doi: 10.1007/s10460-007-9073-1
- Biggs R, Schlüter M, Biggs D, et al (2012) Toward Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services. *Annu Rev Environ Resour* 37:421–448. doi: 10.1146/annurev-environ-051211-123836
- Bio Cohérence (2018) Un peu d'histoire. <http://www.biocoherence.fr/bio-coherence/un-peu-d-histoire>. Accessed 23 Jul 2018
- BioRéférences C (2018) Les exploitations bovins lait du Massif Central en agriculture biologique.
- Blasco-Arcas L, Buil I, Hernández-Ortega B, Sese FJ (2013) Using clickers in class. The role of interactivity, active collaborative learning and engagement in learning performance. *Comput Educ* 62:102–110. doi: 10.1016/J.COMPEDU.2012.10.019
- Bonaudo T, Bendahan AB, Sabatier R, et al (2013) Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. *Eur J Agron* 57:43–51. doi: 10.1016/j.eja.2013.09.010
- Bouttes M, Bize N, Maréchal G, et al (2018a) Dairy farms initially dissimilar to organic farming models decrease their vulnerability most during conversion to organic - a case study in Brittany, France. Submitted to *Agronomy for Sustainable Development*
- Bouttes M, Darnhofer I, Martin G (2018b) Converting to organic farming as a way to enhance adaptive capacity. *Org Agric*. doi: 10.1007/s13165-018-0225-y

- Bouttes M, San Cristobal M, Martin G (2018c) Vulnerability to climatic and economic variability is mainly driven by farmers' practices on French organic dairy farms. *Eur J Agron* 94:89–97. doi: 10.1016/j.eja.2018.01.013
- Brehon N-J (2009) L'Europe et la crise du lait : quelles régulations pour le secteur laitier ?
- Briar SS, Grewal PS, Somasekhar N, et al (2007) Soil nematode community, organic matter, microbial biomass and nitrogen dynamics in field plots transitioning from conventional to organic management. *Appl Soil Ecol* 37:256–266. doi: 10.1016/j.apsoil.2007.08.004
- Brzezina N, Biely K, Helfgott A, et al (2017) Development of organic farming in europe at the crossroads: Looking for the way forward through system archetypes lenses. *Sustain* 9:1–23. doi: 10.3390/su9050821
- Buck D, Getz C, Guthman J (1997) From Farm to Table: The Organic Vegetable Commodity Chain of Northern California. *Sociol Ruralis* 37:3–20. doi: 10.1111/1467-9523.00033
- Buller H, Brives H (2017) France: farm production and rural product as key factors influencing agri-environmental policy. In: *Agri-environmental Policy in the European Union*. Routledge, pp 9–30
- Burton R (2004) Reconceptualising the “behavioural approach” in agricultural studies: a socio-psychological perspective. *J Rural Stud* 20:359–371. doi: 10.1016/j.jrurstud.2003.12.001
- CA Midi-Pyrénées (2012) *Agriculture in Aveyron*.
- Cabell JF, Oelofse MCN-S (2012) An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience. *Ecol Soc* 17:18. doi: Artn 18 Doi 10.5751/Es-04666-170118
- Callo-Concha D, Ewert F (2014) Using the Concepts of Resilience, Vulnerability and Adaptability for the Assessment and Analysis of Agricultural Systems. *Chang Adapt Socio-Ecological Syst* 1:1–11. doi: 10.2478/cass-2014-0001
- Canopé (2013) L'Agence des Usages - Intégrer le numérique dans sa pratique pédagogique. <https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/les-boitiers-de-vote-electronique-en-salle-de-cours.html>. Accessed 10 Sep 2018
- Cerf M, Jeuffroy M, Prost L (2012) Participatory design of agricultural decision support tools : taking account of the use situations. *Agron Sustain Dev*. doi: 10.1007/s13593-012-0091-z
- CGAAER (2017) *Ambition Bio 2017 program first interim report*.
- Chantre E, Cardona A (2014) Trajectories of french field crop farmers moving toward sustainable farming practices: change, learning, and links with the advisory services. *Agroecol Sustain Food Syst* 38:573–602. doi: 10.1080/21683565.2013.876483

- Chantre E, Cerf M, Le Bail M (2015) Transitional pathways towards input reduction on french field crop farms. *Int J Agric Sustain* 13:69–86. doi: 10.1080/14735903.2014.945316
- Charroin T, Veysset P, Devienne S, et al (2012) Productivité du travail et économie en élevages d’herbivores : définition des concepts , analyse et enjeux. *INRA Prod Anim* 25:193–210.
- Christiansen G, Simmoneaux J, Hazard L (2018) Agroecological transition : human skills and social life matter for local actors. 13th Eur IFSA Symp 1-5 July 2018, Chania 16.
- CNIEL (2016) Lait biologique en France en 2016. 4.
- CNIEL (2018) 2018 T2 Conjoncture laitière biologique – lait de vache 2.
- Conceição P, Bandura R (2008) Measuring subjective wellbeing: A summary review of the literature. *United Nations Dev Program* (1–35.
- Coquil X, Béguin P, Dedieu B (2013) Transition to self-sufficient mixed crop–dairy farming systems. *Renew Agric Food Syst* 29:195–205. doi: 10.1017/S1742170513000458
- Cranfield J, Henson S, Holliday J (2010) The motives, benefits, and problems of conversion to organic production. *Agric Human Values* 27:291–306. doi: 10.1007/s10460-009-9222-9
- Darnhofer I (2014) Resilience and why it matters for farm management. *Eur Rev Agric Econ* 41:461–484. doi: 10.1093/erae/jbu012
- Darnhofer I (2010) Strategies of family farms to strengthen their resilience. *Environ Policy Gov* 20:212–222. doi: 10.1002/eet.547
- Darnhofer I, Bellon S, Dedieu B, Milestad R (2010a) Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agron Sustain Dev* 30:545–555. doi: 10.1007/978-94-007-0394-0_4
- Darnhofer I, Fairweather J, Moller H (2010b) Assessing a farm’s sustainability: insights from resilience thinking. *Int J Agric Sustain* 8:186–198. doi: 10.3763/ijas.2010.0480
- Darnhofer I, Lamine C, Strauss A, Navarrete M (2016) The resilience of family farms: Towards a relational approach. *J Rural Stud* 44:111–122. doi: 10.1016/j.jrurstud.2016.01.013
- Darnhofer I, Lindenthal T, Bartel-Kratochvil R, Zollitsch W (2009) Conventionalisation of organic farming practices: from structural criteria towards an assessment based on organic principles. A review. *Agron Sustain Dev* 30:67–81. doi: 10.1051/agro/2009011
- Darnhofer I, Schneeberger W, Freyer B (2005) Converting or not converting to organic farming in Austria: Farmer types and their rationale. *Agric Human Values* 22:39–52.

- David C, Mundler P, Demarle O, Ingrand S (2010) Long-term strategies and flexibility of organic farmers in southeastern France. *Int J Agric Sustain* 8:305–318. doi: 10.3763/ijas.2010.0497
- de Chazal J, Quétier F, Lavorel S, Van Doorn A (2008) Including multiple differing stakeholder values into vulnerability assessments of socio-ecological systems. *Glob Environ Chang* 18:508–520. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.04.005
- de Ponti T, Rijk B, van Ittersum MK (2012) The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agric Syst* 108:1–9. doi: 10.1016/J.AGSY.2011.12.004
- De Wit J, Verhoog H (2007) Organic values and the conventionalization of organic agriculture. *NJAS - Wageningen J Life Sci* 54:449–462. doi: 10.1016/S1573-5214(07)80015-7
- Dedieu B (2009) Qualification of the adaptive capacities of livestock farming systems Benoît.
- Dedieu B, Ingrand S (2010) Incertitude et adaptation : cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage. Uncertainty and adaptation: theoretical frameworks and application to the analysis of the dynamics of livestock systems. *Prod Anim* 23:81–90.
- Delate K, Cambardella CA (2004) Agroecosystem performance during transition to certified organic grain production. *Agron J* 96:1288–1298. doi: 10.2134/agronj2004.1288
- Dessein J, Nevens F (2007) “I’m sad to be glad”. An analysis of farmers’ pride in Flanders. *Sociol Ruralis* 47:273–292. doi: 10.1111/j.1467-9523.2007.00437.x
- Dong Z, Pan Z, An P, et al (2015) A novel method for quantitatively evaluating agricultural vulnerability to climate change. *Ecol Indic* 48:49–54. doi: 10.1016/j.ecolind.2014.07.032
- Doole GJ, Romera AJ (2015) Trade-offs between profit, production, and environmental footprint on pasture-based dairy farms in the Waikato region of New Zealand. *Agric Syst* 141:14–23. doi: 10.1016/j.agsy.2015.09.005
- Duru M, Therond O, Martin G, et al (2015) How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agron Sustain Dev* 35:1259–1281. doi: 10.1007/s13593-015-0306-1
- Eisenhardt K (1989) Building theories from case study research.
- European Commission (2016) Evolution of compulsory contracts, producer organisations and the market situation for milk and milk products. Commission Staff Working Document SWD (2016). Brussels

- Falconnier GN, Descheemaeker K, Van Mourik T a., et al (2015) Understanding farm trajectories and development pathways: Two decades of change in southern Mali. *Agric Syst* 139:210–222. doi: 10.1016/j.agsy.2015.07.005
- Flaten O, Lien G (2006) Organic dairy farming in Norway in relation to the ‘conventionalisation’ debate. In: *Eur. Joint Organic Congress Organic Farming and Eur. Rural Development*, Odense (DK). pp 30–31
- Flaten O, Lien G, Ebbesvik M, et al (2006) Do the new organic producers differ from the ‘old guard’? Empirical results from Norwegian dairy farming. *Renew Agric Food Syst* 21:174–182. doi: 10.1079/RAF2005140
- Flaten O, Lien G, Koesling M, et al (2005) Comparing risk perceptions and risk management in organic and conventional dairy farming: empirical results from Norway. *Livest Prod Sci* 95:11–25. doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.10.014
- FNAB (2018a) Le cahier des charges - Produire Bio. <https://www.produire-bio.fr/cest-quoi-la-bio/le-cahier-des-charges/>. Accessed 20 Jul 2018
- FNAB (2018b) Rapide historique des règles françaises de l’agriculture biologique. <http://www.fnab.org/nos-actions/reglementation/16-rapide-historique-des-regles-francaises-de-lagriculture-biologique>. Accessed 20 Jul 2018
- FNAB (2017) Agriculture biologique : quelle vision politique ? <http://www.fnab.org/espace-presse/retrouvez-ici-tous-nos-communiques/1002-agriculture-biologique-quelle-vision-politique>. Accessed 20 Jul 2018
- France Agrimer (2016a) La filière lait de vache Bilan 2016.
- France Agrimer (2016b) La filière du lait de vache biologique en France 2016.
- Gallois D (2016) La crise du lait en quatre questions. https://www.lemonde.fr/economie/article/2016/08/19/la-crise-du-lait-en-quatre-questions_4984975_3234.html. Accessed 19 Jul 2018
- Gallopín G, Gallopín GC, Gallopín G (2006) Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Glob Environ Chang* 16:293–303. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004
- García-Martínez A, Olaizola A, Bernués A (2009) Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems. *Animal* 3:152–65. doi: 10.1017/S1751731108003297
- Geels FW (2011) The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environ Innov Soc Transitions* 1:24–40. doi: 10.1016/j.eist.2011.02.002

- Genolini C, Ecochard R, Benghezal M, et al (2016) kmlShape: An efficient method to cluster longitudinal data (Time-Series) according to their shapes. *PLoS One* 11:1–24. doi: 10.1371/journal.pone.0150738
- GIEC (2001) Bilan 2001 des changements climatiques: Conséquences, adaptation et vulnérabilité. résumé du groupe de travail II du GIEC.
- Gleed A, Marchant D (2016) Interdisciplinarity. Survey report for the Global Research Council.
- González I, Lê Cao K-A, Déjean S (2011) mixOmics: Omics Data Integration Project. <http://www.mixomics.org>.
- Goulet F, Vinck D (2012) L'innovation par retrait. Contribution à une sociologie du détachement. Innovation by withdrawal. Contribution to a sociology of detachment. *Rev française Sociol* 53:195. doi: 10.3917/rfs.532.0195
- Gouttenoire L, Cournut S, Ingrand S (2013) Participatory modelling with farmer groups to help them redesign their livestock farming systems. *Agron Sustain Dev* 33:413–424. doi: 10.1007/s13593-012-0112-y
- GREP (2015) Pour: La bio à la croisée des chemins. Privat
- Guptill A (2009) Exploring the conventionalization of organic dairy: Trends and counter-trends in upstate New York. *Agric Human Values* 26:29–42. doi: 10.1007/s10460-008-9179-0
- Guthman J (2004) The Trouble with “Organic Lite” in California: a Rejoinder to the “Conventionalisation” Debate. *Sociol Ruralis* 44:301–316. doi: 10.1111/j.1467-9523.2004.00277.x
- Guthman J (2000) Raising organic: An agro-ecological assessment of grower practices in California. *Agric Human Values* 17:257–266. doi: 10.1023/a:1007688216321
- Hall A, Mogyorody V (2001) Organic Farmers in Ontario: An Examination of the Conventionalization Argument. *Sociol Ruralis* 41:399–322. doi: 10.1111/1467-9523.00191
- Hardie CA, Wattiaux M, Dutreuil M, et al (2014) Feeding strategies on certified organic dairy farms in Wisconsin and their effect on milk production and income over feed costs. *J Dairy Sci* 97:4612–4623. doi: 10.3168/jds.2013-7763
- Hazard L, Magrini M-B, Martin G (2017) Transition agroécologique – Dictionnaire d'agro-écologie. <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/transition-agroecologique/>. Accessed 24 Jul 2018

- Herman A, Lähdesmäki M, Siltaoja M (2018) Placing resilience in context: Investigating the changing experiences of Finnish organic farmers. *J Rural Stud* 58:112–122. doi: 10.1016/j.jrurstud.2017.12.029
- Hill SB, MacRae RJ (1995) Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture. *J Sustain Agric* 7:81–87. doi: 10.1300/J064v07n01_07
- Holling CS (2001) Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems* 4:390–405. doi: 10.1007/s10021-001-0101-5
- Husson F, Josse J, Pagès J (2010) Principal component methods - hierarchical clustering - partitional clustering: why would we need to choose for visualizing data? Tech Rep 1–17. doi: http://factominer.free.fr/docs/HCPC_husson_josse.pdf
- Idele (2017) Comment les filières lait bio se développent en Europe du Nord?
- Idele (2018) CAP'2ER. <http://idele.fr/services/outils/cap2er.html>. Accessed 11 Sep 2018
- IDELE (2017) IPAMPA lait de Vache. <http://idele.fr/services/outils/ipampa.html>. Accessed 20 Oct 2017
- IDELE (2015) IPAMPA. <http://idele.fr/services/outils/ipampa.html>. Accessed 3 Sep 2018
- IFOAM (2018) Definition of Organic Agriculture. <https://www.ifoam.bio/fr/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>. Accessed 23 Jul 2018
- Inosys (2016) Réseaux d'élevage. <http://idele.fr/reseaux-et-partenariats/inosys-reseaux-delevage.html>. Accessed 3 Sep 2018
- INRA (2010) Écophyto R&D Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ?
- Institut de l'Élevage d'après I et A (2018) IPAMPA Lait de vache. <http://idele.fr/services/outils/ipampa.html>. Accessed 20 Jul 2018
- IPCC (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed. TF Stocker, D Qin, G-K Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex a. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Isbell F, Craven D, Connolly J, et al (2015) Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature* 526:574–577. doi: 10.1038/nature15374
- Kanter DR, Musumba M, Wood SLR, et al (2016) Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. *Agric Syst* 163:73–88. doi: 10.1016/j.agsy.2016.09.010
- Klapwijk CJ, van Wijk MT, Rosenstock TS, et al (2014) Analysis of trade-offs in agricultural systems: current status and way forward. *Curr Opin Environ Sustain* 6:110–115. doi: 10.1016/j.cosust.2013.11.012

- Koesling M, Flaten O, Lien G (2008) Factors influencing the conversion to organic farming in Norway. *Int J Agric Resour* 7:78–95. doi: 10.1111/j.1574-0862.2008.00321.x
- Krieger M, Sjöström K, Blanco-Penedo I, et al (2017) Prevalence of production disease related indicators in organic dairy herds in four European countries. *Livest Sci* 198:104–108. doi: 10.1016/j.livsci.2017.02.015
- Kumbhakar SC, Tsionas EG, Sipiläinen T (2009) Joint estimation of technology choice and technical efficiency: An application to organic and conventional dairy farming. *J Product Anal* 31:151–161. doi: 10.1007/s11123-008-0081-y
- La Volonté Paysanne (2017) La filière lait de vache biologique. The organic cow's milk sector. 8–9.
- Lamine C (2011a) Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM. *J Rural Stud* 27:209–219. doi: 10.1016/j.jrurstud.2011.02.001
- Lamine C (2011b) Anticiper ou temporiser: injonctions environnementales. Anticipate or temporize: environmental injunctions. *Sociol Trav* 53:75–92. doi: 10.1016/j.soctra.2010.12.002
- Lamine C, Bellon S (2009a) Conversion to organic farming: a multidimensional research object at the crossroads of agricultural and social sciences. A review. *Agron Sustain Dev* 29:97–112. doi: 10.1051/agro:2008007
- Lamine C, Bellon S (2009b) Transitions vers l'agriculture biologique, Educagri.
- Langer V, Frederiksen P, Jensen JD (2005) The development of farm size on danish organic farms - a comment on the conventionalisation debate. In: Köpke U, Niggli U, Neuhoff D, et al. (eds) *Researching Sustainable Systems. Proceedings of the First Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR)*. pp 321–324
- Läpple D, Rensburg T Van (2011) Adoption of organic farming: Are there differences between early and late adoption? *Ecol Econ* 70:1406–1414. doi: 10.1016/j.ecolecon.2011.03.002
- Lê Cao K-A, González I, Déjean S (2009) integrOmics: an R package to unravel relationships between two omics datasets. *Bioinformatics* 25:2855–2856. doi: 10.1093/bioinformatics/btp515
- Le Foll S (2017) Programme Ambition Bio 2017. www.agriculture.gouv.fr.

- Le Monde (2014) Réchauffement : les 10 points marquants du rapport du GIEC, par Audrey Garric, le 14/04/2014. https://www.lemonde.fr/planete/article/2014/04/14/rechauffement-les-dix-points-marquants-du-rapport-du-giec_4399907_3244.html. Accessed 17 Aug 2018
- Lê S, Josse J, Husson F (2008) FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *J Stat Softw* 25:1–18. doi: 10.1016/j.envint.2008.06.007
- Lebacqz T, Baret P V., Stilmant D (2015) Role of input self-sufficiency in the economic and environmental sustainability of specialised dairy farms. *Animal* 9:544–552. doi: 10.1017/S1751731114002845
- Ledgard S, Schils R, Eriksen J, Luo J (2009) Environmental impacts of grazed clover/grass pastures. *Irish J Agric Food Res* 48:209–226. doi: 0038-0717
- Lemaire G, Franzluebbers A, Carvalho PC de F, Dedieu B (2014) Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agric Ecosyst Environ* 190:4–8. doi: 10.1016/j.agee.2013.08.009
- Leroux B (2015) L'émergence de l'agriculture biologique en France : 1950-1990. *Pour* 227:59. doi: 10.3917/pour.227.0059
- Liebhardt WC, Andrews RW, Culik MN, et al (1989) Crop production during conversion from conventional to low-input methods. *Agron J* 81:150–159. doi: 10.2134/agronj1989.00021962008100020003x
- Liu H, Meng J, Bo W, et al (2016) Biodiversity management of organic farming enhances agricultural sustainability. *Sci Rep* 6:1–8. doi: 10.1038/srep23816
- Lugnot M, Martin G (2013) Biodiversity provides ecosystem services: scientific results versus stakeholders' knowledge. *Reg Environ Chang*. doi: 10.1007/s10113-013-0426-6
- Maçaira PM, Tavares Thomé AM, Cyrino Oliveira FL, Carvalho Ferrer AL (2018) Time series analysis with explanatory variables: A systematic literature review. *Environ Model Softw* 107:199–209. doi: 10.1016/j.envsoft.2018.06.004
- MacRae RJ, Hill SB, Mehuys GR, Henning J (1990) Farm-Scale Agronomic and Economic Conversion from Conventional to Sustainable Agriculture. *Adv Agron* 43:155–198. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60478-2
- Magrini M, Martin G, Magne M, et al (2018) Agroecological transition from farms to territorialised agri-food systems : issues and drivers. In: J.-E. Bergez EA and OT (ed) *Agroecological transitions: from theory to practice in local participatory design*, Springer. p 289 Sous presse

- Marshall N a. A, Stokes CJ, Webb NP, et al (2014) Social vulnerability to climate change in primary producers: A typology approach. *Agric Ecosyst Environ* 186:86–93. doi: 10.1016/j.agee.2014.01.004
- Marshall NA, Dowd A-M, Fleming A, et al (2013a) Transformational capacity in Australian peanut farmers for better climate adaptation. *Agron Sustain Dev*. doi: 10.1007/s13593-013-0186-1
- Marshall NA, Tobin RC, Marshall PA, et al (2013b) Social vulnerability of marine resource users to extreme weather events. *Ecosystems* 16:797–809. doi: 10.1007/s10021-013-9651-6
- Martin G (2014) A conceptual framework to support adaptation of farming systems – Development and application with Forage Rummy. *Agric Syst* 132:52–61. doi: 10.1016/j.agry.2014.08.013
- Martin G, Magne M-A, Cristobal MS (2017) An Integrated Method to Analyze Farm Vulnerability to Climatic and Economic Variability According to Farm Configurations and Farmers’ Adaptations. *Front Plant Sci*. doi: 10.3389/fpls.2017.01483
- Martin G, Magne M a. (2015) Agricultural diversity to increase adaptive capacity and reduce vulnerability of livestock systems against weather variability – A farm-scale simulation study. *Agric Ecosyst Environ* 199:301–311. doi: 10.1016/j.agee.2014.10.006
- Martini EA, Buyer JS, Bryant DC, et al (2004) Yield increases during the organic transition: Improving soil quality or increasing experience? *F Crop Res* 86:255–266. doi: 10.1016/j.fcr.2003.09.002
- Milestad R, Darnhofer I (2003) Building farm resilience: the prospects and challenges of organic farming. *J Sustain Agric* 22:81–97. doi: 10.1300/J064v22n03
- Milestad R, Dedieu B, Darnhofer I, Bellon S (2012) Farms and farmers facing change: The adaptive approach.
- Miller F, Osbahr H, Boyd E, et al (2010) Resilience and Vulnerability: Complementary or Conflicting Concepts? *Ecol Soc* 15:1–25. doi: 11
- Ministère de l’agriculture et de l’alimentation (2018) Stéphane Travert annonce le lancement de la concertation sur le Programme Ambition Bio 2022 | Alim’agri. <http://agriculture.gouv.fr/stephane-travert-annonce-le-lancement-de-la-concertation-sur-le-programme-ambition-bio-2022>. Accessed 23 Jul 2018
- Mzoughi N (2014) Do organic farmers feel happier than conventional ones? An exploratory analysis. *Ecol Econ* 103:38–43. doi: 10.1016/j.ecolecon.2014.04.015

- Navarrete M, Bellon S, Geniaux G, et al (2011) L'écologisation des pratiques en arboriculture et maraîchage. *Enjeux et perspectives de recherches*. 1–20.
- Nelson DR, Adger WN, Brown K (2007) Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annu Rev Environ Resour* 32:395–419. doi: 10.1146/annurev.energy.32.051807.090348
- Nicholas KA, Durham WH (2012) Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses : Insights from winegrowing in Northern California. *Glob Environ Chang* 1–12. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2012.01.001
- Niggli U, Plagge J, Reese S, et al (2015) Towards modern sustainable agriculture with organic farming as the leading model. 1–36.
- Oliveira MN, Triomphe B, Rigolot C (2015) Evaluation de la vulnérabilité des systèmes bovins lait familiaux au Brésil: proposition d'une méthode quantitative.
- Ollivier G (2015) Les communautés scientifiques de la transition agroécologique.
- Ollivier G, Magda D, Mazé A, et al (2018) Agroecological transitions: What can sustainability transition frameworks teach us? an ontological and empirical analysis. *Ecol Soc*. doi: 10.5751/ES-09952-230205
- Olsson P, Folke C, Hughes TP (2008) Navigating the transition to ecosystem-based management of the Great Barrier Reef, Australia. *Proc Natl Acad Sci* 105:9489–9494. doi: 10.1073/pnas.0706905105
- Orjales I, López-Alonso M, Rodríguez-Bermúdez R, et al (2016) Use of homeopathy in organic dairy farming in Spain. *Homeopathy* 105:102–108. doi: 10.1016/j.homp.2015.08.005
- Padel S (2001) Conversion to organic farming: a typical example of the diffusion of an innovation? *Sociol Ruralis* 41:40–61. doi: 10.1111/1467-9523.00169
- Palhares JCP, Pezzopane JRM (2015) Water footprint accounting and scarcity indicators of conventional and organic dairy production systems. *J Clean Prod* 93:299–307. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.01.035
- Polsky C, Neff R, Yarnal B (2007) Building comparable global change vulnerability assessments : The vulnerability scoping diagram. *Glob Environ Chang* 17:472–485. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2007.01.005
- Ponisio LC, M'gonigle LK, Mace KC, et al (2014) Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 282:1–7. doi: 10.1098/rspb.2014.1396

- R Development Core Team (2015) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>. Accessed 24 Oct 2017
- Ramos García M, Guzmán GI, González De Molina M (2018) Dynamics of organic agriculture in Andalusia: Moving toward conventionalization? *Agroecol Sustain Food Syst* 42:328–359. doi: 10.1080/21683565.2017.1394415
- Reed MSS, Podesta G, Fazey I, et al (2013) Combining analytical frameworks to assess livelihood vulnerability to climate change and analyse adaptation options. *Ecol Econ* 94:66–77. doi: 10.1016/j.ecolecon.2013.07.007
- Reganold JP, Wachter JM (2016) Organic agriculture in the twenty-first century. *Nat Plants* 2:15221. doi: 10.1038/NPLANTS.2015.221
- Reidsma P, Ewert F, Lansink AO, Leemans R (2010) Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. *Eur J Agron* 32:91–102. doi: 10.1016/j.eja.2009.06.003
- Reidsma P, Ewert F, Oude Lansink A (2007) Analysis of farm performance in Europe under different climatic and management conditions to improve understanding of adaptive capacity. *Clim Change* 84:403–422. doi: 10.1007/s10584-007-9242-7
- Reporterre (2017) L'Europe réforme l'agriculture biologique à la baisse. <https://reporterre.net/L-Europe-reforme-l-agriculture-biologique-a-la-baisse>. Accessed 16 Aug 2018
- Ripoll-Bosch R, Díez-Unquera B, Ruiz R, et al (2012) An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. *Agric Syst* 105:46–56. doi: 10.1016/j.agry.2011.10.003
- Rollett A, Wilson P, Sparkes D (2007) The economic legacy of stockless organic conversion strategies. *Biol Agric Hortic* 25:103–122. doi: 10.1080/01448765.2007.9755040
- Schader C, Stolze M, Gattinger A (2012) Environmental performance of organic farming. Springer, Boston, MA, pp 183–210
- Schneider S, Azar C, Baethgen W, et al (2001) Overview of Impacts, Adaptation and Vulnerability to Climate Change. In: *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York, pp 75–103

- Schröter D, Polsky C, Patt AG (2005) Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach. *Mitig Adapt Strateg Glob Chang* 10:573–595. doi: 10.1007/s11027-005-6135-9
- Seufert V, Ramankutty N, Foley JA (2012) Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485:229–232. doi: 10.1038/nature11069
- Smit A a H, Driessen PPJ, Glasbergen P (2009) Conversion to Organic Dairy Production in the Netherlands: Opportunities and Constraints. *Rural Sociol* 74:383–411. doi: 10.1526/003601109789037286
- Smit B, Wandel J (2006) Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Glob Environ Chang* 16:282–292. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008
- Smukler SM, Jackson LE, Murphree L, et al (2008) Transition to large-scale organic vegetable production in the Salinas Valley, California. *Agric Ecosyst Environ* 126:168–188. doi: 10.1016/j.agee.2008.01.028
- Sneessens I, Randrianasolo H, Sauvee L, Ingrand S (2017) A quantitative approach to assess farming systems vulnerability : an application to mixed crop-livestock systems. 11th Res Semin Soc Sci Lyon, Fr – 14&15 december 1–20.
- Soussana J-FF, Lemaire G (2014) Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. *Agric Ecosyst Environ* 190:9–17. doi: 10.1016/j.agee.2013.10.012
- Sutherland L-A (2013) Can organic farmers be ‘good farmers’? Adding the ‘taste of necessity’ to the conventionalization debate. *Agric Human Values* 30:429–441. doi: 10.1007/s10460-013-9424-z
- Timmermans B, Baret P, Hiernaux Q, et al (2018) L’interdisciplinarité, ça marche ! Une enquête et un colloque révèlent des facteurs de succès. *Natures Sci Sociétés* 26:67–75. doi: 10.1051/nss/2018023
- Toro-Mujica P, García A, Gómez-Castro AG, et al (2011) Technical efficiency and viability of organic dairy sheep farming systems in a traditional area for sheep production in Spain. *Small Rumin Res* 100:89–95. doi: 10.1016/J.SMALLRUMRES.2011.06.008
- Tourdonnet S De, Barbier J, Courty S, Martel P (2018) How can collective organization and the search for autonomy lead to an agroecological transition? The example of farm machinery cooperatives in France. 1–5.
- Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW (2012) Does organic farming reduce environmental impacts? - A meta-analysis of European research. *J Environ Manage* 112:309–320. doi: 10.1016/j.jenvman.2012.08.018

- Turner BL, Kasperson RE, Matson PA, et al (2003) A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proc Natl Acad Sci U S A* 100:8074–8079. doi: 10.1073/pnas.1231335100
- Urruty N, Tailliez-lefebvre D, Huyghe C, Tailliez-lefebvre D (2016) Stability , robustness , vulnerability and resilience of agricultural systems . A review. *Agron Sustain Dev*. doi: 10.1007/s13593-015-0347-5
- Vacheret C (2010) Le photolangage, une médiation thérapeutique un bref historique des théories groupales. *Le Carnet PSY* 141:39. doi: 10.3917/lcp.141.0039
- Van Dam D, Nizet J, Dejardin M (2010) La transition des agriculteurs conventionnels vers le bio : une dynamique cognitive et émotionnelle. *Les Cah Int Psychol Soc Numéro* 85:159. doi: 10.3917/cips.085.0159
- Van der Ploeg JD (2000) Revitalizing agriculture: farming economically as starting ground for rural development. *Sociol Ruralis* 40:497–511. doi: 10.1111/1467-9523.00163
- Vogl CR, Kummer S, Leitgeb F, et al (2015) Keeping the actors in the organic system learning: the role of organic farmers’ experiments. *Sustain Agric Res* 4:140–148. doi: 10.5539/sar.v4n3p140
- Wright BD (2011) The economics of grain price volatility. *Appl Econ Perspect Policy* 33:32–58. doi: 10.1093/aep/33.1.32
- Xu Q, Huet S, Poix C, et al (2018) Why do farmers not convert to organic farming ? Modeling conversion to organic farming as a major change.
- Zhang F, Li L (2003) Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant Soil* 248:305–312. doi: 10.1023/A:1022352229863
- Zundel C, Kilcher L (2007) *Organic Agriculture and Food Availability*.

Evolution of dairy farms vulnerability allowed by their conversion to organic farming

In a situation of high vulnerability induced by the 2009 and 2014-2016 milk crises, many dairy farmers convert to organic farming, which seems a promising alternative. But the conversion to organic farming is a period of changes in farming practices, farm consultants, etc. sources of uncertainties without immediate valuation of the milk at the organic price before 1 ½ to 2 years. This conversion decision raises the question of the vulnerability of dairy farms, i.e. their ability to cope with, adapt to or recover from the effects of various hazards before, during and after the conversion. My PhD project aimed to assess whether the conversion to organic farming is a way to reduce the vulnerability of dairy farms. To that end, my work relied on three research set-ups based on surveys with dairy farmers at different stages of their conversion to organic farming. In terms of knowledge production, this work shows that conversion to organic farming can be an important lever to reduce farms vulnerability, as long as they move towards pasture-based system. In terms of methodological production, the main originality of my work lies in the development of an integrated and dynamic method for vulnerability assessment.

KEYWORDS :

Conversion to organic farming, vulnerability, dairy farming, resilience, integrated analysis

AUTEUR : Maëlys Bouttes

TITRE : Evolution de la vulnérabilité des élevages laitiers permise par leur conversion à l'agriculture biologique (AB)

DIRECTEURS DE THÈSE : Michel Duru et Guillaume Martin

LIEU ET DATE DE SOUTENANCE : ENSAT, École Supérieure Nationale d'Agronomie de Toulouse le 8 novembre 2018

Dans une situation de forte vulnérabilité induite par les crises laitières de 2009 et 2014-2016, de nombreux éleveurs laitiers se convertissent à l'AB qui semble une alternative prometteuse. Mais la conversion à l'AB est une période de changements de pratiques agricoles, d'interlocuteurs de conseil, etc. sources d'incertitudes sans valorisation immédiate du lait au prix du lait AB avant 1 an ½ à 2 ans. Ce choix de conversion pose la question de la vulnérabilité des exploitations laitières, c'est à dire de leur capacité à faire face, à s'adapter ou à se remettre des effets de divers aléas avant, pendant et à l'issue de la conversion à l'AB. Ma thèse visait à évaluer si la conversion à l'AB est un moyen de réduire la vulnérabilité des exploitations laitières. Pour ce faire, je me suis appuyée sur trois dispositifs de suivis d'éleveurs laitiers à différents moments de leur conversion à l'AB. Au plan de la production de connaissances, ce travail montre que la conversion à l'AB peut être un levier important pour la réduction de la vulnérabilité des exploitations agricoles à condition de s'orienter vers un système à dominante herbagère. Au plan méthodologique, la principale originalité de mon travail réside dans le développement d'une méthode d'évaluation intégrée et dynamique de la vulnérabilité.

MOTS-CLES : conversion à l'agriculture biologique, vulnérabilité, bovin lait, résilience, analyse intégrée

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Agronomie

LABORATOIRE D'ACCUEIL : UMR AGIR INRA