



Agriculture et changement climatique

- Émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole : coûts et potentiels d'atténuation, instruments de régulation et efficacité
- Protocole de Kyoto et marché carbone européen
- Coûts de transaction privés et adoption de mesures d'atténuation des émissions de GES
- Impacts des aléas climatiques en élevages bovin et ovin allaitants et demande de couverture assurantielle

CENTRE D'ÉTUDES ET DE PROSPECTIVE

SERVICE DE LA STATISTIQUE ET DE LA PROSPECTIVE

Présentation

Notes et Études Socio-Économiques est une revue du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, publiée par son Centre d'Études et de Prospective. Cette revue technique à comité de rédaction se donne pour double objectif de valoriser des travaux conduits en interne ou des études commanditées par le ministère mais également de participer au débat d'idées en relayant des contributions d'experts extérieurs. Veillant à la rigueur des analyses et du traitement des données, elle s'adresse à un lectorat à la recherche d'éclairages complets et solides sur des sujets bien délimités. D'une périodicité de deux numéros par an, la revue existe en version papier et en version électronique.

Les articles et propos présentés dans cette revue n'engagent que leurs auteurs.

Directrice de la publication :

Béatrice Sédillot, MAAF-SG-SSP, Chef du Service de la Statistique et de la Prospective

Rédacteur en chef :

Bruno Hérault, MAAF-SG-SSP, Chef du Centre d'Études et de Prospective

Secrétaire de rédaction :

Florent Bidaud, MAAF-SG-SSP-CEP, Centre d'Études et de Prospective

Comité de rédaction

Jean-Claude Teurlay, MAAF-SG-SSP, Adjoint au chef du SSP

Martin Bortzmeyer, MEDDTL-CGDD, Chef de bureau

Patrick Aigrain, FranceAgriMer, Direction Marché Études et Prospective

Frédéric Courleux, MAAF-SG-SSP-CEP, Chef du BEAE

Bruno Hérault, MAAF-SG-SSP, Chef du Centre d'Études et de Prospective

Aurélien Daubaire, MEFI-DGT, chef du BEA (POLSEC 4)

Elsa Delcombel, MAAF-DGPAAT, Chef du BSECC

Jean-Luc Pujol, INRA, Directeur Mission d'anticipation Recherche Société et Développement durable

Sébastien Treyer, IDDRI, Directeur des programmes

Tancrede Voituriez, CIRAD, IDDRI

Pascale Pollet, MAAF-SG-SSP, Sous-directrice de la SDSSR

Composition : SSP - ANCD

Impression : AIN - Ministère de l'Agriculture

Dépôt légal : à parution

ISSN : 2259-4841

Renseignements et diffusion : voir page 4 de couverture

Éditorial

Le changement climatique pose de redoutables défis à l'action publique. Il constitue l'archétype des « transformations silencieuses » chères au philosophe François Jullien : des ensembles de modifications graduelles de l'environnement qui se produisent si continûment qu'on ne les perçoit pas, mais dont le résultat se manifeste si soudainement qu'il nous heurte de plein fouet¹. Comment mobiliser des acteurs dispersés, comment maîtriser et orienter ces transformations si l'urgence n'est pas devant nous, évidente, sensible ?

Depuis longtemps déjà, un ensemble de savoirs (la climatologie en premier lieu) et d'institutions (les marchés de crédits carbone, par exemple), ont permis de sortir ces processus du silence et de leur donner des « porte-parole » au niveau international. Dernièrement, la publication de plusieurs volets du cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a ainsi actualisé les scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GES) à l'horizon 2100, et fourni une synthèse autorisée sur les questions d'adaptation et d'atténuation. Le tout dans un consensus remarquable pour qui se rappelle la réception houleuse des premiers rapports et les controverses passées avec les « climato-sceptiques »². Prochainement, en 2015, la France accueillera les négociations de la 21^e Conférence des Parties (COP 21) à la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), et l'on peut anticiper des discussions tendues sur les mécanismes de régulation des émissions.

Sans doute faut-il encore développer des pédagogies nouvelles, aider ou pousser les acteurs (producteurs, consommateurs, régulateurs, etc.) à repérer les changements, à mesurer leurs responsabilités dans les émissions de gaz à effet de serre et les sensibiliser aux alternatives disponibles pour y parer. Mais dans l'ensemble, la modélisation de l'effet de serre et des flux climatiques a permis de réaliser quelques avancées en matière de contrôle et de régulation des émissions. Elle a aussi suscité une certaine prise de conscience des enjeux à l'échelle planétaire.

L'agriculture figure parmi les secteurs économiques les plus exposés au changement climatique et les mieux placés pour percevoir ces évolutions et s'y ajuster. L'adaptation aux effets du réchauffement est un enjeu stratégique majeur, comme l'a montré l'exercice de prospective *Agriculture, forêt, climat : vers des stratégies d'adaptation*, mené par le Centre d'études et de prospective du MAAF en 2013³. Mais elle est, en fait, depuis toujours au cœur du métier des agriculteurs et des forestiers, à travers les questions de choix des productions, de conduites des cultures et des troupeaux, et aussi avec la gestion des situations de crise quand surviennent des aléas climatiques.

Pour cette nouvelle livraison, *Notes et Études Socio-Économiques* a choisi de publier une série d'articles offrant divers éclairages sur les rapports entre agriculture et changement climatique. Le dossier s'ouvre avec un article de synthèse de Stéphane de Cara et Bruno Vermont, sur les méthodes, concepts et résultats des travaux d'économie appliquée portant sur les potentiels et coûts d'atténuation ainsi que sur les instruments de régulation des émissions de GES. Il insiste sur le concept « d'efficacité en coûts » dans la répartition de l'effort entre secteurs et entre pays, ce qui permet de mettre en perspective les autres contributions de ce dossier.

Claudine Foucherot et Valentin Bellassen approfondissent la question du fonctionnement des marchés de crédits carbone, l'un des principaux instruments inspirés des théories économiques. L'originalité des mécanismes de finance carbone est qu'ils sont largement indifférents aux spécificités sectorielles, par exemple à celles de l'agriculture. Les auteurs discutent, exemples

1. Jullien F., *Les transformations silencieuses. Chantiers, I*, Paris, Grasset, 2009.

2. Voir par exemple Gemenne F., Zaccai E., Decroly J.-M. (dir), 2012, *Controverses climatiques, sciences et politiques*, Presses de Sciences Po.

3. Lien : <http://agriculture.gouv.fr/AFClim-Agriculture-foret-climat>

à l'appui, les problèmes posés par l'intégration des filières de l'agrofourmiture, de l'agriculture et de l'agroalimentaire dans ces dispositifs.

Partant d'une approche qui relève, selon la typologie proposée par de Cara et Vermont, d'une « logique d'ingénieur », Laure Bamière, Stéphane de Cara, Lénaïc Pardon, Sylvain Pellerin, Élisabeth Samson et Pierre Dupraz présentent les résultats d'une étude réalisée par l'Inra. Se dégage un potentiel d'atténuation significatif des émissions du secteur agricole à l'horizon 2030, possible grâce à la mobilisation de leviers techniques, sans remise en cause des systèmes de production, de leur localisation ni des niveaux de production. Les auteurs mettent en évidence des pratiques permettant à la fois une réduction des émissions et un gain financier pour l'agriculteur, et ils s'interrogent sur les raisons qui font qu'elles ne sont pas plus fréquemment mises en œuvre. L'article trouve des éléments de réponse dans la théorie des coûts de transaction et esquisse des pistes pour promouvoir ces actions d'atténuation auprès des producteurs.

Sur une thématique différente, renvoyant davantage à l'enjeu d'adaptation au changement climatique, mais partant d'une même attention aux marges de manœuvre disponibles au niveau des exploitations agricoles, Claire Mosnier, Simon Fourdin, Jean-Christophe Moreau, Anaïs Boutry, Émilie Le Floch, Michel Lherm et Jean Devun entreprennent, de leur côté, de quantifier la sensibilité des résultats économiques des exploitations aux aléas climatiques, d'une part, et d'identifier les leviers techniques mobilisés par les producteurs pour leur faire face, d'autre part. Il s'agit *in fine* de mieux cerner leurs motivations à souscrire une assurance « prairie », dans le cadre de la transition du régime public des calamités agricoles vers les assurances privées.

Enfin, dans la partie « Débat » du numéro, une confrontation de points de vue d'experts vient conclure le dossier. Pour donner une vue d'ensemble des relations entre agriculture et changement climatique, avec la liberté de ton qui caractérise habituellement cette rubrique, Nathalie de Noblet, Frédéric Levraut et Alexandre Meybeck ont accepté de répondre à nos questions. Celles-ci portaient sur la connaissance des mécanismes climatiques, la perception qu'en ont les agriculteurs, la contribution de l'agriculture aux émissions, mais aussi sur les solutions mises en place à différents niveaux pour atténuer le changement et s'y adapter. Les trois intervenants convergent sur la nécessité de développer des approches « intégratives » et de penser conjointement les différents enjeux, à la fois ceux liés au climat (adaptation et atténuation) et ceux liés à la gestion d'autres biens publics (biodiversité, qualité et quantité d'eau, sécurité alimentaire, etc.).

Hors dossier, Alexandra Rossi, Éric Pottier, Pierre Defrance, Sylvie Granger et Jean Devun livrent un article consacré lui aussi au problème de la gestion des prairies, et qui fait écho au numéro précédent de NESE sur l'élevage. Les auteurs passent en revue les pratiques de gestion extensive des surfaces fourragères fournissant des services environnementaux, puis cherchent à évaluer les risques de disparition de ces pratiques et chiffrent le coût de leur maintien pour un agriculteur. Il s'agit ainsi de réfléchir sur la mise en place de mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) dans le cadre de la PAC 2014-2020.

Enfin, cinq notes de lecture viennent compléter ce numéro. Vous trouverez également en troisième de couverture les recommandations aux auteurs et des consignes de présentation des articles. N'hésitez pas à nous soumettre vos manuscrits ou à nous contacter pour nous proposer vos idées d'articles.

Nous vous souhaitons une très bonne lecture.

Bruno Héroult

Rédacteur en chef

bruno.herault@agriculture.gouv.fr

Florent Bidaud

Secrétaire de rédaction

florent.bidaud@agriculture.gouv.fr

Sommaire

Émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole : coûts et potentiels d'atténuation, instruments de régulation et efficacité	7
<i>Stéphane De Cara, Bruno Vermont</i>	
Protocole de Kyoto et marché carbone européen : comment les émissions des secteurs de l'agrofourmiture, de l'agriculture et de l'agroalimentaire sont-elles prises en compte ?	27
<i>Claudine Foucherot, Valentin Bellassen</i>	
Les coûts de transaction privés sont-ils un obstacle à l'adoption de mesures techniques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur agricole ?	53
<i>Laure Bamière, Stéphane De Cara, Lénaïc Pardon, Sylvain Pellerin, Élisabeth Samson, Pierre Dupraz</i>	
Impacts des aléas climatiques en élevages bovin et ovin allaitants et demande de couverture assurantielle	73
<i>Claire Mosnier, Simon Fourdin, Jean-Christophe Moreau, Anaïs Boutry, Émilie Le Floch, Michel Lherm, Jean Devun</i>	
Débat	
Regards croisés sur l'agriculture et le changement climatique	95
<i>Nathalie de Noblet, Frédéric Levraut, Alexandre Meybeck</i>	
Gestion extensive des surfaces fourragères : menaces et risques de disparition des pratiques bénéfiques pour l'environnement	121
<i>Alexandra Rossi, Eric Pottier, Pierre Defrance, Jean Devun, Sylvie Granger</i>	
Notes de lecture	149
Abstracts and Key Words	159
Notes et études socio-économiques - Numéros parus	163

Émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole : coûts et potentiels d'atténuation, instruments de régulation et efficacité

Stéphane De Cara¹, Bruno Vermont¹

Résumé

Du fait de sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre (GES), il est essentiel que le secteur agricole participe à l'effort d'atténuation global. Il est également important que les potentiels d'atténuation dans ce secteur soient mobilisés au meilleur coût pour la société. Ce texte synthétise les méthodes, concepts et résultats des travaux d'économie appliquée qui ont examiné cette question. Il précise le concept d'efficacité en coûts et le rôle que peuvent jouer les instruments économiques à cet égard. Les différentes méthodes mobilisées dans la littérature pour évaluer les potentiels et les coûts d'atténuation sont ensuite comparées et les implications des résultats de travaux récents, portant sur les cas français et européen, sont discutées.

Mots clés

Émissions de gaz à effet de serre, agriculture, coût d'atténuation, efficacité en coûts, instruments économiques

Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Il n'engage que ses auteurs.

1. Inra, UMR Économie Publique Inra-AgroParisTech, Avenue Lucien Brétignières, 78850 Thiverval-Grignon.

Introduction

Les derniers inventaires établis par le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA, 2013) indiquent qu'en 2011 le secteur agricole a contribué à hauteur d'environ 20 % aux émissions françaises de gaz à effet de serre (GES). À lui seul, ce chiffre illustre l'importance de l'agriculture dans la lutte contre l'effet de serre. En effet, si les émissions d'origine agricole devaient se maintenir à leur niveau actuel, l'effort d'atténuation porterait exclusivement sur les autres secteurs de l'économie (transports, résidentiel, industrie, fourniture d'énergie, services), les contraignant ainsi à quasiment annuler leurs émissions à l'horizon 2050 pour respecter l'engagement français de division par quatre des émissions de GES.

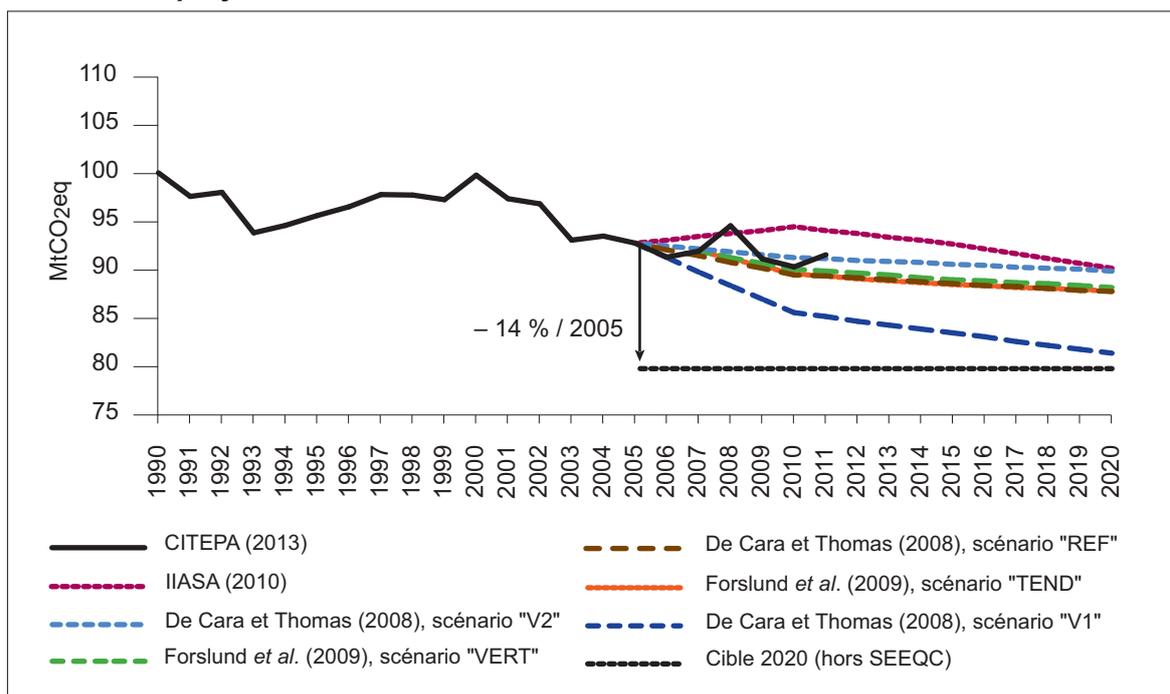
Dans un rapport récent, la Cour des comptes souligne que, malgré ce poids important dans les émissions, l'agriculture est largement absente des dispositifs de politique publique de mise en œuvre du paquet énergie-climat (Cour des comptes, 2013). Les émissions d'origine agricole sont ainsi exclues du périmètre du Système Européen d'Échange de Quotas Carbone (SEEQC), le principal instrument aujourd'hui en place pour réguler les émissions de GES. De plus, la perspective d'une « taxe carbone » appliquée aux émissions agricoles ne semble pas d'actualité. Les mesures rapportées par la France (DGEC, 2013) concernant l'atténuation des émissions agricoles relèvent soit de dispositifs permettant des réductions d'émissions intervenant majoritairement dans d'autres secteurs (transports, production d'énergie), soit de politiques visant initialement d'autres enjeux environnementaux (directive sur l'eau par exemple), soit encore de mesures partielles ne concernant que des sources relativement marginales des émissions d'origine agricole (économie d'énergie pour le matériel agricole par exemple).

Les émissions agricoles telles que comptabilisées dans les inventaires nationaux s'élèvent à 91,6 MtCO₂eq pour l'année 2011 (CITEPA, 2013). Ces émissions sont composées pour 58 % d'émissions de protoxyde d'azote (N₂O, dues aux apports d'azote synthétique et organique et à la gestion des effluents d'élevage) et pour 42 % d'émissions de méthane (CH₄, dues à fermentation entérique, à la gestion des effluents et à la riziculture). Si le poids de l'élevage dans ces émissions est souvent mis en avant (Steinfeld *et al.*, 2006), il est intéressant de noter que les activités végétales jouent un rôle au moins aussi important à travers notamment les émissions de N₂O liées aux apports d'azote aux cultures. Par ailleurs, les émissions de GES dues aux cultures ne sont pas indépendantes de celles dues aux activités d'élevage du fait de l'importance des surfaces cultivées ou en prairies destinées à l'alimentation animale et des quantités d'azote

organique retournant aux sols agricoles. Enfin, l'utilisation d'énergie fossile dans ce secteur constitue une source de dioxyde de carbone (CO₂) qui s'élève à 10,5 MtCO₂. Par comparaison, les émissions nettes françaises telles que comptabilisées par le CITEPA avoisinent les 450 MtCO₂eq.

Depuis 1990, les émissions d'origine agricole de N₂O et de CH₄ ont baissé d'environ 8,5 %, soit un rythme de diminution deux fois moindre que celui de l'ensemble des émissions nettes totales françaises. Les principaux déterminants de cette baisse tiennent à la diminution des effectifs animaux (notamment bovins) et à celle de l'utilisation totale d'engrais azotés. Dans les cinq dernières années, le contexte de prix agricoles plutôt élevés a par ailleurs contribué à ralentir la baisse des émissions d'origine agricole (cf. figure 1).

Figure 1 - **Évolution des émissions d'origine agricole françaises depuis 1990 et projections à l'horizon 2020**



Note : les projections des différentes sources ont été recalibrées pour correspondre aux données du CITEPA pour l'année de référence de chaque étude (2005 pour De Cara et Thomas, 2008 et IIASA, 2010 ; 2007 pour Forslund *et al.*, 2009) et ainsi tenir compte des modifications intervenues dans les méthodes de comptabilisation.

Sources : auteurs, à partir des données issues de Citepa (2013), De Cara et Thomas (2008), Forslund *et al.* (2009) et IIASA (2010)

La figure 1 met en regard l'évolution des émissions d'origine agricole depuis 1990 (en trait plein) et les résultats de trois exercices prospectifs récents à l'horizon 2020 (De Cara et Thomas, 2008 ; Forslund *et al.*, 2008 ; IIASA, 2010). Ces trois ensembles de projections reposent sur des hypothèses différentes quant à l'évolution des déterminants économiques (prix), techniques (productivité) et politiques qui conditionnent les émissions. Les scénarios examinés n'intègrent pas de mesures d'atténuation autres que les politiques et mesures déjà en place dans le secteur agricole.

Les résultats de ces trois analyses prospectives sont relativement convergents à l'horizon 2020. Le principal enseignement que l'on peut en tirer est que, à moins d'imaginer des prix agricoles durablement faibles (comme c'est le cas par exemple dans le scénario "V1" exploré dans De Cara et Thomas, 2008), la baisse « spontanée » des émissions d'origine agricole ne suffira vraisemblablement pas à remplir les objectifs d'atténuation à l'horizon 2020 si ne sont pas mises en place des mesures spécifiquement dirigées vers ce secteur.

À cet horizon en effet, le Paquet Énergie Climat implique une réduction de 10 % des émissions européennes dans les secteurs non couverts par le SEEQC en 2020 par rapport au niveau de 2005. Les secteurs concernés sont principalement les transports, le résidentiel et l'agriculture. En 2005, l'agriculture représentait environ un quart de cet ensemble en France. Le partage de cet effort entre États membres (Union européenne, 2009) se traduit

pour la France par une obligation de réduire ses émissions de 14 % dans les secteurs concernés. Appliqué au secteur agricole, cet objectif nécessite de limiter les émissions à un peu moins de 80 MtCO₂eq en 2020. Dans un contexte de tensions sur les marchés agricoles mondiaux (hausse de la demande alimentaire et non alimentaire), il paraît donc indispensable que des dispositifs de politique publique incitent les agriculteurs à tenir compte des sources (et des puits) de GES du(e)s à leur activité dans leurs décisions économiques relatives aux modes et aux pratiques de production.

Dès lors, la question est double. D'une part, « Quels sont les potentiels de réduction dans le secteur agricole français ? » et, d'autre part, « Comment atteindre ces objectifs de manière efficace ? ». La première question fait principalement appel à des considérations techniques relevant de l'agronomie, des sciences animales et/ou des sciences du sol. La seconde, dans la mesure où l'objectif d'efficacité implique d'examiner les coûts d'atténuation, relève plus de l'économie de l'environnement.

Ce texte a pour objectif de synthétiser les méthodes, concepts et résultats de la littérature économique sur cette seconde question. Il précise le concept d'efficacité en coûts (« Comment obtenir une réduction donnée des émissions au meilleur coût total ? ») et le rôle que peuvent jouer les instruments économiques. Les différentes méthodes mobilisées dans la littérature pour évaluer les potentiels et les coûts d'atténuation des GES dans le secteur agricole sont ensuite comparées. Enfin les résultats de quelques travaux d'économie appliquée portant sur les cas français et européen sont présentés. Leurs implications, en termes de mise en œuvre d'instruments économiques et d'efficacité en coût, sont discutées.

1. Efficacité en coûts et instruments économiques : concepts

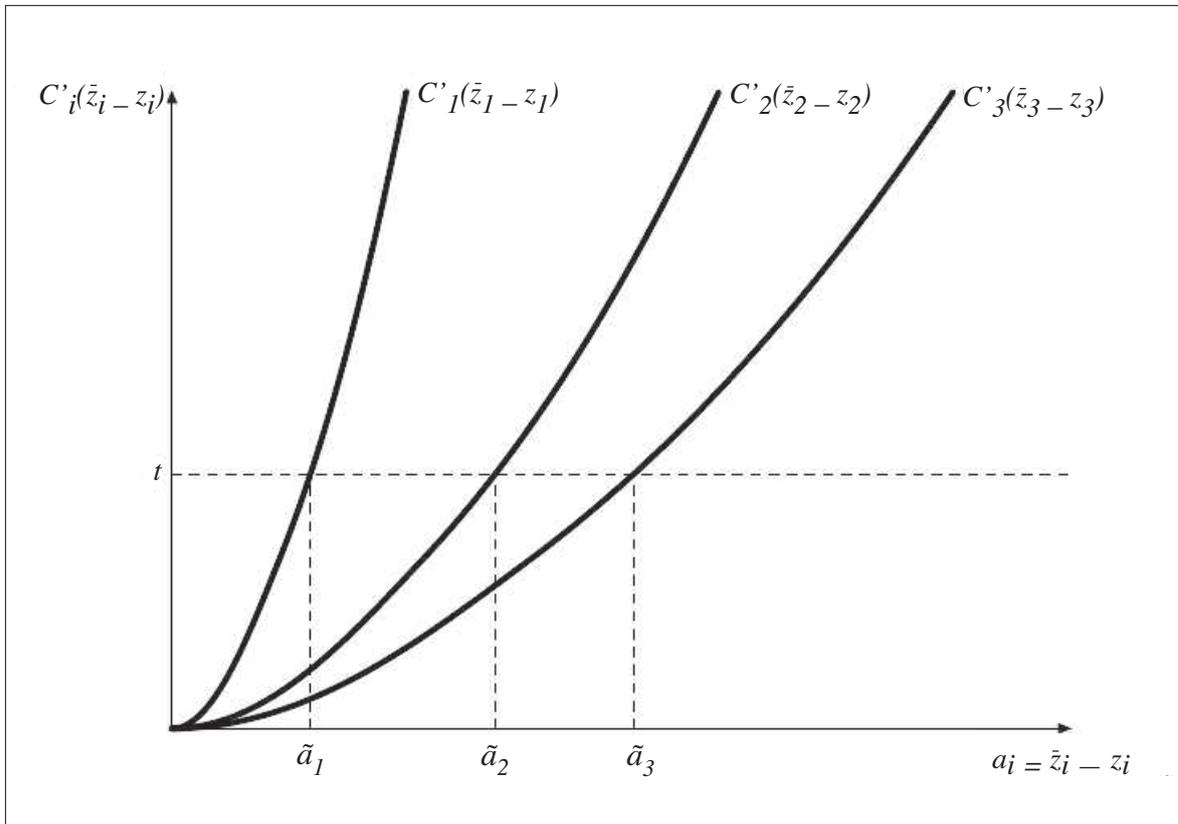
Les potentiels techniques d'atténuation dans le secteur agricole ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche (ECCP, 2003 ; Smith *et al.*, 2008 ; Eagle et Olander, 2012). Ces potentiels sont en général évalués sur la base de l'effet de certaines pratiques visant à réduire les apports d'azote ou les pertes sous forme de N₂O (meilleure gestion des apports, inhibiteurs de dénitrification, légumineuses), à modifier l'alimentation animale pour réduire les émissions dues à la fermentation entérique (en jouant par exemple sur le rapport concentrés/fourrages ou en utilisant des additifs), à limiter les émissions de CH₄ liées au stockage des effluents (en les convertissant par exemple en énergie) et à diminuer les quantités d'énergie fossile utilisées dans le secteur. En outre, un certain nombre de pratiques peuvent contribuer à augmenter les quantités de carbone stocké dans les sols et la biomasse (travail du sol, agroforesterie).

Si une connaissance aussi précise que possible des potentiels techniques d'atténuation est essentielle pour l'évaluation des marges de manœuvre disponibles, elle n'est cependant pas suffisante. Ce potentiel technique doit en effet être mis en regard des conséquences sur les coûts et les revenus des agriculteurs induites par la réduction des émissions. Les coûts d'atténuation peuvent être directs, par exemple si l'atténuation nécessite des investissements ou implique des coûts de maintenance et de fonctionnement. Ils peuvent être également indirects si la réduction des émissions passe par des modifications des pratiques, de l'assolement et/ou des effectifs animaux qui se traduisent par des pertes de revenu pour les agriculteurs.

Le potentiel économique d'atténuation est défini comme la quantité maximale d'émissions qui peuvent être évitées à un prix donné des émissions (exprimé en €/tCO₂eq). En théorie, ce prix doit refléter la valeur sociale des dommages attendus du changement climatique. La quantité d'émissions qui pourra être évitée dépend de la valorisation (implicite ou explicite) que la société dans son ensemble est prête à accorder aux réductions d'émissions de GES. Le raisonnement implique donc que seules les mesures qui permettent d'atteindre une atténuation des émissions à un coût marginal inférieur ou égal au bénéfice marginal attendu de l'amélioration de l'environnement doivent être mises en œuvre. À moins de considérer que la valeur sociale des émissions est infinie, le potentiel économique d'atténuation est donc plus faible que le potentiel technique (Schneider et McCarl, 2006).

Les instruments économiques visent à inciter les agents (en l'occurrence les exploitants agricoles) à tenir compte de cette valorisation dans leurs décisions de production. Leurs propriétés peuvent être illustrées à partir d'un exemple très simple. Considérons trois agents (indiqués par $i = 1, \dots, 3$) responsables d'émissions en quantité z_i dans la situation initiale. Chaque individu peut réduire ses émissions d'une quantité a_i ($a_i = \bar{z}_i - z_i$) à un coût $C_i(a_i)$. Cette situation est représentée sur la figure 2.

Figure 2 - Coûts marginaux d'atténuation (en ordonnées) en fonction du niveau d'atténuation (en abscisses) et instrument en prix



Source : auteurs

Les courbes présentées sur la figure 2 décrivent le coût associé à la dernière unité d'émissions évitée ou *coût marginal* d'atténuation ($C'_i(a_i)$) en fonction de la quantité d'émissions évitées. Dans l'exemple de la figure 2, quel que soit le niveau d'atténuation, le coût marginal d'atténuation est le plus élevé pour l'individu 1 et le plus faible pour l'individu 3. Pour tous les agents, le coût marginal est supposé croissant, reflétant le fait que la dernière unité de réduction est plus coûteuse à obtenir que les premières unités.

Deux enseignements importants peuvent être tirés de cet exemple stylisé. Premièrement, la minimisation du coût total d'atténuation requiert l'égalisation des coûts marginaux d'atténuation entre les individus. Pour un objectif d'atténuation donné, le coût total d'atténuation $C_1(a_1) + C_2(a_2) + C_3(a_3)$ avec $a_1 + a_2 + a_3 = A$ est obtenu comme la somme des surfaces sous les courbes de coût marginal individuelles. Il est minimum lorsque les niveaux d'atténuation individuels sont tels que les coûts marginaux d'atténuation sont égaux entre les agents pour une atténuation totale donnée. Si cette condition n'est pas respectée, il est possible de diminuer le coût total en demandant un effort plus grand à l'individu qui a les coûts marginaux d'atténuation les plus faibles tout en permettant à l'individu faisant face aux coûts marginaux les plus élevés d'augmenter ses émissions. En présence d'hétérogénéité des courbes de coût marginal d'atténuation, l'efficacité en coûts requiert donc que les quantités d'émissions évitées soient différenciées, l'effort d'atténuation devant être porté en priorité par les agents faisant face aux coûts les plus faibles.

Deuxièmement, la réduction totale des émissions peut être obtenue de manière efficace si les agents (supposés rationnels) sont incités à valoriser les émissions dans leurs choix économiques. Imaginons, par exemple, que tous les agents soient soumis au paiement d'un même prix t (en €/tCO₂eq) par unité de GES émise. Chacun a alors intérêt à réduire ses émissions jusqu'à ce que le coût de la dernière unité soit égal à t . Au-delà de ce coût, chaque agriculteur a individuellement intérêt à payer t sur chaque unité d'émissions restantes plutôt que de continuer à réduire ses émissions. En deçà, diminuer les émissions d'une unité supplémentaire est profitable pour l'agriculteur. Tous les agents faisant face à un même prix t et chacun raisonnant de manière similaire, l'égalisation des coûts marginaux d'atténuation individuels est assurée.

Le raisonnement ci-dessus s'applique indifféremment à des instruments en prix (par exemple, une taxe sur les émissions) ou en quantité (par exemple un marché de droits tel que le SEEQC). Dans les deux cas, l'efficacité en coûts est assurée du fait de la prise en compte par les agents d'une valeur unique des émissions (le niveau de taxe unitaire ou le prix sur le marché de droits). Il est intéressant de remarquer que l'atteinte de l'efficacité en coûts ne requiert pas pour le régulateur de connaître *a priori* les courbes individuelles de coût marginal d'atténuation. Dans le cas d'une taxe t sur les émissions, aucune action de réduction dont le coût est supérieur à t ne sera profitable. Le coût d'atténuation est donc maîtrisé. En revanche, le résultat environnemental (la quantité d'émissions évitées) dépend bien entendu des courbes de coût marginal d'atténuation. Symétriquement, dans le cas d'un marché de droit, le régulateur a la maîtrise de la quantité d'émissions évitées puisque celle-ci est définie par la quantité de quotas distribuée. En revanche, le prix d'équilibre sur le marché n'est pas *a priori* connu puisqu'il dépend de l'offre d'atténuation par les agents, elle-même définie par les courbes de coût marginal d'abattement.

Notons enfin que la vocation des instruments économiques est de corriger l'externalité négative due aux émissions en fournissant une incitation qui oriente les choix économiques, et non de collecter des recettes fiscales ou d'effectuer une redistribution entre agents. Néanmoins, il est clair que la mise en œuvre de tels instruments économiques peut avoir des conséquences importantes pour les fonds publics et/ou pour la distribution des revenus. Des transferts peuvent alors permettre de répondre à des considérations redistributives ou

budgétaires. Mais il est important que ces transferts n'interfèrent pas avec l'incitation fournie par les instruments économiques afin de préserver l'efficacité en coûts, une condition qui n'est pas toujours facilement atteignable.

2. Évaluation des coûts d'atténuation : une comparaison des approches retenues dans la littérature

Les courbes stylisées de coût marginal d'atténuation présentées à la figure 2 ne sont pas directement observables d'un point de vue empirique. Dans la réalité, ces coûts recouvrent en effet des coûts associés à l'adoption de nouvelles pratiques, le manque à gagner (ou *coût d'opportunité*) associé à la réallocation des ressources au sein de l'exploitation (du fait par exemple de la modification de l'assolement et/ou des effectifs animaux), ainsi que d'éventuels coûts d'ajustement et/ou de transaction (voir Bamière *et al.*, 2014). En outre, les modifications sur l'offre résultant de la réduction des émissions peuvent avoir des conséquences macro-économiques sur les marchés et les prix, modifiant en retour les coûts d'opportunité associés à certaines activités.

Par conséquent, les coûts marginaux d'atténuation ne peuvent être uniquement inférés à partir des seules informations sur la comptabilité des exploitations. Leur évaluation nécessite de recourir à des modèles. Parmi les stratégies développées dans ce sens dans la littérature, Vermont et De Cara (2010) identifient trois grandes catégories d'approches.

La première catégorie correspond à une classe de *modèles économiques d'offre agricole*. Ces modèles, de nature micro-économique, décrivent le comportement des exploitants en termes d'assolement, de conduite des cultures, de taille des cheptels et de pratiques d'élevage sous l'hypothèse que les agriculteurs maximisent leur profit compte tenu de paramètres économiques (prix des produits, des intrants, aides, etc...) et sous un certain nombre de contraintes techniques et politiques. Des exemples de ce type d'approche peuvent être trouvés dans Breen (2008), De Cara et Jayet (2000, 2011), De Cara *et al.* (2005), Lengers et Britz (2012). En intégrant un « prix » des émissions à l'objectif de chaque agriculteur représenté, ces modèles décrivent la réponse efficace en termes de réduction d'émissions. Reposant sur l'hypothèse de maximisation du profit, ils capturent les arbitrages micro-économiques mentionnés plus haut qui conduisent à l'égalisation du coût marginal d'atténuation et du prix des émissions. En faisant varier le prix des émissions et en le mettant en regard des quantités d'émissions réduites, ces modèles décrivent ainsi les courbes de coût marginal d'atténuation (individuelles et/ou à un niveau plus agrégé) pour un ensemble d'agriculteurs représentatifs. Compte tenu de la structure de ce type de modèle, ces courbes doivent s'interpréter à contextes économique (prix des intrants et des produits) et technologique (reflété par les contraintes techniques) donnés. Du fait de la prise en compte explicite de la diversité des conditions de production pour un ensemble d'agents, ce type d'approche est adapté à l'analyse des conséquences de l'hétérogénéité des potentiels et des coûts d'atténuation individuels sur la définition des instruments de politique d'atténuation (De Cara *et al.*, 2005).

La deuxième catégorie regroupe les *modèles d'équilibre* partiel ou général. L'évaluation des coûts marginaux d'atténuation dans les modèles de cette catégorie partage certains des principes exposés ci-dessus. En particulier, modèles d'offre et d'équilibre ont en commun l'hypothèse de rationalité des agents qui conduit à l'égalité entre coût marginal

d'atténuation et prix des émissions. Néanmoins, à la différence des modèles d'offre, les modèles d'équilibre incluent une description de la demande des produits agricoles ainsi qu'une représentation des ajustements des prix et de l'équilibre sur les marchés. Dès lors, les modèles de cette catégorie intègrent les effets en retour des prix sur les coûts marginaux d'atténuation. Cette approche a été utilisée par exemple par McCarl et Schneider (2001), Schneider *et al.* (2007), Pérez Dominguez *et al.* (2009), Golub *et al.* (2009). Les modèles d'équilibre sont caractérisés par une couverture géographique plus large (souvent mondiale), mais une résolution généralement plus dégradée et un contenu technique moins détaillé que les modèles d'offre.

La troisième approche utilisée dans la littérature pour évaluer les coûts marginaux d'atténuation s'appuie sur une logique que Vermont et De Cara (2010) qualifient « *d'ingénieur* ». Les études dans cette dernière catégorie compilent les informations techniques et scientifiques associées à un ensemble d'actions visant à réduire les émissions. Pour chacune d'entre elles, sont ainsi rassemblées les informations sur le potentiel technique d'atténuation unitaire, l'assiette sur laquelle la mesure est applicable, ainsi que le coût total associé (pertes ou gains de revenus associés à la mise en place de l'action, ensemble des coûts en capital, d'exploitation, de maintenance, de transaction). Le coût moyen d'atténuation associé à chaque action considérée est ensuite calculé comme le rapport entre son coût total et son potentiel d'atténuation. Ce coût unitaire représente la valorisation minimale des émissions (en euros par tCO₂eq) nécessaire pour que l'action soit rentable. Les courbes de coût marginal d'atténuation sont obtenues en classant les actions par coût unitaire d'atténuation croissant et en mettant en regard ce coût et le potentiel cumulé d'atténuation. Il est à noter que, pour une action donnée, le coût marginal est ainsi assimilé au coût moyen de l'action et est considéré comme constant en fonction de la quantité d'émissions évitées, d'où la forme en escalier des courbes de coût marginal obtenues par cette approche (voir, par exemple, Pellerin *et al.*, 2013). Le terme « marginal » doit donc être ici compris comme se rattachant à l'action elle-même, et non à la dernière unité d'émission évitée. Cette approche a été utilisée par exemple dans McKinsey & Co. (2009), Moran *et al.* (2011) ; Schulte *et al.* (2012), Pellerin *et al.* (2013).

Cette dernière approche repose sur une logique plus comptable qu'économique. En particulier, à la différence des deux premières approches, elle ne nécessite pas explicitement l'hypothèse de comportement rationnel de la part des agents. Une conséquence importante est que, dans les études de ce type, rien n'empêche d'aboutir à des mesures qui permettent à la fois de réduire les émissions de GES et d'améliorer les revenus des agents. Par construction, les modèles économiques (d'offre ou d'équilibre), fondés sur l'hypothèse que l'utilisation des ressources par les agents est efficace dans la situation initiale, ne font pas apparaître de tels « coûts négatifs » (cf. Bamière *et al.*, 2014). Ce double gain, à la fois économique et environnemental, peut s'expliquer par la présence d'inefficacités dans la situation initiale (par exemple, si les agents utilisent déjà plus d'intrants azotés que ne l'exigerait la prise en compte de leurs intérêts propres). Il peut également résulter de la difficulté de comptabiliser et d'intégrer certaines composantes des coûts (coût d'opportunité des ressources finies comme la terre, prime de risque associée à certaines actions, coût liés à l'apprentissage et à la formation).

Les trois approches diffèrent également par le type d'actions d'atténuation qui peuvent être prises en compte. Certaines réductions des émissions peuvent être obtenues par une réallocation des ressources utilisées pour la production (réduction de l'utilisation d'intrants, modification de l'assolement, etc.) sans nécessairement requérir de modification radicale de technologie. Les modèles économiques, qui reposent sur une hypothèse de stabilité

de l'ensemble des possibilités de production, permettent d'intégrer relativement facilement ce type d'options. D'autres en revanche résultent de l'adoption de nouvelles pratiques et/ou d'investissements dans de nouvelles technologies. Ces dernières sont plus facilement prises en compte dans les approches de type « ingénieur ». En outre, elles permettent également de prendre en compte plus facilement que ne le font les modèles économiques des actions qui ne sont pas actuellement déployées mais pour lesquelles on dispose de références techniques.

Les émissions de GES d'origine agricole sont caractérisées par de nombreuses interactions entre les sources. À titre d'illustration, les effectifs animaux ont un effet à la fois sur les émissions liées à la fermentation entérique, celles dues à la gestion des effluents d'élevage mais aussi sur l'assolement (en particulier sur le partage entre surfaces dédiées à l'alimentation animale et humaine) et donc sur les quantités d'intrants azotés et les émissions de N₂O par les sols agricoles. Par ailleurs, certaines actions d'atténuation sont mutuellement exclusives car elles nécessitent d'utiliser les mêmes ressources (par exemple la terre). Les modèles d'offre peuvent rendre compte des interactions qui ont lieu au niveau de l'exploitation à travers la prise en compte explicite de contraintes de surfaces et/ou de contraintes liées à l'alimentation des animaux. D'autres interactions sont liées au jeu des marchés. Une baisse de l'utilisation d'azote peut ainsi se traduire par une baisse de l'offre de certains produits et donc une hausse de leur prix avec des répercussions possibles sur d'autres productions (par exemple sur l'élevage). De telles interactions sont prises en compte de manière endogène dans les modèles d'équilibre. L'approche analytique (action par action) qui caractérise les approches de type « ingénieur » rend moins aisée l'analyse des interactions. Elle nécessite de s'assurer *ex post* de la cohérence d'ensemble des actions menées à la fois en termes d'effets sur les coûts et les potentiels d'atténuation et en termes d'utilisation des ressources. Cet aspect n'est pas toujours clairement documenté dans les études disponibles¹.

Enfin, il est clair que le périmètre retenu et les modes de calculs utilisés pour comptabiliser les émissions jouent un rôle sur l'évaluation des potentiels et des coûts d'atténuation. Certaines études se limitent aux émissions d'un sous-secteur (Lengers et Britz, 2012). D'autres tiennent compte des seules émissions agricoles de N₂O et de CH₄ (De Cara et Jayet, 2000, 2011 ; Perez Dominguez *et al.*, 2009). Certaines études intègrent en outre les émissions liées aux changements d'usages des sols et/ou celles dues à la combustion d'énergie fossile (par exemple McCarl et Schneider, 2001 ; Schneider et McCarl, 2007 ; Pellerin *et al.*, 2013). D'autres enfin élargissent le périmètre aux émissions induites sur l'amont ou sur l'aval (Schulte *et al.*, 2012 ; Pellerin *et al.*, 2013), s'écartant ainsi de la logique des inventaires pour se rapprocher de celle des analyses de cycle de vie.

Les modes de comptabilisation des émissions diffèrent également selon les études. Certaines s'en tiennent aux méthodes par défaut proposées par le Giec (Perez Dominguez, 2009), alors que d'autres mobilisent des relations ou des modèles plus sophistiqués (par exemple Durandeu *et al.*, 2010 ; Lengers et Britz, 2012 ; Schulte *et al.*, 2012 ; Pellerin *et al.*, 2013). Ces différences rendent parfois difficile une comparaison directe entre les résultats des différentes études.

Afin de clarifier la comparaison entre des résultats reposant sur des hypothèses différentes, Vermont et De Cara (2010) proposent une méta-analyse des évaluations disponibles

1. Moran *et al.* (2011) et Pellerin *et al.* (2013) proposent toutefois des stratégies itératives pour rendre compte (d'une partie) de ces interactions à un niveau agrégé.

dans la littérature. Cette approche statistique permet de contrôler l'effet des principales hypothèses retenues dans les études existantes sur l'évaluation des coûts d'atténuation des émissions d'origine agricole. Le méta-modèle estimé (voir figure 3) permet ainsi de décrire la relation entre la réduction d'émissions obtenue dans l'ensemble des études disponibles et le prix des émissions en tenant compte des caractéristiques spécifiques à chaque étude (approche, résolution, couverture spatiale en termes de sources, horizon temporel, date et statut de publication, etc.). Les résultats de cette méta-analyse mettent notamment en évidence l'influence de l'approche adoptée sur l'évaluation des coûts d'atténuation. En particulier, les approches de type « ingénieur » aboutissent, toutes choses égales par ailleurs, aux résultats les plus optimistes, notamment du fait des actions à « coûts négatifs » qui pèsent souvent fortement dans le potentiel d'atténuation total évalué dans ces études. À l'inverse, les modèles micro-économiques de l'offre, qui reposent sur des hypothèses relativement conservatrices (absence de coûts négatifs, stabilité des technologies existantes et des structures agricoles, nombre limité de leviers d'atténuation disponibles) aboutissent généralement à des potentiels plus faibles pour un prix donné des émissions.

Au-delà de ces différences, les résultats de la littérature convergent sur deux points essentiels : (i) des potentiels d'atténuation existent dans le secteur agricole, et ce à des coûts comparables à ceux qui prévalent dans les autres secteurs et (ii) les émissions de ce secteur sont sensibles à l'introduction d'un signal prix.

3. Évaluation des coûts marginaux d'atténuation : illustration à partir d'un modèle de l'offre agricole européenne

Cette section vise à illustrer comment les courbes de coût marginal d'atténuation présentées à la figure 2 peuvent être évaluées empiriquement à partir des résultats d'un modèle microéconomique de l'offre agricole. Nous nous appuyons sur le modèle utilisé dans De Cara et Jayet (2011) qui a l'avantage d'offrir des résultats aux échelles à la fois française et européenne. Ce modèle décrit le comportement (allocation des surfaces, effectifs animaux, choix d'alimentation animale) d'un grand nombre d'exploitations représentatives de l'agriculture européenne. Chacun des exploitants représentés est supposé choisir le niveau de ses activités afin de maximiser sa marge brute tout en respectant des contraintes techniques (contrainte de surface, de place pour les animaux), agronomiques (rotations, respect des besoins en protéines et en énergie pour l'alimentation animale, démographie du troupeau bovin) et économiques (éligibilité à certaines aides de la PAC par exemple). L'environnement technique, économique et politique est décrit à l'aide de paramètres exogènes concernant, entre autres, les rendements, les prix des intrants et des produits, les montants de subventions. Le modèle couvre les principales activités animales et végétales pertinentes à l'échelle européenne, à l'exception des cultures pérennes, de la viticulture et de l'horticulture.

Une typologie des exploitations a été établie afin de capturer la diversité des orientations technico-économiques et des conditions de production qui prévalent au sein de l'Union européenne. Les 1 307 exploitations-types résultant de cette typologie sont représentatives du secteur agricole européen à la résolution régionale (119 régions considérées). Cette approche permet notamment de représenter les exploitations spécialisées dans l'élevage,

celles spécialisées dans les cultures, mais également les systèmes mixtes qui occupent une part importante de l'agriculture européenne. On tient ainsi compte des liens entre activités animales et végétales (à travers l'alimentation ou l'utilisation d'azote organique par exemple) qui existent au sein des exploitations et qui revêtent une importance particulière pour les émissions de GES.

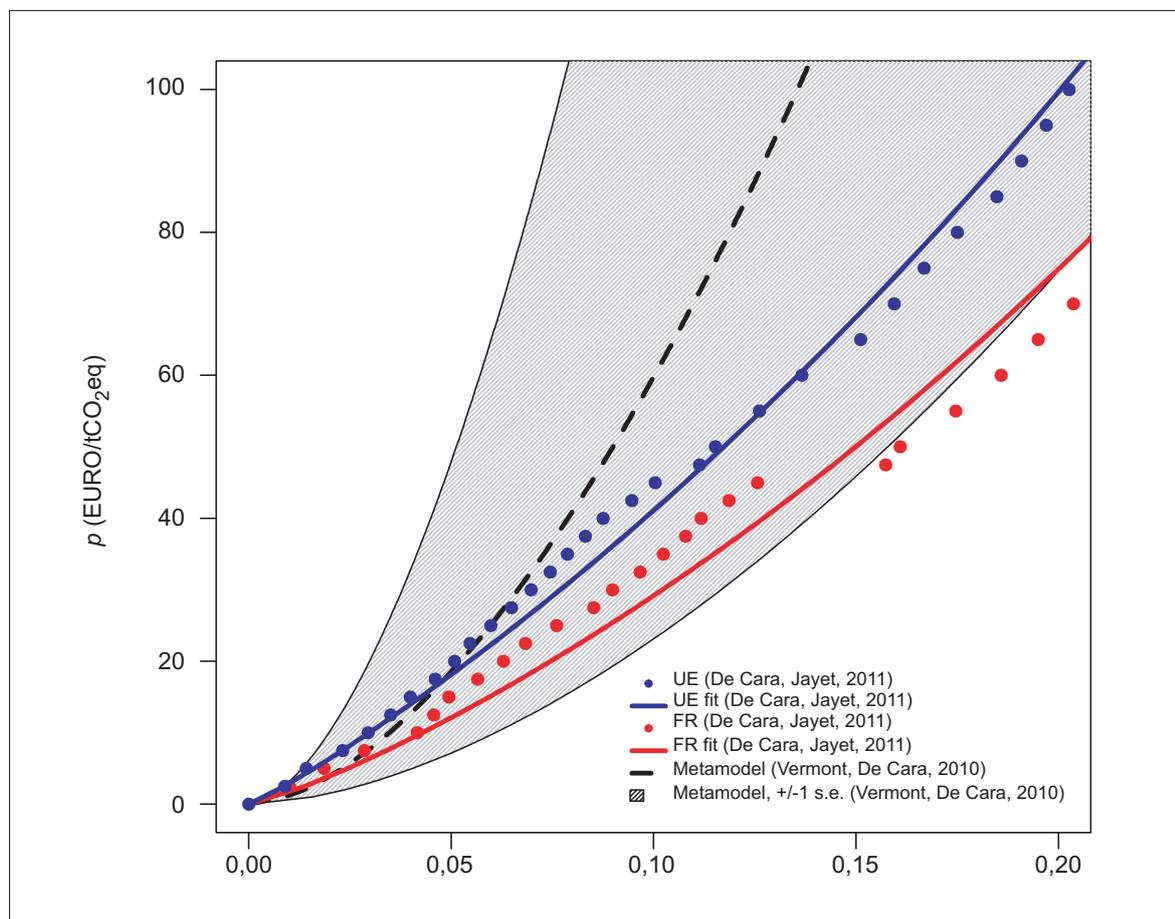
En termes d'émissions, le modèle couvre les principales sources de CH₄ et de N₂O directement dues aux activités agricoles : fermentation entérique (CH₄), gestion et stockage des effluents d'élevage (CH₄ et N₂O), riziculture (CH₄) et sols agricoles (N₂O). Les émissions de chacune de ces catégories sont calculées à partir des niveaux d'activités donnés par le modèle en utilisant les relations et les facteurs d'émission utilisés dans les inventaires établis par chacun des États membres. Les émissions de CH₄ et de N₂O sont converties en CO₂eq sur la base des Pouvoirs de Réchauffement Global du quatrième rapport du Giec (2007, PRG(N₂O) = 298, PRG(CH₄) = 25). Les émissions calculées par le modèle pour l'année de référence (2005) sont d'environ 395 MtCO₂eq (soit environ 83 % des émissions agricoles européennes reportées par l'EEA (2010) pour 2005 sur la base des mêmes PRG).

Un prix des émissions est ensuite introduit dans le modèle : chaque exploitation représentée doit ainsi payer un montant p (en €/tCO₂eq) pour chaque unité d'émissions. Chaque exploitation est ainsi incitée à intégrer la valeur des émissions dans ses décisions d'offre et peut répondre à cette incitation en modifiant l'allocation de ses surfaces (par exemple, vers des cultures moins consommatrices d'azote), ses effectifs animaux ou la manière dont ces derniers sont nourris. Par construction, chaque exploitation effectue ces changements tant que la perte de marge brute associée à la dernière unité d'émissions évitée est inférieure ou égale à ce prix. En reliant les réductions d'émissions obtenues pour chaque niveau de prix simulé (de 0 à 100 €/tCO₂eq, cf figure 3), on obtient ainsi la courbe de coût marginal d'atténuation pour chaque exploitation-type. Les courbes individuelles de coût marginal d'atténuation peuvent ensuite être agrégées à l'échelle régionale, du pays ou de l'UE. Les résultats pour la France (en rouge) et l'Union européenne (en bleu) sont présentés à la figure 3.

Les résultats synthétisés à la figure 3 indiquent que l'agriculture française pourrait réduire ces émissions de 10 % par rapport aux niveaux de 2005 à un coût marginal d'environ 35 €/tCO₂eq. Pour un même taux de réduction des émissions agricoles au niveau européen, le coût marginal s'établirait entre 40 et 45 €/tCO₂eq. Si ces prix peuvent paraître élevés au regard de ceux qui prévalent aujourd'hui sur le marché du carbone européen, ils correspondent aux niveaux envisagés par la Commission européenne pour la mise en œuvre du paquet climat énergie à l'horizon 2020 (Capros *et al.*, 2011).

Il est important de garder à l'esprit que les résultats présentés à la figure 3 sont contingents aux hypothèses faites et à l'approche de modélisation retenue. En particulier, ils dépendent des valeurs des paramètres exogènes définissant le contexte économique et technique des exploitations (prix des produits et des intrants, rendements, surface agricole totale, nombre et répartition des exploitations). Tous ces paramètres sont supposés constants dans les simulations présentées ici.

Figure 3 - Courbes de coût marginal d'atténuation (axe des ordonnées) en fonction du taux de réduction des émissions agricoles de méthane et de protoxyde d'azote par rapport aux niveaux de 2005 (axe des abscisses) pour la France (en rouge) et pour l'Union européenne (en bleu) obtenues par De Cara et Jayet (2011)



Note : les points représentent les résultats en termes de taux d'abattement pour chaque niveau de prix simulé. Les courbes résultent d'un ajustement non-linéaire des résultats des simulations. La courbe en pointillés (noir) correspond au méta-modèle estimé par Vermont et De Cara (2010) pour l'Union européenne à l'horizon 2020 en prenant toutes les variables explicatives à leur valeur moyenne (sauf UE = 1 et BLYR = 2020). L'ensemble grisé correspond à +/- 1 écart-type autour de cette courbe.

Source : auteurs

De plus, les options d'atténuation prises en considération n'incluent pas celles relatives à la séquestration du carbone, à l'afforestation ou l'utilisation d'énergie dans le secteur agricole. Elles n'intègrent pas non plus les options d'atténuation impliquant l'adoption de nouvelles technologies d'atténuation (inhibiteurs de nitrification, utilisation d'additifs dans l'alimentation animale, installation de méthaniseurs). Du fait de l'hypothèse de rationalité, les résultats ne font pas apparaître d'options d'atténuation à « coûts négatifs ». Ainsi, les hypothèses retenues sont plutôt conservatrices en ce qui concerne le potentiel d'atténuation qui peut être atteint à un prix donné. Il ressort néanmoins de ces résultats que des potentiels d'atténuation existent dans le secteur agricole et que ces potentiels peuvent être mobilisés si les agriculteurs intègrent la valeur des émissions dans leurs décisions d'offre.

4. Implications pour les gains en efficacité permis par le recours aux instruments économiques

L'évaluation de courbes de coût marginal d'atténuation, outre les indications qu'elle fournit sur le potentiel économique d'atténuation pour une valeur donnée des émissions de GES, permet d'analyser différents instruments de politique publique à l'aune du critère d'efficacité en coût.

Une illustration de ce type d'application peut être trouvée dans De Cara et Jayet (2011). Les auteurs analysent les conséquences pour l'agriculture des objectifs européens impliqués par le Paquet Énergie Climat. L'objectif européen de réduire les émissions des secteurs non couverts par le SEEQC (principalement les transports, le résidentiel et l'agriculture) à l'horizon 2020 a en effet été assorti d'un « partage de l'effort » entre les États membres. La décision européenne fixe ainsi des cibles différenciées, imposant des réductions à certains pays et en autorisant d'autres à augmenter leurs émissions d'ici 2020, le tout aboutissant à une réduction agrégée des émissions au niveau européen de 10 % en 2020 par rapport au niveau de 2005 (Union européenne, 2009). Dans le cadre de cet accord, la France (tout comme l'Allemagne) doit réduire ses émissions hors SEEQC de 14 %. Les pays les plus avancés en termes de PIB par habitant au moment de l'accord (Luxembourg, Danemark, Irlande) affichent un objectif de réduction de 20 %, alors que les nouveaux États membres ont la possibilité de continuer à augmenter (jusqu'à 20 % pour certains États) leurs émissions d'ici à 2020.

Si l'efficacité en coûts a été mise en avant dans la décision de partage de l'effort, la décision finale a résulté d'un compromis entre plusieurs objectifs. Dès lors, qu'en est-il de l'efficacité en coût de l'atténuation impliquée par ce partage de l'effort ? Pour répondre à cette question, les auteurs utilisent des courbes de coût marginal d'atténuation établies pour chaque État membre. L'analyse étant restreinte aux émissions du secteur agricole, les cibles nationales sont appliquées aux émissions de ce seul secteur. Les objectifs concernant l'ensemble des secteurs non couverts par le SEEQC, il est clair que cette hypothèse est relativement forte. Néanmoins, dans cet ensemble, l'agriculture est à la source pour la plupart des États membres d'une proportion importante des émissions dans les secteurs concernés à l'horizon 2020 (environ 17 % des émissions hors SEEQC dans l'UE-27, environ 25 % en France et jusqu'à 43 % en Irlande, cf. De Cara et Jayet, 2011).

Les résultats indiquent que certains pays, comme par exemple le Danemark, font face à des coûts marginaux élevés alors qu'ils doivent atteindre des objectifs d'atténuation ambitieux. D'autres au contraire, comme par exemple la Slovaquie, font face à des coûts marginaux d'atténuation relativement faibles alors que leur objectif d'atténuation est peu contraignant. Par conséquent, le partage de l'effort (appliqué aux émissions agricoles) ne remplit pas la condition d'égalisation des coûts marginaux d'atténuation entre les pays. S'il permet bien d'atteindre l'objectif agrégé de 10 % de réduction des émissions, le coût total associé serait donc plus élevé que nécessaire.

Pour évaluer le surcoût associé au partage de l'effort décidé en 2009, il faut pouvoir le comparer à la situation efficace en coût. En transposant le raisonnement mené à la figure 2 au cas de chacun des États membres, le partage de l'effort efficace est déterminé par la répartition qui permet d'égaliser les coûts marginaux d'atténuation tout en assurant une réduction totale de 10 % des émissions européennes. En utilisant les résultats européens donnés à la figure 3, on voit qu'une telle répartition est obtenue pour un prix des émissions situé entre 40 et 45 €/tCO₂eq.

La mise en place d'un marché de droits au sein du secteur agricole européen permettrait théoriquement d'atteindre cette répartition efficace. Imaginons par exemple que soient alloués à chaque État des quotas échangeables correspondant aux cibles impliquées par le partage de l'effort. Dans cette configuration, les agriculteurs danois auraient intérêt à acheter des quotas d'émissions (ce qui leur reviendrait moins cher que de respecter la cible ambitieuse qui leur a été fixée) alors que l'agriculture slovène pourrait profitablement réduire ses émissions au-delà de la cible qui lui a été fixée et ainsi vendre les quotas inutilisés. Les résultats de De Cara et Jayet (2011) indiquent que la mise en œuvre d'un tel instrument, pour les hypothèses centrales retenues par les auteurs, permettrait de diviser par plus deux le coût total du respect de la cible de 10 % pour l'ensemble du secteur agricole européen. Selon les estimations des auteurs, 870 M€ (770 M€ au lieu de 1 640 M€) pourraient être ainsi économisés annuellement pour un même résultat environnemental.

Les résultats présentés jusqu'ici se sont concentrés sur la répartition efficace de l'effort d'atténuation au sein du secteur agricole (entre les exploitations ou entre les États). Les conséquences de la mise en œuvre d'instruments économiques pour lutter contre l'effet de serre d'origine agricole vont au-delà de ce seul secteur. Qu'en est-il de la répartition intersectorielle de l'effort d'atténuation ? Autrement dit, quelle devrait être la contribution relative du secteur agricole à l'effort global d'atténuation par rapport à celle du reste de l'économie. Les réponses économiques à ces questions reposent sur des principes similaires à ceux exposés plus haut en transposant l'analyse de la figure 2 au cas multi-sectoriel.

Quelques éléments de réponse peuvent être trouvés dans De Cara et Vermont (2011). Les auteurs considèrent l'objectif de réduction des émissions de GES assigné aux secteurs couverts par le SEEQC (460 MtCO₂eq de moins qu'en 2005 à l'horizon 2020). En se basant sur les résultats de l'évaluation de la Commission (Capros *et al.*, 2011), cet objectif implique un coût total annuel pour les secteurs concernés d'environ 7 900 M€ pour un prix d'équilibre sur le marché du carbone d'environ 47 €/tCO₂eq. Les émissions d'origine agricole étant exclues du SEEQC, elles ne peuvent pas participer pas à la réalisation de l'objectif d'atténuation. Quelles sont les conséquences de cette exclusion en termes de coûts d'atténuation ?

Les auteurs envisagent un élargissement du SEEQC aux émissions de CH₄ et de N₂O d'origine agricole. La courbe de coût marginal d'atténuation du secteur agricole européen est approximée à partir des résultats de l'estimation du méta-modèle estimé dans Vermont et De Cara (2010). Conformément aux mécanismes exposés plus haut, l'extension du périmètre du SEEQC conduirait à l'égalisation des coûts marginaux d'atténuation entre le secteur agricole et les secteurs actuellement couverts par le SEEQC. Cela aurait ainsi pour conséquence d'augmenter l'offre d'atténuation globale et de baisser le prix d'équilibre sur le marché de droits. Il en résulterait que les options d'atténuation les moins coûteuses dans le secteur agricole se substitueraient à celles les plus coûteuses dans les autres secteurs.

Sous les hypothèses retenues, les auteurs aboutissent à un prix sur le marché de droits élargi d'environ 38 €/tCO₂eq (au lieu de 47 €/tCO₂eq). Bien entendu cela impliquerait un coût supplémentaire pour l'agriculture. Les auteurs l'évaluent à 770 M€ annuels (soit un peu moins de 0,5 % de la valeur ajoutée brute du secteur agricole européen – Eurostat, 2014) pour un effort d'atténuation pour ce secteur légèrement supérieur à 10 % (55 MtCO₂eq). Ce coût serait plus que compensé par l'économie réalisée dans les autres secteurs (de l'ordre de 2 320 M€) qui n'auraient qu'à fournir qu'un effort d'atténuation de 405 MtCO₂eq. Le même objectif global de 460 MtCO₂eq pourrait ainsi être atteint avec une économie nette annuelle de l'ordre de 1 550 M€.

Conclusion

Les travaux de recherche synthétisés dans ce texte ont mis en évidence des potentiels d'atténuation des émissions de GES dans le secteur agricole dont une partie significative peut être obtenue à des coûts comparables à ceux qui prévalent dans les autres secteurs de l'économie. Compte tenu des objectifs fixés aux niveaux français et européen, il apparaît nécessaire que ces potentiels participent à l'effort global d'atténuation de l'effet de serre. Les résultats des travaux présentés dans ce texte mettent en avant l'importance de l'efficacité en coûts et la capacité théorique des instruments économiques à fournir les incitations permettant d'orienter les décisions économiques des agents dans le sens de l'efficacité. Partant de ce constat, la question porte sur les instruments de politique publique (extension du SEEQC à l'agriculture, taxe sur les émissions, etc.) qui sont susceptibles de mobiliser ces potentiels au meilleur coût.

Bien entendu, la mise en œuvre de tels instruments dans le secteur agricole n'est pas exempte de difficultés. Les difficultés de contrôle dues au grand nombre d'exploitants impliqués, au caractère plus ou moins diffus des émissions, à la variabilité des processus biologiques sous-jacents et à l'incertitude qui entoure leur mesure, sont indéniables. Ces difficultés prévalent que l'instrument choisi soit un instrument en prix (taxe), ou en quantité (inclusion au SEEQC). Il est clair que la collecte des informations nécessaires au calcul de l'assiette (dans le cas d'une taxe) ou de la position par rapport aux quotas alloués (dans le cas d'un marché de droits) peut engendrer des coûts de contrôle dont il convient d'évaluer l'importance. Néanmoins, en première approche et compte tenu des modes de comptabilisation des émissions actuellement préconisés par le Giec, une grande part de ces calculs peuvent s'appuyer sur des informations déjà collectées dans le cadre des dispositifs existants de la PAC (nombre d'animaux, allocation des cultures, cahiers d'épandage, etc.).

En revanche, les questions redistributives soulevées par ces instruments se posent différemment dans le cas d'une taxe et d'un marché de droits. Dans le premier cas, la question essentielle porte sur l'utilisation du produit de la taxe (inclusion au budget général ? redistribution sous forme d'aide à l'adoption de pratiques moins polluantes ?). Dans le second, elle se déplace sur l'allocation initiale des droits (sur une base historique ? individualisée ou non ? aux enchères ?). Ce choix est déterminant pour la distribution *in fine* des gains et des pertes entre les agriculteurs. Enfin, l'inclusion de l'agriculture à un marché plus large comme le SEEQC impliquerait une source de variabilité supplémentaire (liée au prix du carbone) dans les revenus agricoles, dont les conséquences n'ont, à notre connaissance, pas été prises en compte dans la littérature. En outre, il est clair que si les prix du carbone sur le SEEQC devaient se maintenir aux niveaux faibles connus ces dernières années (résultant de la conjonction d'une demande faible du fait de la crise, d'une offre de quotas relativement abondante et de l'incertitude entourant l'ambition des objectifs climatiques européens et internationaux à moyen terme), il y aurait peu à attendre de l'inclusion de l'agriculture au SEEQC. Parallèlement, juxtaposer un marché de droits (par exemple pour les secteurs actuellement couverts par le SEEQC) et un instrument en prix sur les émissions agricoles est source de distorsions qui n'ont, à ce jour, pas non plus été évaluées.

Ces éléments ne remettent pas nécessairement en cause les propriétés des instruments économiques au regard de l'efficacité en coûts. Néanmoins, ils peuvent induire des difficultés d'ordre opérationnel importantes. Ils nécessitent également la poursuite des recherches en économie appliquée sur ces sujets afin de mieux les prendre en compte.

S'ils ne doivent pas être ignorés, ces éléments ne doivent toutefois pas occulter l'importance d'atteindre les objectifs d'atténuation fixés au meilleur coût. À cet égard, trois dimensions essentielles ont été mises en avant dans ce texte : la flexibilité entre les exploitants agricoles, la flexibilité internationale et la flexibilité intersectorielle. À chaque fois, il s'agit de mobiliser les potentiels d'atténuation là où ils sont les moins coûteux afin de contenir les coûts totaux d'atténuation.

Examinées sous cet angle, les évolutions récentes de la prise en compte de l'effet de serre d'origine agricole dans les politiques publiques posent question. Dans la période récente, on a assisté à un glissement de la prise en compte de cet enjeu de la politique climatique vers la politique agricole, l'atténuation de l'effet de serre agricole étant affichée comme une priorité importante de la réforme en cours de la PAC. Cette évolution introduit une dissymétrie de traitement des émissions de GES agricoles par rapport à celles du reste de l'économie. Les principaux leviers de politique agricole mobilisés reposent sur des mesures du second pilier, souvent territorialisées et dont la mise en place relève de chaque État membre, et qui visent des pratiques prédéterminées (par exemple au travers des Mesures Agro-Environnementales et Climatiques en France). La capacité de tels instruments à offrir les conditions de flexibilité (intra- et intersectorielle, internationale) nécessaires à la réalisation de l'efficacité en coût ne semble pas *a priori* évidente. Cette question devra faire l'objet de recherches ultérieures en économie appliquée.

Références bibliographiques

- Bamière L., De Cara S., Pardon L., Pellerin S., Samson E., Dupraz P., 2014, « Les coûts de transaction privés sont-ils un obstacle à l'adoption de mesures techniques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur agricole ? », *Notes et Études Socio-Économiques*, 38, pp. 53-71.
- Breen J., 2008, "Simulating a market for tradable greenhouse gas emissions permits amongst Irish farmers", in *The 82nd Annual Conference of the Agricultural Economics Society conference*, Dublin, Ireland.
- Capros P., Mantzos L., Parousos L., Tasios N., Klaassen G. et Van Ierland T., 2011, "Analysis of the EU policy package on climate change and renewables", *Energy Policy*, 39(3):1476-1485.
- CITEPA, 2013, *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Format UNFCCC-CRF*, CITEPA - ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Paris, France, avril.
- Cour des Comptes, (2013), *La mise en œuvre par la France du paquet énergie-climat*, communication au Président de l'Assemblée Nationale pour Le Comité d'évaluation et de contrôle des politiques publiques, décembre, Cour des comptes, Paris, France.
- De Cara S., Houzé M. et Jayet P.-A., 2005, "Methane and nitrous oxide emissions from agriculture in the EU: A spatial assessment of sources and abatement costs", *Environmental and Resource Economics*, 32(4):551-583.
- De Cara S. et Jayet P.-A., 2000, "Emissions of greenhouse gases from agriculture: The heterogeneity of abatement costs in France", *European Review of Agricultural Economics* 27(3):281-303.
- De Cara S. et Jayet P.-A., 2011, "Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost-effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement", *Ecological Economics*, 70(9):1680-1690.
- De Cara S. et Thomas A., 2008, *Projections d'émissions/absorptions de gaz à effet de serre dans les secteurs forêt et agriculture aux horizons 2010 et 2020*, Rapport final, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Grignon, France, avril 2008. 192 p.
- De Cara S. et Vermont B., 2011, "Policy considerations for mandating agriculture in a greenhouse gas emissions trading scheme: a comment", *Applied Economic Perspectives and Policy*, 33(4):661-667.
- Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC), 2013, *Rapport de la France au titre du paragraphe 2 de l'article 3 de la décision n° 280/2004/ce du Parlement Européen et du Conseil du 11 février 2004. Actualisation 2013*, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Paris, France, mars, 178 p.

- Durandeu S., Gabrielle B., Godard C., Jayet P.-A. et Le Bas C., 2010, "Coupling biophysical and micro-economic models to assess the effect of mitigation measures on greenhouse gas emissions from agriculture", *Climatic Change*, 98(1-2):51-73.
- Eagle A. J. et Olander L. P., 2012, "Greenhouse gas mitigation with agricultural land management activities in the united states: A side-by-side comparison of biophysical potential". *Advances in Agronomy*, 115:79-179.
- European Climate Change Programme (ECCP), 2003, *Can we meet our Kyoto targets? Second ECCP progress report*, European Commission, DG Environment, Brussels, Belgium.
- European Environment Agency (EEA), 2010, *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2008 and inventory report*, Technical report 6/2010, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- Eurostat, 2014, *Comptes nationaux, agrégats et emploi par branche d'activité (10 branches, NACE Rév. 2)*, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/national_accounts/. Dernier accès 14/02/2014.
- Forslund A., Colin A., De Cara S., Leban J.-M., Martin M., Mathias E., Guyomard H. et Stengel P., 2009, Projections d'émissions et d'absorptions de gaz à effet de serre du secteur utilisation des terres, leurs changements et la forêt (UTCF) à l'horizon 2020 en France, rapport final pour le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche, INRAIFN-CITEPA, Paris, France, 142 p.
- Golub A., Hertel T. Lee H-L, Rose S. et Sohngen B., 2009, "The opportunity cost of land use and the global potential for greenhouse gas mitigation in agriculture and forestry", *Resource and Energy Economics*, 31(4):299-319.
- IIASA, 2010, *Gains online: Gains Europe*, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria: <http://gains.iiasa.ac.at/gains/EUR/index.login>.
- Lengers B. et Britz W., 2012, "The choice of emission indicators in environmental policy design: an analysis of GHG abatement in different dairy farms based on a bio-economic model approach", *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 93(2):117-144.
- McCarl B. A. et Schneider U. A., 2001, "Greenhouse gas mitigation in U.S. agriculture and forestry", *Science*, 294:2481-2482.
- McKinsey & Company, 2009, *Agriculture*, version 2 of the global greenhouse gas abatement cost curve 8.10, pages 123-131, McKinsey&Co., 192 pp.
- Moran D., MacLeod M., Wall E., Eory V., McVittie A., Barnes A., Rees R., Topp C., Pajot G., Matthews R., Smith P. et Moxey A., 2011, "Developing carbon budgets for UK agriculture, land-use, land-use change and forestry out to 2022", *Climatic Change*, 105(3-4):529-553.

- Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.-P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Favardin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.-H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I. et Pardon L., 2013, *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude*, Inra, Direction de l'expertise, de la prospective et des études (DEPE), Paris, France, 94 p.
- Pérez Domínguez I., Britz W., Holm-Mueller K., 2009, "Trading schemes for greenhouse gas emissions from European agriculture: A comparative analysis based on different implementation options", *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 90 (3):287-308.
- Schneider U. A. et McCarl B. A., 2006, "Appraising agricultural greenhouse gas mitigation potentials: Effects of alternative assumptions", *Agricultural Economics*, 35(3):277-287.
- Schneider U. A., McCarl B. A. et Schmid E., 2007, "Agricultural sector analysis on greenhouse gas mitigation in US agriculture and forestry", *Agricultural Systems*, 94(2):128-140.
- Schulte R., Crosson P., Donnellan T., Farrelly N., Finnan J., Lalor S., Lanigan G., O'Brien D., Shalloo L. et Thorne F., 2012, *A marginal abatement cost curve for Irish agriculture*, Submission to the national climate policy development consultation, Teagasc, Oak Park, Carlow.
- Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B.A., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B. et Sirotenko O., Howden M., McAllister T., Pan G., Romanenkov V., Schneider U.A., Towprayoon S., Wattenbach M. et Smith J., 2008, "Greenhouse gas mitigation in agriculture", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (1492):789-813.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M. et de Haan C., 2006, *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*, FAO, Rome, Italy.
- Union européenne, 2009, "Decision on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020", Decision of the European Parliament and the Council of the European Union 406/2009/EC, Official Journal of the European Union, Brussels, Belgium, 23 april 2009. L140: 136-138.
- Vermont B. et De Cara S., 2010, "How costly is mitigation of non-CO₂ greenhouse gas emissions from agriculture? A meta-analysis", *Ecological Economics*, 69 (7):1373-1386, 2010.

Protocole de Kyoto et marché carbone européen : comment les émissions des secteurs de l'agrofourriture, de l'agriculture et de l'agroalimentaire sont-elles prises en compte ?

Claudine Foucherot¹, Valentin Bellassen²

Résumé

Les filières de l'agrofourriture, de l'agriculture et de l'agroalimentaire (AAA) ont amorcé leur transition vers une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Mais les changements ne peuvent s'opérer sans contrainte réglementaire ou incitation économique. Dans un premier temps, l'article passe en revue l'organisation du marché inter-États du protocole de Kyoto ainsi que le marché carbone européen (EU ETS) et la place des filières AAA dans ces dispositifs. Dans un second temps, l'article s'intéresse à la place de l'agriculture au sein des mécanismes de compensation carbone. La majorité des projets concerne l'amont et la substitution d'énergie fossile par la biomasse agricole, pour des raisons qui tiennent aux spécificités de la production agricole : émissions diffuses et difficultés de mesure, faible intégration des acteurs et difficulté à coordonner les projets de réduction d'émissions. À l'heure où les marchés de conformité sont saturés en crédits carbone, la « compensation volontaire » apparaît comme une voie privilégiée pour assurer un débouché aux crédits issus des projets agricoles au sens strict.

Mots clés

Marchés du carbone, crédits carbone, compensation carbone, marché volontaire, agriculture, agrofourriture, agroalimentaire, émission de gaz à effet de serre

Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Il n'engage que ses auteurs.

1. CDC Climat Recherche.

2. CDC Climat Recherche.

Introduction

Au niveau mondial, les émissions du secteur agricole représentent 14 % des émissions anthropiques globales de gaz à effet de serre (GES), suivant les données du GIEC¹. Cela comprend les émissions de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) liées à l'élevage (fermentation entérique et gestion des effluents d'élevage), à la fertilisation azotée, à la gestion des rizicultures et à la combustion de matière organique. Lorsque l'on considère également, en amont, les activités de production d'engrais, de produits phytosanitaires, d'alimentation animale, et en aval, les émissions du secteur agroalimentaire, ainsi que les émissions liées à la consommation d'énergie au sein des exploitations et les flux de carbone liés à la gestion des terres agricoles, le bilan de la filière double.

Les secteurs de l'agrofourmiture, de l'agriculture et de l'agroalimentaire (AAA) ont d'ores et déjà amorcé leur transition vers une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il reste cependant encore un immense potentiel d'atténuation inexploité, notamment au niveau du maillon agricole : réduction des émissions de N₂O et CH₄ de l'élevage et des cultures, séquestration de carbone dans les sols agricoles et production d'énergie renouvelable. De nombreuses pratiques et innovations (méthanisation, fertilisation raisonnée, arrêt du labour, etc.) permettent de réduire l'impact de l'agriculture sur le réchauffement climatique. Modifier les pratiques agricoles a cependant un coût, et ces changements ne sont pas mis en œuvre, la plupart du temps, sans réglementation, sans incitation économique et sans accompagnement technique.

À l'heure actuelle, il n'existe pas d'objectif contraignant de réduction des émissions spécifique pour le secteur agricole, que ce soit à l'échelle européenne ou à l'échelle française. Néanmoins, un certain nombre d'incitations à réduire les émissions agricoles existent et découlent aussi bien de politiques agricoles que climatiques. Certaines réglementations sectorielles contribuent ainsi à réduire les émissions agricoles. C'est par exemple le cas du deuxième pilier de la politique agricole commune (PAC) avec les mesures agro-environnementales ou le plan de performance énergétique.

Le dispositif des « marchés du carbone » propose quant à lui une approche, par construction, plus intégratrice, car indifférente aux secteurs économiques. Mais de par ses caractéristiques – émissions diffuses, dépendant de paramètres bioclimatiques difficiles à saisir, et dont les mécanismes biophysiques en jeu ne sont pas toujours bien connus –, le secteur agricole y a aujourd'hui une place bien particulière. L'objectif de cet article est donc de situer l'agriculture, de l'agrofourmiture et de l'agroalimentaire, dans ces différents cadres.

Dans un premier temps, nous présenterons les mécanismes génériques des marchés carbone. Le marché inter-États du protocole de Kyoto (1), impose une contrainte sur les émissions des pays développés l'ayant ratifié, et le secteur agricole y est inclus dans les objectifs de réduction des émissions de GES. En revanche, le marché européen du carbone, l'EU ETS (2), s'il concerne l'amont (production d'intrants) et l'aval (industries agroalimentaires), ne prévoit aucune contrainte sur les émissions de N₂O et CH₄ liées à l'agriculture *stricto sensu*. Le mécanisme de la compensation carbone (3) permet de générer dans le cadre de projets, des crédits carbone qui peuvent être revendus, suivant le label utilisé, à différents types d'acteurs, sur les marchés dits de conformité (Kyoto, EU ETS), ou sur le marché dit « volontaire ».

1. Données issues du GIEC 2007, cf. Van der Werf *et al.*, 2009.

Dans un second temps, nous établirons que, à l'heure où les marchés de conformité sont saturés en crédits carbone, la « compensation volontaire » apparaît comme une voie privilégiée pour assurer un débouché aux crédits issus des projets agricoles. Pour ce faire, nous passerons en revue les différents labels (4), avant d'étudier un exemple de projet réalisé en France (5).

NB : une liste des sigles et définitions utilisés figure en fin d'article.

1. Le marché inter-États du protocole de Kyoto

1.1. Vue d'ensemble

Le protocole de Kyoto, signé en 1997 et entré en vigueur en 2005, fixait une contrainte de réduction des émissions de six GES pour les trente-huit pays dits de « l'Annexe B² » l'ayant ratifié, soit l'ensemble des pays industrialisés et de l'ex-bloc soviétique – à l'exception des États-Unis et du Canada. L'objectif de réduction des émissions de GES, tous secteurs confondus – y compris les émissions agricoles –, était de – 5 % sur la période 2008-2012 par rapport à 1990, avec un objectif différencié pour chacun des pays. Cet objectif se matérialise par le nombre de quotas carbone que se voit attribuer le pays, dits Unités de Quantité Attribuée (UQA), aussi appelées « Quotas Kyoto », correspondant à une tonne de CO₂ (à ne pas confondre avec les « quotas » du marché européen, cf. *infra*). La France a par exemple reçu 2 820 millions d'UQA, soit 564 millions par an, ce qui correspondait à son objectif de stabilisation de ses émissions au même niveau que 1990.

Depuis 2013, le protocole de Kyoto est entré dans sa deuxième phase d'engagement, KP-CP2 (2013-2020). Les engagements pris par les États pour la KP-CP2 à Copenhague en 2009 sont à géométrie variable et devraient aboutir à une réduction de 18 % des émissions par rapport à 1990 (Conseil économique pour le développement durable, 2010). Il faut cependant noter que plusieurs pays sont sortis du protocole de Kyoto pour cette deuxième période (Russie, Japon et Nouvelle-Zélande).

Les pays de l'annexe B doivent remettre tous les ans un inventaire des émissions de GES au secrétariat de la Convention cadre des nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et devront restituer en 2015, lorsque les inventaires 2012 auront été vérifiés, autant d'actifs carbone que leurs émissions sur la période 2008-2012. Ces actifs carbone peuvent être soit des UQA, soit des crédits Kyoto issus de projets de compensation carbone qui viennent s'y ajouter (cf. *infra*).

Pour se mettre en conformité, les pays ont donc trois moyens d'action (figure 1) :

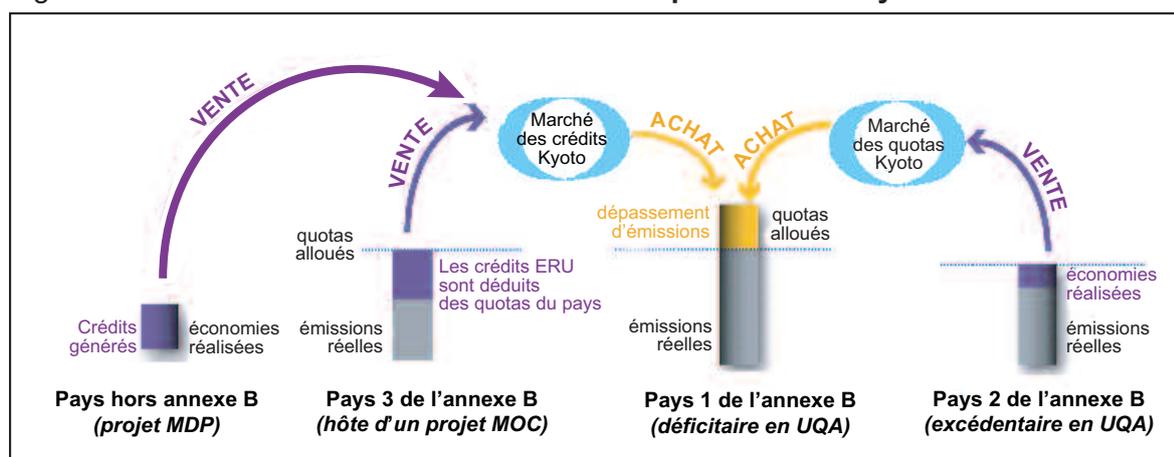
a. réduire leurs émissions : elles doivent donc être calculées pour chaque pays et les inventaires nationaux sont soumis annuellement à la CCNUCC ;

2. Il s'agit de l'annexe B du protocole de Kyoto (1998) qui correspond à la liste des parties l'ayant ratifié. Voir p. 24 du protocole : <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>

b. acheter des quotas Kyoto aux pays excédentaires, ce qui correspond au principe *cap-and-trade*³ ;

c. acheter des crédits Kyoto, générés par les projets de compensation carbone. Si le projet est mis en place dans un pays hors annexe B, donc dans un pays où il n'y a pas de contrainte sur les émissions, il doit être labellisé par le mécanisme pour un développement propre (MDP) et les crédits générés sont des unités de réduction certifiées d'émissions (URCE ou CER en anglais). Dans le cas contraire, il doit participer à la « mise en œuvre conjointe » (MOC)⁴ et générera alors des unités de réduction d'émission (URE ou ERU en anglais).

Figure 1 - Les mécanismes de marché issus du protocole de Kyoto



Source : CDC Climat Recherche

1.2. Comptabilité des émissions agricoles dans les inventaires nationaux « Kyoto »

Afin que les données des inventaires nationaux soient exploitables, les pays doivent appliquer les lignes directrices et les guides de bonnes pratiques du GIEC. Ils doivent renseigner les émissions et les absorptions par secteur et expliciter les méthodologies utilisées, les facteurs d'émissions et les niveaux d'activités retenus ainsi que les niveaux d'incertitudes en accord avec les trois niveaux de précision proposés par le GIEC :

« **Tiers 1** » : ce niveau de méthode est utilisé pour les sources qui n'ont pas été identifiées comme sources clés. Le produit du niveau d'activité du secteur et de facteurs d'émissions standards (GIEC) donne une estimation des émissions réelles.

3. Chaque État reçoit une quantité de quotas qui lui est allouée correspondant à son objectif en termes d'émissions de GES, il s'agit du « cap ». Les États doivent ensuite restituer autant d'actifs carbone (quotas et crédits) que leur niveau d'émission (1 actif carbone = 1 tonne de CO₂eq). Les pays excédentaires peuvent vendre leurs quotas aux pays déficitaires, il s'agit du « trade ».

4. Afin de respecter le plafond d'émissions imposé à chaque pays de l'annexe B et d'éviter qu'une même réduction d'émissions ne soit comptée deux fois, les crédits MOC (générés dans ces pays), ne sont pas « créés » mais sont issus de la conversion des quotas alloués au pays (UQA).

« **Tiers 2** » : pour ce niveau de méthode, les facteurs d'émissions doivent être spécifiques au secteur d'activité et à la région.

« **Tiers 3** » : ce niveau de méthode est le plus précis et donc le plus coûteux. Il est employé lorsque des modèles spécifiques d'émissions sont disponibles ou lorsque des mesures directes sont effectuées.

Les inventaires segmentent les émissions nationales en six champs sectoriels : l'énergie, les processus industriels, les solvants, l'agriculture, les déchets et le secteur de « l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et de la forêt » (UTCATF ou LULUCF en anglais).

Les émissions de la filière AAA se retrouvent donc incorporées au sein de quatre catégories :

- **énergie** : comprenant les émissions de CO₂ liées à l'activité de combustion au niveau des industries de ces secteurs (production d'intrants, de machines agricoles, industries agroalimentaires), la consommation des bâtiments d'élevage, des serres chauffées, des tracteurs, etc. ;
- **processus industriels** : comprenant les émissions de N₂O lors du procédé de fabrication des engrais azotés ;
- **agriculture** : comprenant les émissions de CH₄ et de N₂O liées à la fermentation entérique, à la gestion des déjections animales, à la riziculture, à la fertilisation des sols, au brûlage sur place des déchets agricoles ;
- **UTCATF** : comprenant les émissions et absorptions de GES liées à la conversion des terres entre forêt, cultures, prairies, zones humides et zones urbaines⁵. Hors changement d'usage des terres, ce secteur comptabilise les changements de stock de carbone dans le sol associés à des changements de pratiques tels que la présence de cultures pluriannuelles dans l'assolement, le labour ou la jachère.

Pour tous les secteurs hors UTCATF, le niveau d'émissions est comparé à l'objectif de réduction par rapport à l'année de référence (en général 1990). La comptabilisation du secteur UTCATF présente plusieurs particularités. Pour les changements de stock de carbone dans les sols cultivés ou les prairies en particulier, la comptabilisation suit les règles de l'article 3.4 du protocole de Kyoto :

- **la comptabilisation est optionnelle** : seuls les pays ayant choisi de comptabiliser les flux de carbone liés à la gestion des cultures et/ou à la gestion des pâturages – à savoir le Canada⁶, le Danemark, l'Espagne et le Portugal – sont concernés ;
- **les pays ne reçoivent pas d'UQA pour ces activités** : si les émissions du secteur UTCATF sont supérieures (ou la séquestration inférieure) à 1990, les pays doivent annuler un nombre de quotas (UQA) équivalent parmi ceux qui leur ont été attribués. Dans le cas contraire ils reçoivent des Unités d'Absorption (UA) venant s'ajouter aux UQA pour l'atteinte de leurs objectifs Kyoto.

5. À titre d'exemple, une forêt stocke plus de carbone qu'une terre cultivée, ainsi, la conversion d'une forêt en culture entraîne des émissions de carbone.

6. Le Canada s'étant retiré du Protocole de Kyoto, la comptabilisation s'est arrêtée pour l'inventaire 2011 (soumis en 2013).

2. Le système européen d'échange de quotas (EU ETS)

Pour atteindre les objectifs Kyoto, l'Europe a mis en place un marché régional d'échange de quotas qui place la contrainte carbone non plus sur les États, mais au niveau des sites industriels. C'est à l'heure actuelle le plus gros marché carbone dans le monde.

2.1. Vue d'ensemble

L'EU ETS⁷ plafonne depuis 2005 les émissions de CO₂ des installations industrielles les plus émettrices des 28 États membres (avec la Croatie, membre de l'UE depuis juillet 2013). Depuis 2008, ils ont été rejoints par trois pays de la zone économique européenne (Norvège, Islande, Liechtenstein). Les activités concernées sont la combustion (production électrique, chauffage urbain, cogénération et raffineries) et la production de métal (dont fer et acier), de ciment, de verre, de papier et depuis 2013 la production d'acide nitrique et d'ammoniac. L'EU ETS couvre environ 41 % des émissions anthropiques européennes de GES.

Les émissions des installations sont vérifiées chaque année. Elles doivent être couvertes par la restitution d'une quantité équivalente d'actifs carbone auprès de la Commission européenne. Afin d'assurer cette conformité, les installations doivent donc réduire leurs émissions et/ou acheter des EUA (*European Union Allowance*) sur le marché. Elles peuvent par ailleurs, dans une certaine mesure, recourir aux crédits Kyoto issus des projets MDP et MOC :

- **restituer des EUA** : les installations assujetties peuvent restituer les EUA qu'elles ont reçues, sachant qu'elles ont la possibilité d'en emprunter sur l'année suivante et d'en reporter d'une année sur l'autre (*banking*). Elles peuvent également en acheter sur le marché secondaire : les installations qui peuvent réduire leurs émissions à faible coût émettent moins et vendent donc leurs quotas aux installations dont les coûts de réduction sont élevés, c'est précisément le principe du « *cap-and-trade* ». Enfin, elles peuvent en acheter sur le marché dit « primaire », c'est-à-dire les mises aux enchères d'EUA par les États membres qui ont lieu régulièrement ;
- **utiliser des crédits Kyoto (MDP et MOC)** : l'autorisation de recourir à ces crédits est limitée. Cette limite correspond à un total de 1,6 milliard de crédits cumulé sur l'Europe pour la période 2008-2020. Cette limite a été atteinte mi-2012 (Alberola *et al.*, 2014) ;
- **atténuer les émissions** : les opérateurs peuvent également mettre en place des changements de pratiques ou des nouvelles technologies permettant de réduire les émissions.

Après deux premières phases, l'EU ETS en est à sa troisième période d'application qui a commencé dès janvier 2013 et qui s'achèvera en 2020. La première (2005-2007) correspondait à une phase de test permettant d'acquérir de l'expérience et de mettre en place les structures nécessaires au fonctionnement du marché. Durant cette période, le marché était long, autrement dit, il était excédentaire en actifs carbone. L'impossibilité de transférer ces actifs en phase 2 a fait chuter le prix des quotas européens⁸ à zéro, ceux-ci n'ayant plus de valeur en fin de période.

7. EU ETS signifie en anglais « *European Union Emissions Trading Scheme* », soit « Système communautaire d'échange de quotas d'émissions » (SCEQE) en français.

8. Comme pour les UQA, les URE et les URCE, les quotas européens représentent 1 tonne de CO₂eq.

La deuxième phase (2008-2012) correspondait à la période d'engagement du protocole de Kyoto. Plus le plafond était bas et plus l'effort d'atténuation des émissions en vue d'atteindre les objectifs de Kyoto était porté par les secteurs de l'EU ETS. En effet, comme il a été présenté dans la première partie, les États pouvaient également, toujours dans le cadre de Kyoto : i) réduire leurs émissions y compris dans d'autres secteurs que ceux couverts par l'EU ETS (bâtiment, transports et agriculture notamment), ii) acheter des quotas Kyoto aux pays excédentaires et iii) acheter des crédits issus des projets MDP et MOC. Pour pouvoir atteindre leurs objectifs, il était donc impératif que les États fixent un plafond suffisamment bas pour les installations assujetties à l'EU ETS. Ainsi, pour les installations déjà couvertes en première phase, le plafond a diminué de 11,8 % lors de la deuxième phase, ce qui correspond à une baisse de 5,2 % des émissions totales vérifiées (anciennes installations et nouvelles installations assujetties) par rapport à la première période⁹. Si la Commission européenne a été beaucoup plus ferme quant à la détermination des plafonds nationaux lors de cette deuxième phase, elle est très peu intervenue dans la répartition interne des quotas, qui a été laissée à la discrétion des États.

Depuis janvier 2013, la troisième phase a commencé, correspondant à la deuxième période d'engagement du protocole de Kyoto (2013-2020). L'objectif est de réduire les émissions de 21 % par rapport à 2005 d'ici 2020. Il y a donc un durcissement de la contrainte par rapport aux deux premières phases. D'autre part, la vente des quotas aux enchères tendra à devenir la règle, puisque la réglementation prévoit le passage progressif de 20 % de quotas attribués aux enchères en 2013, à 70 % en 2020, à l'exception des secteurs présentant un risque de « fuite de carbone »¹⁰ qui, eux, recevront 100 % de leur allocation gratuitement. Enfin, l'allocation en quotas pour chaque installation, qui était basée sur les émissions historiques (*grandfathering*), est calculée depuis 2013 selon des critères de performance en prenant en général comme référence les 10 % des installations les plus efficaces par type de production sur la période 2007-2008 (*benchmarking*). Il est ensuite appliqué à ce benchmark un niveau d'activité déterminé par les niveaux de production historique des installations. Les secteurs à risque de fuite de carbone recevront donc 100 % de ce benchmark multiplié par leur niveau d'activité historique sous forme d'allocation gratuite.

À ce jour, l'agriculture, dans sa définition onusienne¹¹, ne fait pas partie du périmètre de l'EU ETS. En effet, l'Europe a fait le choix d'inclure dans le marché européen uniquement les grosses installations industrielles et de production énergétique, pour lesquelles les émissions sont mesurables à faibles coûts et avec une bonne précision. Autrement dit, aucune contrainte directe de réduction sur les émissions agricoles n'est imposée aux exploitations agricoles dans le cadre de l'EU ETS. Les secteurs « diffus » (agriculture, transport, bâtiment) sont toutefois concernés par l'ESD (*Effort Sharing Decision*)¹² avec un objectif global de réduction des émissions de 10 % par rapport à 2005 d'ici 2020, mais il ne se traduit par aucune contrainte individuelle.

En revanche, lorsque l'on considère les industries en amont (producteurs d'engrais, de produits phytosanitaires, d'alimentation animale, etc.), en aval (secteur agroalimentaire) et en incluant la consommation d'énergie au sein des exploitations, une partie de ces émissions se retrouve dans le périmètre de l'EU ETS. En effet, dès 2005, un certain nombre d'installations de « l'Agrofourniture, Agriculture, Agroalimentaire » (AAA) étaient couvertes pour

9. D'après le Community Independent Transaction Log (CITL).

10. Secteurs pour lesquels il existe un risque de délocalisation des installations hors des pays couverts par l'EU ETS.

11. Cela correspond aux émissions de N₂O et CH₄ liées à la fermentation entérique, à la gestion des déjections, à la riziculture, aux cultures et pâturages et au brûlage des résidus de cultures.

12. L'ESD découle également du paquet climat énergie.

leur activité de combustion. À partir de 2008, l'extension du périmètre aux émissions de N₂O liées à la production d'acide nitrique et d'ammoniac – nécessaires à la fabrication d'engrais –, dans quelques pays, est venue renforcer la place de la filière dans l'EU ETS. La généralisation de cette extension en 2013 va dans le même sens.

2.2. Une vingtaine d'activités agroalimentaires ou liées à l'agriculture concernées par l'EU ETS

Plus de 900 installations de l'AAA sont assujetties à l'EU ETS (tableau 1).

Tableau 1 - Installations de l'Agrofourniture, Agriculture et Agroalimentaire (AAA) assujetties à l'EU ETS en phase 1 et 2 (2005-2012)

Secteurs	Activités	Nombre d'installations		Émissions vérifiées moyennes par installation (tCO ₂)	
		2005-2007	2008-2012	2005-2007	2008-2012
Production d'intrants et de matériel agricole	Production d'engrais azotés	25	32	134 576	137 318
	Production d'intrants chimiques	10	13	87 522	84 553
	Production de machines agricoles	2	2	5 848	3 573
	Alimentation animale	23	29	17 949	16 682
	Déshydratation	1	0	39 536	0
	Sous-totaux	61	76	–	–
Exploitations agricoles	Serres	8	69	13 311	14 680
Industries agroalimentaires	Équarrissage	0	5	0	2 280
	Laiteries	135	130	21 187	18 351
	Viande	49	48	13 279	12 818
	Fruits et légumes	93	110	17 173	15 035
	Sucreries	154	148	51 038	44 384
	Céréales et amidon	41	39	92 884	88 794
	Huiles et graisses	56	68	32 754	28 825
	Boissons alcoolisées et non alcoolisées	51	60	39 529	38 340
	Brasseries	71	89	14 563	12 039
	Autres - Agroalimentaire	70	95	23 159	21 023
	Sous-totaux	719	792	–	–

Note : le nombre d'installations correspond à la moyenne du nombre d'installations par activité sur la période indiquées.

Source : CDC Climat Recherche à partir des données du CITL¹³

13. Les données issues de ce travail ont été mises à jour en utilisant les données actualisées du registre européen, le CITL, afin de rendre cette classification la plus exhaustive possible. Dans le CITL, les installations ne sont pas référencées selon leur secteur d'activité. Cependant, la Commission européenne avait en 2009 identifié le code NACE – nomenclature des activités économiques dans la Communauté européenne – d'une grande partie des installations couvertes par l'EU ETS.

2.2.1. La production d'intrants et de matériel agricoles

Les producteurs d'intrants agricoles comptent plus de 60 installations recensées. Les industries de fabrication d'engrais azotés sont les premières concernées avec une trentaine d'installations. Elles sont principalement situées en France, en Espagne et en Allemagne. Ce sont de grosses installations, fortement émettrices avec en moyenne 135 ktCO₂/an émises en première période et 143 ktCO₂e/an en seconde période. Cette augmentation entre les deux périodes est principalement due à la prise en compte des émissions de N₂O à partir de 2008 pour quelques installations.

Les producteurs de produits phytosanitaires sont également fortement émetteurs avec environ 90 ktCO₂/an émises par installation en moyenne, mais seulement une dizaine de sites sont concernés.

Les producteurs d'alimentation animale comptent une vingtaine d'installations faiblement émettrices avec moins de 20 ktCO₂/an. Les installations de déshydratation de la luzerne qui entrent dans la catégorie « producteurs d'alimentation animale » font ici l'objet d'une catégorisation spécifique car ils ont bénéficié de l'exclusion du système communautaire au titre de l'article 27 de la directive EU ETS (*opt-out*). Cet article permet l'exclusion des petites installations faisant l'objet de mesures de réduction équivalentes à leur inclusion dans le système d'échanges de quotas. Les unités de déshydratation ont ainsi pu mettre en place un projet domestique de compensation carbone qui fera l'objet de l'étude de cas traitée à la fin de cet article. Les installations de déshydratation de la luzerne sont cependant entrées dans l'EU ETS depuis 2013 (début de la phase III) car la possibilité d'exclure des installations a été complétée d'une double limite portant sur la puissance thermique (35 MW) et les quantités de CO₂ émises (25 ktCO₂/an) des sites industriels. L'unique installation de déshydratation de la luzerne assujettie à l'EU ETS entre 2005 et 2007, située aux Pays-Bas, est sortie du périmètre lors de la deuxième période.

2.2.2. Les exploitations agricoles

Parmi les exploitations agricoles, seules les serres chauffées sont assujetties à l'EU ETS. Situées majoritairement aux Pays-Bas, leur nombre a drastiquement augmenté passant de huit installations en première phase à soixante-huit lors de la deuxième phase. Il s'agit en fait des conséquences du choix des Pays-Bas de recourir à l'article 27 lors de la première phase pour les installations de moins de 25 ktCO₂. Selon les autorités néerlandaises, il existait en effet un certain nombre de mesures pour ces petites installations permettant de réduire de manière équivalente les émissions par rapport à ce qui aurait été fait dans le cadre de l'EU ETS.

La filière agricole connaît une forte progression du nombre d'installations entre les phases II et III avec notamment l'entrée dans l'EU ETS des déshydrateurs de luzerne, avec une vingtaine de sites en France et des séchoirs à grains, avec une cinquantaine de sites. Les séchoirs à grains sont des sites faiblement émetteurs (< 10 ktCO₂e), ainsi leur entrée dans l'EU ETS n'aura pas un impact significatif sur le taux de couverture des émissions agricoles. Les sites de déshydratation sont en revanche un peu plus émetteurs, mais restent en dessous de 30 ktCO₂e en moyenne.

En revanche, l'inclusion des émissions de N₂O liées à la production d'acide nitrique et d'ammoniac va avoir davantage d'impact sur le poids des émissions de la filière agricole couvertes par l'EU ETS avec des installations qui vont recevoir en moyenne 230 000 quotas gratuits par an en troisième phase en France.

2.2.3. Les industries agroalimentaires

Le nombre de sites appartenant au secteur agroalimentaire est majoritaire avec plus de 700 installations. Ce secteur est dominé par les sucriers avec 154 installations en première période et 125 en seconde période. Cette baisse est liée à une restructuration du secteur vers des unités de production de plus grande capacité. Cela explique l'augmentation des émissions vérifiées moyennes par site entre les deux phases passant de 51 à 56,5 ktCO₂. Les installations sucrières sont majoritairement présentes en France avec une trentaine de sites, en Allemagne avec une vingtaine de sites et en Pologne avec une dizaine de sites.

Les laiteries sont également relativement nombreuses avec en moyenne 135 sites en première période et 121 en deuxième période. Elles sont également majoritairement présentes en France, avec une trentaine de sites concernés. Une quinzaine de sites sont inclus dans l'EU ETS en Pologne, et une dizaine en Allemagne, en Espagne, en Italie, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni. Ce sont des installations moins émettrices avec en moyenne 20 ktCO₂ par an contre 50 20 ktCO₂ pour les sucreries.

Les transformateurs de fruits et légumes comptent une centaine de sites assujettis à l'EU ETS. Ils sont principalement situés en Italie avec une trentaine de sites ainsi qu'en Espagne et en France avec une petite vingtaine chacun.

Concernant les producteurs de boissons, ce sont les brasseries qui dominent en termes d'installations d'où leur catégorisation dans une rubrique particulière. Elles sont majoritairement présentes en Allemagne avec une quinzaine d'installations et en Espagne ainsi qu'au Royaume-Uni avec une dizaine d'installations chacun.

Les amidonniers ne comptent qu'une quarantaine de sites mais sont fortement émetteurs avec plus de 90 ktCO₂/an émises en moyenne par installation. Ils sont principalement présents en France avec 10 installations ainsi qu'en Allemagne, Espagne et Pays-Bas avec 6 installations dans chaque pays.

Les industries de production d'huile et de graisses végétales comprennent une soixantaine de sites émettant en moyenne un peu plus de 30 ktCO₂/an.

3. La compensation carbone

3.1. Vue d'ensemble

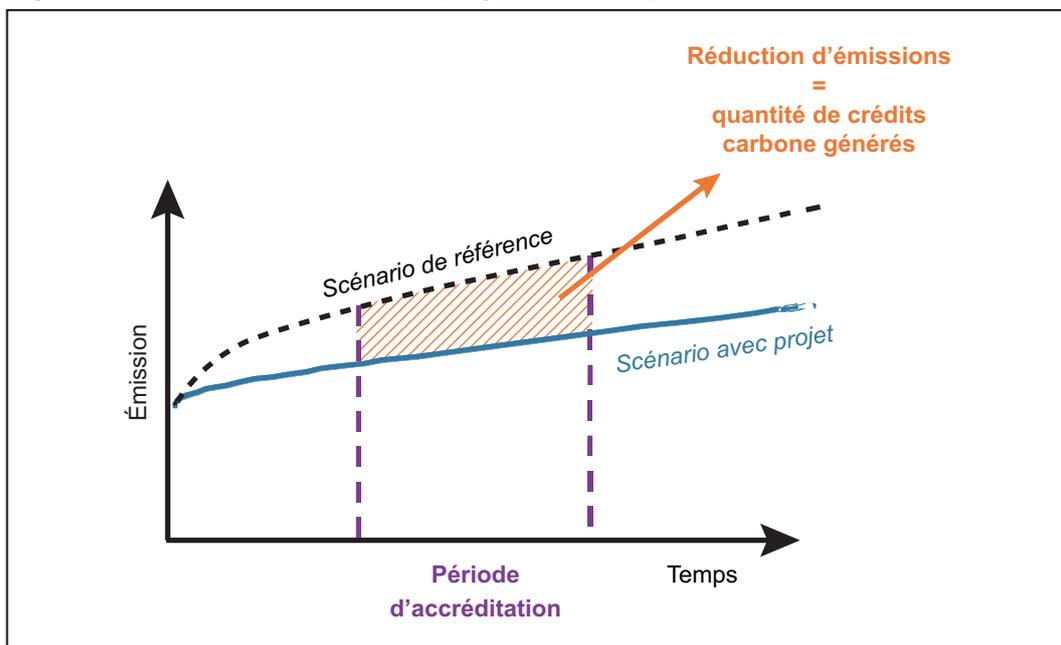
En lien avec les contraintes d'émissions décidées au niveau inter-États et déclinées dans les dispositifs régionaux, la compensation carbone apporte une incitation économique à réduire les émissions agricoles. En effet, la mise en place de pratiques réduisant l'impact CO₂ (fertilisation raisonnée, utilisation de la biomasse agricole en substitution de l'énergie fossile, etc.) permet de générer des crédits qui peuvent être revendus, suivant le label utilisé, à différents types d'acteurs. Les crédits certifiés « Kyoto » peuvent être vendus indifféremment sur les marchés de conformité ou sur le marché volontaire, alors que les crédits

certifiés par des labels volontaires (VCS, GS, etc.) ne peuvent être vendus que sur le marché volontaire. Cependant, à l'heure où le marché de conformité est saturé en crédits carbone, la compensation volontaire est la voie privilégiée pour assurer un débouché aux crédits issus des projets agricoles.

3.2. Mécanisme

Les projets de compensation carbone permettent d'éviter des émissions de GES et de générer en contrepartie autant de crédits carbone que d'émissions évitées. Celles-ci sont mesurées par différence avec un scénario de référence correspondant à la situation « sans projet » (figure 2).

Figure 2 - Fonctionnement des projets de compensation carbone



Source : CDC Climat Recherche

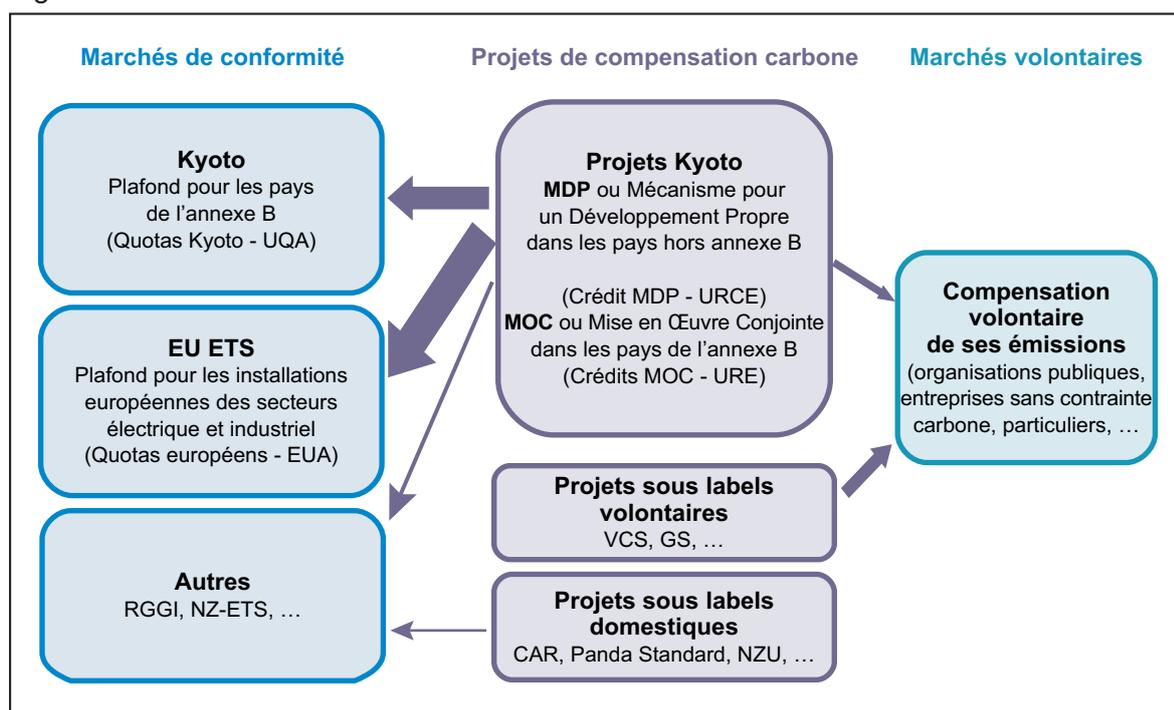
La demande pour ces crédits peut être segmentée en deux catégories (figure 3) :

- **la demande dite « de conformité »** découle d'une obligation réglementaire (l'EU ETS, le marché inter-États du protocole de Kyoto, etc.). Le plus souvent, les systèmes de tarification du carbone autorisent leurs assujettis à restituer des crédits en lieu et place du paiement de la taxe ou de la restitution de quotas. Le régulateur définit alors les critères de qualité requis. Ainsi, seuls les crédits « Kyoto » issus de projets certifiés Mécanisme pour un développement propre (MDP) ou Mise en œuvre conjointe (MOC) par les Nations unies sont autorisés sur l'EU ETS. La réglementation concernant le RGGI¹⁴, par exemple, accepte uniquement des crédits issus de projets situés aux États-Unis et respectant les règles du RGGI ;

14. Regional Greenhouse Gas Initiative : ce marché couvre 9 États de la côte est des États-Unis. Elle constitue la première initiative américaine de marché d'échange de quotas et a pour objectif de réduire de 10 % les émissions de CO₂ des installations de production d'électricité en 2018 par rapport à 2009.

- **la demande dite « volontaire »** provient d'entités, généralement des entreprises qui n'ont pas de contrainte réglementaire en matière d'émissions de GES mais qui se sont fixé elles-mêmes un objectif de réduction, principalement pour des raisons de communication environnementale. Quand elles ne parviennent pas à atteindre cet objectif par les seules réductions internes, et *a fortiori* quand elles souhaitent afficher une « neutralité carbone », elles achètent des crédits pour combler l'écart. En dehors de tout cadre réglementaire, ces entités ont recours à des labels de qualité plus divers : crédits « Kyoto », bien sûr, mais aussi des crédits issus de projets labellisés par des labels volontaires comme le *Gold Standard (GS)* ou le *Verified Carbon Standard (VCS)*.

Figure 3 - Demande de conformité et demande volontaire des crédits carbone



Source : CDC Climat Recherche

3.2. Les six critères de qualité d'un projet de compensation

Quel que soit le label, les projets agricoles doivent dans tous les cas remplir six principaux critères de qualité pour être certifiés et commercialisables :

- l'additionnalité** : le porteur de projet doit démontrer que le projet n'aurait pas été mis en œuvre en l'absence de crédits carbone (un projet qui aurait été rentable sans l'obtention de crédits n'est en général pas éligible). La démonstration financière de l'additionnalité peut toutefois être remplacée par la démonstration de l'existence de barrières technologiques ou culturelles à la mise en œuvre du projet. Les labels définissent de plus en plus des seuils minimaux de performance comme critère d'évaluation de l'additionnalité. Dans tous les cas, preuve devra être faite que le projet va au-delà des préconisations réglementaires du pays où le projet se réalise ;

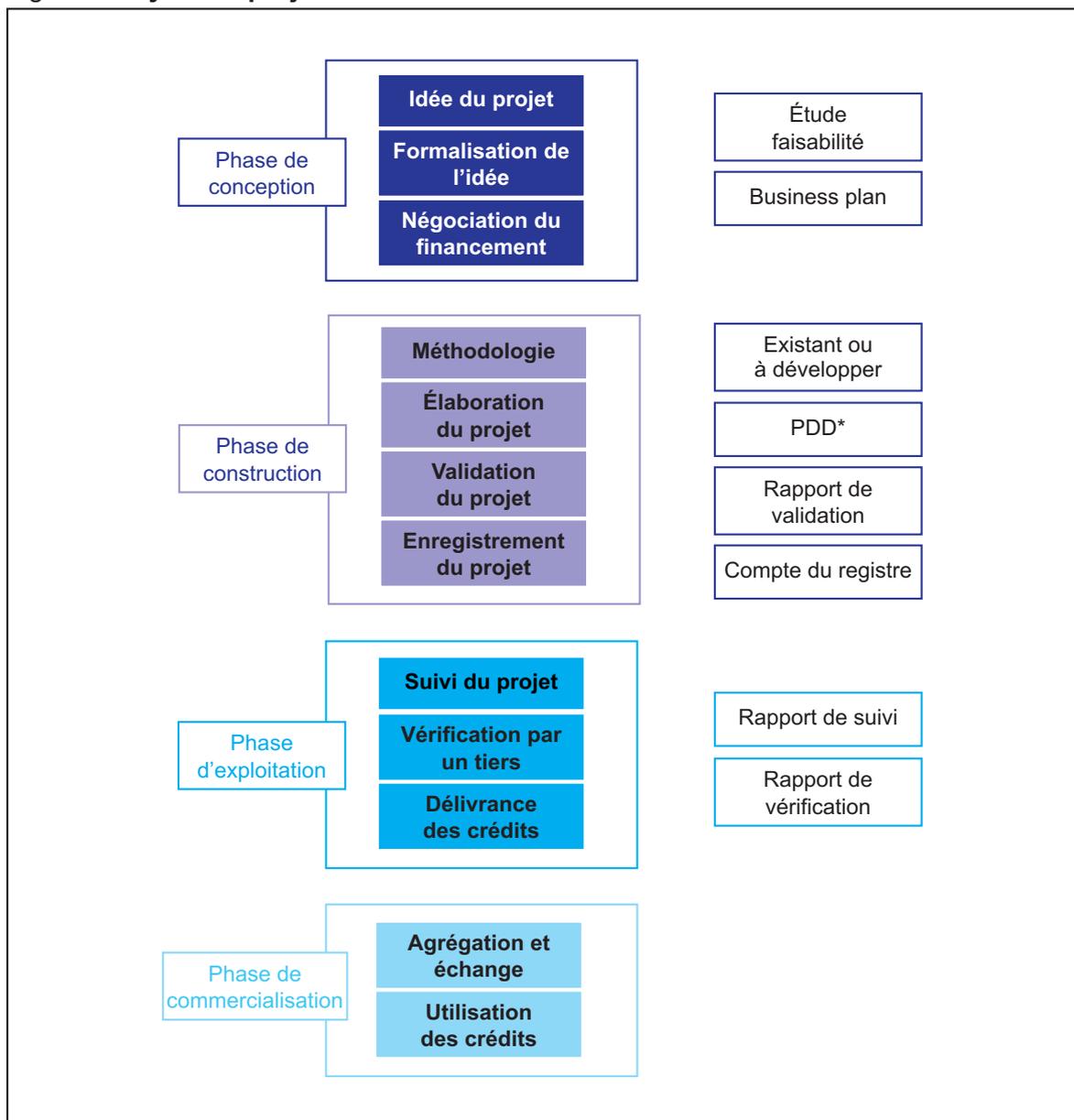
- b. le suivi** : les émissions ou la séquestration font l'objet d'un plan de suivi (*monitoring*) quantitatif tout au long de la période de comptabilisation. Une méthodologie approuvée par le label concerné décrit la méthode de calcul des émissions/séquestrations du projet et de son scénario de référence. La différence entre les deux correspond à la quantité de crédits carbone générés par le projet. De plus, la méthodologie détermine comment prendre en compte les *fuites*, c'est-à-dire les émissions indirectes – réalisées hors du périmètre du projet – dues à la mise en œuvre du projet¹⁵ ;
- c. la vérification** : les crédits ne sont obtenus qu'après la réalisation des réductions d'émission et leur vérification par un auditeur indépendant et accrédité ;
- d. la traçabilité** : les crédits sont émis dans un registre. Un numéro de série permet de s'assurer de leur origine et de la correspondance entre un crédit et une tonne équivalent CO₂ évitée ou séquestrée ;
- e. la permanence** : le carbone stocké dans le sol ne l'est pas indéfiniment. Par exemple, un projet d'arrêt du labour permet de stocker du carbone dans le sol sur une certaine période (avant d'atteindre saturation), mais si le sol est labouré de nouveau, le carbone séquestré est alors libéré dans l'atmosphère. La plupart des labels ont mis en place un mécanisme d'assurance pour garantir à l'acheteur le remplacement des crédits au cas où le projet de compensation carbone s'avérerait défaillant ;
- f. le non double-compte** : la traçabilité des unités de carbone qui s'échangent sur les marchés est une condition nécessaire pour asseoir leur crédibilité. En particulier, un projet ne peut émettre des crédits carbone que dans le cadre d'un seul programme de réduction d'émissions de GES et un crédit carbone ne peut être vendu qu'une seule fois. Ainsi dans le cadre du Protocole de Kyoto, un projet réduisant les émissions d'un État de l'annexe B doit obtenir que l'État lui rétrocède une quantité équivalente de quotas nationaux (UQA). Cela permet de garantir que les mêmes réductions ne sont pas vendues une fois par le porteur de projet (sur le marché de l'EU ETS par exemple), et une seconde fois par l'État-hôte (sur le marché inter-États de Kyoto). En dehors du cadre du Protocole, et notamment pour des échanges au sein d'un même État ou sur le marché volontaire, la pertinence de ce critère est sujette à discussion.

3.3. Le cycle de vie d'un projet

Le développement d'un projet est un processus composé de différentes étapes qui s'étalent en général sur deux à trois ans. Depuis l'identification d'une opportunité de projet, son évaluation technique et financière, jusqu'à sa formalisation, le processus de certification carbone impose un certain nombre de contraintes avant que le projet puisse délivrer des crédits carbone (figure 4).

15. C'est par exemple le cas dans le cadre des projets de reforestation sur des terres agricoles où les porteurs de projet doivent démontrer que la production agricole ne sera pas délocalisée.

Figure 4 - Cycle de projet



* *Project Design Document - Document d'élaboration de projet.*
 Source : CDC Climat Recherche et ministère de l'Environnement

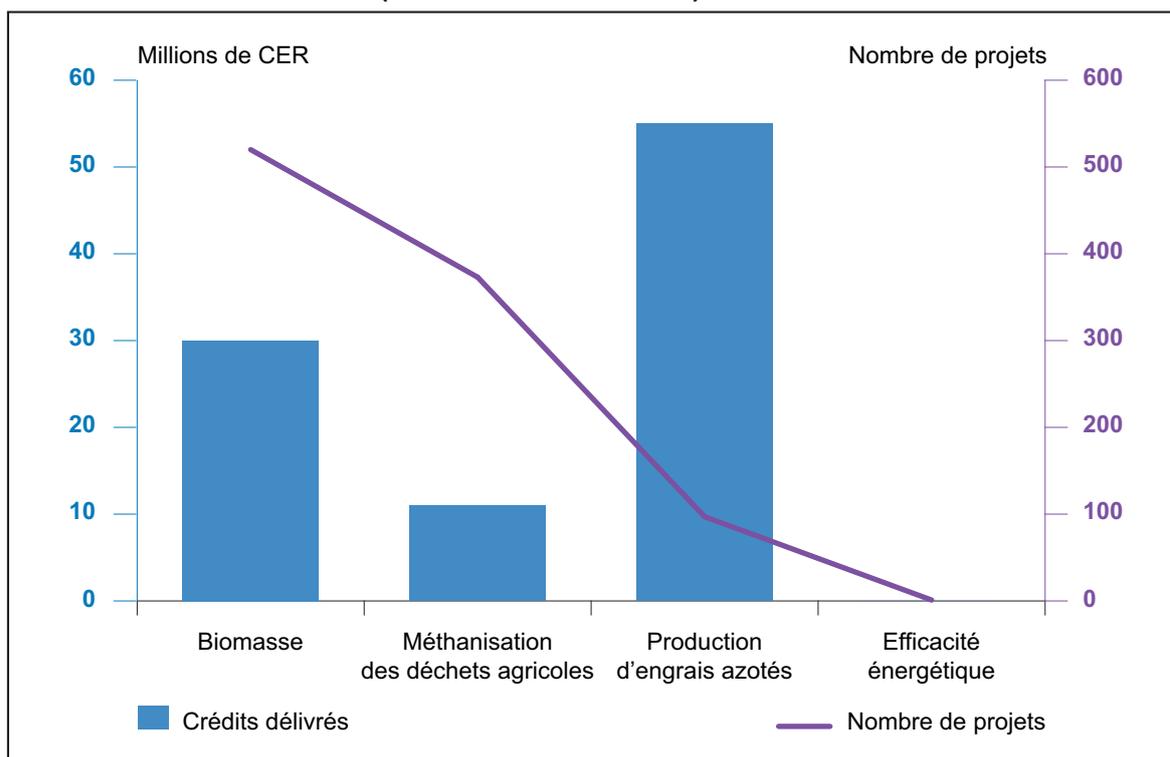
4. La place du secteur agricole dans les différents labels

4.1. Les projets relevant du « Mécanisme de Développement Propre » (MDP)

Ce mécanisme permet d'obtenir des unités de réduction certifiées d'émissions (URCE ou CER en anglais) certifiées par les Nations Unies en finançant des projets de réduction des émissions dans un pays en développement (hors annexe B).

Au 1^{er} novembre 2013, près de 1 000 projets agricoles étaient enregistrés sous ce label. Parmi ces projets, 520 sont des projets de bioénergies qui ont permis de générer 30 millions de CER, 373 sont des projets de méthanisation des déchets agricoles qui ont généré 11 millions de CER, une centaine, sont des projets de réduction des émissions de N₂O lors de la fabrication d'engrais azotés qui ont généré 55 millions de CER et le dernier projet est un projet de mise en place de pompes efficaces en énergie pour l'irrigation qui n'a pas encore généré de crédit. C'est donc plus de 96 millions de CER qui ont été générés à travers les projets agricoles dans le cadre du MDP, ce qui représente 7 % environ de l'ensemble des crédits générés sous le label MDP (1 400 millions de CER).

Figure 5 - Nombre de projets agricoles et quantité de crédits délivrés dans le cadre du MDP (au 1^{er} novembre 2013)



Source : CDC Climat Recherche à partir des données de l'Unep Risoe

Les projets d'amélioration du procédé de fabrication des engrais azotés permettent de réduire de gros volumes d'émissions (310,5 ktCO₂e/an en moyenne) par rapport aux projets de type biomasse (65 ktCO₂e/an en moyenne) et par rapport aux projets de type gestion des déchets agricoles (33 ktCO₂e/an en moyenne).

Aucun projet de réduction de l'utilisation d'engrais azotés, d'arrêt de brûlage des cultures avant la récolte de la canne à sucre et de gestion améliorée des rizières n'a été enregistré malgré l'existence de méthodologies.

4.2. Les projets relevant de la « Mise en Œuvre Conjointe » (MOC)

Ce mécanisme permet de recevoir des unités de réduction d'émissions (URE, ou ERU en anglais) certifiés par les Nations Unies en finançant des projets de réduction d'émissions dans des pays de l'annexe B. Les projets peuvent concerner la plupart des secteurs d'activité tant qu'ils ne sont pas déjà couverts par un système valorisant des réductions d'émissions comme l'EU ETS. Par ailleurs, la délivrance d'URE doit s'accompagner d'une suppression équivalente d'UQA pour le pays hébergeant le projet afin d'éviter la double valorisation d'une même réduction d'émission (une fois comme réduction des émissions dans l'inventaire national engendrant une moindre restitution d'actifs carbone, et une fois en générant des crédits carbone).

En s'appuyant sur la MOC, la France a lancé en 2006 le dispositif des « projets domestiques », avec l'objectif de stimuler les réductions d'émissions de GES sur le territoire national, dans des secteurs non couverts par l'EU ETS.

En général, les projets domestiques valorisent uniquement les réductions d'émissions « visibles » dans l'inventaire national. Cela exclut par exemple la séquestration du carbone dans les sols agricoles pour les pays qui, comme la France, ont choisi de ne pas comptabiliser ce type de puits dans leurs inventaires¹⁶. Le même raisonnement vaut quand l'inventaire n'est pas assez « précis » pour repérer les émissions réduites par un projet.

Cependant, rien n'interdit à l'État de délivrer malgré tout des URE, comme cela a été fait pour le projet éco-méthane de changement d'alimentation du bétail porté par Bleu-Blanc-Cœur, projet où l'introduction de graine de lin dans l'alimentation des vaches permet de réduire les émissions de CH₄ liées à la fermentation entérique. Il s'agit alors d'une subvention à la réduction d'émissions, sous forme d'URE, sans contrepartie « Kyoto » pour l'État dont les émissions, telles que mesurées par l'inventaire national, ne baissent pas.

Au 1^{er} novembre 2013, 70 projets agricoles, de quatre types, étaient enregistrés dans le cadre de la MOC à travers les pays de l'annexe B :

- 2 projets d'efficacité énergétique au niveau des exploitations agricoles, situés en Ukraine, et ayant permis de générer 4 902 kERU ;
- 4 projets de méthanisation des effluents d'élevage en Hongrie, Pologne et Ukraine. Ils ont jusque-là permis de générer 659 kERU ;
- 11 projets de type « biomasse », générant 1 213 kERU en tout dont, deux sont localisés en France : préfanage de la luzerne en plein champ (*cf. infra*, 5.) et substitution du charbon par de la biomasse dans les fours de séchage de la luzerne ;

16. Au titre de l'article 3.4 du protocole de Kyoto, le stockage du carbone dans les sols agricoles lié à la gestion des terres cultivées, des pâturages et à la restauration du couvert végétal peut être comptabilisé dans les inventaires nationaux de manière optionnelle.

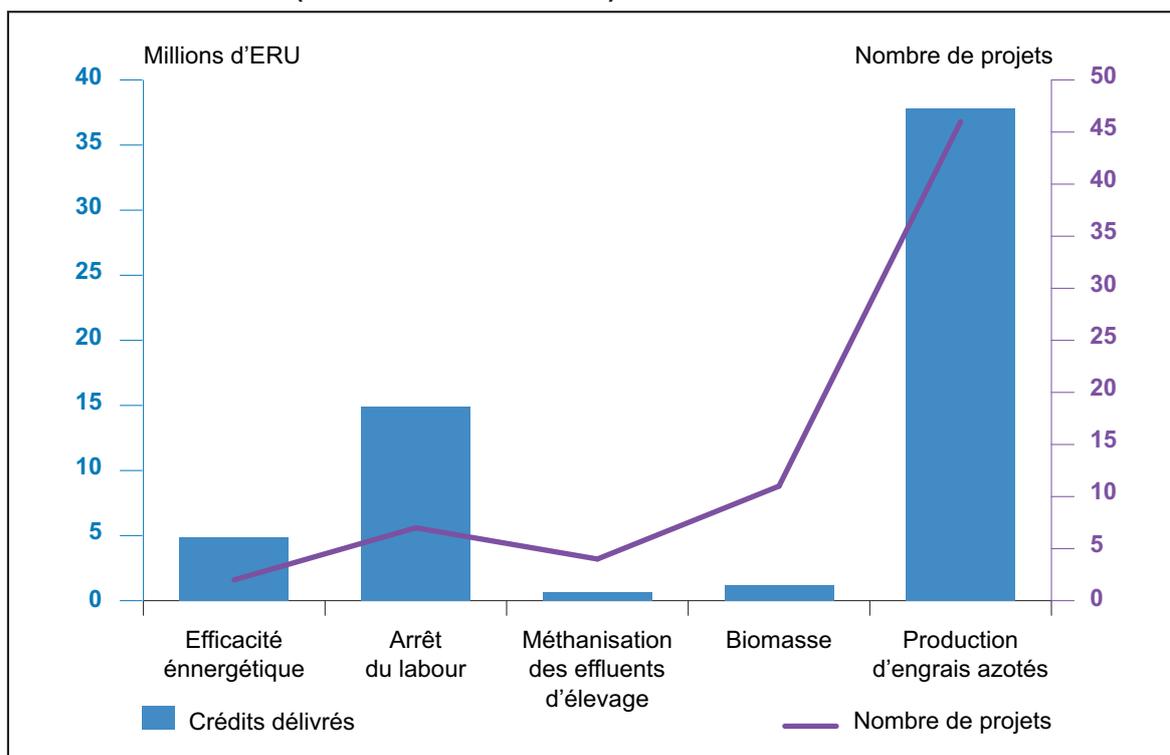
- 43 projets de réduction des émissions de N₂O lors du procédé de fabrication des engrais azotés. Ces projets ont permis de générer 37 794 kERU jusqu'à présent. Sur ces 43 projets MOC, 11 sont situés en France et ont permis de générer 2 049 kERU.

On compte également sept projets d'arrêt du labour en Ukraine. La rigueur de ces projets est sujette à caution dans la mesure où ils n'ont en principe pas d'impact sur l'inventaire Ukrainien, l'Ukraine n'ayant pas choisi de comptabiliser les sols agricoles. Ces sept projets ont d'ores et déjà permis de générer 14 922 kERU.

En France, il existe également deux méthodologies agricoles qui ont été enregistrées et qui ont donné lieu à des PoA¹⁷. La première correspond au projet Bleu-Blanc-Cœur. La deuxième correspond à l'insertion de légumineuses dans les rotations agricoles afin de réduire les émissions de protoxyde d'azote, projet porté par InVivo.

En tout, les projets agricoles ont permis de générer plus de 60 millions d'ERU soit 7,2 % de l'ensemble des crédits générés dans le cadre de la MOC, tous secteurs confondus.

Figure 6 - **Nombre de projets agricoles et quantité de crédits délivrés dans le cadre de la MOC (au 1^{er} novembre 2013)**



Source : CDC Climat Recherche à partir des données de l'Unep Risoe

17. PoA : activités de programme, permettant la mise en œuvre de projets à petite échelle reproductibles.

4.3. Les projets volontaires

Avec seulement 400 M€ et 98 MtCO₂e échangées en 2012 le marché volontaire, dont la demande n'est pas contrainte par la réglementation, est plusieurs dizaines de fois plus petit que le marché des projets « de conformité » (17 Md€ et 2 000 MtCO₂e pour les marchés primaires et secondaires du MDP et de la MOC). Néanmoins, à l'aune de la crise actuelle sur les projets MDP et MOC, patente avec un prix des crédits Kyoto s'établissant autour de 0,50 €, l'écart tend à diminuer. En effet, historiquement le prix des crédits Kyoto était corrélié au prix de l'EUA car l'EU ETS est la principale source de la demande pour ces crédits. Néanmoins, cette corrélation s'est brisée au premier semestre 2012, lorsque le marché a été convaincu de l'imminente atteinte de la limite d'importation de crédits dans l'EU ETS. Le prix des CER est ainsi descendu en dessous de 1 euro en fin 2012. Comme le prévoyait le modèle de CDC Climat Recherche, la demande en crédits Kyoto est d'ores et déjà saturée (Bellassen, Leguet et Stephan, 2012). Dans les circonstances actuelles, aucun rebond du prix des crédits Kyoto n'est à prévoir sur le marché de conformité.

Les labels volontaires ont historiquement calqué leurs procédures sur le MDP, en les assortissant peu à peu d'innovations pour (i) diminuer les coûts et les délais liés à la certification et (ii) étendre les types de projets autorisés. Ainsi, en plus des types de projets représentés au sein des labels des Nations Unies, les labels volontaires comptent des méthodologies pour la fertilisation raisonnée, le stockage de carbone dans le sol, la fermentation entérique des ruminants ou encore la riziculture. Une petite dizaine de labels de qualité ou « standards » existe actuellement sur le marché de la compensation volontaire¹⁸. Leur objectif est de garantir l'intégrité environnementale des projets qu'ils certifient, c'est-à-dire d'assurer que les crédits carbone qui s'échangent sur le marché volontaire correspondent à des réductions d'émissions réelles.

On compte à ce jour vingt méthodologies agricoles enregistrées sous l'ensemble des labels dans le monde.

Les méthodologies agricoles enregistrées sous labels volontaires ont donné lieu à 251 projets enregistrés au 1^{er} juin 2013 (tableau 2). Les nouvelles méthodologies qui se développent sont plus centrées sur les émissions agricoles au sens strict et laissent présager une plus forte concentration de projets agricoles sur le marché volontaire.

Tableau 2 - Nombre de projets agricoles enregistrés par label et par catégorie dans le monde (au 1^{er} novembre 2013)

Standards	Méthanisation des effluents d'élevage	Séquestration du carbone dans le sol	Production d'engrais azotés	Bioénergies	Totaux
VCS	9	–	3	44	56
CCX	58	67	–	16	141
CAR	39		4		43
ACR	2	–	–	–	2
GS	4	–	–	5	9
Totaux	112	67	7	65	251

Note : VCS : Verified Carbon Standard, CCX : Chicago Climate Exchange, CAR : Climate Action Reserve, ACR : American Carbon Registry, GS : Gold Standard.

Source : CDC Climat Recherche à partir des registres des projets CCX, VCS, ACR, CAR, et GS

18. Il s'agit principalement d'associations sans but lucratif.

5. Exemple d'un projet MOC : le pré-fanage de la luzerne en France

5.1. Présentation du projet

Il s'agit d'un projet porté par Coop de France Déshydratation, et qui impliquait sept coopératives.

L'action mise en œuvre est le « pré-fanage à plat ». La luzerne est étalée en plein champ pendant environ une journée après la coupe au lieu d'être directement ramassée et séchée, ce qui permet de réduire le taux d'humidité de la luzerne et *in fine* d'économiser environ 20 % de l'énergie lors du processus de déshydratation par rapport à une récolte classique. Ce projet était par ailleurs associé à un deuxième projet qui correspondait à la substitution de biomasse (plaquettes forestières et miscanthus) aux énergies fossiles au niveau des fours de séchage.

Puisqu'il a lieu en France, pays de l'annexe B, il s'agit d'un projet domestique et le label utilisé est donc celui de la MOC. Le projet a commencé le 1^{er} janvier 2008 et s'est achevé au 31 décembre 2012. En effet, après cette date, les installations de déshydratation de la luzerne sont entrées dans le marché de quotas (troisième phase de l'EU ETS, 2013-2020), et n'étaient donc plus éligibles pour la mise en œuvre de projets domestiques. (cf. 4.2).

5.2. Méthodologie utilisée

L'estimation de la réduction d'émissions liées à la mise en place de la pratique de pré-fanage en plein champ a été faite en prenant l'hypothèse d'une augmentation de 3,5 % du taux de matière sèche de la luzerne à la sortie du champ permettant de réduire de 20 % l'énergie nécessaire lors du procédé de déshydratation. Cela permet de réduire la quantité de combustible utilisée et donc les émissions de GES. La quantité de réduction d'émissions estimée sur la période 2008-2012 était de 226 200 tCO₂e.

5.3. Démontrer l'additionnalité (par l'analyse financière)

Pour démontrer l'additionnalité du projet, une analyse coût/bénéfice a été réalisée :

Tableau 3 - Analyse financière du projet

Besoin financier d'exploitation	Recette financière d'exploitation
- Main-d'œuvre + cotisations sociales - Recherche, mise au point et investissement dans de nouveaux matériels, etc.	- Économie de charbon - Valorisation des URE

Source : CDC Climat Recherche

Sans valorisation des URE, le projet était déficitaire de 6 millions d'euros, l'additionnalité était donc démontrée. Par ailleurs le caractère additionnel du projet était renforcé par la présence de barrières technologiques (absence de matériel adéquat pour ramasser la luzerne à plat, qui a dû être développé pour la réalisation de ce projet) et de barrières liées aux pratiques dominantes.

5.4. Suivi des réductions des émissions

Pour pouvoir générer des crédits, la réduction d'émissions effective doit être vérifiée par un auditeur accrédité. Les données à vérifier pour le calcul de la réduction des émissions engendrée par le projet étaient le taux d'humidité de la luzerne et son poids ainsi que la quantité de combustible réceptionnée.

Au 31 décembre 2012, 466 000 ERU avaient été délivrées soit deux fois plus que ce qui était attendu.

5.5. Les acheteurs de crédits

CDC Climat et RWE (Producteur d'énergie allemand) s'étaient engagés à acheter les URE générées par ce projet. CDC Climat a revendu ces crédits sur le marché volontaire du fait de la chute des prix des crédits Kyoto.

Tableau 4 - **Tableau récapitulatif du projet**

Localisation	France
Type de projet	Pré-fanage de la luzerne en plein champ
Taille	7 coopératives
Standard choisis	MOC (projet domestique)
Période de comptabilisation	Du 1 ^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2012
Acteurs clés	Porteur du projet : Coop de France Déshydratation Auditeur accrédité : SQS Acheteurs des crédits : CDC Climat et RWE
Statut actuel	Terminé
Crédits générés	466 000 ERU
Scénario de référence	Le scénario de référence correspond à la consommation de carburant nécessaire à la déshydratation de la luzerne ramassée après fauchage.
Additionnalité	Résultat financier de – 6 millions d'euros sans valorisation des URE + barrière technologique + barrières liées aux pratiques dominantes

Source : CDC Climat Recherche

5.6. Enseignements

Ce projet révèle une stratégie que peuvent adopter les porteurs de projets pour faire face aux coûts de transaction élevés : *l'agrégation*.

En effet, les crédits dégagés à l'échelle d'une installation de déshydratation ne permettent pas forcément de compenser les coûts de transaction – développement méthodologique, montage de projet, audit, enregistrement, suivi des émissions, commercialisation des crédits – associés à la valorisation des réductions d'émissions. L'agrégation consiste à partager les coûts de transactions, en grande part fixes, sur une masse plus importante de réductions d'émissions. C'est le cas ici où un même projet regroupe sept coopératives adhérent à Coop de France Déshydratation.

Les luzerniers avaient pu mettre en place un tel projet car ils avaient demandé à être exclus de l'EU ETS au titre de l'article 27 de la directive 2003/87/CE. Ils craignaient en effet d'être déficitaires en quotas (EUA) en cas de participation au marché européen¹⁹ et souhaitaient également valoriser leurs réductions d'émissions par la mise en place de projets domestiques. Par ailleurs, au vu de l'écart croissant de prix entre EUA (quotas européens) et ERU (crédits MOC) en faveur des EUA, cumulé à des coûts de transactions vraisemblablement plus importants, pour un projet domestique, que pour la gestion de la conformité au marché européen des quotas carbone, la valorisation des réductions d'émissions s'avère moins intéressante par le canal des projets domestiques que par une participation directe à l'EU ETS lors de la phase 2.

Il est toutefois difficile d'affirmer de manière catégorique que les déshydrateurs de luzerne auraient eu intérêt à s'engager dans l'EU ETS dès la deuxième phase. En effet, un certain nombre de sites de déshydratation ont vu leurs émissions augmenter suite à un changement de source de chaleur, de l'électricité vers le charbon, à la suite d'un recours européen sur les contrats d'achats d'électricité. Dans ces cas, l'allocation en quotas aurait sans doute été moins généreuse – car calculée sur une base « électricité » et non « charbon » – que pour le reste de la filière. C'est ce qui a motivé le choix des déshydrateurs de se retirer de l'EU ETS et de mettre en place des projets domestiques.

Cependant, comme il a été vu précédemment (cf. 2.2.1.), la possibilité d'exclure des installations de l'EU ETS a été restreinte pour la phase III d'une double limite portant sur la puissance thermique (35 MW) et les quantités de CO₂ émises (25 ktCO₂/an) des sites industriels. Ainsi, les installations des luzerniers dépassant au moins l'un des deux critères ont été obligatoirement rattachées à l'EU ETS en phase III.

19. On notera au passage que cette crainte n'a pas été confirmée pour la plupart des installations de la filière agricole qui n'ont pas été exclues de l'EU ETS.

Conclusion et perspectives

Le protocole de Kyoto, en fixant des objectifs sur les émissions de GES nationales incluant les émissions agricoles, et le marché européen d'échange de quotas, en fixant des objectifs sur les émissions des sites fortement émetteurs incluant l'Agrofourniture, l'Agriculture et l'Agroalimentaire, constituent deux instruments utiles pour réduire les émissions de gaz à effet de serre le long des filières agricoles. Conformément à leurs ambitions, ils ont généré une demande pour les crédits carbone issus de projets de réduction des émissions et certains de ces projets concernent le secteur agricole. Cependant, le marché européen étant désormais saturé en crédits carbone, d'autres systèmes de tarification du carbone que l'EU ETS – aux États-Unis, Australie, Nouvelle-Zélande, Chine, etc. – prennent le relais pour tirer la demande. Par ailleurs, la demande volontaire, c'est-à-dire celle qui vient d'entités non soumises à une contrainte réglementaire, reste un débouché modeste mais intéressant pour les projets agricoles locaux qui présentent généralement des co-bénéfices, par exemple sur la qualité des eaux, et qui sont valorisables auprès du public.

Concernant spécifiquement le marché européen d'échange de quotas, même si les installations industrielles, dont font notamment partie certains producteurs d'intrants agricoles et industries agroalimentaires, étaient excédentaires en quotas lors des premières phases de l'EU ETS (2005-2012), la réglementation, notamment à travers l'incitation qu'elle fournit à revendre ces quotas excédentaires, a permis d'amorcer des réductions d'émissions malgré une tendance générale à l'augmentation de la production dans le secteur AAA (Bellassen et Foucherot, 2013). Les contraintes ont par ailleurs été durcies lors de la troisième phase qui a commencé en 2013.

Notons encore une fois que les émissions agricoles au sens strict ne sont pas incluses dans le marché européen d'échange de quotas. Pour l'Union européenne, le choix de ne pas placer la contrainte au niveau des agriculteurs, procédait du souci de limiter les coûts de transaction. La Nouvelle-Zélande, elle, avait initialement prévu d'inclure l'agriculture en 2015 dans son système d'échange de quotas (NZ ETS), en plaçant la contrainte sur les gros opérateurs en amont et en aval du secteur :

- pour les émissions liées à l'élevage, les acteurs économiques assujettis seraient les transformateurs de lait, les abattoirs et les exportateurs de bétail ;
- concernant les émissions liées à l'utilisation d'engrais, les importateurs et les producteurs d'engrais seraient assujettis.

Les avis divergent sur l'importance des coûts de transaction, notamment en Europe, où les déclarations d'aides de la politique agricole commune fournissent probablement l'essentiel des informations nécessaires au régulateur. Placer la contrainte au niveau des exploitations permettrait aussi d'actionner davantage de leviers de réduction des émissions, en incitant les agriculteurs à modifier leurs pratiques en fonction des émissions de GES qu'elles entraînent.

Par ailleurs, malgré un marché de conformité saturé en crédits carbone et la chute des prix des crédits Kyoto, qui valent moins d'un euro la tonne de CO₂eq à l'heure actuelle, l'expérience des projets domestiques est prometteuse pour le secteur agricole au sens strict. Alors que, sur les marchés de conformité, les projets industriels permettant de générer une grande quantité de crédits à faibles coûts ont été largement privilégiés, les marchés volontaires investissent davantage le secteur agricole *stricto sensu*. Deux indicateurs permettent de s'en rendre compte : *i)* les crédits Kyoto générés par des projets agricoles s'écoulent sur

le marché volontaire. C'est par exemple le cas des ERU générées par le projet domestique de Bleu-Blanc-Cœur pour réduire les émissions de CH₄ liées à la fermentation entérique des vaches laitières ; *ii*) les labels volontaires développent de nouvelles méthodologies dans le secteur agricole (réduction de la fertilisation azotée, gestion des prairies, gestion des rizi-cultures, etc.).

Les acteurs du marché volontaire souhaitent communiquer sur leurs actions de réduction des émissions. Ils préfèrent donc les projets agricoles et forestiers aux projets industriels, les premiers bénéficiant, suivant l'avis général, d'une meilleure image auprès du grand public. Une nouvelle demande de conformité pour ces projets, en permettant par exemple aux industriels assujettis à l'EU ETS de recourir aux crédits carbone spécifiquement issus de projets agricoles et forestiers, pourrait donc en faire un outil de choix pour stimuler et tester des leviers d'atténuation des émissions agricoles françaises. Les projets de compensation carbone ont en effet démontré leur capacité à stimuler l'innovation et à révéler l'information (Bellassen, Leguet et Shishlov, 2012).

Au-delà des marchés carbone, d'autres incitations économiques existent ou se développent pour favoriser l'émergence de nouvelles pratiques agricoles moins émettrices. C'est par exemple le cas des certificats d'économie d'énergie (CEE), dont 19 fiches d'opérations standardisées d'économie d'énergie existent dans le secteur agricole (récupérateur de chaleur sur un tank à lait, écrans thermiques, ordinateurs climatiques, etc.). Les CEE ont permis de faire une économie d'énergie dans ce secteur de 2,8 TWh au 31 juillet 2013 depuis le début du dispositif en juillet 2006. Le second pilier de la PAC apporte également un certain nombre d'incitations, que ce soit au travers des mesures agro-environnementales (MAE) qui pour certaines permettent de réduire les émissions agricoles (par exemple, les « MAE SFEI » – systèmes fourragers économes en intrants) ou encore et de manière plus directe, au travers du plan de performance énergétique (PPE) des exploitations agricoles, qui a engendré des économies d'énergie et, dans certains cas, permis la mise en place d'unités de méthanisation. L'atténuation des émissions agricoles est par ailleurs affichée comme un objectif à part entière de la nouvelle PAC qui entrera pleinement en vigueur en 2015. Cette orientation est notamment affirmée dans la transformation des MAE en MAEC (pour « Mesures agroenvironnementales et climatiques »). À côté de cela, l'affichage environnemental et la certification Haute Valeur Environnementale (HVE) découlant du Grenelle de l'environnement, ou encore le plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA), présenté en mars 2013 par le ministre de l'Agriculture, dans le cadre du projet agro-écologique pour la France, sont autant d'incitations à réduire les émissions agricoles.

Liste des sigles et définitions

Acronyme anglais	Libellé anglais	Acronyme français	Libellé français	Définition
AAU	Assigned Amount Unit	UQA	Unité de Quantité Attribuée	Quantité d'unités Kyoto attribuée par la CCNUCC aux États signataires de l'Annexe B du protocole de Kyoto.
CDM	Clean Development mechanism	MDP	Mécanisme pour un développement propre	Instauré par l'article 12 du protocole de Kyoto, le MDP vise à réaliser des projets de réduction d'émissions dans des pays hors Annexe B à partir de financements de pays de l'Annexe B.
CER	Certified Emission Reduction	URCE	Unités de Réduction Certifiées d'Émission	Crédits générés par un projet MDP.
CITL	Community independent transaction log	RIT	Registre indépendant des transactions	Registre centralisé des allocations et des transactions de l'EU ETS, en connexion continue avec l'ensemble des registres nationaux européens.
ERU	Emission Reduction Unit	URE	Unité de Réduction d'Émission	Crédits générés par un projet MOC.
EUA	European Union Allowance		Quota européen	Unités allouées aux installations couvertes par l'EU ETS.
EU ETS	European Union Emissions Trading Scheme	SCEQE	Système européen d'échange de quotas d'émissions	Marché européen d'échange de quotas de CO ₂ instaurant une limite d'émission pour plus de 11 000 installations industrielles.
GHG	Greenhouse gases	GES	Gaz à effet de serre	Les six gaz à effet de serre d'origine anthropique reconnus par le protocole de Kyoto sont le dioxyde de carbone (CO ₂), le méthane (CH ₄), le protoxyde d'azote (N ₂ O) et les gaz fluorés (SF ₆ , PFC, HFC).
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	Organe intergouvernemental ouvert à tous les pays membres de l'ONU et de l'OMM (Organisation météorologique mondiale). Il a pour mission d'évaluer, sans parti pris les informations nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine, en cerner les conséquences possibles et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation.
JI	Joint Implementation	MOC	Mise en œuvre Conjointe	Instaurée par l'article 6 du Protocole, la MOC prévoit la mise en œuvre de projets de réduction d'émissions conjointement par les pays de l'Annexe B.
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry	UTCATF	Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et la forêt	Inventaire qui couvre les émissions et absorptions des GES liées à la forêt et à l'utilisation des terres.
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques	Traité international adopté en 1992, lors du Sommet de la Terre à Rio et ratifié par 188 États, il reconnaît la réalité du changement climatique, propose de prévenir toute influence humaine sur le climat et stipule la responsabilité commune mais différenciée des pays.
RMU	Removal Units	UA	Unité d'Absorption	Unité résultant des changements d'usage des terres et de la forêt, non prise en compte sur le marché européen.

Références bibliographiques

- Ademe, 2011, *Utilisation rationnelle de l'énergie pour le séchage des grains et des fourrages - Situation technico-économique du parc de séchoirs existant et leviers d'actions actuels et futurs*, rapport téléchargeable à l'adresse suivante : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=-1&cid=96&m=3&id=82324&ref&nocache=yes&p1=111>
- Alberola E., Bellassen V., Stephan N., 2014, « Utilisation des crédits Kyoto par les industriels européens : d'un marché efficace à l'éclatement d'une bulle », *Étude Climat*, 43, CDC Climat Recherche.
- Bellassen V., Foucherot C., 2011, « Les projets de compensation carbone dans le secteur agricole », *Étude Climat*, 31, CDC Climat Recherche.
- Bellassen V., Foucherot C., 2013, « Plus de 800 installations des filières agricole et agro-alimentaire concernées par l'EU ETS », *Étude Climat*, 39, CDC Climat Recherche.
- Bellassen V., Leguet B., 2008, *Comprendre la compensation carbone*, Paris, Pearson.
- Bellassen V., Leguet B., Shishlov I., 2012, "Joint Implementation: a frontier mechanism within the borders of an emissions cap", *Climate Report*, 33, CDC Climat Research.
- Bellassen V., Leguet B., Stephan N., 2012, « Y aura-t-il un prix de marché pour les CER et ERU dans deux ans ? », *Point Climat*, 13, CDC Climat Recherche.
- Bellora C., Pollez L., 2010, *L'agriculture peut-elle accéder aux marchés du carbone ?*, Fondation pour l'Agriculture et la Ruralité dans le Monde.
- Commission européenne, 2003, *Directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la communauté.*
- Commission européenne, 2009, *Directive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community.*
- Commission européenne, 2012, *Commission Regulation 601/2012 on the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council.*
- Conseil économique pour le développement durable, 2010, « Copenhague des engagements de réduction à géométrie variable », *Références économiques pour le développement durable*, n° 13, MEDDE, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/013b.pdf>
- Eurostat. (s.d.), *Statistique par produit : Prodcop*, consultation en septembre 2012, sur http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/prodcop/data/tables_excel
- Van der Werf G.R. et al., 2009, "Emissions from forest lost", *Nature Geoscience*, 2, 737 - 738.
- World Bank, 2013, *State and Trends of the Carbon Market 2012*, Washington D.C.

Les coûts de transaction privés sont-ils un obstacle à l'adoption de mesures techniques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur agricole ?

Laure Bamière¹, Stéphane De Cara¹, Lénaïc Pardon², Sylvain Pellerin³,
Élisabeth Samson⁴, Pierre Dupraz⁴⁻⁵

Résumé

Les travaux présentés dans cet article ont été réalisés dans le cadre de l'étude Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques (Pellerin et al., 2013), menée par l'Inra et commanditée par l'Ademe et les ministères chargés de l'Agriculture et de l'Écologie. Cette étude a mis en évidence un potentiel d'atténuation significatif des émissions du secteur agricole à l'horizon 2030, uniquement lié à des leviers techniques, sans remise en cause des systèmes de production, de leur localisation ni des niveaux de production. De plus, pour deux tiers, ce potentiel d'atténuation peut être atteint à coût négatif ou modéré (moins de 25 euros/tCO₂ évité). La présence d'un groupe de sous-actions à coût « négatif », également repéré dans des études équivalentes conduites dans d'autres pays, interpelle. Pourquoi ces actions, permettant à la fois une réduction des émissions et un gain financier pour l'agriculteur, ne sont-elles pas davantage spontanément mises en œuvre ? Ceci s'expliquerait en partie par la présence de coûts de transaction privés associés à ces actions, que nous examinons plus particulièrement dans cet article.

Mots clés

Changements climatiques, gaz à effet de serre, agriculture, agronomie, économie, potentiel d'atténuation, coût d'atténuation, coûts de transaction

**Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles
du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
Il n'engage que ses auteurs.**

1. Inra, UMR 210 Économie Publique, F-78850, Thiverval-Grignon, France.

2. Inra, DEPE, F-75007 Paris, France.

3. Inra, UMR 1220 « Transfert sol-plante et cycle des éléments minéraux dans les écosystèmes cultivés », F-33883, Villenave d'Ornon, France.

4. Inra, UMR 1302 SMART, F-35000, Rennes, France.

5. Agrocampus Ouest, UMR 1302 SMART, F-35000, Rennes, France.

Introduction

En 2010, les émissions de protoxyde d'azote (N₂O) et de méthane (CH₄) attribuées au secteur agricole en France ont été de 94,4 Mt équivalent CO₂ (CO₂e), soit 17,8 % du total des émissions de gaz à effet de serre (GES) au niveau national (Citepa¹, 2012). Les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie fossile de l'agriculture (tracteurs, chauffage des bâtiments d'élevage, etc.), comptabilisées dans le secteur « Énergie » de l'inventaire national, correspondent à 2,2 % du total des émissions nationales de CO₂e (Citepa, 2012). Si l'on en tient compte, les émissions d'origine agricole représentaient 105 Mt CO₂e en 2010, soit 20 % des émissions totales. Une particularité des émissions agricoles est qu'elles sont majoritairement d'origine diffuse, non énergétique. Sur les 20 % attribués au secteur agricole, 9,8 % sont dus au protoxyde d'azote émis lors des réactions de nitrification et de dénitrification, et 8 % au méthane produit lors de fermentations en condition anaérobie. Le poids important de ces deux gaz est lié à leur pouvoir de réchauffement global (PRG) à 100 ans, équivalent à 298 fois et 25 fois celui du CO₂ pour le N₂O et le CH₄, respectivement (GIEC, 2006).

Compte tenu de sa contribution importante aux émissions, l'agriculture est sollicitée pour contribuer à l'effort de réduction des émissions et à l'atteinte des engagements internationaux pris par la France dans le cadre du paquet énergie climat et des objectifs à 2050 (facteur 4). L'agriculture peut y contribuer à travers trois leviers : la réduction des émissions de N₂O, CH₄ et CO₂, un stockage additionnel de carbone dans les sols et la biomasse et la production d'énergie renouvelable qui, en se substituant aux énergies fossiles, permet de limiter la pression sur les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère. Si des potentiels importants de réduction des émissions dans le secteur agricole ont été mis en évidence dans plusieurs études (Smith *et al.*, 2007 ; Eagle et Olander, 2012), les quantifications sont moins nombreuses que dans d'autres secteurs et les incertitudes qui entourent les évaluations sont plus grandes.

Dans ce contexte, l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), le MAAF (ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt) et le MEDDE (ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie) ont chargé l'Inra (Institut national de la recherche agronomique) de conduire une étude visant à identifier dix actions techniques permettant de réduire les émissions de GES du secteur agricole à l'horizon 2030 et à chiffrer leur potentiel d'atténuation et leur coût (Pellerin *et al.*, 2013).

Après avoir rappelé la démarche mise en œuvre et les principaux résultats de l'étude, l'objectif de cet article est d'examiner pourquoi certaines actions permettant à la fois une réduction des émissions et un gain financier pour l'agriculteur, actions dites « à coûts négatifs », ne sont pas davantage spontanément mises en œuvre. L'existence de coûts de transaction privés (CTP) associés à ces actions a été particulièrement examinée. Ces coûts de transaction sont les dépenses des agriculteurs, en temps de travail et en argent, correspondant à la mise en place ou à la modification de leurs relations avec leurs fournisseurs et/ou leurs clients de biens et services, y compris les pouvoirs publics, qui sont nécessaires au changement technique et organisationnel sur l'exploitation. Ces coûts sont qualifiés de privés pour les distinguer de ceux supportés par des organismes publics ou parapublics.

1. Le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa) assure la réalisation des inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre conformément aux engagements internationaux de la France.

1. Méthode de sélection et d'instruction de dix actions visant à réduire les émissions de GES d'origine agricole

1.1. Sélection des dix actions

Le cahier des charges de l'étude prévoyait que les actions proposées devaient porter sur des techniques agricoles relevant d'un choix de l'agriculteur, sans modification majeure des systèmes de production et de leur localisation, et sans diminution importante des volumes produits. Cinq principaux critères ont été mis en œuvre pour sélectionner les dix actions parmi une liste initiale d'environ quarante actions « candidates » : (i) l'éligibilité de l'action au regard du cahier des charges, (ii) son potentiel d'atténuation *a priori* dans le contexte agricole français, (iv) la disponibilité en connaissances et références pour chiffrer précisément l'atténuation et le coût de l'action, (v) sa faisabilité technique à grande échelle et son acceptabilité sociale, ainsi que l'existence de synergies ou antagonismes avec d'autres objectifs majeurs assignés à l'agriculture.

Les dix actions qui ont été sélectionnées, décomposées en 26 sous-actions pour la faisabilité des calculs, relèvent de quatre grands leviers, à savoir (i) la maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes, avec des actions portant sur la fertilisation azotée et les légumineuses, (ii) le stockage de carbone dans les sols et la biomasse, avec des actions portant sur les modes de travail du sol, l'agroforesterie et les haies, les cultures intermédiaires, intercalaires et bandes enherbées et enfin la gestion des prairies, (iii) la maîtrise de l'alimentation animale, en particulier les rations azotées, la substitution de glucides par des lipides et l'utilisation d'additifs en alimentation des ruminants pour réduire les émissions de méthane et (iv) la gestion des effluents et la maîtrise de la consommation d'énergie fossile sur les exploitations agricoles (cf. tableau 1).

1.2. Calcul du potentiel d'atténuation, du coût et de l'efficacité des actions

Chacune des sous-actions a été renseignée par le calcul de son potentiel unitaire d'atténuation (en tCO₂e par unité et par an), de son coût technique unitaire (en euros par unité et par an) et de son assiette (l'unité variant selon la nature de l'action : hectare, nombre d'animaux, volume d'effluent, etc.).

Le potentiel unitaire d'atténuation a été calculé selon deux méthodes, l'une calée sur l'inventaire national 2010 (calcul « Citepa »), l'autre basée sur les connaissances scientifiques les plus récentes (calcul « expert »). Le calcul a privilégié les émissions intervenant sur l'exploitation agricole (dites « émissions directes ») et dans les espaces physiquement liés (dites « émissions indirectes », comme les émissions de N₂O à l'aval des parcelles agricoles après lixiviation du nitrate). Les modifications d'émissions « induites », liées aux échanges marchands à l'amont (achat d'intrants) ou à l'aval (vente de produits, transport, transformation) ont été estimées à partir de valeurs de référence (Base Carbone Ademe). La sous-action 1A, permet par exemple de réduire la dose d'engrais minéral de 19,8 kg N/ha en moyenne, en ajustant mieux l'objectif de rendement et en utilisant un outil de pilotage de la fertilisation. Ceci correspond à un potentiel d'atténuation unitaire, hors émissions induites, variant de 0,190 à 0,222 tCO₂e/ha de culture, selon le mode de calcul « Citepa » ou « expert ».

Tableau 1 - **Actions et sous-actions instruites**

Actions et sous-actions	
Diminuer les apports de fertilisants minéraux azotés pour réduire les émissions de N₂O associées	
<p>➊ Réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse, en les utilisant mieux et en valorisant plus les ressources organiques : 1A. Ajuster la dose d'engrais à des objectifs de rendement plus réalistes - 1B. Améliorer la valorisation des apports organiques - 1C. Ajuster les dates d'apport aux besoins des cultures - 1D. Ajouter un inhibiteur de nitrification - 1E. Enfourir l'engrais</p>	↘ N ₂ O
<p>➋ Augmenter la part des légumineuses pour réduire le recours aux engrais azotés de synthèse : 2A. Introduire plus de légumineuses à graines dans les grandes cultures - 2B. Augmenter les légumineuses dans les prairies temporaires</p>	↘ N ₂ O
Stocker du carbone dans le sol et la biomasse	
<p>➌ Développer les techniques culturales sans labour pour stocker du C dans les sols : 3 options techniques : semis direct continu, labour occasionnel 1 an sur 5, travail superficiel</p>	↘ CO ₂
<p>➍ Introduire davantage de cultures intermédiaires, de cultures intercalaires et de bandes enherbées dans les systèmes de culture : 4A. Développer les cultures intermédiaires dans les systèmes de grande culture - 4B. Développer des cultures intercalaires en vignes et en vergers - 4C. Introduire des bandes enherbées en bordure des cours d'eau</p>	↘ CO ₂ ↘ N ₂ O
<p>➎ Développer l'agroforesterie pour favoriser le stockage de carbone dans le sol et la biomasse végétale : 5A. Développer l'agroforesterie à faible densité d'arbres - 5B. Développer les haies en périphérie des parcelles agricoles</p>	↘ CO ₂
<p>➏ Optimiser la gestion des prairies pour favoriser le stockage de carbone : 6A. Allonger la durée de pâturage - 6B. Accroître la durée des prairies temporaires - 6C. Désintensifier les prairies permanentes et temporaires les plus intensives en ajustant mieux la fertilisation azotée - 6D. Intensifier modérément les prairies permanentes peu productives par augmentation du chargement</p>	↘ CO ₂ ↘ N ₂ O
Modifier la ration des animaux pour réduire les émissions de CH₄ entérique et les émissions de N₂O liées aux effluents	
<p>➐ Substituer des glucides par des lipides insaturés et utiliser un additif dans les rations des ruminants pour réduire les émissions de CH₄ entérique : 7A. Substituer des glucides par des lipides insaturés dans les rations - 7B. Ajouter un additif (nitrate) dans les rations</p>	↘ CH ₄
<p>➑ Réduire les apports protéiques dans les rations animales pour limiter les teneurs en azote des effluents et les émissions de N₂O associées: 8A. Réduire la teneur en azote des rations des vaches laitières - 8B. Réduire la teneur en azote des rations des porcs</p>	↘ N ₂ O
Valoriser les effluents pour produire de l'énergie et réduire la consommation d'énergie fossile pour réduire les émissions de CH₄ et de CO₂	
<p>➒ Développer la méthanisation et installer des torchères, pour réduire les émissions de CH₄ liées au stockage des effluents d'élevage : 9A. Développer la méthanisation - 9B. Couvrir les fosses de stockage et installer des torchères</p>	↘ CH ₄
<p>➓ Réduire, sur l'exploitation, la consommation d'énergie fossile des bâtiments et équipements agricoles pour limiter les émissions directes de CO₂ : 10A. Pour le chauffage des bâtiments d'élevage - 10B. Pour le chauffage des serres - 10C. Pour les engins agricoles</p>	↘ CO ₂

Source : Pellerin *et al.*, 2013

Le coût technique unitaire de l'action pour l'agriculteur comprend les variations de charges, les investissements et les modifications de revenu (associées à celles des productions) engendrés par la mise en œuvre de l'action. Les coûts des sous-actions ont été calculés en intégrant les subventions publiques lorsqu'elles sont indissociables des prix pratiqués (subvention au rachat de l'électricité produite par méthanisation, défiscalisation des carburants agricoles), à l'exclusion des subventions « facultatives » (aides couplées, droits à paiement unique (DPU), subventions régionales, par exemple). Un coût positif représente un manque à gagner pour l'agriculteur, un coût négatif un gain, généralement lié à une économie d'intrant. Pour reprendre notre exemple, une réduction moyenne de 19,8 kgN/ha sous forme ammonitrate engendre un gain moyen de 18,03 €/ha, tandis que la mise en œuvre systématique d'un outil de pilotage de la fertilisation azotée de type Farmstar (10 €/ha) sur les 93 % de surfaces n'en bénéficiant pas engendre un coût moyen de 9,30 €/ha. Le coût unitaire de la sous-action 1A est donc de 8,73 €/ha : il s'agit donc dans ce cas d'un gain net.

L'assiette de chaque sous-action à horizon 2030 a été calculée en tenant compte de l'assiette maximale technique (AMT) et d'un scénario de diffusion de la sous-action. L'AMT correspond par exemple à la surface agricole ou à l'effectif animal sur lequel la sous-action peut être mise en œuvre sans obstacle technique majeur. Le scénario de diffusion de l'action tient compte de divers freins (investissement, disponibilité des équipements, acceptabilité sociale limitée, etc.) qui peuvent ralentir ou différer l'adoption de l'action. Ainsi, nous avons considéré que la sous-action 1A s'applique à l'ensemble des surfaces en grandes cultures (hors betterave dont la fertilisation azotée a déjà été réduite) et en maïs fourrage, soit 11,7 Mha. Nous avons fait l'hypothèse que cette AMT est atteinte dès 2022.

Les potentiels d'atténuation, les coûts et les assiettes ont été calculés par rapport à une situation de référence qui est l'année 2010. Tous les potentiels d'atténuation ont ainsi été calculés relativement aux émissions de référence pour l'année 2010. Ce choix a permis de se référer aux émissions et aux méthodes de calcul des derniers inventaires disponibles publiés par le Citepa. Il faut donc considérer les potentiels et les coûts d'atténuation calculés dans cette étude comme l'effet des mesures d'atténuation examinées à contexte technologique et système de prix constants. Ce choix d'une référence statique historique a permis de s'appuyer sur des données disponibles pour l'instruction des actions (cf. encadré 1) et assure, par construction, une cohérence d'ensemble entre les assolements, les volumes de production et de consommation et le système de prix.

Le potentiel d'atténuation annuel de chaque sous-action (en tCO₂e/an) a été estimé, pour l'année 2030 et à l'échelle du territoire, en multipliant le potentiel d'atténuation unitaire par l'assiette. Le coût d'atténuation, ou coût de la tonne de CO₂e évitée par la mise en œuvre de chacune des sous-actions, a été obtenu en divisant le coût unitaire par le potentiel d'atténuation unitaire. Afin de faciliter la comparaison des sous-actions entre elles, celles-ci ont été classées par ordre de coût d'atténuation croissant et représentées sur une figure (cf. figure 1) indiquant en abscisse le potentiel d'atténuation annuel de la sous-action (largeur du rectangle) et en ordonnée le coût de la tonne de CO₂e évitée pour cette sous-action (hauteur du rectangle).

Encadré 1 - Données mobilisées pour réaliser les calculs

Les données mobilisées pour réaliser les trois principaux calculs (atténuation unitaire des émissions, coût unitaire des actions, assiettes des actions) devaient être disponibles (existence et accessibilité) à l'échelle de la France métropolitaine (avec éventuellement une déclinaison régionale ou départementale) pour l'année de référence retenue (2010). Ces données devaient par ailleurs être homogènes entre les actions et cohérentes entre elles.

Les principales sources de données communes à toutes les actions sont issues du Service de la statistique et de la prospective du ministère de l'Agriculture (SSP) : la Statistique agricole annuelle (SAA) 2010, le Réseau d'information comptable agricole (Rica) 2010, et l'enquête « Pratiques culturales » (EPC) 2006.

La SAA ne contient aucune information sur les exploitations agricoles, ni sur la répartition des

surfaces et effectifs animaux au sein des différentes catégories d'exploitations, contrairement au Rica. À chaque fois qu'une action ne concernait que les effectifs (surfaces ou animaux) d'un certain type d'exploitation, le pourcentage des effectifs nationaux correspondant a été déterminé à partir des données du Rica 2010, puis appliqué aux effectifs de la SAA.

Concernant les coûts, le Rica contient des informations économiques, par exemple sur les volumes produits en quantité et en valeur, qui ont permis de calculer les prix 2010 pour les productions animales et végétales, et d'estimer les marges des principales cultures.

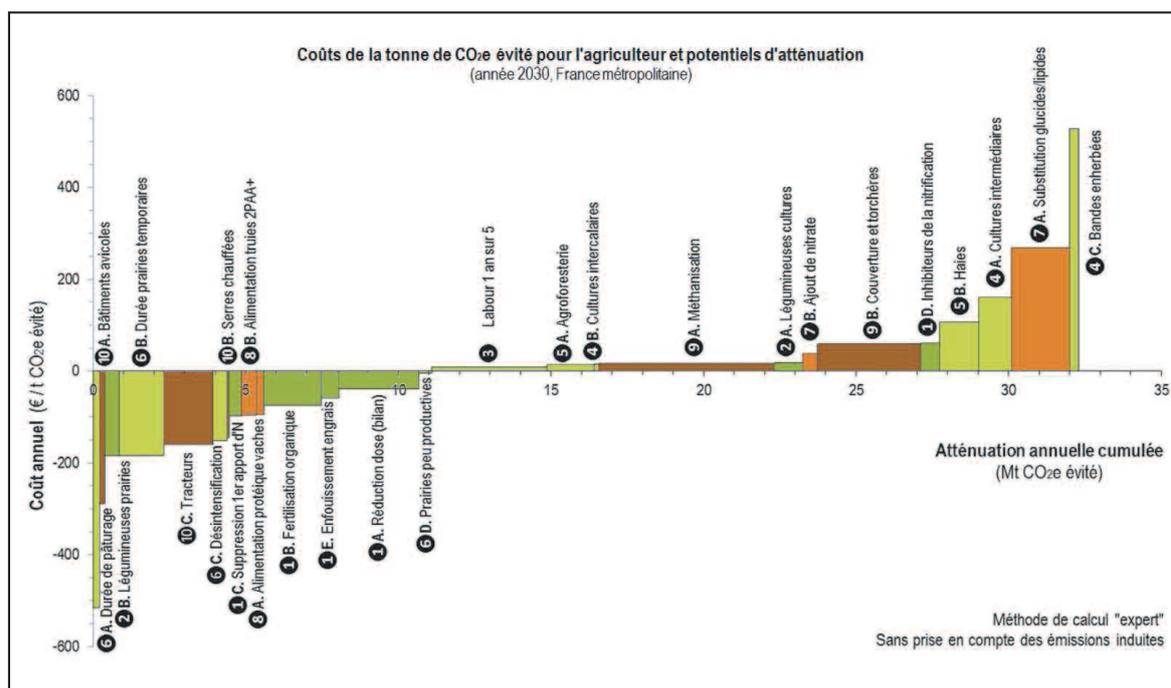
Ces sources de données ont été complétées par d'autres sources lorsque c'était nécessaire (cf. tableau 2).

Tableau 2 - Les sources de données utilisées

Type de calcul	Besoins en données	Sources
Calculs d'atténuation	Pratiques culturales (fertilisation, travail du sol...)	Enquête « Pratiques culturales » 2006
	Rations alimentaires des animaux et pratiques d'élevage	Références des instituts techniques : IDELE 2012, IFIP Enquête « Bâtiments d'élevage »
	Équations et facteurs d'émission utilisés dans l'inventaire	CITEPA 2012
	Émissions induites amont/aval	Base Carbone® (Ademe) Dia'terre®-GES'TIM (Instituts techniques)
Calculs de coûts	Prix des productions végétales et animales	RICA 2010
	Prix des engrais	Eurostat
	Marges économiques	Réseau d'information Comptable Agricole (RICA) 2010
	Coût des interventions culturales (labour...)	Barème d'entraide CUMA 2010-2011
Calculs d'assiette	Superficies des productions végétales Effectifs animaux	Statistique Agricole Annuelle (SAA) 2010
	Rendements	RICA 2010
	Caractéristiques et modes d'occupation des sols	Base de données géographiques des sols de France au 1/1 000 000 (BDGSF) et cartographie européenne d'occupation biophysique des terres (<i>Corine Land Cover</i>)

Source : auteurs

Figure 1 - Coût (en euros par tonne de CO₂e évité) et potentiel d'atténuation annuel en 2030 à l'échelle du territoire métropolitain (en Mt de CO₂e évité par an) des sous-actions instruites



Source : Pellerin *et al.*, 2013

2. Potentiel global d'atténuation et intérêt comparé des dix actions

2.1. Potentiel global d'atténuation

Sous hypothèse d'additivité² des sous-actions, le potentiel global d'atténuation annuel des émissions de GES lié à la mise en place de l'ensemble des dix actions serait de 32,3 Mt CO₂e en 2030, en utilisant le mode de calcul « expert » et hors émissions induites. Cette estimation ne peut pas être directement comparée aux émissions agricoles françaises de l'inventaire national, qui sont calculées selon d'autres règles. En appliquant les modes de calcul utilisés par le Citepa pour l'inventaire national 2010, l'atténuation annuelle cumulée hors émissions induites pour l'ensemble des actions (toujours sous hypothèse d'additivité) atteint 10,0 Mt CO₂e par an en 2030, soit moins du tiers de la valeur obtenue avec les modes de calcul proposés par les experts.

Les équations de calcul mises en œuvre par le Citepa pour l'inventaire des émissions nationales ne permettent pas, par construction, de rendre compte de l'atténuation escomptée de certaines actions ou sous-actions proposées dans le cadre de cette étude. C'est le

2. Cette hypothèse implique qu'il n'existe pas d'interactions entre les sous-actions lors de leur mise en œuvre. En pratique, la mise en œuvre d'une sous-action est susceptible de modifier le potentiel d'atténuation et/ou le coût d'une autre, par exemple en jouant sur son assiette. Les interactions entre sous-actions ont été traitées dans le rapport de l'étude (Pellerin *et al.*, 2013).

cas pour les actions favorisant le stockage de carbone dans les sols à travers des techniques culturales mises en œuvre sans changement d'usage des terres, comme le non-labour ou l'agroforesterie. C'est aussi le cas pour les postes d'émission calculés à partir de valeurs forfaitaires, comme l'émission de méthane entérique par les bovins, ce qui ne permet pas de rendre compte des modifications proposées de leurs rations. L'écart entre les évaluations « expert » et « Citepa » souligne l'importance des modes de calcul et du dispositif statistique qui doit être mobilisé pour rendre compte des potentiels d'atténuation disponibles dans le secteur agricole (De Cara et Vermont, 2014).

En effet, les statistiques agricoles annuelles portent principalement sur des effectifs, avec peu d'informations sur les modes de gestion. La mise en place d'un système de suivi et de vérification des actions étudiées est envisageable, mais elle requiert un appareil statistique permettant de rendre compte des effets environnementaux des pratiques agricoles. En particulier, elle nécessite un suivi des pratiques agricoles en matière d'utilisation des intrants (azote, énergie), de gestion des sols (travail du sol, intercultures), d'alimentation animale et de gestion des effluents d'élevage. Si certaines de ces données sont collectées dans le cadre des dispositifs liés à la PAC et/ou d'enquêtes (pratiques culturales), l'état actuel du dispositif statistique national ne permet pas un lien direct avec les informations sur les caractéristiques économiques des exploitations à une fréquence annuelle et à une résolution spatiale fine.

2.2. Coût et atténuation comparés des sous-actions

La courbe de coût d'atténuation à horizon 2030, obtenue avec le mode de calcul « expert » et sans tenir compte des émissions induites, est représentée dans la figure 1. L'analyse de cette courbe a permis d'identifier trois groupes, représentant chacun environ un tiers du potentiel global d'atténuation :

- le premier tiers correspond à des sous-actions « à coût négatif », c'est-à-dire procurant un gain pour l'agriculteur, en plus de réduire les émissions de GES. Il s'agit principalement de sous-actions relevant d'ajustements techniques avec économies d'intrants sans pertes de production. La majeure partie de ce potentiel d'atténuation à coût négatif est liée à la gestion de l'azote (fertilisation des cultures et des prairies, légumineuses, alimentation azotée des animaux). Viennent ensuite la gestion des prairies et les économies d'énergie fossile ;
- un deuxième tiers de l'atténuation globale escomptée correspond à des sous-actions à coût modéré (inférieur à 25 euros par tonne de CO₂e évité). Il s'agit de sous-actions nécessitant des investissements spécifiques (méthanisation, par exemple) et/ou modifiant un peu plus fortement le système de culture (réduction du labour, agroforesterie, légumineuses), pouvant occasionner des baisses modérées du niveau de production (par exemple - 2,1% en labour occasionnel) partiellement compensées par des baisses de charges (carburants) ou la valorisation de produits complémentaires (électricité, bois). Dans ce deuxième groupe, l'estimation du potentiel d'atténuation est très sensible aux hypothèses relatives à l'assiette des actions (surface ou volume d'effluent concernés), et le coût dépend fortement des prix utilisés pour les calculs. Une évaluation hors subventions publiques accroît l'intérêt du non-labour et réduit celui de la méthanisation ;

- un troisième tiers de l'atténuation globale escomptée correspond à des sous-actions à coût plus élevé (supérieur à 25 euros par tonne de CO₂e évité). Il s'agit de sous-actions nécessitant un investissement sans retour financier direct (ex : torchères), des achats d'intrants spécifiques (ex : inhibiteur de nitrification, lipides insaturés ou additifs incorporés dans les rations des ruminants), du temps de travail dédié (ex : haies) et/ou impliquant des pertes de production plus importantes (ex : bandes enherbées réduisant la surface cultivée), sans baisses de charges significatives et avec peu ou pas de valorisation de produits supplémentaires. Certaines de ces actions ont cependant un effet positif sur d'autres objectifs agri-environnementaux (par exemple, les effets des cultures intermédiaires, des bandes enherbées et des haies sur la biodiversité, l'esthétique des paysages, la lutte contre l'érosion et la réduction des transferts de polluants vers les eaux). Ces actions contribuent à des objectifs multiples et l'évaluation de leur intérêt et de leur coût en regard des seuls effets bénéfiques sur l'atténuation des émissions de GES est insuffisante.

L'importance du potentiel d'atténuation à « coûts négatifs » est convergente avec les résultats des études qui ont évalué coûts et potentiels d'atténuation dans d'autres pays avec une méthodologie similaire (McKinsey & Company, 2009 ; Moran *et al.*, 2011 ; Schulte *et al.*, 2012 ; cf. tableau 3). Les résultats de la présente étude confirment ainsi qu'une part importante du potentiel d'atténuation en agriculture peut être obtenue sans remettre en cause la rentabilité des activités agricoles, voire en la renforçant, la réduction des émissions de GES et les économies réalisées étant dans ce cas liées à des économies d'intrants permises par des ajustements techniques (fertilisation, par exemple). Plusieurs actions ou sous-actions entrant dans cette catégorie apparaissent dans la totalité des études. C'est le cas de la fertilisation azotée, du travail du sol simplifié, de la gestion des prairies. Les chiffres réalisés dans ces études corroborent les conclusions de la présente étude quant à l'intérêt de ces leviers.

Tableau 3 - Comparaison des résultats d'études similaires en terme de potentiel total d'atténuation et de potentiel total d'atténuation obtenu « à coût négatif »

	Pellerin <i>et al.</i> , 2013	Moran <i>et al.</i> , 2010	Schulte <i>et al.</i> , 2012	McKinsey, 2009
Couverture géographique	France	Royaume-Uni	Irlande	Mondiale
Résolution	Nationale	Nationale	Nationale	Régionale (10 régions)
Année de référence pour les émissions	2010	2022	2020	2030
Émissions de référence (MtCO ₂ eq)	105	44	20	7 910
Horizon	2030	2022	2020	2030
Scenarii		Potentiel	Différence de comptabilisation	
		Central/maximal	ACV/IPCC	
Abattement total (MtCO ₂ eq)	32.3	10,8 / 23,9	3,4 / 2,7	4 624
dont abattement obtenu à coût négatif	12 (37 %)	6,2 (57 %)/14 (58 %)	2,3 (67%)/2 (74 %)	981 (21 %)

Source : auteurs

3. Comment expliquer la présence d'actions à coût négatif ?

L'existence même d'actions à « coût négatif » est surprenante d'un point de vue économique. S'ils se comportaient comme des agents économiques rationnels, les agriculteurs devraient en effet spontanément mettre en œuvre les actions qui leur permettent d'augmenter leur revenu. Deux interprétations peuvent être avancées pour expliquer ce résultat paradoxal. La première renvoie aux limites de la méthode mise en œuvre pour évaluer coûts et potentiels d'atténuation. La seconde suggère l'existence de freins et de barrières à l'adoption dont le calcul réalisé, purement comptable, ne peut rendre compte.

3.1. Y a-t-il des coûts non ou mal pris en compte du fait de la méthodologie mise en œuvre ?

Les coûts d'atténuation négatifs peuvent, *a priori*, en partie s'expliquer par les choix méthodologiques retenus dans l'évaluation. Cette méthodologie repose sur l'évaluation comptable de coûts techniques moyens de mise en œuvre des actions à une résolution spatiale relativement grossière (en l'occurrence, la « ferme France »). Une partie des coûts supportés par les agriculteurs lorsqu'ils mettent en œuvre des actions d'atténuation ne peut être reflétée dans cette approche.

Les exploitations peuvent avoir des contraintes financières de type trésorerie ou capacité d'investissement, par exemple. Ces contraintes vont jouer sur l'adoption de mesures nécessitant de forts investissements en début de période, avec des gains différés dans le temps, comme par exemple la rénovation des bâtiments agricoles (i.e., isolation, changement du système de chauffage). Ceci n'explique toutefois qu'un faible pourcentage du potentiel d'atténuation à coût négatif.

Il existe par ailleurs d'autres coûts, non observables, associés à l'adoption des actions, comme par exemple les coûts liés à la gestion du risque, les coûts d'opportunité des ressources limitées comme la terre ou le travail, ou encore les coûts de transaction privés. Concernant le risque, le fait par exemple que les apports d'azote apparaissent plus importants qu'il n'est nécessaire (que ce soit pour la fertilisation des grandes cultures ou la ration des ruminants), peut s'expliquer en partie par un comportement d'auto-assurance des agriculteurs. Notre approche, qui repose essentiellement sur des moyennes, ne peut tenir compte de ces aspects. De même, nous avons tenu compte d'une valeur forfaitaire pour le coût du travail, alors qu'il varie d'une exploitation à l'autre. Enfin les coûts de transaction privés correspondent en général au temps passé par les agriculteurs pour s'informer sur les actions et éventuellement remplir les documents administratifs nécessaires à leur mise en œuvre.

L'approche comptable est particulièrement vulnérable à la question des risques et de leur maîtrise. En effet, les coûts techniques peuvent déjà intégrer une part de moyens engagés pour une maîtrise technique de certains risques. Par exemple la diversification des cultures (introduction de légumineuses) peut contribuer à atténuer le risque de revenu dans le cadre de la théorie des choix de portefeuilles (Markowitz, 1959), en mélangeant des spéculations rentables et risquées à d'autres, moins rentables mais moins risquées. De même, une grande partie des coûts de transaction est constituée d'acquisition d'information et de coûts de négociation qui visent à réduire les incertitudes et les risques d'un changement. Du point de vue de l'exploitant, il s'agit en premier lieu de l'exploration des options techniques et de l'évaluation de leur adaptation à son exploitation. En second lieu, il s'agit d'acquiescer les informations sur les implications commerciales et juridiques des changements envisageables

afin d'aborder de manière sereine et fiable la phase de négociation avec les partenaires économiques de l'exploitant. En troisième lieu, il s'agit de conduire les négociations nécessaires avec les partenaires de l'exploitation et d'assurer l'exécution des contrats associés au changement qui inclut des mesures, des contrôles et des paiements. Les coûts de transaction associés sont d'autant plus élevés que le changement engage des actifs spécifiques et donc un poids élevé des relations bilatérales dans l'économie de l'exploitation. Les relations bilatérales sont plus risquées car chaque partenaire est à la merci de l'opportunisme de l'autre et cherche à s'en protéger par des contrats précis et de long terme plus coûteux à négocier (Williamson, 1979). Par exemple, le remplacement d'appareils de chauffage vétustes par d'autres, plus performants, comporte peu d'incertitudes étant donné l'existence et la fiabilité des références techniques et peut être mis en œuvre par une multiplicité de fournisseurs. Tandis que la construction d'une unité de méthanisation est, quant à elle, beaucoup plus spécifique car elle implique des fournisseurs et des clients particuliers, avec des relations de long terme, des clauses de garanties et de renégociation, ainsi qu'une multiplicité de normes techniques, sanitaires et juridiques à maîtriser et d'autorisations correspondantes à obtenir.

Le poids des coûts de transaction privés dans le coût total d'une action est déterminant dans le choix de l'agriculteur d'adopter, ou non, celle-ci. Nous les avons estimés pour quelques sous-actions.

3.2. Coûts de transaction privés associés à quelques sous-actions

Comme nous l'avons indiqué, les coûts de transaction privés correspondent, par exemple, au temps passé par l'agriculteur pour rechercher des informations, négocier ou renégocier des contrats avec ses fournisseurs et ses clients, et remplir les documents administratifs relatifs à une action. Ils sont d'autant plus élevés que les relations contractuelles modifiées par l'action sont nombreuses et complexes. Ces relations incluent l'acquisition de conseil et de formation adaptés. En raison des effets d'apprentissage, ces coûts tendent à diminuer au fil du temps, les exploitants agricoles tirant parti des expériences antérieures similaires.

Une approximation de ces coûts a été obtenue en transférant et en adaptant les résultats d'une étude basée sur la mise en œuvre des mesures agroenvironnementales (Mettepenningen *et al.*, 2007 ; cf. encadré 2). Ces mesures offrent des paiements pour compenser les surcoûts ou manques à gagner générés par des changements techniques souvent similaires aux actions étudiées ici. À partir du suivi pendant un an de plus de 200 exploitations bénéficiaires de ces paiements agroenvironnementaux, une fonction des coûts de transaction a été estimée. Cette formule empirique très simple prend en compte une caractéristique et un déterminant majeurs des coûts de transaction.

La caractéristique majeure est le fait que les coûts de transaction associés à un changement technique sur une exploitation agricole sont principalement des coûts fixes. Ce qui implique que le coût de transaction unitaire décroît lorsque la taille de l'exploitation, ou la taille des activités concernées par le changement technique, augmentent (Ducos *et al.*, 2009 ; Dupraz *et al.*, 2013). Par exemple, introduire 5 ou 10 hectares de luzerne dans une exploitation va induire à peu près les mêmes coûts de transaction pour trouver les semences et les débouchés pour cette nouvelle culture. Donc le coût de transaction unitaire sera environ deux fois moindre pour 10 hectares que pour cinq.

Encadré 2 - Méthode d'estimation des coûts de transactions privés des actions de l'étude

La méthode s'appuie sur les informations de la base du Rica 2010, micro-données en ligne, et sur les travaux conduits dans le cadre du projet européen ITAES (Mettepenningen *et al.*, 2007). Le modèle des coûts de transaction est décrit par l'équation 1, estimée sur des données individuelles d'exploitations agricoles collectées en 2005. L'équation 1 fournit donc les CTP en euros 2005. Ils seront ensuite actualisés en euros 2010. Dans le modèle original, la taille de la production concernée par l'action environnementale était exprimée en hectares de diverses cultures et prairies concernés. Nous l'avons convertie en unités de Production Brute Standard (PBS) afin de généraliser l'équation à des productions animales.

$$\ln\left[\frac{CTP}{PBS^*}\right] = 5.903 - 1.1FG - 1.033\ln(\text{taille}^{**})$$

(équation 1)

Avec

FG = 0 si la formation générale du chef d'exploitation est inférieure au baccalauréat,

FG = 1 si la formation générale du chef d'exploitation est supérieure ou au minimum égale au baccalauréat,

Dans ce modèle, les variables explicatives sont d'une part les activités productives concernées par l'action et agrégées en unités de PBS et, d'autre part, le niveau de formation générale du chef d'exploitation. Pour une exploitation donnée, les CTP par unité de PBS diminuent quand le niveau de formation générale du chef d'exploitation est élevé et quand la taille de la PBS augmente.

Ce modèle est appliqué pour fournir une estimation moyenne des CTP liés à l'adoption de mesures visant une baisse des émissions de gaz à effet de serre au sein d'une exploitation agricole. Pour chaque action, le calcul des CTP

retient des exploitations de la base Rica 2010, micro-données, sélectionnées selon le champ d'application de l'action considérée. Quand les actions ne touchent que certaines productions des exploitations retenues, la PBS de ces productions est reconstituée. Elle se base d'une part sur les coefficients de PBS par produit (Agreste, 2011) et d'autre part sur la taille de la production, en nombre d'hectares quand il s'agit de productions végétales, et nombre de têtes d'animaux quand il s'agit de productions animales. Pour les productions animales, nous retenons les effectifs moyens présents sur l'année conformément à la logique du coefficient de PBS d'Agreste.

Une PBS relative aux productions concernées est estimée pour chaque exploitation du Rica (PBS affectée). Celle-ci est une combinaison linéaire des coefficients de PBS unitaires et des surfaces ou des effectifs animaux correspondants. La PBS permet d'estimer selon le modèle (équation 1), les coûts de transactions privés relatifs aux productions concernées à l'échelle de l'exploitation pour chaque action. Ces coûts sont exprimés en euros par unité de PBS (équation 2).

$$CTP_{/ha} = CTP_{/unité_de_PBS} \times \frac{PBS_{affectée}}{Surface_ou_effectif}$$

(équation 2)

Le coefficient de 1,09 correspond au taux d'évolution de l'indice général des prix entre l'année 2005, année de base de l'estimation et l'année 2010³.

Le programme estime en moyenne les CTP pour l'ensemble des exploitations retenues, en appliquant un coefficient de pondération relatif à la représentativité de chaque exploitation dans l'univers⁴.

* Unité de PBS

** Taille de la production en unités de PBS

3. Source : <http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/bsweb/theme.asp?id=06>.

4. Le coefficient de pondération du Rica est la variable extr2.

Un déterminant majeur des coûts de transaction est le capital social. Pour une entreprise, le capital social relève à la fois de son insertion dans divers réseaux professionnels et commerciaux, ainsi que de sa réputation au sein de ces réseaux (Nahapiet et Ghoshal, 1998). Ce capital social, qui à la fois reflète et favorise le capital intellectuel de l'entreprise, réduit d'autant plus les coûts de transaction que le capital intellectuel, ici approximé par le niveau d'éducation du chef d'exploitation, est élevé (Knack & Keefer, 1997 ; Barreiro-Hurlé *et al.*, 2010).

En revanche la formule utilisée ne tient pas compte d'autres déterminants importants. En premier lieu la complexité intrinsèque des actions n'est pas prise en compte. C'est pour cela que nous distinguons dans les résultats ceux qui concernent des actions similaires aux mesures agroenvironnementales présentes dans l'échantillon original de 2005 (Mettepenningen *et al.*, 2007), pour lesquelles la formule est jugée validée, de ceux qui concernent des actions très différentes, pour lesquelles les résultats ne sont donnés qu'à titre indicatif. En outre, il n'a pas été tenu compte du fait que les CTP diminuent au cours du temps par effet d'apprentissage. Ainsi, la formule très simplifiée de calcul ne rend compte que de deux dimensions génériques de la variabilité des coûts de transaction : la formation de l'agriculteur et la taille de l'activité de production concernée par l'action. La littérature empirique a mis en évidence bien d'autres déterminants comme la complexité technique de l'action considérée et le dispositif d'accompagnement des agriculteurs s'engageant dans de telles actions.

Le tableau 4 donne les CTP calculés par unité d'assiette pour l'ensemble des sous-actions, y compris celles pour lesquelles le modèle de calcul est utilisé en dehors de son domaine de validité. Les CTP calculés varient de 9 € à 72 € par hectare pour les 12 sous-actions pour lesquelles la formule de calcul a été validée ; ils sont négligeables pour les bandes enherbées. Ils sont également négligeables pour les cultures intermédiaires en zone vulnérable (non indiqué dans le tableau), car ces mesures font partie des « Bonnes conditions agricoles et environnementales » (BCAE) et sont donc déjà obligatoires.

Globalement, il apparaît que les CTP sont du même ordre de grandeur que les coûts calculés hors CTP. Certaines sous-actions à coût hors CTP négatif ont un coût qui devient positif dès lors que les CTP sont pris en compte (cf. figure 2 : c'est le cas par exemple de la réduction de la dose d'engrais N par ajustement de l'objectif de rendement). Cela peut donc expliquer que certaines actions et sous-actions ne soient pas mises en œuvre spontanément en dépit d'un coût négatif hors CTP.

Tableau 4 - **Coûts (en €/unité/an), avec ou sans prise en compte des coûts de transaction privés (CTP), de l'ensemble des sous-actions**

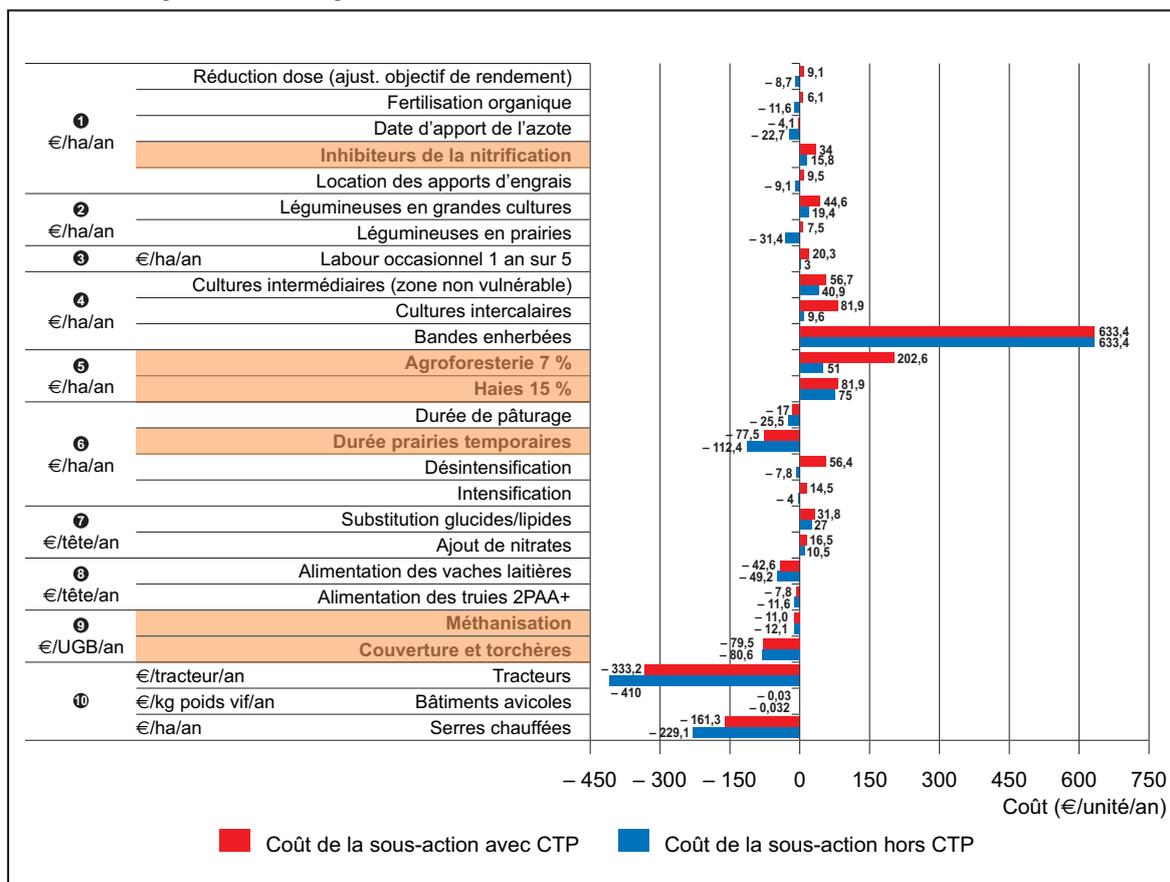
Un coût positif représente un coût pour l'agriculteur, un coût négatif un gain. Les sous-actions pour lesquelles la formule est utilisée hors de son domaine de validation sont représentées en italique.

		Unité	Coût de la sous-action hors CTP	Coût de la sous-action avec CTP	CTP moyen
Fertilisation	① Réduction de la dose par ajustement de l'objectif de rendement	€/ha/an	- 8,7	9,1	17,8
	Fertilisation organique	€/ha/an	- 11,6	6,1	17,7
	Date d'apport de l'azote	€/ha/an	- 22,7	- 4,1	18,6
	<i>Inhibiteurs de la nitrification</i>	€/ha/an	15,8	34	18,2
	Localisation des apports d'engrais	€/ha/an	- 9,1	9,5	18,6
Légumineuses	② Légumineuses en grandes cultures	€/ha/an	19,4	44,6	25,3
	Légumineuses en prairies	€/ha/an	- 31,4	7,5	38,9
Non labour	③ Labour occasionnel 1 an sur 5	€/ha/an	3	20,3	17,3
Implantation de couverts	④ Cultures intermédiaires (en zone non vulnérable)	€/ha/an	40,9	56,7	15,8
	Cultures intercalaires	€/ha/an	9,6	81,9	72,3
	Bandes enherbées	€/ha/an	633,4	633,4	négligeable
Agroforesterie et haies	⑤ <i>Agroforesterie 7 %</i>	€/ha/an	51	202,6	151,6
	<i>Haies 15 %</i>	€/ha/an	75,0	81,9	6,9
Gestion des prairies	⑥ Durée de pâturage	€/ha/an	- 25,5	- 17	8,5
	<i>Durée prairies temporaires</i>	€/ha/an	- 112,4	- 77,5	34,9
	Désintensification	€/ha/an	- 7,8	56,4	64,2
	Intensification	€/ha/an	- 4	14,5	18,5
Lipides et additifs	⑦ Substitution glucides/lipides	€/tête/an	27	31,8	4,8
	Ajout de nitrates	€/tête/an	10,5	16,5	6,0
Alimentation protéique	⑧ Alimentation des vaches laitières	€/tête/an	- 49,2	- 42,6	6,5
	Alimentation des truies 2PAA+	€/tête/an	- 11,6	- 7,8	3,8
Méthanisation et torchères	⑨ <i>Méthanisation</i>	€/UGB/an	- 12,1	- 11,0	1,1
	<i>Couverture et torchères</i>	€/UGB/an	- 80,6	- 79,5	1,1
Économies d'énergie	⑩ Tracteurs	€/tracteur/an	- 410	- 333,2	76,8
	Bâtiments avicoles	€/kg poids vif/an	- 0,032	- 0,030	0,002
	Serres chauffées	€/ha/an	- 229,1	- 161,3	67,8

Source : auteurs

Figure 2 - Coûts (en €/unité/an), avec ou sans prise en compte des coûts de transaction privés (CTP), de l'ensemble des sous-actions

Un coût positif représente un coût pour l'agriculteur, un coût négatif un gain. Les sous-actions pour lesquelles la formule est utilisée hors de son domaine de validation sont surignées en orange.



Source : auteurs

Conclusion

L'existence de coûts de transaction peut-elle expliquer la non-adoption spontanée, ou l'adoption seulement partielle, d'actions à coûts négatifs ?

À partir de résultats d'estimation très frustes, il apparaît que les coûts de transaction sont du même ordre de grandeur que les coûts techniques. Dans la moitié des cas où les coûts techniques sont négatifs, la prise en compte des coûts de transaction conduirait à des coûts totaux positifs pour les exploitants. Il serait audacieux d'aller plus loin dans l'interprétation de ces résultats, notamment de les commenter action par action, puisque notre méthode de calcul est indifférente à la nature de ces actions. La méthode de transfert, qui a consisté à appliquer une fonction estimée pour les coûts de transaction observés lors de la mise en œuvre de mesures agroenvironnementales, est elle-même discutable. Par rapport aux coûts de transaction que nous cherchons à mesurer pour nos actions de réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'arrangement institutionnel que constituent les mesures agroenvironnementales implique un biais positif et un biais négatif, qui ne se compensent pas nécessairement. Le biais positif est l'existence du contrat agroenvironnemental, qui implique un fardeau administratif spécifique pour l'exploitant. Le biais négatif est l'existence quasi généralisée des structures d'appui et de conseil aux agriculteurs en accompagnement des programmes agroenvironnementaux, qui les déchargent d'une partie de la recherche d'information associée au choix et à la mise en œuvre des changements techniques proposés par ces programmes (Mettepinningen *et al.*, 2009). Les coûts de transaction sont en effet très dépendants de la nature du système d'incitation et d'accompagnement mis en place pour favoriser tel ou tel changement de pratique. Les politiques de prix (taxes sur les pesticides ou les carburants d'origine fossile, prix subventionné de la production d'énergie renouvelable) sont par nature beaucoup moins coûteuses en coûts de transaction que les politiques de quotas, subventionnés comme les mesures agroenvironnementales ou non, qui nécessitent l'établissement d'une autorisation ou d'un contrat avec chaque entreprise concernée et la production d'un grand nombre d'informations par cette dernière pour la mise en place et l'exécution de ce contrat. Cela est vrai aussi bien pour les coûts de transaction privés que pour les coûts de transaction publics.

Peut-on réduire ces CTP pour favoriser l'adoption des actions ?

Quelle que soit la politique choisie, la production et la diffusion de références techniques et économiques sur les différents aspects des changements techniques proposés réduisent les coûts de transaction. Par exemple, faire savoir que l'isolation des bâtiments d'élevage pour les plus petites volailles est très rentable peut certainement, toutes choses égales par ailleurs, faciliter l'obtention de crédits bancaires pour la rénovation ou la construction de tels bâtiments. La simplification et la coordination des procédures administratives doivent être poursuivies. C'est le cas par exemple de l'établissement des guichets uniques pour la méthanisation articulant l'obtention des soutiens publics et des autorisations associées (Installations Classées pour Protection de l'Environnement, permis de construire, agréments sanitaires). Ce mouvement est cependant limité par l'inflation législative et correspond souvent au transfert des coûts de transaction des agriculteurs vers d'autres opérateurs privés, associatifs ou publics.

Du point de vue de l'efficacité économique, la réduction des coûts de transaction privés n'est pas un objectif en soi, mais ces coûts doivent être pris en compte pour le choix et l'élaboration des instruments de politiques intégrant l'ensemble des coûts pour les agriculteurs, leurs clients et les contribuables. Ce choix est généralement soumis à un arbitrage entre

gains liés à la précision du ciblage de la politique sur les émissions polluantes et accroissement des coûts de transaction associé à cette précision (Vatn, 2005). Typiquement il est plus efficace, hors coûts de transaction, d'agir sur l'excédent de fertilisation pour réduire les fuites d'azote dans le milieu aquatique que sur la fertilisation elle-même, mais cela requiert une collecte d'information trop importante, complexe et hétérogène pour être réalisable au niveau de chaque exploitation (Peyraud *et al.*, 2012). Il est donc intéressant de repérer les situations qui échappent à ce dilemme. Concernant les émissions de GES, c'est le cas de la consommation des carburants et combustibles fossiles pour le CO₂, des apports d'azote minéral pour le N₂O et du nombre de ruminants pour le CH₄. Ces facteurs de production sont déjà taxés ou subventionnés, donc mesurés et enregistrés dans le cadre d'autres politiques fiscale, agricole, sanitaire ou de l'eau. Une modification de ces taxes ou subventions n'entraîne donc aucun coût de transaction supplémentaire. L'analyse coût-bénéfice pour l'ensemble de la société de telles modifications nécessite cependant une analyse de l'élasticité de la production agricole par rapport aux prix de ces facteurs, des effets induits par substitution entre facteurs de production, notamment importés, pour tenir compte des transferts de pollution, et des pertes de profit associées tout au long de la chaîne de valeur des producteurs aux consommateurs en passant par les finances publiques. Pour les carburants et combustibles, la présente étude suggère qu'une augmentation de leur prix aurait une faible influence sur le niveau de production puisque des économies d'énergie substantielles peuvent être faites à niveaux de production inchangés. Pour la même raison, le cas des apports d'azote minéral est également à explorer en Europe car la majeure partie des actions à coût négatif de notre étude concerne une meilleure gestion de la fertilisation azotée. Des résultats sur longue période en Iowa (USA) concernant des systèmes de cultures intensifs maïs/soja, montrent qu'une taxe sur les engrais peut conduire à des réductions considérables de fertilisation azotée en encourageant la succession de ces cultures au détriment de leurs monocultures pour des pertes de production et de profits négligeables (Livingston *et al.*, 2013).

Une autre piste d'amélioration de l'efficacité-coût est la réalisation d'économie d'échelle pour la réduction des émissions. Cela passe notamment par une préférence pour le subventionnement systématique des pratiques vertueuses et la taxation des pratiques polluantes, au détriment des mesures d'adoption volontaires limitées dans l'espace et le temps.

Dans la nouvelle PAC, l'élargissement des surfaces d'intérêt écologiques (SIE) aux bordures de champs, incluant éventuellement haies et alignements d'arbre qui relevaient jusqu'à maintenant de mesures agroenvironnementales, est une mesure allant dans ce sens. Les SIE, comme le maintien des prairies permanentes qui stockent du carbone, conditionnent désormais les paiements verts inclus dans le premier pilier de la PAC. Enfin quand des mesures volontaires sont les seules options possibles, il est parfois possible d'accroître le bénéfice environnemental pour un accroissement moindre des coûts associés en recourant à des paiements non linéaires composés d'une partie fixe, destinée notamment à couvrir les coûts de transaction fixes de l'agriculteur, et d'une partie variable proche du coût marginal de la pratique vertueuse. Les coûts de transaction privés ne sont pas réduits, mais leur prise en charge permet un accroissement de l'adoption de la pratique considérée, comme le montre une étude de cas espagnole pour l'introduction de luzerne dans la rotation (Espinoza *et al.*, 2010). Ainsi, les bénéfices environnementaux peuvent être accrus plus que proportionnellement aux coûts totaux de la mesure, dès lors que l'administration publique de telles mesures implique elle-même de forts coûts fixes (Falconer *et al.*, 2001).

Références bibliographiques

- Agreste, 2010, *Base de données du RICA en ligne, microdonnées RICA 2010*, <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/reseau-d-information-comptable/rica-france-microdonnees/>
- Agreste, 2011, *Production brute standard et nouvelle classification des exploitations agricoles, note documentaire*, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire, Service de la Statistique et de la Prospective, sous-direction des synthèses statistiques et des revenus, Bureau des statistiques sur les productions et les comptabilités agricoles, http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_pbs.pdf
- Barreiro-Hurlé J., Espinosa-Goded M., Dupraz P., 2010, "Does intensity of change matter? Factors affecting adoption of agri-environmental schemes in Spain", *Journal of environmental planning and management*, 53 (7), 891-905.
- Citepa, 2012, *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*, Citepa - ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Paris, France, 1 364 p., mars.
- De Cara S., Vermont B., 2014, « Émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole : coûts et potentiels d'atténuation, instruments de régulation et efficacité », *Notes et Études Socio-Économiques*, 38, pp. 7-25.
- Ducos G., Dupraz P., Bonnieux F., 2009, "Agri-environment contract adoption under fixed and variable compliance costs", *Journal of environmental planning and management*, 52 (5) : 669-687.
- Eagle A. J., Olander L. P., 2012, "Greenhouse Gas Mitigation with Agricultural Land Management Activities in the United States: A Side-by-Side Comparison of Biophysical Potential", *Advances in Agronomy*, 115, 79-179.
- Espinosa-Goded M., Barreiro-Hurlé J., Dupraz P., 2013, "Identifying additional barriers in the adoption of agri-environmental schemes: The role of fixed costs", *Land Use Policy*, 31, 526-535.
- Espinosa-Goded M., Barreiro-Hurlé J., Ruto E., 2010, "What Do Farmers Want From Agri-Environmental Scheme Design? A Choice Experiment Approach", *Journal of Agricultural Economics*, 61: 259-273.
- Falconer K., Dupraz P., Whitby M., 2001, "An Investigation of Policy Administrative Costs Using Panel Data for the English Environmentally Sensitive Areas", *Journal of Agricultural Economics*, 52, (1), 83-103.
- GIEC, 2006, *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre, préparé par le Programme pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre*, Eggleston H.-S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (dir), IGES, Japon.
- Knack S., Keefer P., 1997, "Does social capital have an economic payoff? A cross-country investigation", *The Quarterly journal of economics*, 112 (4), 1251-1288.
- Livingston M., Roberts M.-J., Zhang Y, 2013, "Optimal Sequential Plantings of Corn and Soybeans Under Price Uncertainty", Resubmitted to *American Journal of Agricultural Economics*, http://www2.hawaii.edu/~mjrobert/main/Working_Papers_files/AJAE_revise.pdf

- McKinsey & Company, 2009, *Pathways to a low-carbon economy, Technical report*, McKinsey & Co., 192 pp.
- Markowitz H.M., 1959, *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, 2nd ed. Basil Blackwell, 1991.
- Mettepenningen E., Verspecht A., Van Huylbroeck G., D'Haese M., Aertsens J., Vandermeulen V., 2007, "Analysis of Private Transaction Costs related to agri environmental schemes", *ITAES WP6 Consolidated Report*, Deliverable N° 15, Document number ITAES WP6 P3D15, Sixth Framework Programme Priority 8 Policy Oriented Research, Specific Targeted Research Project No SSPE-CT-2003-502070, Integrated Tools to Design and Implement Agro environmental Schemes, 128 p.
[https://w3.rennes.inra.fr/internet/ITAES/website/Publicdeliverables/WP6_final %20version.pdf](https://w3.rennes.inra.fr/internet/ITAES/website/Publicdeliverables/WP6_final%20version.pdf)
- Mettepenningen E., Verspecht E., Van Huylbroeck G., 2009, "Measuring private transaction costs of European agri-environmental schemes", *Journal of Environmental Planning and Management*, 52 (5), 649-667.
- Moran D., MacLeod M., Wall E., Eory V., McVittie A., Barnes A., Rees R., Topp C., Pajot G., Matthews R., Smith P. & Moxey A., 2011, "Developing carbon budgets for UK agriculture, land-use, land-use change and forestry out to 2022", *Climatic Change*, 105 (3-4), 529-553.
- Nahapiet J., Ghoshal S., 1998, "Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage", *Academy of management review*, 23(2), 242-266.
- Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.-P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., 2013, *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude*, Inra (France), 92 p.
- Peyraud J.-L., Cellier P., Donnars C., Réchauchère O. (éditeurs), 2012, *Les flux d'azote liés aux élevages : réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*, Inra (France), 68 p.
- Schulte R., Donnellan T., 2012, *A marginal abatement cost curve for Irish agriculture*, Teagasc submission to the National Climate Policy Development Consultation, Teagasc, Oakpark, Carlow, Ireland, march.
- Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., 2007, « Agriculture », in: Metz B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave R., Meyer L.A. (dir), *Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Vatn A., 2005, *Institutions and the Environment*, Edward Elgar Publishing, 481p.
- Williamson O. E., 1979, "Transaction-Cost Economics: the Governance of Contractual Relations", *Journal of Law and Economics*, Vol. 22, 2, 233-261.

Impacts des aléas climatiques en élevages bovin et ovin allaitants et demande de couverture assurantielle

Claire Mosnier¹⁻⁵, Simon Fourdin², Jean-Christophe Moreau²⁻⁵, Anaïs Boutry⁴⁻⁵,
Émilie Le Floch³, Michel Lherm¹⁻⁵, Jean Devun²⁻⁵

Résumé

Améliorer les capacités d'adaptation des élevages aux aléas climatiques et développer des outils d'assurance couvrant la production des prairies contre ces risques constituent un enjeu majeur dans une perspective de transition du régime public des calamités agricoles vers les assurances privées. S'appuyant sur l'analyse d'un large panel de données d'exploitations « allaitantes » sur la période 2000-2009, cette étude a pour premier objectif de quantifier la sensibilité des résultats économiques des exploitations aux aléas climatiques et d'identifier les leviers techniques mobilisés par les producteurs pour leur faire face. À partir d'enquêtes réalisées dans différentes régions, son second objectif est de mieux cerner les visions que les éleveurs ont des aléas climatiques, leurs façons de gérer ce risque ainsi que leurs motivations à souscrire une assurance « prairie ».

Mots clés

Risque climatique, élevage bovin, sensibilité aux aléas, adaptation, assurance

**Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles
du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
Il n'engage que ses auteurs.**

1. Inra UMRH 1213 F Clermont-Fd - Theix.
2. Institut de l'Élevage.
3. Stagiaire à l'Institut de l'Élevage.
4. Stagiaire à l'Inra.
5. UMT SAFE.

Introduction

L'élevage allaitant repose généralement sur des systèmes fourragers où l'herbe constitue la principale ressource alimentaire du troupeau (Sinclair et Agabriel, 1998). Cette production herbagère est très sensible aux aléas climatiques et notamment aux épisodes de sécheresse qui, en rendant insuffisantes les ressources disponibles pour le troupeau, peuvent accroître la fragilité économique des élevages (Ruget *et al.*, 2006 ; Boyer, 2008).

L'État dispose, à travers le dispositif d'indemnisation publique *ex post* des calamités agricoles, d'un instrument pour aider les éleveurs à faire face à ces aléas climatiques. Cependant, la France a envisagé à partir de 2002, à l'image de l'Espagne ou des États-Unis, de favoriser une prise de relais par les assurances privées (Babusiaux, 2000 ; Mortemousque, 2007 ; Mission IGF/CGAAER, 2009). L'État a ainsi soutenu à partir de 2005 le développement d'une assurance des récoltes contre les risques climatiques.

L'intégration des prairies – pour lesquelles il n'existe pas à ce jour de produit d'assurance commercialisé – dans un tel dispositif est un enjeu majeur de cette transition. Elles représentaient en effet 45 % du montant des indemnisations du Fonds National de Gestion des Risques en Agriculture (FNGRA) (Babusiaux, 2000). Mais la production herbagère présente des particularités qui sont autant d'obstacles à surmonter pour développer une assurance multirisque climatique adaptée : estimation délicate des pertes en raison d'une production multiforme (pâturage, fauche) essentiellement autoconsommée, forte corrélation des risques individuels¹, gestion des surfaces herbagères et du troupeau pouvant aggraver ou atténuer l'impact des aléas climatiques (Boyer, 2008 ; Marchand et Rish, 2007), risques de dégradations du couvert prairial dont les conséquences peuvent se faire sentir sur plusieurs années, notamment en montagne (Alard et Balent, 2007).

Les éleveurs disposent de différentes options pour prévenir les risques et ajuster leurs choix de production aux conditions saisonnières. Cette gestion individuelle du risque doit être prise en compte dans la définition des offres d'assurance et par les éleveurs afin qu'ils choisissent la part de risque qu'ils sont prêts à supporter, et celle qu'ils souhaitent mutualiser ou déléguer (Mosnier *et al.*, 2009). Afin de mieux cerner les modalités en la matière, les compagnies d'assurance et les pouvoirs publics doivent pouvoir estimer les impacts que peuvent avoir les aléas climatiques sur les résultats techniques et économiques des élevages allaitants et leur capacité à faire face à ces perturbations (Mosnier *et al.*, 2009 ; Dedieu et Ingrand, 2010).

Bien qu'il existe des travaux portant essentiellement sur l'estimation de l'impact économique des aléas climatiques sur des élevages bovin allaitant du bassin charolais, à partir d'observations en fermes (Veysset *et al.*, 2007 ; Mosnier *et al.*, 2010), aucune analyse quantitative n'a été réalisée à l'échelle de la France pour les productions de bovins et d'ovins allaitants. Ces travaux n'ont, par ailleurs, pas cherché à mettre en évidence les seuils à partir desquels les aléas ont un impact important sur les variables technico-économiques, et n'ont abordé que quelques leviers d'ajustement mobilisés par les éleveurs. Des analyses complémentaires sont donc nécessaires pour préciser la sensibilité des exploitations aux aléas climatiques sur des échantillons plus larges et plus divers sur le plan des productions et des contextes régionaux.

1. Affectation simultanée d'un très grand nombre d'exploitations par des dommages importants (Boyer, 2008).

La première partie de cet article analyse ainsi la situation des exploitations bovines et ovines allaitantes dans les principaux bassins de production français face aux aléas climatiques. Les objectifs de ces travaux, qui portent sur la période 2000-2009, sont d'évaluer, selon l'intensité des aléas climatiques, l'impact sur les résultats des élevages ainsi que les leviers d'ajustement mobilisés par les éleveurs, et, enfin, de mettre en évidence les déterminants de la sensibilité des systèmes aux aléas climatiques.

Par ailleurs, si les inquiétudes des éleveurs à l'égard des aléas climatiques sont aujourd'hui croissantes, leur intérêt pour des assurances individuelles dans ce domaine, leurs connaissances des dispositifs de financement et leur consentement potentiel à souscrire des assurances, sur la production d'herbe, sont peu connus et méritent analyse. La deuxième partie s'appuie donc sur des enquêtes auprès d'éleveurs, qui se sont déroulées de mars à juillet 2011, dans un contexte climatique marqué notamment par une sécheresse précoce (fort déficit pluviométrique d'avril à mi-juin). Les objectifs sont d'évaluer l'intérêt des éleveurs allaitants pour un dispositif d'assurance multirisques climatique pour prairies, en sondant leurs perceptions du risque climatique et leurs stratégies d'adaptation, et d'identifier leurs freins et motivations vis-à-vis d'une assurance « prairie » afin d'en dégager des éléments de réflexion.

1. Impacts des aléas climatiques en élevage allaitant et leviers d'ajustement mobilisés par les éleveurs pour limiter les risques

1.1. Matériel et méthodes

1.1.1. Données sources et description de l'échantillon

Afin de caractériser les difficultés rencontrées sur les exploitations lors des sécheresses, et de les mettre en regard de la problématique des assurances, les données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective² ont semblé particulièrement intéressantes. Elles permettent en effet de cerner une diversité de situations, en termes de caractéristiques des systèmes de production, des systèmes fourragers, et de contextes géographiques et climatiques. Il ne s'agit nullement ici de fournir des estimations d'impact à l'échelle nationale ou de régions, objectif différent qui aurait nécessité de mobiliser d'autres sources afin de pondérer le poids relatif des différentes situations.

Collectées dans le cadre d'un suivi pluriannuel détaillé d'exploitations réparties sur l'ensemble du territoire national, les données portent sur la période 2000-2009 pour les exploitations bovines et sur la période 2002-2009 pour les exploitations ovines. Seules les exploitations présentes cinq années consécutives ont été retenues pour que, par exploitation, les valeurs moyennes des différents critères et leurs variations interannuelles soient mieux estimées. 53 variables ont été sélectionnées. Ainsi, les indicateurs de production fourragère comprennent les rendements des prairies en première coupe et deuxième coupe

2. Action coordonnée par l'Institut de l'élevage et conduite en partenariat avec les Chambres d'Agriculture et EDE.

(ensilage, enrubannage, foin et tous modes de récolte confondus), le rendement du maïs ensilage, les quantités d'herbe et de fourrages récoltées. Les indicateurs de surfaces agricoles concernent l'assolement et plus particulièrement la part des surfaces en maïs ou en céréales ensilées, la part de cultures dérobées implantées sur la SAU, l'utilisation des surfaces pastorales (parcours hors SAU). L'utilisation finale des prairies est appréciée notamment par la part des surfaces pâturées ou récoltées et le mode de récolte. Les charges d'engrais et de semences de l'année permettent de déceler des changements au niveau de la conduite des surfaces en herbe, comme par exemple l'augmentation de la fertilisation pour augmenter le potentiel de rendement et ainsi reconstituer les stocks. Les charges de semences permettent également de voir si plus de cultures de substitution sont semées et, quand le détail des charges des différentes semences est connu, de savoir si des prairies dégradées sont ressemées massivement.

Les sources d'aliments utilisées sont appréciées par les variations de stocks d'herbe et de fourrages (pour l'année en cours et l'année suivante), les quantités de concentrés consommés par UGB, les quantités de fourrages et de pailles achetées et vendues dans l'année. Au niveau du troupeau, les performances sont appréciées par des indicateurs portant sur la production de viande (poids moyens des différentes catégories en kg vif ou en kg de carcasse, quantité de viande vive produite par UGB, part d'animaux gras dans chaque catégorie, etc.) et la reproduction (nombre de mises bas, taux de productivité, etc.). Les résultats économiques sont exprimés par UGB et résumés par le produit brut des herbivores et de la Surface Fourragère Principale (SFP) (hors aides et variations de stock fourrager), les charges opérationnelles des herbivores, les charges opérationnelles de la SFP, la marge brute des herbivores et de la SFP (hors aides et variations de stocks fourragers).

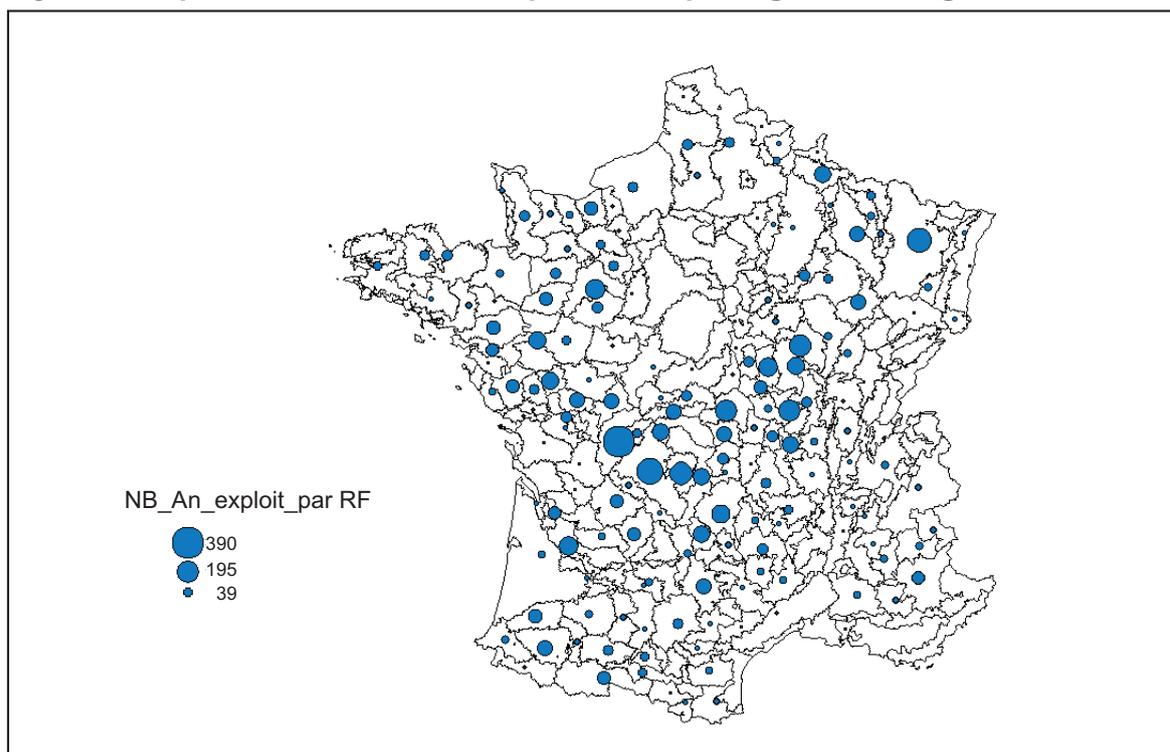
Les aléas climatiques influençant principalement la production fourragère, l'indicateur climatique retenu, indirect, est la quantité d'herbe récoltée par UGB sur l'exploitation considérée. Exprimé par UGB, cet indicateur intègre l'ensemble des récoltes de la campagne fourragère de l'exploitation, exception faite du pâturage. Afin de s'assurer que les pertes de production fourragère soient bien dues à un aléa climatique, et non à des modifications de pratiques ou de structure, les exploitations pour lesquelles une baisse de quantité d'herbe récoltée en première coupe n'était pas consécutive à une diminution du rendement ou résultait d'une réduction des surfaces récoltées, ont été éliminées. Ce filtre n'empêche pas que la baisse de quantité totale d'herbe récoltée soit due à une réduction des quantités récoltées en deuxième coupe.

Six classes de variation des quantités d'herbe récoltée ont été définies. Elles correspondent à des intervalles de variations des quantités d'herbe récoltées par UGB par rapport à la moyenne interannuelle des quantités d'herbe récoltées par UGB : < - 30 %, entre - 30 et - 20 %, entre - 20 et - 10 %, entre - 10 et + 10 %, entre + 10 et + 30 % et > 30 %.

1.1.2. Description de l'échantillon

L'échantillon analysé statistiquement comporte 547 exploitations et 3 460 exploitations-années. Les exploitations sont présentes en moyenne 6,3 années dans l'échantillon. Leur répartition selon les régions fourragères est illustrée (figure 1). Cette répartition, qui est liée aux choix faits par le dispositif « Réseaux d'Élevage », couvre les grandes zones de productions allaitantes.

Figure 1 - Répartition des années - Exploitations par régions fourragères ISOP



Source : les auteurs, données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective

Les exploitations de l'échantillon étudié sont de dimension supérieure à la moyenne nationale du Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA) en 2008 : + 44 % pour la SAU, + 27 % pour les UGB et la main-d'œuvre totale (UMOt). La productivité de la main-d'œuvre est également plus élevée : + 19 % de surface et + 5 % pour les UGB (tableau 1).

Tableau 1 - Comparaison de la taille des structures et de la productivité de la main-d'œuvre des exploitations de l'échantillon et de celles du Rica pour l'année 2008

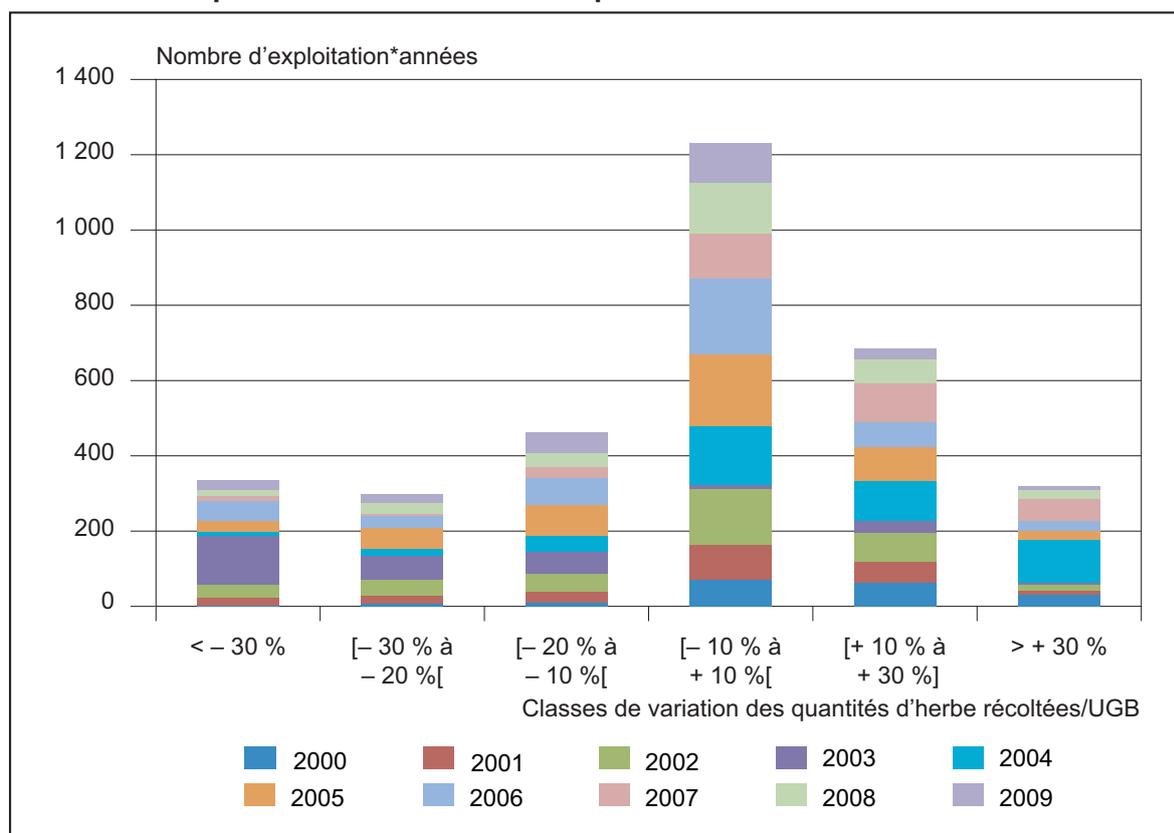
	UMOt	SAU (ha)	SAU/UMOt (ha)	UGB	UGB/UMOt
Échantillon étudié 2008 (N = 347)	1,8	128	75	123	71
RICA 2008 (moyenne pondérée Otex 42 et 44)*	1,4	89	63	97	68

* Otex 42 : Bovins élevage et viande ; Otex 44 : Ovins, caprins et autres herbivores.

Source : Rica France, 2010, données Agreste-MAAF-SSP

La répartition des exploitations-années dans les différentes classes de l'indicateur d'aléa climatique considéré est à peu près normale : centrée sur 0 avec 38 % des effectifs dans la classe $[- 10 ; + 10[$ et relativement symétrique (figure 2). Notons que 10 % des exploitations-années, soit 336 observations, se retrouvent dans la classe des quantités d'herbe récoltées inférieures à 30 %. La distribution au sein de chaque classe d'aléas selon les productions animales est relativement stable : en moyenne 69 % de bovin viande, 23 % d'ovin viande et 8 % de mixte ovin-bovin.

Figure 2 - Répartition des exploitations par année selon les classes de variation des quantités d'herbe récoltées par UGB



Source : les auteurs, données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective

Toutes les années sont représentées dans les classes d'aléas, mais dans des proportions diverses. Ce sont les années 2003³, et à un degré moindre 2005 et 2006, au cours desquelles les quantités d'herbe récoltées, ramenées à l'UGB, ont été le plus souvent très affectées. À l'opposé, les années 2004 et 2007 ont été les plus favorables sur le plan des quantités d'herbe récoltées.

1.1.3. Les analyses réalisées

Afin d'avoir une vision relativement synthétique des principaux indicateurs affectés par les aléas climatiques, le calcul des coefficients de corrélation a d'abord été fait. Lorsque le coefficient de corrélation était significatif au seuil de 1 %, une analyse graphique a été réalisée pour étudier les non-linéarités. Une analyse de variance monofactorielle a permis de calculer le coefficient de détermination (R^2) pour estimer la part de la variabilité expliquée par les classes d'aléa climatique (modèle non linéaire). Les tests de comparaison multiple de moyennes (test de Tukey) indiquent si les moyennes sont significativement différentes deux à deux. Afin de repérer les facteurs de variation entre élevages, nous avons comparé les résultats des exploitations en fonction de leur groupe typologique (cf. *infra*) grâce à un test de Student (avec, en préalable, un test sur l'homogénéité des variances). Ces analyses se sont focalisées sur la classe d'aléas « < - 30 % ».

3. Cette année-là, 43 % des exploitations ont connu des baisses de quantité d'herbe récoltée supérieures à 30 %.

1.1.4. Recodage des variables et création de groupes typologiques

Parce qu'il existe une tendance à l'agrandissement des surfaces et des troupeaux au cours de la période étudiée, l'expression des variables par unité structurelle (ha ou UGB) permet de comparer des exploitations de tailles différentes, mais aussi une même exploitation entre années. Cependant, cela ne permet pas de contrôler les différences liées au système de production ou à des évolutions tendancielle des pratiques. Les indicateurs bruts (Y) ont donc été recodés (V_Y) pour enlever la tendance linéaire et l'effet exploitation au moyen d'un Modèle Linéaire Généralisé (GLM) estimé sous SAS (équation 1). L'évolution tendancielle correspond au taux d'accroissement annuel moyen (a) estimé sur l'ensemble de l'échantillon. L'effet exploitation équivaut à la moyenne des observations de chaque exploitation (μ_i). L'indicateur recodé V_Y correspond en fait au résidu de ce modèle.

$$Y_{i,t} = \mu_i + a.t + V_Y_{i,t} \quad (\text{équation 1})$$

L'impact des aléas climatiques sur la gestion des intrants des cultures fourragères et sur les achats et ventes d'aliments peut s'étaler sur deux années (t et t + 1) : une part des conséquences de ces aléas se répercute le plus souvent sur deux exercices comptables ou sur deux campagnes fourragères. Ainsi, pour les variables liées à la consommation d'aliments conservés, à l'achat d'engrais et semences, aux charges opérationnelles et à la marge brute, la somme des V_Y sur l'année t et t + 1 (SV_Y) a été privilégiée. Afin d'éliminer pour partie l'effet « exploitation » et pour faciliter l'interprétation des résultats, l'indicateur d'aléa est exprimé en variation relative par rapport à la moyenne.

Sept typologies des systèmes d'élevage ont été réalisées. L'espèce, bovin vs. ovin, est *a priori* une source importante d'hétérogénéité quant aux leviers d'ajustement mobilisables (Devun et Legarto, 2011). D'autre part, la présence de cultures de ventes permettrait de limiter les achats extérieurs (Lemaire *et al.*, 2006). Celle de cultures fourragères réduirait la variabilité des quantités de fourrages récoltées (Lemaire et Pflimlin, 2007). Par ailleurs, la possibilité de varier les modes de récolte peut également donner de la souplesse. Le contexte pédoclimatique influencerait également les possibilités d'ajustement, notamment sur les cultures et le pâturage hivernal (Laignel et Benoit, 2004). Les systèmes avec engraissement des animaux peuvent plus facilement pratiquer des ajustements sur le troupeau (Devun et Perrot, 1994). Enfin, la présence de surfaces pastorales donnerait de la souplesse aux systèmes en offrant des surfaces de pâturage de réserve (Pflimlin, 1998), et plus généralement une gestion plus flexible face aux aléas climatiques (Guérin, Moulin, Tchakerian, 2009). Afin de bien différencier les caractéristiques de long terme, les typologies établies sur la base des caractéristiques énumérées ci-dessus ont été « imbriquées ». Les modalités apparaissant comme les plus pertinentes, compte tenu de la répartition des effectifs dans la classe d'aléa « < - 30 % », ont finalement été comparées :

- l'espèce : comparaison des élevages bovin viande (nombre d'observations : 217) vs. ovin viande (N = 95) au sein des élevages spécialisés ;
- cultures de vente : au sein des élevages en production bovine (N = 136 vs. N = 32) et en production ovine (N = 63 vs. N = 14), comparaison des « exploitations spécialisées » vs. « de polyculture-élevage » (types définis selon la méthode de Perrot (1990), qui consiste à regrouper les exploitations par agrégation, sur la base de coefficients de ressemblance calculés par rapport à des groupes types) ;
- cultures fourragères : comparaison des élevages avec (N = 65) ou sans cultures fourragères (N = 71) au sein des élevages spécialisés bovin (peu d'élevages ovins ont des cultures fourragères) ;

- modes de récolte : les récoltes première coupe « foin seul » (N = 33) sont comparées à celles incluant l'ensilage (N = 15) (types réalisés d'après Devun et Legarto, 2011) au sein des élevages spécialisés bovin en système fourrager tout herbe ;
- engraissement : les ateliers naisseurs (N = 24) sont comparés aux ateliers naisseurs-engraisseurs (N = 22) dans les élevages spécialisés bovin ayant des cultures fourragères ;
- contexte pédoclimatique : comparaison des exploitations en plaine (N = 50) vs. en montagne (N = 13) au sein des élevages ovin viande qui se distinguent notamment par les conduites d'élevages (races, stocks fourragers, durée de pâturage, etc.) ;
- surfaces pastorales : comparaison des exploitations avec (N = 8) et sans surfaces pastorales (N = 5) au sein des élevages ovin viande en montagne.

1.2. Résultats

1.2.1. Mobilisation moyenne des leviers d'ajustement selon l'intensité des aléas climatiques

Le principal ajustement de l'utilisation des surfaces agricoles concerne l'arbitrage entre surfaces en herbe pâturées et surfaces fauchées (tableau 2). Pour des aléas « < - 30 % », la réduction des surfaces récoltées, toutes coupes confondues, est en moyenne de 8 ares/UGB, soit environ 10 % des surfaces en herbe. Le graphique (figure 3) met en évidence que cet ajustement est relativement proportionnel à l'intensité de l'aléa. La continuité de la mobilisation de ce levier laisse supposer un gaspillage limité lors des années favorables. En valeur relative, ce sont les surfaces récoltées en deuxième coupe qui sont les plus variables (- 40 % pour des pertes de récolte supérieures à 30 %).

Tableau 2 - Valeur brute des indicateurs liés à l'utilisation des surfaces agricoles et différences de variation entre les groupes d'aléas extrêmes et l'aléa neutre « [- 10 ; + 10[»

	Valeur brute de l'indicateur			Différences de variation avec le groupe « < - 30 »			Différences de variation avec le groupe « > + 30 »	
	Nb obs.	Moy.	E. T.	Nb obs.	Moy.	E. T.	Nb obs.	Moy.
V_ Surface maïs ensilé/Surface maïs totale (%)	1 738	75	(38)	142	+ 2	(13)	144	- 3
V_ Surf. en culture dérobée/SAU (%)	3 460	0,9	(3)	336	+ 0,2	(1,8)	319	- 0,1
V_ Surf. en herbe récoltée (ares/UGB)	3 460	47	(27)	336	- 8*	(10)	319	+ 10*
V_ Surf. herbe réc. 1 ^{re} coupe/ Surface en herbe (%)	3 460	46	(16)	336	- 6*	(8)	319	+ 6*
V_ Surf. herbe réc. 2 ^e coupe/ Surface en herbe (%)	3 460	8	(12)	336	- 3*	(7)	336	+ 2*

* Écart significatif à 5 % (test TUKEY sur ANOVA) ; V_ : variation interannuelle pour l'année de l'aléa.

Source : les auteurs, données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective

Figure 3 - **Ajustement moyen de la surface en prairie récoltées (ares/UGB) en fonction des groupes d'intensité de l'aléa climatique**

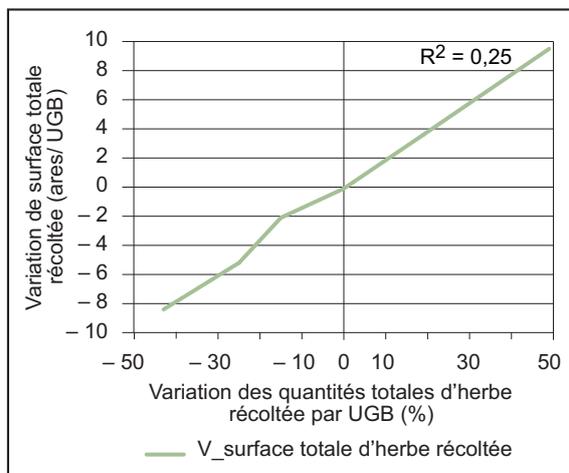
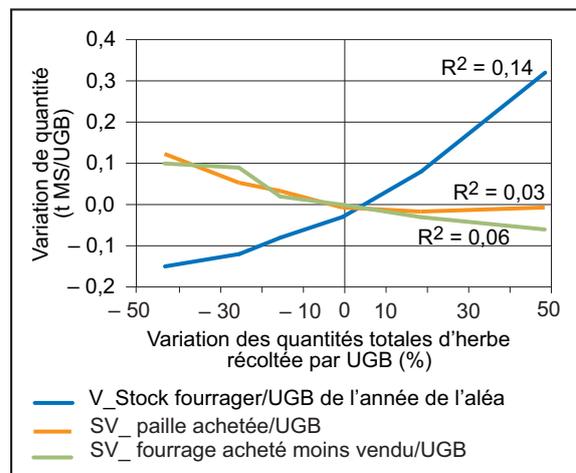


Figure 4 - **Flux de quantité de fourrages en fonction des groupes d'intensité de l'aléa climatique**



Note : V_ : variation interannuelle pour l'année de l'aléa, SV_ : somme des variations pour l'année de l'aléa et l'année suivante ; R² : ANOVA sur groupe d'aléa.

Source : les auteurs, données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective

D'autres ajustements reposent sur une augmentation de la part des surfaces en maïs, orientée vers l'ensilage au détriment du grain, et sur davantage de cultures dérobées lorsque l'aléa devient défavorable. Ils sont cependant moins fréquents car non mobilisables sur l'ensemble des exploitations. Ainsi, pour des aléas « < - 30 % », les exploitations de polyculture-élevage bovin récoltent davantage de surface en maïs sous forme d'ensilage (+ 4,7 %), ce qui n'est pas le cas chez les spécialisés bovin (+ 0,3 %). Ce levier permet d'atténuer la baisse des quantités totales de fourrages récoltées (pour les bovins : - 364 kg/UGB vs. - 578 kg/UGB chez les spécialisés ; pour les ovins : - 398 kg/UGB vs. - 579 kg/UGB chez les spécialisés). Quant aux cultures fourragères, leur présence permet également de limiter la baisse des quantités de fourrages récoltées et ainsi de sécuriser la constitution des stocks (- 473 kg MS/UGB⁴ en élevage bovin viande spécialisé avec cultures fourragères vs. - 674 kg MS/UGB dans les élevages possédant uniquement de l'herbe). De même, les surfaces pastorales constituent un élément d'ajustement mobilisé dans les systèmes ovin spécialisés de montagne, en offrant une extension des surfaces pâturables (la part des UGB utilisant les surfaces pastorales augmente de 30 %), ce qui permet de limiter les pertes de récolte de fourrage (- 0,6 t MS/UGB de fourrage récolté en présence de surfaces pastorales en montagne vs. - 0,9 t MS/UGB). En moyenne, il n'a pas été mis en évidence d'augmentation de l'utilisation d'engrais ou de semences pour faire face aux aléas.

Les ajustements effectués sur la gestion des stocks alimentaires permettent, en moyenne sur l'ensemble du groupe « < - 30 % », de compenser 140 kg MS/UGB soit 25 % des pertes de quantité de fourrage récoltée par UGB (tableau 3). Les stocks fourragers sont reconstitués l'année suivante (+ 170 kg/UGB). Ce levier est davantage mobilisé dans les élevages bovin viande spécialisés avec cultures fourragères : - 250 kg MS/UGB (vs. 114 kg MS/UGB pour ceux qui n'en ont pas) où il permet de compenser environ 50 % des pertes. Les quantités de fourrages achetées augmentent quant à elles de 104 kg MS/UGB et permettent ainsi de compenser 19 % des pertes. Quant aux achats de paille, ils s'accroissent de 110 kg MS/UGB, ce qui représente quantitativement 20 % des pertes de fourrages

4. Kilogramme de matière sèche (MS).

(figure 4 et tableau 3). Ces achats de paille et de fourrages sont principalement mobilisés dans les élevages possédant peu de marge de manœuvre au niveau de l'ajustement des surfaces. C'est le cas, par exemple, des élevages ovin spécialisés (+ 95 kg de fourrages/UGB vs. + 3 kg/UGB chez les polyculteurs avec ovins), des élevages ovin de montagne (+ 180 kg de fourrages/UGB vs. + 76 kg/UGB pour les élevages ovin de plaine), ainsi que des élevages bovin spécialisés sans culture fourragère (+ 158 kg de fourrages/UGB vs. + 34 kg/UGB pour les élevages avec cultures fourragères).

Tableau 3 - Valeur brute des indicateurs liés aux stocks et aux achats d'aliments et différences de variation entre les groupes d'aléas extrêmes et l'aléa neutre « [- 10 ; + 10[»

	Valeur brute de l'indicateur			Différences de variation avec le groupe « < - 30 »			Différences de variation avec le groupe « > + 30 »	
	Nb obs.	Moy.	E. T.	Nb obs.	Moy.	E. T.	Nb obs.	Moy.
V_Stock fourrager (kg/UGB)	1 931	nd	(343)	192	- 140*	(260)	198	+ 320*
SV_Paille achetée (kg/UGB)	3 457	270	(400)	288	+ 110*	(344)	289	- 11
SV_Fourrage acheté-vendu (kg/UGB)	3 460	- 60	(280)	288	+ 104*	(366)	289	- 50*
SV_concentré consommé (kg/UGB)	3 035	761	(433)	210	+ 55*	(271)	237	+ 20
V_herbe récoltée (kg/UGB)	3 460	1 548	(692)	336	- 614*	(350)	309	+ 673*
SV_qté fourrage récolté (kg/UGB)	3 460	1 930	(808)	336	- 561*	(419)	309	+ 656*

* Écart significatif à 5 % (test TUKEY sur ANOVA) ; les stocks ne sont disponibles qu'en variations interannuelles ; SV_ : somme des variations pour l'année de l'aléa et l'année suivante.

Source : les auteurs, données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective

La possibilité de récolter sous forme d'ensilage ne diminue pas les pertes de récoltes de fourrage dans notre échantillon. Ceci peut s'expliquer par le fait que les quantités d'herbe récoltées en deuxième coupe, plus fréquentes en système avec fauche précoce, sont particulièrement pénalisées en année de sécheresse.

Pour compléter ce bilan, les aliments concentrés se substituent en partie aux fourrages non disponibles. Pour l'ensemble de l'échantillon, l'augmentation de la consommation de concentré est de 55 kg/UGB pour des pertes d'herbe récoltée supérieures à 30 %. Elle est cependant nettement plus importante pour les systèmes bovin (+ 84 kg/UGB) que pour les systèmes ovin (+ 7kg/UGB). De plus, en se focalisant sur les élevages bovin pour les années 2003-2004 et le groupe quantité d'herbe récoltée « < - 30 % », cette augmentation atteint 153 kg/UGB, valeur proche de l'estimation de 134 kg/UGB faite par Veysset *et al.* (2007) en élevage bovin allaitant situé dans le bassin charolais, zone fortement touchée par la sécheresse de 2003. La mobilisation de ce levier dépend donc du système, du contexte économique, des caractéristiques de l'aléa climatique et de son étendue géographique.

Au niveau du troupeau, les ajustements effectués sur le nombre, le type et le poids des animaux vendus sont peu mobilisés par les éleveurs de notre échantillon. Quels que soient les systèmes, peu d'indicateurs de performances techniques des troupeaux présentent une corrélation significative avec la variation relative des quantités d'herbe récoltées

par UGB. En systèmes bovin viande, seuls le poids vif des vaches maigres et la production de viande bovine par UGB sont corrélés (positivement) avec la quantité d'herbe récoltée par UGB (tableau 4).

Ainsi, une légère baisse de production de viande bovine par UGB est observée lorsque la baisse des quantités d'herbe récoltée est supérieure à 30 % (- 3 kg soit 1 % de la valeur moyenne brute). Cependant, on peut estimer que cette variation de poids correspond à une perte d'état de 0,5 point dans la grille de notation des vaches soit, sur le plan alimentaire, à l'équivalent d'un déficit d'apport d'environ 200 kg de fourrages. Indirectement, c'est un indicateur de l'état moyen du troupeau reproducteur et donc d'ajustement au niveau de sa conduite. En élevage ovin viande, les analyses n'ont pas mis en évidence d'ajustements importants au niveau des performances du troupeau.

Tableau 4 - **Valeur brute des indicateurs liés aux stocks et aux achats d'aliments et différences de variation entre les groupes d'aléas extrêmes et l'aléa neutre « [- 10 ; + 10[»**

	Valeur brute de l'indicateur			Différences de variation avec le groupe « < - 30 »			Différences de variation avec le groupe « > + 30 »	
	Nb obs.	Moy.	E.T.	Nb obs.	Moy.	E.T.	Nb obs.	Moy.
V_ Production de viande kg/UGB	2 542	308	(59)	221	- 3	(24)	221	2
V_ Poids des vaches maigres	398	667	(72)	44	- 13	(27)	43	+ 11

* Écart significatif à 5 % (test TUKEY sur ANOVA) ; V_ : variation interannuelle pour l'année de l'aléa ; E.T. : écart type.

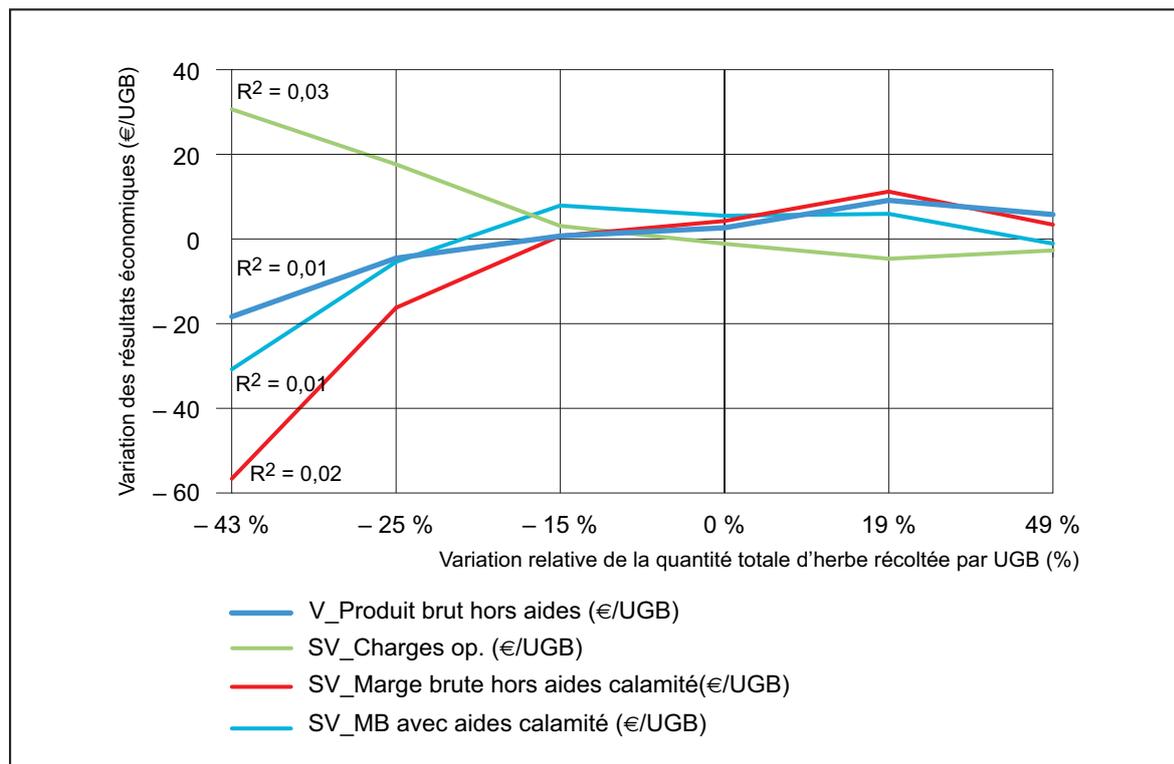
Source : les auteurs, données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective

1.2.2. Impact des aléas climatiques sur les résultats économiques moyens des exploitations selon leurs caractéristiques

Les résultats de la section précédente mettent en évidence que les éleveurs réagissent aux variations de récolte d'herbe par la mobilisation d'un certain nombre de leviers d'ajustement plus ou moins combinés. Ceci peut expliquer que les résultats économiques soient peu sensibles à des pertes de récolte d'herbe inférieures à 20 %. Cependant, ces leviers ne permettent pas de compenser l'impact des aléas climatiques plus défavorables sur les résultats économiques (figure 6 et tableau 5). Ainsi, une perte supérieure à 30 % d'herbe récoltée par UGB se traduit globalement par une augmentation des charges des herbivores par UGB de 32 € soit + 13 %. Cette augmentation est plus faible que celle mise en évidence par Veysset *et al.* (2007) dans les exploitations bovin viande en zone charolaise (+ 48 €/UGB sur 2003-2004 par rapport à la moyenne 2000-2005). Cependant, il existe une différence significative entre les élevages en production ovine (+ 19 €/UGB) et ceux en production bovine (+ 37 €/UGB). Au sein des élevages bovin viande, les spécialisés voient leurs charges davantage augmenter (+ 41 €) que celles des polyculteurs-éleveurs (+ 24 €). Enfin, en ciblant les années 2003-2004 au sein de l'échantillon d'élevages bovin viande spécialisés et toujours pour la classe d'aléas « < - 30 % », l'augmentation atteint 63 €/UGB.

Le produit hors aides par UGB baisse quant à lui de 3 % pour des aléas « < - 30 % », ce qui résulte des faibles variations de performances et de la légère baisse des produits de la SFP.

Figure 5 - Évolution de la variation absolue de marge brute des herbivores et de la SFP et des aides calamités en fonction des groupes d'intensité de l'aléa climatique



Note : V_ : variation interannuelle pour l'année de l'aléa, SV_ : somme des variations pour l'année de l'aléa et l'année suivante ; R2 : ANOVA sur groupe d'aléa.

Source : les auteurs, données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective

La marge baisse par contre de 18 %⁵ pour des pertes supérieures à 30 % et n'augmente pas significativement pour les aléas les plus favorables (> + 30 %). Ceci s'explique principalement par des achats de paille et fourrages importants les mauvaises années, l'augmentation des surfaces fourragères nécessaires à l'alimentation du troupeau (lorsque les éleveurs ont la possibilité d'orienter certaines cultures comme le maïs vers la vente ou l'alimentation du troupeau) et des ventes de fourrage en quantités moindres, les bonnes années où la priorité est donnée à la reconstitution des stocks. Cette perte de marge brute bovine est en partie compensée par les aides calamité qui couvrent en moyenne 41 % de cette perte de marge. Conformément à ce qui a été mis en évidence par Veysset *et al.* (2007), ces aides permettent de compenser approximativement les charges opérationnelles supplémentaires. Dans l'échantillon étudié, il n'a pas été mis en évidence de réelles différences de marges brutes selon les types d'exploitation.

Notons que l'impact des aléas climatiques sur les résultats économiques est asymétrique : les années favorables permettent uniquement de reconstituer les stocks. De même, les coefficients de détermination (R^2) sont très faibles. Il existe en effet une grande hétérogénéité des réponses économiques aux variations d'herbe récoltée en raison de la variation

5. Rappelons que, dans cet article, les variations de marge ne sont pas égales aux variations des produits moins les charges car les variations des produits sont estimées pour l'année en cours alors que les variations des charges et de la marge correspondent à la somme des variations de l'année en cours et de l'année suivante.

des contextes économique (prix et aides couplées) et réglementaire au cours de la période étudiée, à laquelle s'ajoute l'hétérogénéité des systèmes de production étudiés, des zones géographiques, etc.

Tableau 5 - Évolution des variables économiques des herbivores et de la SFP par UGB en fonction de la variation relative des quantités d'herbe récoltées par UGB en euros

	Valeur brute de l'indicateur		Différences de variation avec le groupe « < - 30 » (N = 288)		Différences de variation avec le groupe « > + 30 » (N = 289)
V_ Produit brut	640	(156)	- 21*	(81)	+ 6
SV_ Charges op.	241	(98)	32*	(68)	- 3
SV_ Marge brute hors Aides Calamités (AC)	334	(127)	- 61*	(107)	+ 3
SV_ MB avec AC	345	(128)	- 36*	(108)	- 1

* Écart non significatif à 5 % (test TUKEY sur ANOVA) ; écart type entre parenthèse ; V_ : variation interannuelle pour l'année de l'aléa, SV_ : somme des variations pour l'année de l'aléa et l'année suivante.

Source : les auteurs, données issues des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective

Les objectifs de cette première partie de l'étude étaient d'évaluer les impacts des aléas climatiques sur les résultats des élevages allaitants et les leviers d'ajustement mobilisés par les éleveurs pour y faire face. Ces travaux ont mis en évidence une gestion individuelle du risque climatique, principalement par des ajustements au niveau du système fourrager (ajustement des surfaces récoltées/pâturées, etc.) et de la gestion des stocks alimentaires (variation de stocks fourragers, achats d'aliments, etc.), de façon à maintenir les performances zootechniques (faibles ajustements de la conduite des troupeaux). Les stratégies d'adaptation sont variées et plus ou moins combinées selon les systèmes (présence de cultures de vente, de cultures fourragères etc.), les systèmes allaitants spécialisés et très herbagers apparaissant les plus dépendants des achats extérieurs. Un seuil moyen de résistance aux aléas climatiques se situant autour de 20-30 % de pertes de récolte d'herbe a été mis en évidence. Au-delà d'une baisse de récolte de 30 %, les résultats économiques (mesurés par la marge à l'UGB) sont très significativement affectés. Compte tenu de ces résultats, il est intéressant de connaître les points de vue des exploitants sur un système d'assurance « prairie » s'appuyant sur la compensation des baisses de rendement d'herbe à partir de 30 % de pertes. C'est l'objet de la deuxième partie de cette étude.

2. Aléas climatiques en élevage allaitant, analyse des besoins en assurance « prairie »

2.1. Méthodologie et description de l'échantillon

Deux types d'enquêtes ont été réalisés pour étudier cette question. Une première étude qualitative (entretiens semi-directifs), auprès d'éleveurs, a eu pour objectifs de repérer la diversité des comportements face aux aléas climatiques et aux possibilités de les assurer, et d'identifier les avis, les freins et les motivations vis-à-vis de la souscription d'une assurance

« prairie ». Ces entretiens qualitatifs ont été réalisés entre le 25 mars et le 27 mai, la plupart pendant la période de sécheresse du printemps 2011, ce qui a vraisemblablement influencé le discours des éleveurs. 43 éleveurs (35 en production bovine, 8 en production ovine) ont été interrogés dont 13 en entretien individuel. Les exploitations possédaient entre 45 et 180 vaches allaitantes et entre 500 et 1 700 brebis allaitantes. Les résultats de cette phase qualitative ont permis de construire le questionnaire fermé nécessaire à la réalisation des enquêtes quantitatives qui ont suivi.

Les enquêtes quantitatives (141 entretiens en vis-à-vis) ont cherché à cerner la vision qu'ont les éleveurs des aléas climatiques et leurs façons de gérer ce risque. Puis, après avoir évalué leurs connaissances des dispositifs existants, les préférences des éleveurs vis-à-vis de modalités d'assurances « prairie » ont été testées. Enfin, à partir d'un modèle fictif d'assurance « prairie », s'inspirant du principe d'une assurance climatique multirisques pour culture, leur consentement « spontané » à payer a été approché. Cette approche a été faite à l'aide d'un simulateur et selon les modalités suivantes : l'éleveur assure toute sa surface en prairie, lorsque les rendements baissent d'au moins 30 %, les pertes de fourrages sont indemnisées au prix de 150 €/T MS avec un taux de franchise de 30 %. L'éleveur peut visualiser la variation du rendement annuel de sa région fourragère (simulation ISOP sur la période 1996-2010). Il lui est alors demandé de donner le prix auquel il aurait été prêt à payer cette assurance. L'éleveur découvre ensuite le montant total des indemnités qu'il aurait reçues avec ces modalités d'assurance.

Pour ces enquêtes quantitatives, sept régions d'élevage ont été choisies « à dire d'experts », de façon à réaliser un sondage et couvrir une certaine diversité de contextes pédo-climatiques et de productions allaitantes, sans prétendre donner des résultats à l'échelle nationale. Ce sont : l'Aubrac qui est une zone de montagne humide située en Auvergne ; le Bassigny, zone herbagère du Nord-Est (Champagne-Ardenne) ; le Charollais, bassin herbager de Bourgogne ; la Gâtine qui est une zone avec cultures fourragères de Poitou-Charentes ; le Haut-Limousin, une zone herbagère de moyenne altitude ; le Quercy-Blanc qui est chroniquement sec (Midi-Pyrénées) et la Sous-Pyrénéenne, une zone pastorale de montagne. L'échantillonnage ainsi que le tirage aléatoire des exploitations ont été réalisés par le service Biométrie de l'Institut de l'Élevage, à partir de la Base de Données Nationale de l'Identification qui recense l'ensemble des cheptels. Un tri a été effectué et seules les exploitations professionnelles sans bovins ou ovins laitiers ni caprins ont été retenues. Les enquêtes quantitatives se sont déroulées dans sept petites régions, du 18 au 29 juillet 2011, deux semaines plutôt pluvieuses après un printemps très sec. Au total, 141 exploitations ont été enquêtées et peu d'éleveurs ont refusé les enquêtes. Les caractéristiques moyennes de ces élevages sont rassemblées dans le tableau 6. Parmi les élevages interrogés, 73 % sont spécialisés en production bovine, 12 % en production ovine et 15 % sont des élevages mixtes bovin-ovine. Le statut juridique des exploitations est à 62 % individuel, à 20 % EARL et 18 % sont en Gaec.

Les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel SPAD. Des tests de Khi² ont été réalisés dans le but de définir s'il existe des différences significatives entre éleveurs.

**Tableau 6 - Principales caractéristiques des exploitations enquêtées
enquêtes quantitatives**

Statistiques des variables continues	Moyenne	Écart-type	Nombre d'exploitations concernées
Nombre d'UMO (unité de main-d'œuvre)	1,43	0,72	141
SAU (ha)	111	86	141
Nombre de vaches dans les exploitations bovines	73	43	102
Nombre de brebis dans les exploitations ovines	311	204	18
Nombre de vaches dans les exploitations mixtes	65	48	21
Nombre de brebis dans les exploitations mixtes	182	161	21
Part de la surface en grandes cultures/SAU (a)	18 %	18 %	94
Part de maïs fourrager/SFP (b)	10 %	5 %	42
Part de la surface en prairie/SFP	97 %	5 %	141

(a) Concerne les exploitations ayant au moins 1 ha de cultures.

(b) Concerne les exploitations ayant au moins 1 ha de maïs ensilage.

Source : les auteurs, données issues des enquêtes quantitatives

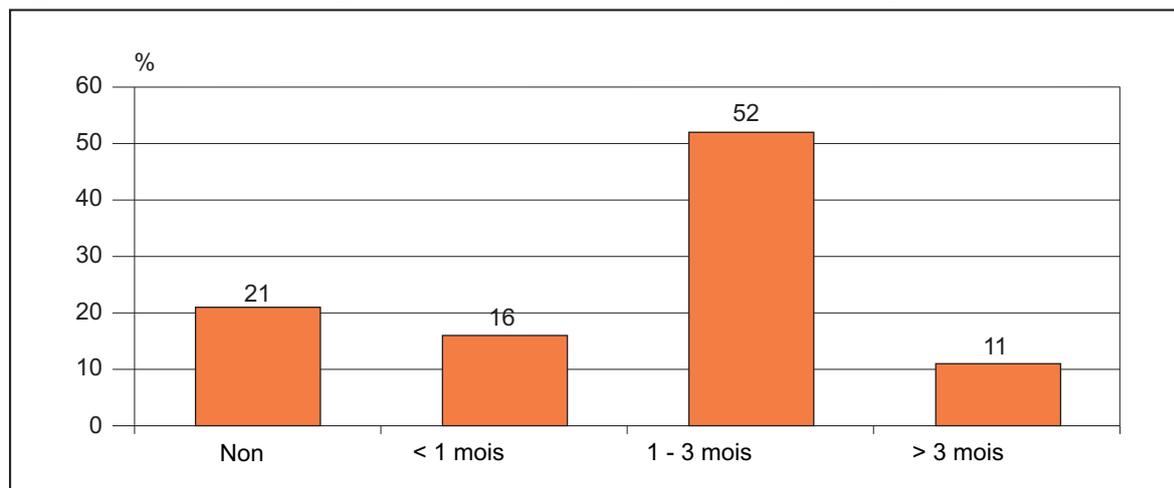
2.2. Résultats

2.2.1. Gestion des prairies et des stocks fourragers

L'autonomie fourragère est un objectif majeur pour une grande partie des éleveurs enquêtés. Sur les 141 exploitants de l'enquête quantitative, seulement 11 % d'entre eux déclarent être déficitaires en « fourrages » en année normale, 44 % se disent excédentaires et 4 % en vendent une partie. Le stock de fourrage de sécurité est un levier d'action important pour les éleveurs : en cas d'aléas climatiques, ils le mobilisent et les années de bonne récolte, ils le reconstituent. 79 % des éleveurs interrogés possèdent habituellement un stock de fourrage de sécurité et, pour seulement 16 % d'entre eux, ce stock est inférieur à 1 mois (figure 6). À « dire d'experts » et au vu de l'analyse quantitative de la partie 1, le pourcentage de 52 % des éleveurs ayant un stock de sécurité de 1 à 3 mois (soit 20 % à 50 % de la consommation hivernale) paraît élevé. Cette modalité aurait mérité d'être subdivisée pour avoir plus de précisions. Concernant la paille, 9 % des élevages se déclarent excédentaires. La moitié des élevages qui possèdent des parcours ou des estives considèrent que ces surfaces représentent une sécurité en cas d'aléa climatique.

La majorité des éleveurs interrogés lors des entretiens collectifs disent ne pas éprouver, en règle générale, de difficulté particulière à gérer leurs stocks fourragers. Il est facile pour eux d'acheter de la paille et des fourrages en cas de manque ponctuel. Ils disent adapter leurs rations hivernales aux récoltes de l'année et certains, qui achètent régulièrement des fourrages, anticipent les achats dès l'été. Ceci confirme les analyses quantitatives de la partie 1 dans lesquelles les stocks et les achats de fourrage sont les premiers leviers d'ajustement pour faire face aux aléas climatiques.

Figure 6 - Stock de fourrages « de sécurité » des 141 élevages enquêtés



(En mois d'alimentation hivernale du troupeau principal).

Source : les auteurs, données issues des enquêtes quantitatives

2.2.2. Perception de l'aléa climatique

Les éleveurs connaissent tous le terme « aléa climatique » – « *c'est quelque chose qui perturbe le fonctionnement de l'exploitation* » –, et le caractérisent spontanément par sa période et son intensité – « *une sécheresse d'un mois en juillet ça va, mais un mois en avril ce n'est pas pareil !* ». L'aléa climatique le plus redouté par les éleveurs est la sécheresse (74 % des éleveurs le citent en premier). Viennent ensuite l'excès d'eau (11 %) notamment au moment de la récolte et les températures extrêmes (9 %). Par ailleurs, 77 % des éleveurs pensent que les aléas climatiques sont de plus en plus fréquents. 80 % des éleveurs interrogés déclarent avoir un système (atelier allaitant et prairies) habituellement sensible ou très sensible aux aléas climatiques. Les éleveurs qui ont intégré la constitution d'un stock de sécurité supérieur à un mois d'alimentation hivernale, dans la gestion de leur élevage, se déclarent significativement moins sensibles aux aléas climatiques. Cette sensibilité déclarée ne semble, en revanche, ni corrélée avec la présence d'estives et de parcours, ni avec la diversité des modes de récolte de l'herbe.

2.2.3. Connaissance et perception des dispositifs existants pour faire face aux aléas climatiques : FNGRA et assurance récolte

Généralement, les éleveurs connaissent l'existence du dispositif des calamités agricoles. 75 % des éleveurs enquêtés ont notamment déjà bénéficié de ce fonds. Parmi ces bénéficiaires, 35 % déclarent ne pas bien connaître son fonctionnement et le vocabulaire qui y est associé, mais 81 % se déclarent plutôt satisfaits ou très satisfaits. De même, d'une manière générale, les éleveurs ne connaissent pas précisément les règles d'attribution des aides et ne comprennent pas comment elles sont attribuées. Les montants des indemnités sont jugés faibles comparativement aux pertes réelles.

Concernant l'assurance récolte, 93 % des éleveurs connaissent son existence pour les grandes cultures, mais seuls 50 % d'entre eux connaissent son fonctionnement général (conditions d'activation de l'assurance, coût, aides possibles, etc.). Quant au maïs ensilage,

80 % savaient qu'il fait partie des productions couvertes par cette assurance mais seulement 24 % des éleveurs en cultivant y ont déjà eu recours. Lors des entretiens, le fonctionnement de base de l'assurance multirisques climatique a donc été expliqué aux éleveurs (franchise, seuil de déclenchement, etc.). De ces échanges, il ressort que les éleveurs ont plutôt une mauvaise image de l'assurance liée à la complexité des contrats, voire aux estimations des pertes. Cependant, ils sont en majorité d'accord pour indiquer qu'« *en cas de coup dur, c'est utile* », ce qui se rapproche d'une notion de filet de sécurité.

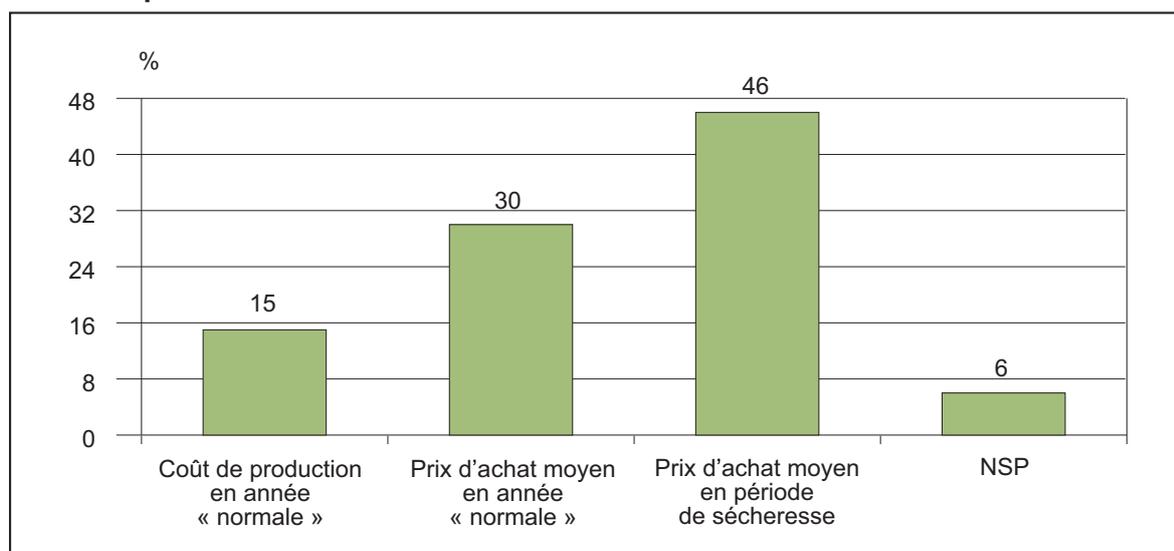
2.2.4. « Appétence spontanée » pour une assurance multirisques climatique appliquée aux prairies

Les éleveurs anticipent qu'une assurance « prairie » leur permettrait de percevoir des montants d'indemnisation plus élevés, en cas d'aléa climatique, que ceux attribués par le dispositif des calamités agricoles. Lorsque le thème de l'assurance a été abordé lors des entretiens collectifs, les éleveurs ont fait tout de suite remarquer que « *l'assurance récolte ne sera pas facilement transposable aux prairies car elles sont pâturées et pas uniquement récoltées* ». D'autre part, ils pensent qu'il sera facile de frauder et craignent donc que les prix des contrats d'assurance augmentent rapidement (renvoyant à la notion d'asymétrie d'information, centrale en économie du risque). Ils doutent de l'intérêt des assureurs pour ce produit « *si on n'a pas encore été démarché, c'est que cela ne doit pas être très rentable pour les assureurs* ». Certains sont aussi réticents à la privatisation du système de gestion du risque climatique. D'autres préféreraient investir cet argent et pouvoir l'utiliser en cas d'aléa (dans une logique proche de la dotation pour aléa), plutôt que de souscrire à une assurance « prairie ».

De l'étude quantitative, il ressort que la majorité des éleveurs préféreraient une assurance dont le déclenchement s'appuierait sur la production d'herbe (38 % herbe récoltée et pâturée, 19 % herbe récoltée uniquement), plutôt que sur des indices climatiques (21 %). Parmi ceux souhaitant être assurés pour la totalité de la production d'herbe (récolte et pâturage), la plupart disent être prêts à payer substantiellement plus cher pour cette option. 20 % des éleveurs n'ont pas donné de réponse car ils ne souhaitent pas opter pour une telle assurance. Concernant la méthode d'évaluation de la perte de production herbagère, 63 % des éleveurs sondés déclarent faire davantage confiance à l'intervention d'un expert se déplaçant sur le terrain (43 % sur l'exploitation, 18 % dans le canton), pour constater la perte de production, plutôt qu'à une estimation plus automatisée (simulation de type ISOP : 9 %, télé-détection : 13 %). Cependant, ils ne se déclarent pas prêts à payer plus cher pour l'une ou l'autre des méthodes d'évaluation des pertes. Enfin, 46 % des éleveurs souhaiteraient que le prix de base utilisé pour le calcul de l'indemnisation soit celui du prix d'achat moyen d'une tonne de matière sèche de fourrages en période de sécheresse (figure 7).

Dans le cadre de la méthode décrite précédemment, les éleveurs annoncent être prêts à payer pour cette assurance simulée, un prix moyen de 14,40 € par hectare et par an (70 % des prix sont situés entre 10 € et 15 €, la médiane étant de 10 €). Pour un aléa correspondant à 60 % d'un rendement annuel historique de 6,5 t MS/ha d'herbe, l'indemnité serait de 97,5 €/ha (pertes de fourrages indemnisées au prix de 150 €/T MS avec un taux de franchise de 30 % et pour des pertes supérieures à 30 %). Cette indemnité permettrait de compenser les pertes économiques moyennes estimées dans la partie 1, sous réserve que les pertes de production totale d'herbe soient proches des quantités totales d'herbe récoltées.

Figure 7 - Répartition des choix des 141 éleveurs concernant le prix de base pour le calcul de l'indemnisation



Source : les auteurs, données issues des enquêtes quantitatives

Même s'il existe des disparités entre les petites régions agricoles, il ne semble pas y avoir de lien entre le consentement à payer des éleveurs et les variations plus ou moins élevées de production herbagère estimées sur les 15 ans. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il est vraisemblablement difficile pour un éleveur, qui n'a pas réfléchi au préalable à la possibilité de souscrire une assurance, de chiffrer rapidement les coûts induits par ces variations de production, les montants qui auraient été indemnisés par l'assurance et ce qu'il est prêt à payer pour se couvrir contre les risques climatiques. Selon le point de vue des enquêteurs, il a semblé plus facile aux éleveurs de donner comme prix 10 €, un prix « rond » qui simplifiait les calculs. Ces chiffres doivent donc être considérés avec la plus grande prudence. Il ne s'agit que d'une simulation limitée à une seule modalité et sur un échantillon encore limité, dans des conditions où les éleveurs ont eu relativement peu de temps pour former leur jugement, raison pour laquelle nous parlons ici d'« appétence spontanée ». Cependant, et sur la base du même rendement (6,5 t MS/ha d'herbe), en supposant qu'une perte de 40 % de rendement arrive de 1 année sur 10 à 3 années sur 20 (ces fréquences sont très variables d'une région à l'autre – cf. Devun *et al.*, 2013) et que le coût de fonctionnement de l'assurance représente 30 % des indemnités versées, les primes à payer par les éleveurs varieraient de 13 à 19 €/ha environ, ce qui est dans la fourchette évoquée par les éleveurs.

Pour la dernière question, qui était une question bilan, 61 % des éleveurs interrogés préfèrent assumer eux-mêmes le risque climatique et 35 % des éleveurs seraient prêts à souscrire une assurance « prairie ». Deux principaux profils d'éleveurs intéressés par une telle assurance semblent se dégager (résultats issus des enquêtes quantitatives et confortés par les entretiens qualitatifs individuels) :

- l'éleveur spécialisé allaitant dont l'exploitation, plutôt sensible aux aléas climatiques, a été touchée par la sécheresse du printemps 2011 ;
- l'agriculteur en polyculture-élevage qui connaît bien le fonctionnement du dispositif des calamités agricoles et de l'assurance récolte (et qui a déjà souscrit ce type d'assurance). En général, il bénéficie rarement du dispositif des calamités agricoles car les pertes liées à la production d'herbe n'entraînent que rarement une baisse du produit global d'exploitation de plus de 13 %, la présence d'autres productions limitant les variations de produit de l'exploitation.

Conclusion

La gestion individuelle du risque climatique par des ajustements techniques confère une certaine capacité de résistance des élevages allaitants face aux risques climatiques « intermédiaires », c'est-à-dire jusqu'à des niveaux de pertes n'excédant pas 20 % des quantités d'herbe habituellement récoltées par UGB. Globalement, les surfaces en prairies récoltées sont ajustées de façon à répondre aux déficits de pâturage comme à ses excédents. En situation d'exploitation avec des cultures à double fin (maïs par exemple), il en est de même de la part de ces cultures destinée à l'alimentation du troupeau. Concernant la pratique de cultures dérochées, très dépendante des conditions climatiques et des surfaces disponibles en été ou au début de l'automne, elle est aléatoire. Peu observée sur la période étudiée, elle a néanmoins permis d'augmenter significativement les récoltes de fourrages en 2011. Les stocks de sécurité, qui sont reconstitués en années favorables, jouent également un rôle important. Cependant, ils ne suffisent pas à compenser les pertes de récolte de fourrage lors des aléas les plus sévères. Les éleveurs achètent ainsi des fourrages (ou en vendent moins) de façon à maintenir les objectifs de production du troupeau. De même, notamment lorsque la sécheresse est généralisée à de nombreuses régions, ils ont recours à une augmentation des quantités d'aliments concentrés, qu'ils soient prélevés ou achetés. Quant aux ventes animales, elles seraient affectées seulement en dernier recours. Néanmoins, la baisse enregistrée du poids de vente des vaches maigres semble indiquer que l'alimentation des animaux reproducteurs est en partie restreinte pendant la période de pâturage.

Sur la période allant de 2000 à 2009, 10 % des exploitations-années ont été en situation de baisse de quantité d'herbe récoltée supérieure à 30 %. La fréquence maximale a été atteinte en 2003 avec 43 % des exploitations. Pour ces niveaux de pertes de récolte d'herbe, la marge brute des herbivores diminue en moyenne de 63 €/UGB. Cependant, il existe une très forte hétérogénéité entre les élevages (écart-types de 130 €/UGB), et vraisemblablement selon le contexte économique et la répartition géographique de l'aléa. Bien que les éleveurs mobilisent des leviers d'ajustement pour partie différents, aucune réelle différence de sensibilité de la marge brute des exploitations aux aléas très défavorables n'a pu être mise en évidence selon leur orientation de production, ou selon la présence de cultures de ventes ou de culture fourragère. Les systèmes allaitants spécialisés et très herbagers apparaissent toutefois plus dépendants aux achats extérieurs.

Une forme d'auto-assurance, qui permet aux éleveurs de faire face à la variabilité inter-annuelle des rendements d'herbe et des cultures fourragères, dans la limite d'une baisse de rendement de 20 %, est ainsi mise en évidence. Au-delà de ce seuil, la gestion individuelle des risques ne permet pas de couvrir les baisses supplémentaires sans préjudice économique important. Le recours à des mécanismes collectifs tels que l'assurance doit prendre le relais.

Les enquêtes par entretiens qui ont porté sur l'analyse de l'intérêt des éleveurs allaitants pour un dispositif d'assurance multirisque climatique pour prairies, révèlent que les éleveurs sont plutôt satisfaits du dispositif des calamités agricoles, bien que les montants des indemnités accordées soient jugés faibles comparés aux pertes réelles. L'assurance récolte apparaît peu connue par les éleveurs allaitants, sauf par ceux qui possèdent des surfaces conséquentes en cultures de vente. Avec leurs connaissances actuelles de la problématique assurance « prairie », 35 % des éleveurs enquêtés se déclarent favorables à un dispositif inspiré de l'assurance récolte existante et souhaiteraient assurer toute leur production herbagère. Les plus intéressés sont des agriculteurs en polyculture-élevage, qui ont une bonne connaissance du fonctionnement de l'assurance multirisques climatique

« culture », ainsi que des éleveurs spécialisés allaitants qui déclarent leurs exploitations très sensibles aux aléas climatiques. À l’opposé, 65 % des éleveurs déclarent préférer assurer eux-mêmes ce risque.

Ces entretiens ont mis en évidence que les éleveurs enquêtés ont un plus faible attrait pour les modalités des dispositifs d’assurance les plus innovantes, et donc moins familières, telles que l’assurance indicielle, sans pour autant les remettre en cause, ni techniquement, ni économiquement. De manière indirecte, ceci révèle un important besoin d’information et de pédagogie. L’assurance indicielle est en effet une piste de réflexion privilégiée par certaines compagnies d’assurance, qui l’ont mise au centre d’expérimentations et qui vient également d’être reconnue éligible à un financement communautaire par le dernier règlement de développement rural⁶. Le point de vue des assureurs, sur la pertinence des différentes modalités envisagées au cours des entretiens, complèterait donc utilement ces éléments de réflexion. Enfin, ces travaux n’ont pas abordé l’équilibre financier et la viabilité d’un dispositif d’assurance couvrant les risques de pertes sur prairies dont la solidité dépendra de son dispositif de réassurance, qu’elle soit publique ou privée, mais aussi de la qualité des indicateurs de production de la biomasse produite par les prairies qui seront mis en œuvre.

L’originalité des travaux présentés dans cet article tient en premier lieu à la combinaison d’analyses de données d’exploitation sur les dix dernières années, et d’enquêtes plus prospectives auprès d’éleveurs. Ensuite, l’analyse de données a été réalisée sur un large panel d’exploitations au niveau national et sur plusieurs années, ce qui a permis de quantifier l’impact des aléas selon leur intensité relativement indépendamment du contexte économique et géographique. Enfin, la mise en place conjointe d’enquêtes qualitatives et quantitatives, autour de l’assurance récolte, a permis de recueillir à la fois des éléments chiffrés et des clés d’explication sur les réflexions des éleveurs.

En revanche, ce travail comporte des limites de plusieurs ordres. Elles concernent tout d’abord la forte variabilité des résultats issus de la base de données. Cette variabilité est peu expliquée par les aléas climatiques, ce qui confère aux résultats présentés un faible pouvoir prédictif. Une méthode permettant de mieux contrôler la variabilité engendrée par le contexte socio-économique et géographique, ainsi que la caractérisation des aléas climatiques (la sécheresse, l’excès de pluie ou les mauvaises conditions de récolte peuvent affecter plus particulièrement le pâturage ou les fourrages récoltés ; la période à laquelle se produit l’aléa peut modifier les possibilités techniques de réaction), seraient à développer. De plus, seul un nombre réduit de modalités a été testé pour estimer les différences de sensibilité des exploitations aux aléas selon leurs caractéristiques. D’autres déterminants, tels que le niveau des stocks de sécurité, le chargement en lien avec le potentiel pédoclimatique, pourraient être analysés. Pour ce qui concerne les enquêtes auprès des agriculteurs, leur déroulement dans un contexte de sécheresse a pu augmenter ponctuellement les préoccupations des éleveurs vis-à-vis des aléas climatiques ainsi que la défiance vis-à-vis des alternatives proposées au dispositif des calamités agricoles. Enfin, sachant que souscrire une assurance peut concurrencer une forme d’auto-assurance s’appuyant sur le fonctionnement du système de production, il serait intéressant d’analyser les conséquences que pourraient avoir la décision d’assurer ou non les prairies sur la production et les choix stratégiques que pourraient faire les éleveurs.

6. Règlement (UE) n° 1305/2013 du Parlement européen et du Conseil du 17 décembre 2013 relatif au soutien au développement rural par le Fonds européen agricole pour le développement rural (Feader) et abrogeant le règlement (CE) n° 1698/2005 du Conseil.

Références bibliographiques

- Agreste, 2010, *Mémento de la statistique agricole*, MAAF.
- Alard D., Balent G., 2007, « Sécheresse : quels impacts pour la biodiversité en systèmes prairiaux et pastoraux ? », *Fourrages*, 190, pp. 197-206.
- Babusiaux C., 2000, *L'assurance récolte et la protection contre les risques en agriculture*. ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 288 p.
- Boyer P., 2008, « Assurer les calamités agricoles ? », *Notes et études économiques*, 30, pp. 7-32.
- Dedieu B., Ingrand S., 2010, « Incertitude et adaptation : cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage », *Inra Productions Animales*, 23 (1), pp. 81-90.
- Devun J., Lherm M., Moreau J.C., Mosnier C., 2013, « Variabilité interannuelle des productions fourragères de 2000 à 2011. Analyse par région à partir d'observations en fermes », *Fourrages*, 215, pp. 221-230.
- Devun J., Legarto J., 2011, « Fourrages conservés et modes de récolte : la situation selon les systèmes d'élevage en France », *Fourrages*, 206, pp. 91-106.
- Devun J., Perrot C., 1994, « Construction d'une typologie d'élevages charolais et analyse de l'élaboration de des performances technico-économiques de l'atelier bovin », *Rencontres Recherches Ruminants*, 1, pp. 151-154.
- Guérin G., Moulin C., Tchakerian E., 2009, « Les apports de l'approche des systèmes pastoraux à la réflexion sur la gestion des ressources des zones herbagères », *Fourrages*, 200, pp. 489-498.
- Laignel G., Benoit M., 2004, « Production de viande ovine an agriculture biologique comparée à l'élevage conventionnel, résultats technico-économiques d'exploitations de plaine et de montagne du nord Massif Central », *Inra Productions Animales*, 17 (2), pp. 133-143.
- Lemaire G., Delaby L., Fiorelli J.L., Micol D., 2006, « Systèmes fourragers et élevage », dans Inra, 2006, *Sécheresse et agriculture : réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*, rapport d'expertise réalisé par l'Inra à la demande du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, pp. 312-322.
- Lemaire G., Pflimlin A., 2007, « Les sécheresses passées et à venir : quels impacts et quelles adaptations pour les systèmes fourragers ? », *Fourrages*, 190, pp. 163-180.
- Marchand F., Risch M., 2007, *L'agriculture, la sécheresse et le technicien*. Rapport de recherche pour la Chambre régionale d'Agriculture du Limousin, 67 p.

- Mission IGF/CGAAER, 2009, « Mission relative à l'amélioration de la gestion des aléas économiques en agriculture. Synthèse des analyses et des conclusions du groupe de travail animé par la mission IGF/CGAAER », décembre, 82 p., consulté le 9 avril 2014 sur le site : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000074/0000.pdf>
- Mortemousque D., 2007, *Une nouvelle étape pour la diffusion de l'Assurance récolte*, Sénat, 50 p.
- Mosnier C., Agabriel J., Lherm M., 2010, « Réduction de l'impact économique des risques climatiques en élevage bovins allaitants par le chargement : Résultats croisés d'analyses empiriques et de simulation bioéconomiques », *Rencontres Recherches Ruminants*, 17, pp. 245-248.
- Mosnier C., Agabriel J., Lherm M., Reynaud A., 2009, « Résilience des élevages de bovins allaitants en présence d'aléas climatiques : un modèle bioéconomique dynamique », *Rencontres Recherches Ruminants*, 16, p. 124.
- Perrot C., 1990, « Typologie d'exploitations construite par agrégation autour de pôles définis à dire d'experts. Proposition méthodologique et premiers résultats obtenus en Haute-Marne », *Inra Productions Animales*, 3 (1), pp. 51-66.
- Pfilmlin A., 1998, « Risques climatiques et sécurités fourragères selon les régions d'élevage. Cas de la sécheresse », *Fourrages*, 156, pp. 541-555.
- Ruget F., Novak S., Granger S., 2006, « Du modèle STICS au modèle ISOP pour estimer la production fourragère. Adaptation à la prairie, application spatialisée », *Fourrages*, 186, pp. 241-256.
- Sinclair K.D., Agabriel J., 1998, "The adaptation of domestic ruminants to environmental constraints under extensive conditions", *Annales de Zootechnie*, 47, pp. 347-358.
- Veysset P., Bebin D., Lherm M., 2007, « Impacts de la sécheresse de 2003 sur les résultats technico-économiques en élevage allaitant Charolais », *Fourrages*, 191, pp. 311-322.

Regards croisés sur l'agriculture et le changement climatique

Où en est-on aujourd'hui en matière de connaissance du changement climatique ? En quoi l'agriculture est-elle concernée et comment peut-elle faire face aux évolutions du climat à venir ? À partir d'un questionnaire commun, le CEP a interviewé individuellement, fin 2013, trois experts issus d'horizons professionnels et disciplinaires différents, afin de comparer leurs points de vue sur les enjeux de l'agriculture face aux changements climatiques.

Les intervenants :



Nathalie de Noblet est physicienne et climatologue, chercheur au CEA, au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), directrice-adjointe du labex BASC (biodiversité, agrosystèmes, société, climat), et basée à Saclay.



Frédéric Levraut est chargé de programme Changement climatique à la chambre d'agriculture de Poitou-Charentes.



Alexandre Meybeck est conseiller principal pour l'agriculture, l'environnement et le changement climatique auprès du sous-directeur général de l'agriculture et de la protection du consommateur à la FAO, Rome.

Les propos ci-après ne représentent pas nécessairement les positions officielles du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Ils n'engagent que leurs auteurs.

Un premier ensemble de questions concerne notre appréhension du changement climatique. Que connaît-on de ce phénomène et avec quelle certitude ? Quels points de controverse et de discussion demeurent ? Quels sont les impacts prévisibles sur les activités agricoles ? Réciproquement, dans quelle mesure l'agriculture contribue-t-elle aux émissions de gaz à effet de serre (GES) ?

La seconde partie de la discussion a porté sur les réponses, indissociablement techniques et politiques, à la question climatique en agriculture. Quelles sont les possibilités en matière d'atténuation ? Quelles sont les solutions d'adaptation ? Par-delà les marchés du carbone, comment les politiques publiques agricoles et climatiques recherchent-elles une certaine intégration entre les différents « biens communs » (climat, sécurité alimentaire, biodiversité) ?

1. Connaissance du climat et controverses

CEP

Le GIEC a présenté, en septembre 2013, le premier volet de son cinquième rapport. Il porte sur les scénarios d'émissions de GES au cours du XXI^e siècle. Pouvez-vous nous rappeler comment ces scénarios sont construits et ce qui a changé par rapport au précédent rapport ?

Nathalie de Noblet

L'un des grands changements dans ce cinquième rapport, est la construction des scénarios de concentration de gaz à effet de serre et de polluants dans l'atmosphère. Les rapports précédents étaient basés sur une approche plutôt séquentielle : une histoire de l'évolution de la société était définie, en termes économiques, démographiques, de production d'énergie, etc. Ces « modes de vie » étaient ensuite traduits en émissions puis en concentrations, elles-mêmes utilisées par les modèles climatiques (comme des forçages externes). Ces scénarios étaient appelés SRES (*Special Report on Emission Scenarios*).

Pour son cinquième rapport, le GIEC a choisi une autre façon de construire ces scénarios, qui ont été baptisés RCP (*Radiative Concentration Pathways*). Chacun de ces nouveaux RCP a le même type d'objectif finalisé, celui de ne pas dépasser un niveau donné de forçage radiatif à la fin du XXI^e siècle – ce qui revient à essayer de ne pas dépasser certains niveaux de température. L'idéal aurait été de partir d'un objectif réalisé en termes de température de surface, mais ce n'est pas possible car la température est le résultat d'un très grand nombre de calculs effectués à l'aide d'un modèle de climat. Une fois fixé ce seuil maximal de forçage radiatif, plusieurs modèles d'évaluation intégrée – en anglais, IAMs¹ – (modèles socio-économiques semblables à ceux utilisés pour construire les SRES) ont été utilisés pour déterminer la/les combinaison(s) entre modes de production, développement économique et modes de consommation, qui permettraient de ne pas dépasser cette limite maximale. À partir de ces divers chemins socio-économiques, on déduit des scénarios d'émissions, qui sont traduits en concentrations, et qui sont finalement utilisés pour forcer les modèles de climat (comme dans tous les rapports du GIEC).

1. Integrated Assessment Models.

En résumé, la construction des scénarios d'émission a varié entre les quatrième et cinquième rapports du GIEC. Dans le quatrième rapport, il s'agissait d'une construction *exploratoire* : on envisage d'abord des histoires futures de l'humanité, que l'on traduit en émissions, et on découvre ce qui peut advenir. Pour le nouveau rapport, c'est une approche *normative* qui a été retenue, où l'on fixe un niveau qu'on ne veut pas dépasser, et où l'on regarde quel est le chemin pour atteindre cet objectif². Cette nouvelle façon de faire permet de s'interroger, dès la construction des scénarios socio-économiques, sur les options de mitigation pertinentes et surtout sur la combinaison des développements permettant de ne pas dépasser le seuil fixé de forçage radiatif (et donc implicitement de réchauffement).

Lorsque les modèles climatiques, dont les résultats ont été publiés dans le cinquième rapport du GIEC (groupe de travail 1), ont réalisé leurs simulations, seule une trajectoire par RCP avait été réalisée, les quatre scénarios retenus correspondant respectivement à un forçage radiatif de 2,6 ; 4,5 ; 6 et 8,5 watts par mètre carré, et chacune de ces trajectoires avait été construite par un IAM différent. Cela pose un problème pour comparer *a posteriori* les scénarios RCP entre eux. Les SRES étaient tous construits à partir de la même logique (sans aucune politique d'atténuation) et à partir d'un seul et même modèle, le modèle IMAGE³. Le fait d'avoir un modèle unique, utilisé de la même manière pour tester différentes histoires futures, permettait des comparaisons entre scénarios. Dans le cinquième rapport du groupe 1 du GIEC, plusieurs IAMs et plusieurs logiques différentes ont été utilisés pour la construction des RCP. En outre, il y a plusieurs façons de construire *une* trajectoire, plusieurs équilibres possibles entre les différentes sources de polluants, plusieurs

politiques d'atténuation possibles, et ce n'est pas toujours la même logique qui a été retenue d'un modèle à l'autre. Par conséquent, en toute rigueur, il n'est pas évident de comparer entre eux les quatre scénarios RCP qui ont servi à réaliser les simulations climatiques, car chacun répond à une logique de construction qui lui est propre. Leurs conséquences en termes de climat sont donc elles aussi difficilement comparables, en toute rigueur.

La seconde chose qui change dans le cinquième rapport, c'est le nombre de modèles de climat utilisés et le fonctionnement de ces modèles. D'une part, on a utilisé beaucoup plus de modèles que dans les rapports précédents : une quarantaine, contre une vingtaine dans le quatrième rapport du GIEC. Cela donne beaucoup plus de robustesse aux conclusions qui sont discutées. D'autre part, les modèles de climat sont aujourd'hui de plus en plus sophistiqués, et ils sont plus nombreux aujourd'hui à travailler, non plus à partir des scénarios de concentrations, mais à partir de scénarios d'émissions. Cela veut dire qu'avant, tous avaient les mêmes concentrations de GES (et d'autres gaz et aérosols) dans leur atmosphère, tandis qu'aujourd'hui la plupart sont capables de calculer eux-mêmes l'évolution des puits et sources (émissions non anthropiques) de carbone et parfois d'autres gaz et aérosols (sur les surfaces terrestres et marines). Cela permet de prendre en compte le fait que les puits et sources sont amenés à changer au fil du temps, en fonction du climat, de mécanismes de saturation, etc. Les « nouveaux » modèles, qui endogénéisent le calcul du cycle du carbone, sont capables de réactualiser leur concentration atmosphérique en GES, en fonction de leurs calculs des puits et sources. En conséquence, les concentrations atmosphériques en GES qui en découlent peuvent être différentes d'un modèle à l'autre. Les forçages radiatifs vus par chacun de

2. Sur le passage des SRES aux RCP, voir R.H. Moss *et al.*, 2010, « The next generation of scenarios for climate change research and assessment », *Nature*, 463, 747-756.

Lien permanent : <http://www.nature.com/nature/journal/v463/n7282/full/nature08823.html> ; en libre accès sur : <http://cmmaps.cmappers.net/rid/%3D1KJHRBBS9-X1Y02G-RJT/nature08823.pdf>

3. Integrated Model for Assessment of the Greenhouse Effect.

ces modèles sont donc assez différents. Les modèles climatiques, qui fonctionnent à partir des forçages sous forme d'émissions, ont ainsi un degré de liberté supplémentaire par rapport à ceux qui fonctionnent avec des forçages en concentrations.

Cela avait d'ailleurs déjà été montré dans le rapport précédent du GIEC, avec une expérience d'inter-comparaison de modèles (C4MIP - *Coupled Climate Carbon Cycle Model Intercomparison Project*). Les premiers jeux de simulation avaient montré que la fourchette d'incertitude augmentait à partir du moment où on autorisait les modèles de climat à calculer leur propre cycle du carbone. C4MIP avait aussi révélé que les modèles avaient une tendance à prédire une trajectoire avec une augmentation de concentration en GES encore plus importante que celle qui avait été fournie dans les scénarios socio-économiques – résultats plus alarmistes donc –, en raison d'une augmentation de la fonction « source » des écosystèmes terrestres (accroissement de la respiration et de la décomposition du carbone des sols).

CEP

Est-ce que ces changements de méthode (fonctionnement des modèles et construction des scénarios) conduisent à des conclusions plus alarmistes, ou bien moins alarmistes ?

Nathalie de Noblet

En termes d'appréciation globale du changement climatique et d'attribution de ce changement aux actions de l'homme, le regard n'est pas fondamentalement différent de celui que l'on avait dans les précédents rapports. On ne fait que renforcer certaines certitudes. Premièrement parce que nous disposons de plus d'informations grâce à un plus grand nombre de variables dans nos simulations. Deuxièmement car nos modèles sont de mieux en mieux évalués car confrontés non seulement aux observations du climat présent, mais également à des climats plus anciens (paléoclimats), grâce aux observations disponibles (archives naturelles) dont

le nombre augmente au fil des années. Au total, je ne pense donc pas qu'il y ait une inflexion particulière de la vision du climat, mais une confiance qui augmente.

Par ailleurs, je n'ai pas le sentiment que l'on décrive des niveaux d'émissions plus alarmistes dans les RCP que dans les précédents SRES. Les niveaux d'émissions des scénarios RCP de 2,6 à 8,5 correspondent plus ou moins à ceux des SRES, qui avaient été définis dans les précédents rapports du GIEC, et la palette analysée reste assez large.

Ce qui alarme, en revanche, dans les conclusions du cinquième rapport, c'est de voir que notre trajectoire actuelle suit plutôt la courbe haute des précédents SRES (à savoir le scénario A2). La trajectoire que le monde est en train de suivre est donc celle que certains trouvaient pessimiste dans les rapports passés.

Le cinquième rapport a même montré quelque chose de nouveau concernant le RCP 2,6, celui qui *a priori* devrait nous amener à une hausse de température qui ne dépasserait pas 2°C. Pour respecter les niveaux de concentration en GES permettant de ne pas dépasser cette hausse de 2°C, les émissions compatibles doivent être négatives ! Cela veut dire qu'il faut trouver le moyen de stocker du CO₂ dès aujourd'hui pour atteindre cet objectif en 2100. L'avantage de ce scénario RCP 2,6 est ainsi d'inverser la façon de réfléchir, et de poser la question de ce que cela implique, d'un point de vue sociétal, de ne pas dépasser un seuil qui nous paraît « raisonnable ».

CEP

Quelle place reste-t-il aujourd'hui pour le climato-sceptiscime dans les débats académiques ?

Nathalie de Noblet

Il y aura toujours des climato-sceptiques, y compris parmi les scientifiques. Et, personnellement, je trouve cela intéressant d'avoir des personnes qui questionnent des conclusions

apparemment robustes (et non « consensuelles » comme certains climato-sceptiques le pensent). Si un climato-sceptique a raison, c'est que les climatologues sont passés à côté d'un processus magistral. Il est vrai qu'on ne sait pas encore tout sur la dynamique du climat. Il est possible que l'on passe à côté de quelque chose d'énorme, et dont on n'a pas tenu compte jusqu'à présent – rien n'est impossible.

Ceci dit, les climato-sceptiques contestent en général le rôle de l'homme dans le réchauffement climatique en mettant en avant le rôle de trois autres phénomènes : le forçage solaire (*i.e.* les éruptions solaires), les rayons cosmiques et les volcans. Pour répondre à ces arguments, les chercheurs du GIEC ont donc testé le rôle de ces trois phénomènes dans le fonctionnement du climat.

Il en ressort qu'aucun n'a les capacités d'empêcher le changement climatique, ni d'expliquer ou de justifier ce qui s'est passé au cours du dernier siècle, ou encore de dominer les effets dus aux émissions humaines de GES (à moins d'une éruption volcanique magistrale qui mettrait alors à elle seule l'humanité en danger). Ces processus n'ont en tout cas pas un rôle suffisant pour occulter l'effet de l'augmentation des GES. Donc aujourd'hui, en l'état des connaissances scientifiques, rien ne justifie de ne pas croire au changement climatique et au rôle de l'homme dans ce processus.

Alexandre Meybeck

Dans les enceintes internationales, ces débats sont désormais derrière nous. *A fortiori* dans le secteur agricole. Encore récemment, quand on parlait des impacts du changement climatique sur l'agriculture, on parlait au futur. Aujourd'hui, dans les diffé-

rentes réunions de travail, tout le monde parle du changement climatique au présent.

CEP

Si la controverse sur la réalité du changement climatique semble s'éteindre, en revanche, en matière d'impacts sur l'agriculture, certains contestent que le changement soit un problème majeur et mettent notamment en avant l'effet fertilisant du CO₂, dans le sens où l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère est plutôt favorable à la croissance des plantes ? Qu'en pensez-vous ?

Nathalie de Noblet

Au niveau global, on peut citer le projet d'inter-comparaison ISI-MIP⁴, dans lequel l'effet de fertilisation a été testé à travers différents modèles de végétation. Les résultats montrent tous un effet important du CO₂ sur la végétation, avec une augmentation de la productivité. L'effet de fertilisation à l'échelle mondiale est visible dans l'ensemble des modèles de biosphère, qui incluent de l'agriculture et de la végétation naturelle.

Ceci étant, il y a deux limites à prendre en compte. La première, c'est que l'effet fertilisant du CO₂ est très variable en fonction des cultures. Il y a des cultures qui sont déjà saturées, donc pour lesquelles l'augmentation du CO₂ ne conduira à aucun effet de fertilisation. Les plantes en C₄ comme le maïs ou le millet⁵ ne subiront pas ou peu d'effet de fertilisation. À l'inverse, pour certaines cultures comme le blé, le soja, le tournesol, l'effet de fertilisation pourrait être relativement important. La deuxième limite, c'est que l'effet fertilisant dû à l'augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂ s'accompagne d'autres effets qui eux sont négatifs, comme

4. Voir par exemple, Warszawski L. *et al.*, 2014, « The Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project (ISI-MIP) : Project Framework », *PNAS*, vol. 111, 9, 3228-3232.

Lien : <http://www.pnas.org/content/111/9/3228.full.pdf+html>

5. C₃, C₄ : C pour carbone, le chiffre 3 ou 4 correspondant au nombre d'atomes de carbone qui constituent les premières molécules synthétisées lors de la photosynthèse.

l'échaudage ou le stress hydrique. Quel effet sera dominant ? Je pense que cela dépendra du lieu géographique, en particulier des conditions climatiques et météorologiques. Sur cette balance entre effets positifs et négatifs, on a des connaissances à l'échelle régionale, pour certaines cultures. En France, le projet Climator⁶, coordonné par Nadine Brisson de l'Inra, a permis d'apporter des réponses convergentes grâce à différents modèles et pour différentes cultures. Mais on n'a pas encore d'équivalent au niveau mondial pour apporter une réponse globale robuste⁷.

Frédéric Levrault

Il y a bien deux aspects dans cette « controverse » autour de l'effet « fertilisant » du CO₂. Le premier est de savoir si ce mécanisme est réel et s'il concerne toutes les espèces cultivées. Et effectivement, le mécanisme est réel. En revanche, il ne concerne pas toutes les espèces cultivées de la même façon. La courbe de réponse de la photosynthèse à la concentration atmosphérique en CO₂ est différente pour les plantes dites en C₃ et les plantes en C₄. En simplifiant, les plantes en C₄ sont plutôt des plantes d'origine tropicale (par exemple le maïs), et les plantes en C₃ sont plutôt d'origine eurasiennne (blé, colza, vigne, etc.). Les plantes en C₃ ont une courbe de réponse au CO₂ assez progressive : ainsi, jusqu'à des concentrations en CO₂ de 600,

700 voire 900 ppm, on continue à avoir une augmentation de l'activité photosynthétique. À l'inverse, pour les plantes en C₄, il existe un plafond, autour de 400 ppm, au-delà duquel la photosynthèse n'est plus favorisée. Or, nous avons déjà atteint ce seuil de 400 ppm, ce qui signifie que les plantes en C₄ sont déjà au maximum de leur réponse et ne bénéficieront plus de concentrations en CO₂ plus élevées. Seules les plantes en C₃ bénéficieront à l'avenir de l'effet dit fertilisant du dioxyde de carbone.

Le deuxième point de discussion consiste à s'interroger sur le fait que l'agriculture aurait intérêt à une augmentation de la concentration en dioxyde de carbone pour accroître sa productivité. La réponse est clairement négative. D'une part, on l'a vu, seule une partie des plantes bénéficiera de l'effet fertilisant à venir du CO₂. D'autre part, l'augmentation de la concentration sera accompagnée en France notamment par un durcissement des conditions hydriques. On pourrait penser que le CO₂ va induire un mécanisme de compensation des effets négatifs du changement climatique, mais le bilan des différents effets (carbone et hydrique), est au total clairement dégradé lorsque la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère s'élève. Autrement dit, l'effet CO₂ ne l'emporte pas sur la contrainte hydrique accrue et l'agriculture n'a aucun intérêt à retirer d'une augmentation massive de la teneur en CO₂ de l'atmosphère.

2. Perceptions des agriculteurs et mobilisations autour du changement climatique

CEP

Où en est-on actuellement de la prise de conscience du changement climatique par les agriculteurs ?

Frédéric Levrault

En France, la prise de conscience de l'enjeu « changement climatique » par les agriculteurs et leur environnement technique,

6. Lien : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=86423&p1=02&p2=04&ref=17597>

7. Voir *infra*, les développements sur le projet international AgMIP.

administratif et politique, est actuellement en cours. Mais cette prise de conscience est encore limitée : on peut et on doit encore progresser dans l'explication du phénomène, dans la mise à disposition d'informations sur les impacts agricoles du changement climatique, dans l'identification des voies d'adaptation et la construction de solutions d'adaptation. Nous nous situons donc dans une période de transition, où l'on a certes beaucoup progressé dans la connaissance des impacts présents et futurs du changement climatique, mais où la mise en place de solutions d'adaptation est encore très insuffisamment développée et loin d'être généralisée.

Il y a néanmoins des projets et des actions au niveau local. En viticulture par exemple, on assiste à des essais de récoltes avancées permettant de récolter des baies moins mûres et d'éviter les effets de températures trop élevées au moment des vendanges, qui pénalisent la qualité des jus de raisin. Il y a également des essais de récolte nocturne, de changement de cépages, d'ombrage et de techniques de taille permettant de moins exposer les baies au soleil. Les solutions techniques sont donc en cours d'élaboration.

Ce qui manque vraiment aujourd'hui, de mon point de vue, ce sont des projets collectifs, territoriaux, départementaux, ou régionaux, portés par les élus pour favoriser l'adaptation de l'agriculture au changement climatique. Ce manque s'explique sans doute par notre connaissance encore incomplète de la diversité des impacts et des adaptations qu'il faudra mettre en œuvre, et par notre difficulté à agréger un ensemble de solutions d'adaptation au sein d'un territoire. Il faut donc encore travailler à la mise en place de ces solutions de façon ambitieuse, partagée et généralisée dans l'ensemble des campagnes françaises.

Nathalie de Noblet

À mon sens, les travaux du GIEC ont le mérite de dire clairement que l'on ne peut pas

faire l'économie de réfléchir à l'adaptation et à l'atténuation. Mais les acteurs ne prennent conscience de l'urgence climatique qu'à partir du moment où leur système est en danger. C'est pourquoi la véritable prise de conscience viendra petit à petit.

On peut toutefois signaler que le secteur forestier est conscient du changement climatique depuis assez longtemps car les activités y sont menées sur des temps longs (plusieurs dizaines d'années). Le secteur viticole a également été alerté depuis quelque temps déjà. Les agriculteurs commencent à en prendre conscience eux aussi. Au fur et mesure que les gens vont subir des événements que l'on pourra plus ou moins attribuer au changement climatique, et qu'il sera évident pour eux que ces événements sont négatifs, alors les acteurs feront un effort et se mobiliseront autour de l'adaptation et de l'atténuation.

CEP

Pourquoi les solutions existantes d'adaptation au changement climatique ne sont-elles pas plus souvent adoptées par les agriculteurs ? Quels leviers mobiliser pour favoriser leur diffusion ?

Frédéric Levrault

Trois principales difficultés empêchent les agriculteurs de mettre en place des solutions d'adaptation. La première, c'est la variabilité inter-annuelle du climat. Si l'on regarde les évolutions de différentes variables climatiques (température moyenne, nombre de jours chauds, nombre de jours de gel, cumul de pluies, etc.), on arrive à percevoir des évolutions tendancielle, notamment pour la température. Mais ces évolutions sont très fortement masquées par la variabilité inter-annuelle, et ceci est vrai aussi bien pour les observations passées que pour les projections futures. Donc, pour

percevoir des tendances, il faut analyser des séries de données très longues – c'est un des objectifs de l'observatoire régional développé en Poitou-Charentes⁸. Or, l'agriculteur, bien qu'il y soit confronté chaque jour, ne peut avoir une mémoire si longue des évolutions du climat. Sa mémoire à « seulement » 3-5 ans des événements climatiques et la forte variabilité inter-annuelle rendent difficiles la distinction entre tendances longues et événements ponctuels, et donc la perception globale du changement climatique.

La deuxième difficulté est due au fait que les projections sur le climat futur sont le plus souvent réalisées pour des horizons assez lointains : typiquement entre le milieu et la fin du XXI^e siècle. Ces horizons sont très éloignés pour les opérateurs économiques que sont les agriculteurs. Même s'ils peuvent être convaincus par ces projections, ces échéances leur semblent tellement lointaines qu'ils ne voient pas la nécessité de mettre en place immédiatement des solutions d'adaptation. Cela ne les pousse pas à une action à court terme.

Enfin, il y a une troisième raison, qui est la difficulté de construire un discours « équilibré » autour de l'adaptation au changement climatique, à savoir ni trop catastrophiste, ni trop peu. Si le message est trop alarmiste, alors il provoque évitement, voire rejet, chez les agriculteurs. À l'inverse, s'il est trop mesuré, alors il est peu entendu et ne déclenche aucune réaction. Il est important de présenter à la fois les perspectives négatives (durcissement des conditions hydriques, qui va nécessiter des arbitrages) et positives (opportunités d'adaptation telles que l'introduction de cultures dérobées qui peuvent apporter un complément de revenu, etc.). Ces nouvelles contraintes et nouvelles opportunités doivent donner lieu à une appropriation de cet enjeu climatique par les agriculteurs :

elles permettront d'alimenter leur réflexion et de mettre en place progressivement des solutions d'adaptation.

CEP

Les effets du changement climatique se font-ils déjà sentir sur les secteurs agricole et forestier, et comment ?

Nathalie de Noblet

La réponse est clairement oui, les effets du changement climatique se font déjà sentir. Il y a des effets purement climatiques, comme la hausse de la température, et également d'autres effets liés au fonctionnement des agroécosystèmes : un changement de la durée de la saison de croissance, ou encore des décalages entre les périodes de développement des bio-agresseurs (maladies, chenilles, insectes, etc.) et les cycles phénologiques des plantes. Pour les forêts, il y a aussi des bio-agresseurs qui migrent beaucoup plus vite que les forêts, qui par définition sont plantées, donc ne peuvent pas se déplacer.

Il faut aussi mentionner les événements extrêmes, dont on peut dire que la fréquence, statistiquement, va augmenter. L'attribution au changement climatique d'un événement extrême en particulier reste bien sûr délicate : on ne peut pas dire avec certitude que la tempête de 1999 ou la canicule de 2003 sont des événements dus au changement climatique. En revanche, ce type d'événement risque de devenir plus fréquent, ou de devenir un peu plus « la normale », dans le futur. Dans cette perspective, on peut dire qu'un événement comme celui de 2003 ressemble à ce qui pourra se produire de manière plus récurrente dans une trentaine d'années.

8. Lien : <http://www.poitou-charentes.chambagri.fr/innovation/changement-climatique/oracle-observatoire.html>

CEP

Au niveau mondial, quels sont les principaux impacts attendus du changement climatique sur les « agricultures du monde » ?

Nathalie de Noblet

Il y a évidemment beaucoup de travaux sur les impacts futurs du changement climatique sur l'agriculture. De très nombreux résultats existent, du niveau local au niveau national voire continental. Toutefois, au niveau global, il est très difficile de donner une conclusion fiable et robuste sur les impacts futurs du changement climatique sur l'agriculture mondiale, car aucune étude n'est rigoureusement comparable à une autre. En effet, chaque étude a été réalisée pour une culture donnée, avec un modèle particulier, un scénario particulier, dans une région précise, etc. Les résultats peuvent être contradictoires d'une étude à l'autre. Il y a donc besoin d'inter-comparer tous ces résultats avant de formuler une réponse globale sur les impacts du changement climatique sur l'agriculture.

Depuis quatre ans, se fait jour un effort international sur le sujet, avec AgMIP (*Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project*)⁹. Ce projet vient d'une initiative du ministère américain de l'agriculture, et l'Inra et le LSCE y sont impliqués. L'objectif est de développer, comme pour le GIEC, un ensemble d'études cohérent, qui permette d'inter-comparer les modèles – non plus des modèles de climat, mais de modèles qui simulent le fonctionnement d'agro-systèmes au sens large (agriculture, prairies, forêts) –, de forcer les modèles avec les mêmes conditions, et d'explorer l'ensemble des trajectoires.

Ce type de travail devrait donc permettre *in fine* de produire des conclusions plus robustes

au niveau mondial. Mais il y a encore plusieurs limites car ces modèles d'agriculture font plusieurs simplifications : ils prennent rarement en compte les itinéraires techniques complets, les périodes d'interculture, ni même les successions culturales. En contrepoint, en France, une contribution importante de l'Inra est justement d'utiliser des modèles spécifiques et « ponctuels », comme STICS, qui eux tiennent compte de beaucoup plus d'itinéraires techniques. D'autre part, la plupart de ces modèles n'incluent pas non plus les interactions entre les plantes cultivées et les bio-agresseurs. Il y a donc encore beaucoup de travail, et beaucoup de pistes d'amélioration pour ce qui concerne les modèles d'agronomie globale. Mais leur avantage, même aujourd'hui, est qu'ils peuvent évaluer en chaque point du globe l'évolution de la productivité potentielle (climatique) des cultures qu'ils savent représenter. Cela peut permettre d'avoir une première vision d'ensemble, à grande échelle (nationale, continentale ou globale), des zones à risque ou d'opportunités pour certaines grandes cultures.

Au-delà des modèles, les avis d'experts sont également très importants. Modèles et experts peuvent même être tout à fait complémentaires : par exemple, dans certains projets, on va produire, au moyen de modèles, et pour plusieurs régions, un faisceau d'indicateurs du changement climatique pour le secteur agricole (recalculer des dates potentielles de semis, des périodes de stress hydrique plus ou moins intenses, etc.). Face à ce faisceau d'indicateurs, un expert d'une région donnée va pouvoir élaborer des stratégies adaptées au contexte local qu'il connaît bien, en disant : « si je dois semer plus tôt, et si la période de floraison tombe au moment d'un stress hydrique, voilà comment je m'adapterai ». Il faut développer ce genre d'approches, dans lesquelles le dire d'expert se base sur un ensemble de résultats produits par les

9. Lien : <https://www.agmip.org/>

scientifiques (issus de modélisation, mais pas uniquement), et où l'expert analyse les résultats produits au regard de ce qu'il connaît de sa région, des semences auxquelles il est habitué, etc. C'est un petit peu ce que le CEP a développé dans la prospective AFClim¹⁰, et c'est aussi dans cet esprit que nous avons lancé le projet de recherche ORACLE¹¹, financé par l'ANR depuis mars 2011.

CEP

Arrive-t-on aujourd'hui à avoir une image globale des impacts du changement climatique sur les différentes agricultures, ou bien seulement une image « impressionniste », ponctuelle, limitée à des points critiques ?

Alexandre Meybeck

Actuellement, le principal impact dans pratiquement toutes les agricultures du monde, c'est l'augmentation de la variabilité du climat, et en particulier des précipitations et des dates auxquelles elles surviennent. Cela a déjà des impacts importants sur les agricultures tropicales pluviales, dont la production dépend de manière cruciale à la fois du moment où les pluies arrivent, et de la longueur de la saison des pluies.

Bien sûr, on parle aussi beaucoup des événements extrêmes, notamment les sécheresses comme celle qui a touché les États-Unis en 2012. Mais en agriculture, un événement qui n'est pas perçu par le reste de la population comme un événement extrême, peut avoir des conséquences dramatiques. Un décalage des pluies de quelques jours, ou une augmentation de deux ou trois degrés à un moment critique de la floraison, par exemple, peut suffire pour perdre une partie, ou la totalité, de

la récolte. Or, dans beaucoup d'endroits, on commence déjà à sentir ce type d'effets.

S'agissant des précipitations, une tendance se dégage, confirmée par le dernier rapport du GIEC : les zones sèches et les saisons sèches deviennent plus sèches, et les zones humides et les saisons humides, plus humides. Les événements extrêmes, sécheresses comme inondations, devraient donc se multiplier.

Il y a aussi l'augmentation progressive des températures avec des différences marquées selon les régions : une élévation moyenne de + 1° sur le globe, c'est beaucoup plus sur les continents, et encore beaucoup plus dans certains pays. C'est notamment le cas du continent Africain, qui est déjà un continent chaud. Et, au-delà des moyennes, le plus important concernant les températures, c'est l'élévation des maximales. Dans certains pays où les températures avoisinent déjà les 40°C, si celles-ci augmentent encore de deux ou trois degrés, il y a des cultures et des élevages que l'on ne pourra plus pratiquer.

À l'horizon 2050, on arrive ainsi à dégager deux grands impacts sur les productions. Le premier, c'est une baisse globale de la productivité dans certaines régions, déjà très vulnérables à l'insécurité alimentaire, notamment dans les zones intertropicales. Mais aussi dans des zones qui sont des « greniers à blé ».

En second lieu, ces évolutions devraient s'accompagner d'un déplacement des cultures. L'institut de recherche agronomique Brésilien, l'EMBRAPA, a ainsi mené une très belle étude, fondée sur l'analyse des risques météorologiques qui montrait par exemple que certaines zones productrices de café aujourd'hui, ne le seront plus en 2050, et inversement¹². Comme le Brésil est très

10. Lien : <http://agriculture.gouv.fr/AFClim-Agriculture-foret-climat>

11. Lien : <https://oracle.lsce.ipsl.fr/>

12. EMBRAPA, 2008, Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil, août, lien : <http://www.embrapa.br/publicacoes/institucionais/titulos-avulsos/aquecimentoglobal.pdf>

étendu, cela ne veut pas dire forcément que, globalement, les superficies favorables au café diminueront, mais ces déplacements représenteront à coup sûr un énorme défi pour l'adaptation des agriculteurs, mais aussi des filières.

Ceci étant dit, ces projections, ces études sont généralement issues de modélisations assez simples. D'une part, si on a multiplié ce type d'études sur les « grandes cultures » (maïs, blé, riz), on en sait beaucoup moins sur de nombreuses cultures pourtant essentielles comme le manioc. On en sait également moins sur les élevages, alors même que des cas réels de mortalités importantes de poulet provoquées par des pics de chaleur ont été rapportés, par exemple. On manque aussi de connaissances sur les productions sauvages, qui dans de nombreuses régions, jouent un rôle important en période de soudure. On modélise au fond assez bien l'impact d'un phénomène simple sur un système « simple », comme le blé. En revanche, on ne modélise pas du tout les impacts sur les écosystèmes, parce qu'ils sont complexes, et notre connaissance de leur fonctionnement, insuffisante. L'exemple typique ici, ce sont les pollinisateurs : si les fleurs dont se nourrissent les pollinisateurs s'adaptent différemment de ces derniers, les deux risquent de disparaître.

Autre élément essentiel et encore mal connu : les impacts du changement climatique sur tous les ravageurs, maladies et parasites, des plantes et des animaux. Il y a eu des études sur les arboviroses, qui sont des maladies transmises par des insectes piqueurs. Certaines de ces maladies, comme la fièvre de la vallée du Rift, sont tellement liées au climat que les prévisions annuelles de la NASA et l'OMS sont bâties à partir de modèles climatiques. Pour d'autres maladies, c'est plus difficile, et si l'on peut avoir une idée du

déplacement de ces maladies, il est très délicat d'anticiper leurs effets. Elles vont toucher des endroits où on ne les connaissait pas avant. Les animaux et les populations sont moins résistants, et les institutions et les services vétérinaires n'ont pas l'habitude de leur faire face, etc.

Au-delà de l'agriculture, une véritable inquiétude monte, depuis quelques années, à propos de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire. C'est dans ce contexte que le Comité de sécurité alimentaire mondiale, le CSA, a demandé à son panel d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition, le HLPE, une étude sur l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire, sujet beaucoup plus vaste que l'impact sur l'agriculture¹³. Cette étude met bien en évidence que de nombreux impacts seront beaucoup plus forts au niveau local ou régional qu'au niveau mondial. Il y a donc d'un côté, la question de la production globale de nourriture, et de l'autre, le fait que, dans certaines régions, on ne pourra bientôt plus produire comme avant, ou beaucoup moins.

Et l'impact sur la sécurité alimentaire concernera non seulement la disponibilité, mais aussi l'accès et la stabilité de cet accès à la nourriture. Le changement climatique devrait avoir un impact beaucoup plus important, rapide, et violent sur les zones et les populations déjà les plus vulnérables – et celles qui souffrent le plus de la faim actuellement. Les pays les moins avancés dépendent énormément de leur agriculture, à la fois pour leur revenu, leur PIB et leurs exportations, mais surtout pour l'emploi. Dans certains pays, 50 à 75 % de la population travaillent dans le secteur agricole au sens de la FAO (agriculture + forêt + pêche). Ces pays et ces populations auront moins de produits pour eux-mêmes, mais aussi moins de revenu pour en acheter sur

13. HLPE, 2012, *Sécurité alimentaire et changement climatique. Rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale*, Rome.
Lien : http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Rapport-3-Changement_climatique-Juin_2012.pdf

les marchés mondiaux, à un moment où les prix de la nourriture vont augmenter. Les perspectives qui se dessinent pour ces pays sont réellement préoccupantes.

Enfin, un des impacts les plus importants de l'irrégularité plus grande du climat demain, c'est un risque d'augmentation de la volatilité des prix. Un certain nombre de zones qui sont actuellement des greniers à céréales, vont connaître des productions moins régulières, par exemple autour de la mer Noire.

CEP

À l'échelle de la France, quels sont les principaux impacts attendus du changement climatique sur l'agriculture ?

Frédéric Levraut

Lorsque l'on parle d'impacts agricoles, il convient de distinguer les deux grandes composantes du changement climatique : la composante thermique et la composante hydrique.

L'impact agricole le plus perceptible est lié à la composante thermique : il s'agit du raccourcissement de la durée des cycles culturels. On parle également d'accélération de la phénologie. En effet, plus la température est élevée, plus le développement des plantes s'accélère, et donc moins il faut de temps pour que les plantes « bouclent » leur cycle culturel. Ce mécanisme, qui concerne toutes les espèces cultivées, est déjà à l'œuvre, l'exemple le plus connu étant l'avancée des dates de vendanges dans un grand nombre de vignobles français. Ce raccourcissement des cycles culturels représente plutôt un atout car il va soustraire en partie les cultures aux stress hydriques et thermiques que l'on rencontre habituellement en fin de cycle (printemps et été). On appelle cela l'esquive. Mais ce raccourcissement comporte aussi des effets négatifs : il peut notamment limiter la

productivité des cultures, en particulier lorsqu'il touche la période de remplissage des grains.

L'autre impact agricole majeur du changement climatique sur l'agriculture française est lié à la composante hydrique de l'évolution du climat. En effet, les modélisations climatiques font apparaître dès à présent une augmentation de l'évapotranspiration et, à partir du milieu du XXI^e siècle, une diminution des précipitations. La combinaison de ces deux éléments se traduira par un durcissement des conditions hydriques sur la majeure partie de la France. Cela aura pour conséquence une augmentation du stress hydrique des cultures, qui ne pourra pas être systématiquement compensée par une augmentation de l'irrigation. L'enjeu pour l'agriculture française sera d'identifier la bonne combinaison d'adaptations entre recours à l'irrigation et mise en œuvre de productions économes en eau. Toutes les productions agricoles, irriguées et non irriguées, sont donc concernées par ce défi.

Le sujet est très important pour l'agriculture française, mais pour autant, il est inutile de faire preuve de catastrophisme. Gardons à l'esprit que malgré les variations régionales en France métropolitaine (du climat méditerranéen au climat continental), notre point de départ est celui d'un climat globalement tempéré, très favorable à l'agriculture. Même si ce climat est demain un peu plus chaud et un peu plus tendu au niveau hydrique, la situation ne deviendra pas pour autant incompatible avec une production agricole d'ampleur. Il convient cependant de ne pas minimiser les enjeux du changement climatique pour l'agriculture française, et d'explorer toutes les options d'adaptation, notamment en ce qui concerne la question de l'eau.

CEP

Dans ce contexte, y a-t-il des régions plus particulièrement concernées ? La géographie de certaines productions va-t-elle changer ?

Frédéric Levraut

Je suis assez réticent à définir des régions gagnantes et des régions perdantes. Poser le débat ainsi serait contre-productif et n'aiderait pas l'agriculture française à construire un projet d'adaptation au changement climatique. L'enjeu est au contraire, dans chaque région, de s'approprier la problématique pour trouver des solutions adaptées au contexte local, ceci en tenant compte du climat et de son évolution, des types de sol, des filières et des acteurs économiques locaux.

On peut toutefois percevoir que s'esquisse un gradient des impacts du changement climatique en France métropolitaine. Dans les zones les plus au Sud du territoire, le durcissement des conditions hydriques prendra une acuité particulière car le contexte actuel est souvent déjà tendu. En outre, les capacités à constituer un stockage d'eau supplémentaire, diffèrent d'une région à l'autre en fonction de la ressource disponible. À l'inverse, dans les zones les plus au Nord du territoire, le contexte hydrique actuel étant plus favorable, la dégradation n'aura pas les mêmes conséquences. Ce gradient Nord/Sud, ou plus exactement Nord-Est/Sud-Ouest, est une clef importante de lecture de l'enjeu « eau et agriculture » au cours du XXI^e siècle.

En ce qui concerne les températures, le réchauffement climatique dans les zones méridionales pourrait pénaliser les cultures lors d'épisodes de fortes chaleurs (problème d'échaudage par exemple). Dans les zones aujourd'hui plus fraîches, l'élévation des températures pourrait à l'inverse représenter une opportunité pour développer de nouvelles cultures, dont les besoins thermiques ne sont aujourd'hui pas satisfaits : tournesol, maïs ou vigne par exemple.

En fonction des situations, les enjeux liés au changement climatique ne seront ainsi pas les mêmes. Il importera donc de construire des solutions d'adaptation tenant compte des particularités locales et des possibilités

d'adaptation des exploitations, des structures et des filières.

CEP

Les identités territoriales et les terroirs français sont-ils menacés par le changement climatique ?

Frédéric Levraut

La question du changement climatique se pose en effet différemment d'une part pour les productions à forte typicité et à forte valeur ajoutée, et d'autre part pour des productions industrielles où l'image du produit est moins forte. En grandes cultures par exemple, l'origine de la production importe peu en matière de commercialisation.

Pour les produits à forte typicité, pour lesquels l'origine géographique du produit est très importante et souvent associée à une appellation – AOP, etc. –, le changement climatique nous interroge sur la capacité à maintenir le couple typicité-localisation dans l'avenir. En viticulture par exemple, on sait qu'il sera difficile, à l'horizon 2050, de faire du vin de Bordeaux dans le Bordelais, ayant les caractéristiques du vin de Bordeaux que l'on connaît aujourd'hui. On peut alors se demander s'il convient de modifier la typicité du vin de Bordeaux à l'horizon 2050 (ce qui suppose de modifier le cahier des charges de l'AOP), ou s'il faut produire du vin avec les caractéristiques que l'on connaît aujourd'hui, mais dans un autre terroir, situé sans doute plus au Nord.

CEP

Au niveau mondial, certaines régions vont-elles profiter du changement climatique pour mettre en production des surfaces actuellement peu propices à l'agriculture ?

Alexandre Meybeck

C'est une très bonne question. C'est à la fois vrai et un peu plus compliqué que cela. D'une manière générale, les zones à climats plus froids, le Nord de l'Europe, la Sibérie, vont en effet avoir plus de possibilités de mise en culture. Mais des études ont fait remarquer, pour la Sibérie par exemple, que, si les températures allaient augmenter, il n'en était pas de même des précipitations. Donc les possibilités de mise en culture par l'agriculture pluviale, ne sont pas nécessairement aussi importantes qu'on a pu le penser.

Autre point très important : du fait du changement climatique, les conditions de mise en culture changent radicalement, au-delà des seules températures et précipitations. Des étu-

des ont ainsi montré que la diminution de la couverture neigeuse en hiver pose des problèmes particuliers, et que le froid et la neige tuaient parfois les principaux parasites. Demain, il faudra sans doute adapter les méthodes de culture. Or ces changements sont plus faciles à mener dans les pays riches, dotés d'institutions, d'un appareil de développement, de centres de recherche, etc. Les pays qui ne disposent pas de tout cet appareil n'auront pas, non plus, les moyens de profiter pleinement des opportunités nouvelles. Et dans tous les cas, l'augmentation de la variabilité rend les choses un peu plus difficiles à gérer car les variétés végétales et les races animales commercialisées, très productives car sélectionnées sur le seul critère de rendement, ont généralement une capacité moindre à supporter les variations extérieures.

3. L'agriculture, facteur du changement climatique

CEP

Parmi les causes humaines du réchauffement climatique global, quelle contribution revient selon vous aux secteurs agricoles et forestiers ?

Nathalie de Noblet

Pour la partie changement d'usage des sols, la déforestation a été responsable de l'émission de 3 Pg¹⁴ de carbone et partiellement compensée par le stockage de 2 Pg (à travers les repousses forestières). Soit une émission nette d'1 Pg de carbone. Pour la partie agriculture, les émissions de CO₂ sont très minoritaires par rapport à d'autres GES, comme le méthane (CH₄) ou le protoxyde d'azote (N₂O).

Alexandre Meybeck

Le rapport du HLPE¹⁵ a passé en revue les différents chiffres disponibles en 2005. Au total et en arrondissant, le secteur agricole au sens large contribue pour 25 à 30 % des émissions globales. Le changement d'utilisation des terres, principalement la déforestation à laquelle contribue l'extension de l'agriculture, représentait environ la moitié, entre 11 et 17 %. L'agriculture au sens strict représentait 15 % des émissions : 13 % comptés dans le « secteur agricole » et 2 % supplémentaires provoqués par le secteur agricole mais comptabilisés dans d'autres secteurs – essentiellement la production d'engrais et de pesticides, et la consommation énergétique sur les exploitations agricoles. Le secteur de l'élevage est un poste important, notamment en raison de la production

14. Pg pour pétagrammes (10¹⁵ grammes soit un milliard de tonnes).

15. HLPE, 2012, *op.cit.*

de méthane des ruminants, de la gestion des effluents d'élevage et de la production de nourriture pour l'élevage. Le riz est une source d'émission de méthane importante, mais les projections ne prévoient pas d'augmentation importante de sa production. Le secteur de l'élevage augmente beaucoup plus vite.

Nathalie de Noblet

En plus des émissions nettes de GES dont ils sont responsables, l'agriculture et les changements d'usage des terres ont aussi un impact sur la météorologie et le climat au niveau plutôt local, voire régional, à travers des effets que l'on appelle *non-radiatifs*. C'est un aspect de l'effet de l'anthropisation des sols sur le climat qui a tendance à être régulièrement oublié, alors qu'il peut avoir des conséquences importantes sur le climat d'une région, et donc sur la productivité. Ces effets sont issus des changements d'évapotranspiration et de convection de chaleur sèche qui impactent la température de surface, la réserve en eau utile aux plantes, l'humidité de l'air et la convection et par conséquent la couverture nuageuse et l'intensité des précipitations. Dans certaines régions du monde, la mise en culture des terres ou le fait de les irriguer, par exemple, peut affecter de manière très importante la température par ces effets non-radiatifs. Ce changement de température peut être d'une amplitude supérieure (voire de signe opposé) au changement induit par l'augmentation des gaz à effet de serre (et donc résultant du changement climatique global). À titre d'exemple, si l'effet du changement climatique est une augmentation de 1,5°C de la température estivale d'une région A, l'irrigation des cultures de cette même région A pourrait induire un refroidissement estival de même amplitude (- 1,5°C). A ne verrait donc pas de changement de sa température, malgré le changement climatique, parce que deux effets se compensent à son échelle : le changement climatique et l'usage qui est fait des sols. Ainsi, pour une

région donnée, tout changement observé est dû non seulement au changement climatique global, mais aussi à des effets locaux liés à l'occupation du sol, qui vont avoir un effet sur la météo locale et compenser, voire annuler, ou au contraire amplifier, les effets du changement climatique global. Les changements d'usage des terres ont donc un rôle très important vis-à-vis du changement climatique : à la fois pour les émissions de GES dont ils sont responsables, et pour leurs effets locaux sur le climat.

Nous avons intercomparé les résultats de plusieurs modèles de climat forcés par le même changement d'usage des terres à l'échelle mondiale depuis la période préindustrielle. En Amérique du Nord et en Europe, nous avons montré qu'entre 1850 et aujourd'hui, le réchauffement climatique (induit par l'augmentation des GES, y compris ceux liés à la déforestation) a été presque entièrement compensé par un refroidissement local lié à la mise en culture de zones forestières, ou de grandes zones prairiales (naturelles). L'influence, sur la météorologie locale, de changements d'occupation des sols peut donc atténuer voire annuler l'expression locale du changement climatique dans les latitudes tempérées. Dans les latitudes tropicales, c'est plutôt un phénomène d'amplification qui est constaté. Mais ces éléments font encore l'objet de recherches aujourd'hui. En revanche, les impacts éventuels de changements d'usages des sols, dans une région, sur le climat d'une autre région (ce qui est généralement appelé « téléconnexions »), sont très difficiles à identifier. Il n'existe pas d'accord entre les modèles de climat sur l'existence d'une propagation d'un tel signal au-delà de la région perturbée.

Mieux quantifier le rôle que joue l'aménagement d'un territoire, ainsi que l'usage qui y est fait des sols, sur le climat et la météorologie de ce territoire, est l'un des objectifs du laboratoire d'excellence BASC¹⁶. Nous envisageons pour cela de prédéfinir tout un

16. Biodiversité, Agrosystèmes, Société & Climat. Lien : <http://www6.inra.fr/basc>

panel de scénarios d'occupation des sols afin de forcer un modèle climatique régional nous permettant de quantifier les impacts de ces

scénarios sur l'atmosphère (qualité de l'air, expression des événements extrêmes, etc.).

4. Les solutions pour l'atténuation

CEP

Quels sont les leviers techniques les plus prometteurs pour diminuer les émissions de GES agricoles ?

Frédéric Levraut

Au niveau français, l'agriculture émet environ 100 millions de tonnes équivalent (teq) CO₂ par an, ce qui représente un cinquième des émissions françaises de GES. La part des émissions du secteur agricole dans les émissions totales est plus importante en France (20 %) qu'au niveau européen (9 %). Ceci s'explique par la part économique plus importante du secteur agricole en France qu'en Europe.

Depuis 1990, les émissions agricoles de GES en France ont diminué d'un peu moins de 10 %, du fait de quelques améliorations techniques, mais surtout de la modération de la consommation d'engrais azotés minéraux imposée par la Directive Nitrates, et de la réduction tendancielle du cheptel bovin français. Cette baisse des émissions, bien qu'appréciable, ne suffira pas pour atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés aux horizons 2020 (- 20 %) et 2030 (- 40 %). Il y a alors deux façons d'envisager la diminution des émissions de GES : l'une assez radicale, et l'autre plus modérée.

Dans la prospective Afterres 2050¹⁷, le potentiel de réduction des émissions atteint environ 50 %. Pour atteindre ce niveau, une révision considérable de notre modèle agricole est nécessaire. Cela implique le quasi-abandon de la vocation exportatrice de l'agriculture française, une forte modification des régimes alimentaires des Français s'appuyant sur la réduction de la consommation des produits carnés, et enfin un nouvel équilibre entre cultures à vocation alimentaire et celles à vocation énergétique. Cela constitue un cas d'étude intéressant, mais ce changement serait considérable et son appropriation par le monde agricole, sans doute, très difficile.

Dans un registre plus mesuré, dans lequel la faisabilité et l'acceptabilité peuvent être plus immédiates, on peut se référer à l'étude récemment conduite par l'Inra sur le potentiel d'atténuation de l'agriculture française¹⁸. Les auteurs ont analysé dix actions qui ne remettent pas en cause les systèmes de production actuels, qui n'engendrent pas de baisse de production de plus de 10 %, et qui sont d'ores et déjà réalisables. À l'horizon 2030, cette étude conclut à un potentiel de réduction des émissions de GES de l'ordre de 30 % (soit 32 millions de tonnes de CO₂ équivalent évitées par an). Ce chiffre est non négligeable, et bien plus important que celui qui a été atteint depuis 1990. Ce qui me semble particulièrement intéressant, c'est que ce potentiel d'atténuation repose sur une diversité de

17. Lien : <http://www.solagro.org/site/393.html>

18. Lien vers l'étude : <http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Etude-Reduction-des-GES-en-agriculture> ; et voir, pour des prolongements, l'article de L. Bamière *et al.*, 2014, « Les coûts de transaction privés sont-ils un obstacle à l'adoption de mesures techniques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur agricole ? », dans ce numéro de NESE.

pratiques agricoles toutes accessibles aux agriculteurs : fertilisation minérale azotée, stockage de carbone dans le sol et la biomasse, rations alimentaires des animaux, valorisation des effluents et production d'énergies renouvelables.

Alexandre Meybeck

Au niveau mondial, la production va augmenter, pour répondre à une augmentation de la demande de l'ordre de 60 % d'ici 2050. Dans cette perspective, les fertilisants sont une source d'émission importante. Pourtant, il vaut mieux utiliser un peu plus de fertilisants, que déforester pour augmenter la production. Il vaut mieux, d'un point de vue climatique, utiliser les terres qui sont déjà défrichées, que défricher des terres nouvelles ; intensifier de manière durable, qu'extensifier. En Afrique, par exemple, on est dans une situation où augmenter les apports en fertilisants, c'est une solution pour atténuer le changement climatique, en réduisant la déforestation induite par la dégradation des sols et le besoin de nouvelles terres.

Les émissions sont parfois provoquées par la mauvaise utilisation des ressources. Des leviers techniques existent au niveau de la fertilisation, et au niveau de l'alimentation animale. Un kilo d'engrais absorbé par les plantes n'émet pas de gaz à effet de serre. Les émissions d'engrais qu'on retrouve dans l'atmosphère tiennent à ce que l'engrais n'a pas été utilisé par les plantes. Le problème, c'est que les plantes n'absorbent jamais la totalité de l'azote apporté. Elles en absorbent plus, si elles sont bien gérées. Une meilleure gestion des engrais, c'est aussi une meilleure production.

De même, la production de méthane, c'est de l'aliment qui n'a pas été complètement assimilé par les animaux. Mieux gérer l'alimentation, la gestion et la santé du troupeau, permet d'augmenter la production agricole sans augmenter les émissions, ou du moins

sans les augmenter aussi vite que l'augmentation de la production. Il faut avoir une vision assez large de cette notion de meilleure utilisation des ressources. Mieux le système est géré (troupeau bovin, utilisation de l'engrais, microfaune du sol), mieux on arrive à produire, moins on émet.

Ainsi, en Afrique la mortalité des veaux est de 25 %, contre une moyenne mondiale de 8 %. Cela veut dire qu'il y a une vache sur quatre qui ne produit pas de veau, et qui ne produit pas de lait (dans la majorité des systèmes, sans veau, il n'y a pas de lait). Cette vache-là émet donc du méthane, elle mange de l'herbe là où il n'y en n'a pas beaucoup, et sans produire. Réduire la mortalité des veaux, c'est donc à la fois une action de mitigation du changement climatique, et d'amélioration de la sécurité alimentaire. Il n'y a pas de contradiction entre ces deux objectifs globaux.

Dans bien des cas, et sans parler d'autres impacts environnementaux, une agriculture assez intensive est plus productive ou plus efficace que des agricultures de type plus extensif. Les petits agriculteurs, c'est vrai, émettent très peu, soit par hectare, soit par personne. Mais rapporté à l'hectare, en comparaison avec les grands producteurs des pays avancés, ils produisent très peu de nourriture. Et quand on pense sécurité alimentaire, ce qui est important c'est aussi de produire de la nourriture. Quand on est dans un système extensif où l'on n'arrive pas à exploiter toutes les potentialités du sol, pour tout un tas de raisons – parce qu'on manque d'intrants, de bonnes pratiques, de semences adaptées, etc. –, cela impose de déforester un peu plus, une cause majeure d'émissions.

Pour la FAO, l'atténuation est surtout à voir comme une conséquence de l'amélioration de l'efficacité des systèmes. Avec un système plus efficace, on émet moins pour produire autant ou plus. Un rapport de la FAO sur l'élevage a montré que la marge de manœuvre et la capacité d'amélioration à l'intérieur de

chaque système est considérable¹⁹. Si dans un système et une zone agroclimatique donnés, tous les éleveurs adoptent les pratiques des 10 % les plus efficaces, les émissions pourraient être réduites de 30 %.

CEP

Et y a-t-il des systèmes de production moins favorables que d'autres à une démarche d'atténuation ?

Frédéric Levraut

La réduction des émissions ne se limite pas à certaines orientations productives, à l'exclusion d'autres : toutes les filières peuvent y contribuer, notamment en optimisant leur utilisation de l'énergie fossile (moins d'énergie utilisée pour la même valeur ajoutée produite). En la matière, ceux qui se sont le moins engagés dans cette voie sont peut-être ceux qui représentent le plus important potentiel d'atténuation. Et ils sont présents dans toutes les filières : aussi bien en cultures annuelles, en cas de fertilisation minérale mal maîtrisée, en horticulture, en cas de serres énergivores, ou encore en production animale, en cas de mauvaise gestion des effluents d'élevage, par exemple.

Ainsi, il y a dans toutes les filières des solutions techniques réalistes pour réduire de façon significative les émissions de GES dues au secteur agricole. Il semble donc possible, pour l'agriculture française, de contribuer à l'atteinte des objectifs d'atténuation que nous nous sommes fixés pour les prochaines décennies.

Pour cela, il faut porter ces solutions techniques à la connaissance des agriculteurs, faire la démonstration de leur faisabilité et de leur efficacité, y compris économique, c'est-à-dire

démontrer qu'elles ne dégradent pas les performances économiques de l'exploitation. Cela passe par des formations, des démonstrations, mais aussi par la conviction des responsables politiques agricoles.

En résumé, on peut dire qu'il ne suffit pas d'identifier les solutions techniques, il faut aussi « mettre en musique » ces solutions aux échelles spatiales appropriées : certaines au niveau national, certaines au niveau très local et d'autres encore à des niveaux intermédiaires. Il y a encore de nombreux freins à cela, par exemple du fait de l'inertie des structures, à cause de blocages politiques, ou à cause des découpages administratifs. Le rôle du développement agricole est donc prépondérant sur ce sujet, car il doit apporter du conseil pertinent sur la base de références scientifiques reconnues, accompagner les agriculteurs dans leur mise en œuvre, informer les responsables politiques agricoles et les représentants des filières de l'existence de solutions techniques, etc. Pour l'instant, j'ai l'impression que la sphère agricole, au sens large, voit encore le changement climatique comme une contrainte à subir et pas encore comme l'occasion de construire un nouveau projet pour l'agriculture française. Or le défi n'est pas du tout hors de portée.

CEP

Dans le secteur industriel, les entreprises peuvent mettre en place des solutions d'ingénierie standardisées, reproductibles, dont les émissions sont aisément contrôlables. Cela semble plus difficile pour les productions agricoles, qui mettent en valeur des processus naturels. Peut-on espérer, en agriculture, des solutions technologiques du même ordre qui permettraient des gains significatifs dans la réduction des émissions de GES ?

19. Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., Tempio G., 2013, *Tackling climate change through livestock - A global assessment of emissions and mitigation opportunities*, FAO, Rome.
Lien : <http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf>

Frédéric Levraut

Si l'on pense à des sauts technologiques du type passage d'une centrale thermique à charbon à une centrale nucléaire (en ne parlant ici que de CO₂), ou d'une voiture diesel à une voiture électrique (en ne parlant pas ici de la production et du recyclage des batteries), alors il est très difficile de les transposer au domaine agricole. On pourrait imaginer des tracteurs électriques qui limitent les émissions de CO₂, mais même cela n'apporterait pas grand-chose en termes d'atténuation car le CO₂ ne représente que 8 % des émissions de GES d'origine agricole.

Quels que soient les modes de production, l'agriculture repose sur des processus biologiques (respiration, fermentation, minéralisation, nitrification et dénitrification) qui sont naturellement émetteurs de GES. On ne peut donc pas rêver à une agriculture non émettrice de GES. Mais cela n'empêche pas d'œuvrer pour une agriculture qui en émettrait moins, et qui demeure performante.

CEP

Pourquoi l'agriculture a-t-elle toujours une place limitée dans les politiques d'atténuation ? Est-ce que ceci a vocation à rester le cas, par exemple pour des raisons liées aux caractéristiques des activités agricoles ? Ou bien, le potentiel d'atténuation n'étant pas négligeable, peut-on envisager dans l'avenir une intégration plus poussée de l'agriculture dans les mécanismes de type « finance carbone » ?

Alexandre Meybeck

Rappelons d'abord que les négociations internationales relatives au climat ne distinguent pas les secteurs économiques. La convention climat et le protocole de Kyoto concernent tous les secteurs économiques,

et toutes les émissions, et il n'y a effectivement rien de spécifique pour l'agriculture (hors puits de carbone). Leur logique, c'est que l'obligation de réduction des émissions pèse sur l'ensemble des activités d'un pays, et les pays choisissent en interne sur les mécanismes à utiliser. Si l'agriculture est peu intégrée aux politiques d'atténuation, c'est d'abord en raison des spécificités du secteur et des choix faits au niveau national.

Ceci dit, deux particularités de l'agriculture sont discutées au niveau international. Une part très importante des émissions provoquées par le secteur agricole provient de la déforestation, mais on a aussi beaucoup pensé qu'une part essentielle des perspectives d'atténuation en agriculture tenait au « stockage carbone » dans les sols. Le sujet stockage/déstockage du carbone des sols est un sujet important et lourd en matière de comptabilisation. Il y a des problèmes très spécifiques avec les flux de carbone qui viennent du sol, ou qui viennent des stocks, de manière générale. D'une part, ils peuvent être plus ou moins difficiles à mesurer. D'où l'importance du sujet MRV (*Measurement, Reporting and Verification*). D'autre part et surtout, le choix a été fait au moment du Protocole de Kyoto, de considérer les émissions liées au changement d'utilisation des sols, comme de la différence de stock, et non pas comme des émissions pures et simples, comme celles du secteur industriel par exemple. Ce qui veut dire que, dans le secteur des « puits de carbone », on mesure des stocks et non des flux. Les flux, c'est des émissions qui ont lieu, et si on supprime cette émission, elle n'aura jamais lieu. Alors que les stocks, c'est une émission qui n'a pas lieu – mais qui pourrait avoir lieu dans le futur. Ce qui suppose des règles et des mécanismes spécifiques. Cela induit également une valeur carbone pour les puits différente, plus faible, dans un contexte où la valeur du carbone est déjà faible. Le changement d'utilisation des sols, y compris la forêt, et les règles « LULUCF »²⁰, avaient déjà été un point

20. LULUCF pour « Land use, land-use change and forestry » ; en français, UTCATF pour « utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie ».

crucial dans la négociation du protocole de Kyoto²¹. Ce sera à nouveau un chantier important pour les dispositifs post-2015, de par son poids dans les émissions et son rôle pour de nombreux pays. La discussion sur le futur Traité se joue dans le groupe ADT, initié à Durban. À Varsovie fin 2013, une table ronde de haut niveau sur ce sujet a permis de confirmer l'importance du sujet « utilisation des terres ».

Par ailleurs, même une grosse exploitation agricole est « petite » comparée aux intervenants d'autres secteurs économiques comme l'énergie. Le marché carbone demeure un marché relativement limité. Les opérateurs assujettis aux obligations des marchés de « crédits carbone » ont ainsi le choix entre investir dans de gros projets, « faciles » à faire (par exemple, une centrale hydroélectrique), et un petit projet agricole, au premier abord plus modeste, mais en fait, plus compliqué à mettre en place parce qu'il y a 50 000 ou 100 000 agriculteurs « derrière », avec des coûts de gestion importants et des revenus carbone qui risquent d'être faibles pour chacun des agriculteurs engagés, etc. Même pour des types de projets reconnus au niveau international comme la méthanisation, les projets ont beaucoup de mal à se mettre en place, et du coup, c'est très difficile de pousser des méthodologies et des mécanismes spécifiques au niveau international pour le secteur agricole, puisque visiblement, il n'y a pas la demande des opérateurs économiques.

S'agissant des mécanismes qui pourraient être mis en place après 2015, les réflexions portent à la fois sur les mécanismes de mar-

ché, sur des mécanismes autres que marchands, et sur des mécanismes innovants.

Les mécanismes de marché sont très dépendants des contraintes que se donnent les États en matière d'émissions. Les mécanismes de marché ne sont certes pas très adaptés pour les secteurs agricoles et forestiers, et ne prennent pas bien en compte certains aspects de l'ordre du bien public environnemental (protection de la biodiversité) ou social (sécurité alimentaire). Mais derrière cette question « marché/non marché », il y a aussi les positions de certains pays qui estiment, soit qu'on ne doit pas marchandiser des biens environnementaux, soit que les marchés sont un moyen pour les pays développés de reporter leurs obligations sur les pays en voie de développement.

Quant aux mécanismes innovants, on ne sait pas encore très bien les formes que cela pourrait prendre. Les « NAMA », mis en place après la conférence de Copenhague en 2009, c'est-à-dire les actions nationales d'atténuation que peuvent décider volontairement les pays en développement, permettent d'ouvrir des pistes. Un certain nombre de pays prévoient des actions d'atténuation agricole. Elles n'utilisent pas nécessairement les mécanismes de marché de finance carbone classique, telle qu'on la connaissait, c'est-à-dire « un kilo de carbone = x dollars ». Cela peut être l'État qui subventionne, encourage, ou interdit tel ou tel type de production, ou qui investit dans tel ou tel secteur pour le rendre plus efficace et réduire ses émissions. Une (relative) diversification des approches et des outils se fait jour.

21. Gitz V., 2013, *Usage des terres et politiques climatiques globales. La physique, l'économie et les politiques de l'usage des puits de carbone pour lutter contre le changement climatique*, Presses Académiques Francophones, Sarrebruck.

5. Les solutions d'adaptation

CEP

En France, quels sont les grands types de solutions d'adaptation pour l'agriculture française ?

Frédéric Levraut

Pour moi, les bonnes solutions d'adaptation seront celles qui combineront intelligemment un ensemble de leviers qui permettront de faire face à, voire de valoriser, les évolutions thermiques et hydriques attendues. Ces solutions varieront d'une région à l'autre, elles devront donc être adaptées localement aux différents contextes.

Concernant l'évolution thermique, les risques encourus – s'ils sont réels – semblent mesurés, en termes d'impacts sur la production française prise dans son ensemble. L'augmentation de fréquence des températures élevées nécessitera des choix d'itinéraires techniques et de variétés qui semblent accessibles. De ce point de vue, je dirais que l'augmentation de la température prise isolément ne représente pas une menace majeure.

Le véritable enjeu concerne le durcissement des conditions hydriques. L'adaptation consistera alors à mobiliser tous les leviers permettant de faire face à la contrainte hydrique accrue. Dans certaines situations, une des solutions peut être la constitution de réserves en eau supplémentaires pour les périodes de stress, à condition d'en avoir la capacité. Ceci n'est évidemment pas une solution généralisable. Dans d'autres situations, la ressource en eau sera moins disponible, et il faudra nécessairement modifier les façons de produire. Pour cela, il faudra utiliser le raccourcissement des cycles végétaux permis par l'élévation des températures, pour esquiver les stress hydriques qui interviennent en général en fin de cycle. Autrement dit, il faudra choisir des variétés ou des espè-

ces qui permettent de repositionner les cycles culturaux à des moments où la disponibilité hydrique sera acceptable. Pour la culture de maïs, on pourrait ainsi, en précocifiant les choix variétaux, modérer les consommations d'eau, là où le recours accru à l'irrigation ne sera pas possible. Enfin, il ne faut pas ignorer les espoirs portés par l'amélioration variétale : des variétés plus tolérantes aux stress hydriques et thermiques verront sans doute le jour. Mais le délai d'obtention de ces variétés (jusqu'à une vingtaine d'années), ne doit pas nous dissuader de mettre en œuvre dès à présent des adaptations agronomiques simples et efficaces.

Je résumerais en indiquant qu'on ne peut ignorer que les solutions d'adaptation devront impérativement tenir compte des disponibilités futures de la ressource en eau. Or, comme cette disponibilité va évoluer tendanciellement à la baisse, le recours à l'irrigation se fera dans un contexte différent d'aujourd'hui en termes de capacité de mobilisation de ressource. L'irrigation doit donc être considérée comme une des solutions d'adaptation, mais certainement pas comme la seule. Ignorer cela, consisterait à ignorer l'avenir des 90 % de SAU qui demeureront non irrigués !

CEP

Pour les différentes agricultures autour du monde, en matière d'adaptation, quelles sont les principales problématiques ? Est-ce que les termes du débat sont les mêmes dans les pays développés et dans les pays en voie de développement ?

Alexandre Meybeck

Globalement, une des difficultés pour penser l'adaptation, c'est qu'il y a une augmentation considérable à la fois de la variabilité et de l'incertitude. On ne sait pas exactement quel

sera le climat dans quarante ans dans tel ou tel endroit. Et donc, on ne peut pas exactement se projeter vers ce futur-là. D'autre part, on peut faire une route en disant à des ingénieurs qu'il faut qu'elle résiste à une inondation de tant, et à des températures de tel ordre à l'horizon de cinquante ans, cela ne va pas empêcher la route de fonctionner à l'heure actuelle. En revanche, pour un système agricole, on peut toujours se dire qu'il faudra qu'il soit tel ou tel dans quarante ans, mais chaque année d'ici là il faudra qu'il produise de la nourriture. Donc il faut qu'on arrive à imaginer des solutions, des trajectoires qui permettent de faire face à plus de variabilité, à plus d'incertitude, moins vulnérables à toutes ces variations, et qui soient plus résilientes, en quelque sorte. Et tout cela doit être envisagé au niveau biophysique, au niveau économique, et au niveau social. Et à toutes les échelles.

Un premier élément-clé, pour moi, c'est la diversification. Au niveau de la ferme tout d'abord. On peut penser que toutes les cultures ne vont pas avoir les mêmes difficultés au même moment, qu'elles soient purement climatiques, ou indirectement climatiques, comme une maladie ou un ravageur. On peut aussi penser à la diversification des ressources pour les agriculteurs. Il faut privilégier des variétés et des systèmes de culture plus résistants, ou plus résilients, à des modifications de températures ou de précipitations.

L'agriculture de conservation fait partie de ces solutions techniques. On stocke plus de carbone, on a une couverture végétale du sol en permanence, donc l'humidité se maintient mieux, et on protège le sol de l'érosion, un des effets majeur des successions sécheresse/pluies diluviennes. Dans l'agriculture de conservation, telle que préconisée notamment par la FAO, on a des cultures plus diversifiées, avec des rotations plus longues. Il

s'agit d'éléments d'adaptation car le système supporte mieux les chocs de température, et des précipitations plus erratiques. C'est vrai pour le système d'exploitation, au niveau technique, mais également à une échelle plus vaste, au niveau économique : l'industrie agroalimentaire ne subit pas les mêmes chocs lorsqu'on a de la diversification que lorsqu'on a de la monoculture.

La même chose s'applique ensuite au niveau des régions, des États, pour l'approvisionnement. Le commerce va jouer un rôle important, mais il ne peut pas non plus tout régler, puisque, comme on l'a bien vu récemment, il peut avoir tendance à exacerber les chocs. On ne peut pas se fier uniquement à la production extérieure. Enfin, on peut aussi penser à la diversification de l'alimentation. Les populations africaines qui ne mangeaient que du maïs ont beaucoup plus subi le choc de la crise de 2008-2009 que les populations qui mangeaient également du manioc²². Le manioc voyage moins et a été beaucoup moins impacté par les chocs des prix des céréales.

Tout élément qui permet de gérer les risques maintenant, permettra d'aider à mieux gérer et d'être prêts pour les risques du futur, qui peuvent être les risques actuels exacerbés, ou des risques nouveaux, changeants. Il importe de mettre en place une panoplie d'outils institutionnels propice à l'adaptation : les services vétérinaires, des mécanismes de surveillance des épidémies transfrontalières, la constitution de stocks de céréales, etc. C'est maintenant de mieux en mieux accepté et discuté. Ainsi, le rapport du HLPE sur la protection sociale pour le Comité de sécurité alimentaire mondiale a montré que la protection sociale est un élément important de contribution à l'adaptation au changement climatique, car elle peut permettre de passer le choc d'une année difficile, tout

22. HLPE, 2011, *Volatilité des prix et sécurité alimentaire*, rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition, Comité de la sécurité alimentaire mondiale, Rome.
Lien : http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE-Rapport-1-Volatilite-des-prix-et-securite-alimentaire-Juillet-2011.pdf

en conservant les moyens de reprendre l'année d'après²³. Quand on compare l'effet d'une sécheresse dans le Sahel et l'effet d'une sécheresse en France, par exemple en 2003, on voit aussi l'importance des mécanismes sociaux français, la solidarité nationale. Je pense aussi à la FNSEA, qui avait organisé des transferts de fourrages d'une région à l'autre. Des mécanismes institutionnels, comme le dispositif de calamité agricole, permettent aux agriculteurs de recommencer l'année d'après, etc.

Les termes du débat sont au fond les mêmes partout. La grosse différence, c'est que les outils dont disposent les agriculteurs des pays développés et ceux des pays en voie de développement sont différents. Un certain nombre de pays développés ont mis en place

des mécanismes assurantiels mais qui sont en général très largement soutenus par les pouvoirs publics. C'est le cas aux États-Unis et dans certains pays européens. Et puis il y a tout un appareil autour – les banques, l'État, les mutuelles, la formation, les appareils de développement, la recherche, etc. – qui rend les agriculteurs beaucoup plus aptes à affronter les changements. Le département économique de la FAO a fait une étude récemment sur les facteurs qui protègent le mieux les agriculteurs du Nicaragua de l'insécurité alimentaire face à une augmentation de la température²⁴. Ce qui arrive en premier, c'est le niveau de formation. Tous ces éléments rendent les systèmes plus plastiques et plus aptes à supporter un choc et à se préparer au changement.

6. Approches intégratives

CEP

Y a-t-il une contradiction entre la mise en avant de solutions d'adaptation et la recherche de solutions d'atténuation ? Faut-il voir dans les stratégies prônant l'adaptation une forme de renoncement concernant la lutte contre le changement climatique ?

Frédéric Levrault

Non, au contraire ! Il est d'autant plus facile de convaincre des agriculteurs de mettre en place des solutions d'adaptation, qu'ils ont compris les enjeux de l'atténuation. Et vice-

versa. L'adaptation et l'atténuation sont deux composantes d'un même projet pour l'agriculture face au climat au XXI^e siècle.

Si l'on mise uniquement sur l'atténuation, alors on obtiendra un climat futur moins modifié, mais différent néanmoins du climat actuel, et l'agriculture n'y sera pas adaptée. Inversement, si l'on mise uniquement sur l'adaptation, alors on bâtira une agriculture adaptée à un certain horizon, mais qui sera à plus ou moins long terme dépassée par l'évolution du climat. Adaptation et atténuation doivent donc être menées conjointement, l'une et l'autre se servant mutuellement.

23. HLPE, 2012, *La protection sociale pour la sécurité alimentaire*, rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale, Rome.

Lien : http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Rapport-4-La_protection_sociale-Juin_2012.pdf

24. FAO/OECD, 2012, *Building Resilience for Adaptation to Climate Change in the Agriculture Sector*, Proceedings of a joint FAO/OECD workshop, 23-24 April 2012, Rome.

Lien : <http://www.fao.org/docrep/017/i3084e/i3084e.pdf>

La difficulté est que l'adaptation et l'atténuation ne se jouent pas aux mêmes pas de temps : l'adaptation est mise en place pour des résultats attendus à court terme, tandis que l'atténuation est à considérer comme un investissement sur l'avenir, compte tenu de l'inertie du système climatique.

CEP

Et d'un point de vue technique, est-ce que les solutions d'adaptation sont toujours compatibles avec les solutions d'atténuation ? N'y a-t-il pas parfois des effets antagonistes ?

Frédéric Levrault

Si l'adaptation est conçue comme un ensemble de moyens permettant de gérer plus efficacement et plus durablement les ressources utilisées pour la production agricole, alimentaire et non alimentaire, alors elle apparaît comme globalement compatible avec l'atténuation. En effet, des systèmes de production plus résilients et optimisant l'utilisation des ressources fossiles permettront aussi de répondre aux enjeux d'atténuation, même s'ils ont été construits à des fins d'adaptation. Tant qu'elle ne consiste pas à utiliser davantage d'intrants et de moyens technologiques pour contrer les effets indésirables du changement climatique, l'adaptation ne peut que concourir à la réduction des émissions de GES. Mais ce n'est en effet pas nécessairement automatique.

Nathalie de Noblet

Il me semble important de souligner que les décisions ne peuvent plus être prises aujourd'hui comme elles l'étaient autrefois. L'arbitrage doit être fait à partir de l'examen simultané de plusieurs critères, ce qui risque de rendre toute décision difficile dans la mesure où les effets pourront être négatifs

pour certains de ces critères, et positifs pour d'autres. Cette notion, relativement nouvelle pour la décision publique (il me semble), de choix multicritères, est une évolution nécessaire mais compliquée à mettre en œuvre, qui suppose de se doter d'outils d'évaluation en amont. Dans le cadre du laboratoire d'excellence BASC, et de façon plus générale aujourd'hui un peu partout dans le monde, l'agro-écologie semble se présenter comme l'une des solutions d'adaptation au – et d'atténuation du – changement climatique. Mais pour être vraiment complète, l'évaluation de ces solutions doit également prendre en compte leurs impacts sur le climat local/régional. Par exemple, si l'une des options proposées est de ne jamais avoir de terre à nu²⁵ pour limiter l'érosion, augmenter le stockage de carbone et diminuer l'apport de fertilisants, alors les échanges avec l'atmosphère seront profondément modifiés (notamment pendant la période d'interculture), créant ainsi un climat local différent pouvant être plus ou moins propice à la productivité. Prenons un exemple : en période de canicule estivale (par exemple, 2003 en France), si le sol est nu après la récolte des céréales d'hiver, alors toute l'énergie solaire reçue par le sol est renvoyée à l'atmosphère sous forme de chaleur sèche, augmentant ainsi de plusieurs degrés la température, et amplifiant l'impact thermique de cette vague de chaleur, avec les effets sur la santé des hommes et des plantes que nous connaissons. Si au contraire une culture est présente pendant cette même période (Cipan ou céréale de printemps, en imaginant qu'il y ait suffisamment d'eau pour que la végétation transpire), alors l'énergie reçue repartira vers l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, accompagnée d'une diminution des températures de surface. L'effet caniculaire sera donc atténué et le confort climatique ressenti par les plantes avoisinantes et la population sera augmenté. De telles pratiques, si elles se développent à l'échelle mondiale, auront un effet majeur sur le climat.

25. Par exemple en utilisant des cultures intermédiaires pièges à nitrates (Cipan) pour limiter les intrants.

Alexandre Meybeck

Ce qui est difficile à concilier et qui est pourtant fondamental, c'est moins mitigation et adaptation, qu'efficacité et résilience du système. D'un premier abord, on peut avoir l'impression qu'il faut sacrifier l'un au nom de l'autre. Que pour être un peu plus résilient, on va être un peu moins efficace. C'est assez vrai car les systèmes résilients sont souvent un peu redondants, des systèmes où on a plus de variétés différentes pour être sûr que ça marche « quand même », où on a plus de stocks car « on ne sait jamais », etc. Mais on peut aussi penser à des systèmes plus efficaces et plus résilients. On peut penser par exemple à l'agroforesterie en zone tropicale – des systèmes extrêmement intenses à l'hectare, avec de très nombreuses cultures différentes. Je citerai un bel exemple de projet d'agroforesterie, développé en Amérique centrale pour remplacer l'agriculture sur brûlis²⁶, où à la fois on produit plus à l'hectare, il y a plus de revenu à l'hectare, et où les cultures sont plus diverses, ce qui protège des fluctuations des prix, mais aussi de l'érosion des sols, ou encore de la sécheresse, puisqu'on conserve mieux l'eau. On peut donc tout à fait avoir des systèmes qui sont très divers, et parce que très divers, très intenses, et parce que très divers, très résilients.

Mais si on veut commencer à diversifier, il faut commencer à penser aussi au niveau des territoires. Il y a des questions de résilience et de marges. Les systèmes agricoles sont des systèmes très compliqués car ils combinent des dimensions biophysiques, économiques et sociales. Cette question de la résilience ou de la capacité à supporter des chocs, est vraiment différente selon les systèmes. Un agriculteur qui a un compte en banque et des économies, ou qui a d'autres revenus qui lui permettent de tenir pendant plusieurs années, peut prendre le risque de

cultures où il a une éventualité de perte totale tous les quatre ou cinq ans, parce qu'il a une autre manière de se protéger. Ce sont vraiment des situations qui sont à penser dans le système dans ses trois dimensions. Et on l'a bien vu dans le cas de l'agriculture de conservation. Quand on passe à l'agriculture de conservation, il faut changer son système. Pendant un certain temps c'est compliqué, et les premiers à l'adopter en Amérique latine sont de gros producteurs, parce qu'ils peuvent faire face à une perte de revenus pendant quelques temps, demander des emprunts à leur banque. C'est beaucoup plus compliqué pour les petits producteurs car ils ne peuvent pas se permettre de prendre le risque d'une perte de récolte, même sur une seule année.

CEP

Plus largement, quelles sont les pistes pour rendre les politiques publiques encore plus intégratives et penser conjointement les différents enjeux, à la fois ceux liés au climat (adaptation et atténuation) et ceux liés à la gestion d'autres biens publics (biodiversité, qualité et quantité d'eau, etc.) ?

Frédéric Levrault

Comment mettre le monde en équations pour que le résultat final soit optimisé pour les différents enjeux ? C'est évidemment une question très difficile, car les approches intégratives nécessitent généralement de réaliser des arbitrages, avec quelquefois des enjeux contradictoires. Prenons un exemple en région Poitou-Charentes : l'avancée des dates de récolte des céréales à pailles permet d'éviter des stress hydriques sur les cultures, et donc de s'adapter à un climat plus chaud et plus sec. En revanche, cette pratique pénalise l'outarde canepetière, oiseau

26. FAO, 2010, *Sistemas Agroforestales, Seguridad Alimentaria y Cambio Climático en Centroamérica, Honduras*.
Lien : http://www.pesacentroamerica.org/boletin/boletin_sistemas_agroforestales.htm

patrimonial de notre région. Peut-on trouver un compromis qui satisfasse ces deux objectifs ? Cet exemple est emblématique des difficultés de conciliation entre des enjeux globaux (agriculture et changement climatique) et locaux (préservation d'une espèce patrimoniale).

Les approches intégratives nécessitent à mon avis d'avoir une très bonne connaissance des enjeux, pris isolément, et des différents compartiments qui composent le système. Cette connaissance approfondie de chacun des enjeux est indispensable pour pouvoir faire ensuite des arbitrages à bon escient.

Alexandre Meybeck

C'est intéressant de présenter les choses ainsi. Le paysan, dans son champ, est obligé de tout prendre en compte en même temps. Et plus on s'éloigne du terrain, au niveau des conventions internationales, plus on est obligé de raisonner par enjeu : il y a la convention « climat », la convention « biodiversité », etc. On ne pense pas nécessairement la totalisation. La première condition pour concilier les enjeux, c'est au moins quand on considère tel enjeu, de ne pas oublier que les autres existent. La seconde, c'est d'avoir une approche réellement pluraliste, prenant en compte des objectifs différents.

La FAO, avec la notion de « Climate Smart Agriculture »²⁷, propose une approche de ce type. L'objectif est d'améliorer la sécurité alimentaire, d'adapter les systèmes alimentaires au changement climatique, et de contribuer à l'atténuation, dans la mesure du possible. Les priorités vont être sensiblement différentes en fonction des lieux et des situations. C'est valable pour tous les enjeux : quand une politique doit être mise en œuvre, il faut essayer d'avoir un panorama des enjeux aussi complet que possible, et essayer d'évaluer, *ex ante* si possible, les impacts d'un changement de la manière la plus pertinente possible. Et l'agriculture n'est pas toute seule. On l'approche de plus en plus en termes de « systèmes alimentaires », intégrant les chaînes alimentaires, pensant la répartition de la valeur ajoutée le long des chaînes alimentaires, les emplois associés.

Dans une certaine mesure, le climat et l'adaptation au changement climatique sont une bonne manière d'appréhender le système dans son ensemble, d'abord parce qu'on est obligé de penser le futur, parce qu'on est obligé de regarder les détails, le « comment ». Quand on pense à tous ces sujets-là, et *a fortiori* quand on essaie de se projeter dans le futur, on n'a pas tellement le choix. On est obligé à un moment d'articuler le local et le global, les différents enjeux, même si ce n'est pas simple.

27. FAO, 2013, *Climate-smart agriculture source book*, Rome.
Lien : <http://www.fao.org/docrep/018/i3325e/i3325e.pdf>

Gestion extensive des surfaces fourragères : menaces et risques de disparition des pratiques bénéfiques pour l'environnement

Alexandra Rossi¹, Eric Pottier², Pierre Defrance¹, Jean Devun², Sylvie Granger³

Résumé

Cet article présente les principaux résultats d'une étude commanditée par le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt dans le cadre de la préparation de la mise en œuvre des Mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) de la Politique agricole commune pour la période 2014-2020. L'étude a visé à identifier les pratiques de gestion extensive des surfaces fourragères fournissant des services environnementaux, à évaluer les risques de disparition de ces pratiques et déterminer le coût de leur maintien pour un agriculteur. Après une réflexion sur la définition de la gestion extensive en agriculture à différentes échelles spatiales (parcelle, exploitation, territoire), un état des lieux des pratiques de gestion des prairies et des pâturages de longue durée (surfaces toujours en herbe incluant les landes, les alpages et les parcours) a été dressé à ces différentes échelles. Sur la base de recherches bibliographiques, les services environnementaux fournis par ces surfaces ont été identifiés. Des enquêtes auprès d'agriculteurs ainsi que l'analyse des évolutions tendanciennes des assolements à partir des données du recensement agricole 2000 et 2010 ont permis d'identifier les principaux facteurs d'évolution de la gestion des prairies et des pâturages de longue durée. Des scénarios d'évolution ont ensuite été proposés pour un nombre limité de cas types (exploitations modélisées sur le plan technique et économique) du réseau d'élevage (bassin laitier normand, bassin allaitant charolais, bassin laitier des Alpes du Nord et bassin ovin du Sud-Est). Des simulations techniques et économiques ont enfin permis d'évaluer les évolutions attendues des résultats économiques dans chacun de ces scénarios.

Mots clés

Services écosystémiques, services environnementaux, fourrages, prairies, extensif, élevage

Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Il n'engage que ses auteurs.

1. ACTeon.
2. Institut de l'Élevage.
3. Agrosup Dijon.

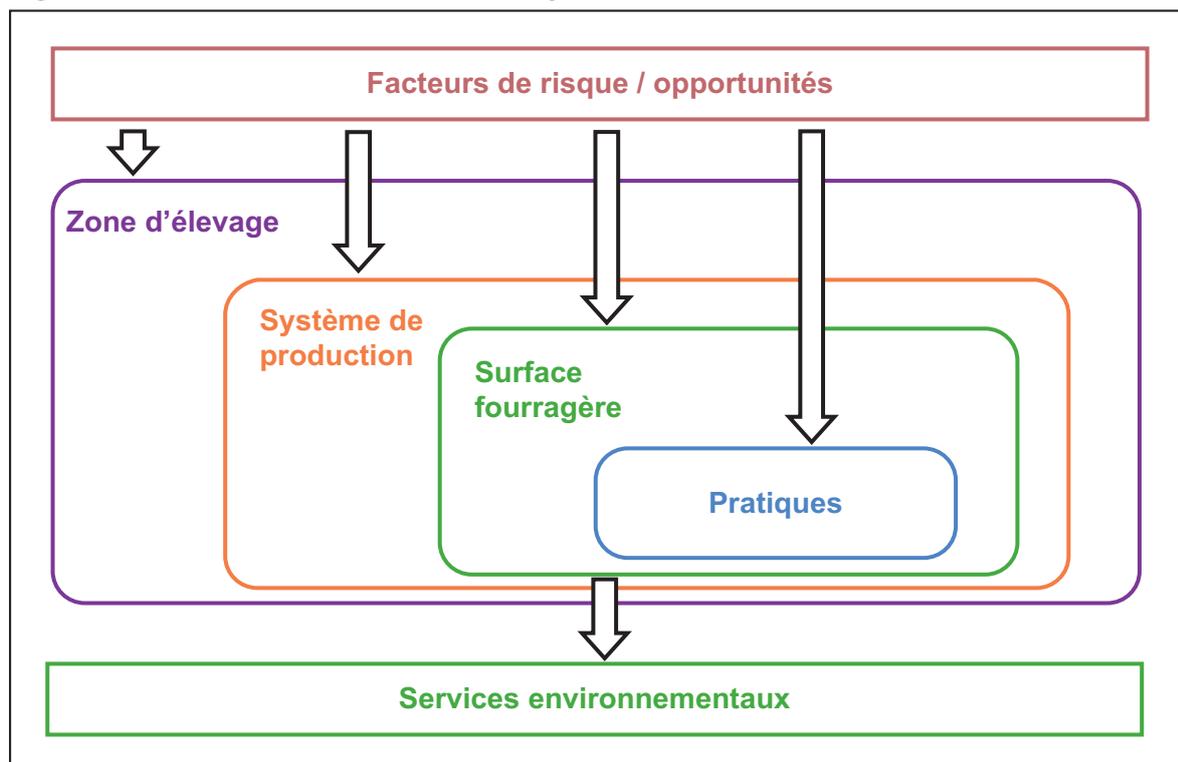
Introduction

De nombreuses études ont montré que les surfaces fourragères exploitées de manière extensive produisent des services environnementaux. Mais la fragilité économique des systèmes agricoles herbagers extensifs et pastoraux est également largement reconnue. Récemment, P. Puydarrieux et J. Devaux ont ainsi plaidé qu'« une meilleure connaissance technique et scientifique de la valeur agronomique et des services écosystémiques rendus par ces agro-écosystèmes permettrait d'éclairer une meilleure orientation des soutiens publics en leur faveur » (Devaux et Puydarrieux, 2013).

Dans le cadre de la programmation 2014-2020 de la Politique agricole commune (PAC), le ministère de l'Agriculture¹ entendait concevoir un dispositif d'aide publique en faveur du maintien de ces pratiques de gestion extensive, et, notamment, élaborer des Mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) adaptées au contexte et aux enjeux de l'agriculture française. Pour mieux identifier et mieux connaître les risques pesant sur la pérennité de ces systèmes, il a donc commandité une étude sur le sujet.

Celle-ci s'est attachée à définir, aussi précisément que possible, la notion centrale d'« extensivité ». Une pratique agricole s'inscrit dans un emboîtement d'échelles allant de la surface fourragère, à la zone d'élevage (ensemble géographique large) en passant par le système de production. Pour en étudier l'extensivité, il convient donc d'aborder chacun de ces niveaux (figure 1).

Figure 1 - Les différents niveaux d'analyse de l'étude



Source : auteurs

1. L'étude a été commanditée par le bureau des actions territoriales et agroenvironnementales (BATA) de la direction générale des politiques agricoles, agroalimentaires et des territoires (DGPAAT).

L'enquête s'est déroulée de novembre 2012 à décembre 2013, et a été réalisée par ACTeon Environment² et l'Institut de l'Élevage³. Le présent article vise à en retranscrire la démarche et les principaux résultats⁴. Les différentes sources d'information mobilisées au cours de l'étude sont récapitulées dans le tableau 1.

Tableau 1 - **Récapitulatif des éléments mobilisés**

Définition des termes et limites de l'étude	Revue bibliographique et échanges avec le comité de pilotage
Caractérisation des services environnementaux	Revue bibliographique
État des lieux	Étude cartographique Analyse des données du Recensement Agricole 2000 et 2010 ⁵ Analyse de l'enquête « pratiques culturelles » 1982, 1998 et 2006
Facteurs d'évolution et de risques	Enquêtes auprès d'agriculteurs Revue bibliographique
Évaluation du coût d'opportunité - Cas d'étude	Analyse des données du Recensement Agricole 2000 et 2010 ⁶ Enquêtes auprès des agriculteurs Réunion d'experts des réseaux d'élevage Simulations techniques et économiques Calcul d'indicateurs environnementaux

Source : auteurs

Les premières étapes ont été consacrées à la définition du périmètre, avec une réflexion sur les différents niveaux d'analyse et d'approche de l'« extensif », ainsi que sur les bénéfices environnementaux fournis par les surfaces fourragères, en allant du territoire à la pratique. Un état des lieux de ces différentes échelles spatiales et fonctionnelles a permis de constater la diversité des contextes de production et la complexité de l'agriculture considérée aussi bien du point de vue de la production, que de ses liens avec l'environnement (1). Au travers d'enquêtes auprès d'agriculteurs notamment, nous avons cherché à identifier les facteurs d'évolution qui risquent de remettre en cause la production de bénéfices environnementaux (2). Enfin, un important travail de simulation d'évolution a été réalisé sur des cas types de quatre bassins de production, tant du point de vue technique qu'économique. Une méthodologie de généralisation à l'échelle hexagonale de ces simulations d'évolution est proposée, afin de pouvoir valoriser les travaux conduits notamment dans le cadre de la mise en œuvre des MAEC 2014-2020 (3).

2. <http://www.acteon-environment.eu/>

3. <http://www.idele.fr/>

4. L'étude dont est issu cet article a fait l'objet d'un rapport détaillé.

5. Voir : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/recensement-agricole-2010/>

6. Voir : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/pratiques-cultureales/>

1. Identifier les pratiques de gestion extensive des surfaces fourragères fournissant des services environnementaux

1.1. La gestion extensive en question

Les définitions suivantes ont été retenues.

L'agriculture extensive

L'extensivité est une notion relative. L'agriculture extensive est une agriculture qui consomme moins de facteurs de production par unité de surface⁷. Elle tend à exploiter un milieu sans le détériorer et de ce fait s'apparente à une agriculture « soutenable » ou « durable », c'est-à-dire qu'elle permet le maintien des caractéristiques du milieu, voire les améliore du point de vue environnemental. Une agriculture faiblement utilisatrice d'intrants (comme des engrais chimiques par exemple), réduit les impacts négatifs sur l'environnement, mais elle peut entraîner une moindre productivité par unité de surface (impliquant moins d'export d'éléments organiques et minéraux) (Kremen, 2012).

Les pratiques

La définition retenue est celle de Landais (Landais, 1991) : les pratiques sont l'ensemble des activités matérielles intentionnelles et régulières que les agriculteurs développent dans le cadre de la conduite des processus de production agricole. Ainsi une pratique agricole est une action isolée qui s'insère dans un processus de production élaboré par le producteur. Dans le cadre de la présente étude, l'échelle d'étude de la pratique est la parcelle⁸. Plus particulièrement, en matière de gestion des surfaces fourragères, les pratiques de fertilisation (organique et minérale), de fauches (nombre et date), de durées de pâturage (en relation avec le chargement), de retournement et de re-semis des prairies, seront principalement examinées.

Les surfaces fourragères

Les surfaces fourragères étudiées sont les prairies temporaires et les surfaces toujours en herbe (STH). La nomenclature de Teruti-Lucas⁹ adoptée pour le recensement général agricole de 2000 distingue les STH productives et les STH peu productives. En revanche, les cultures fourragères annuelles sont en dehors du champ de l'étude, de même que les

7. Arrêté du 20 septembre 1993 relatif à la terminologie de l'agriculture, publié au *JORF* du 4 novembre 2013. L'arrêté ne donne pas de définition de l'agriculture extensive, mais définit l'agriculture intensive de la manière suivante : « Agriculture qui consomme davantage de facteurs de production par unité de surface ». Lien : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000846884>

8. La pratique peut aussi s'appliquer au niveau d'un lot d'animaux ou du troupeau, mais cela n'est pas directement dans le champ de l'étude.

9. Voir : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/territoire-prix-des-terres/teruti-lucas-utilisation-du/>

prairies artificielles¹⁰ généralement menées de manière plus intensive, même si elles ont globalement moins d'impact sur l'environnement qu'une culture de maïs par exemple. Par souci de clarté, on désignera par prairies et pâturage de longue durée dans la suite de cet article, les prairies temporaires et les STH¹¹, ces dernières comprenant les prairies permanentes, les alpages, les pâturages collectifs, les landes, les parcours, etc.

Cependant, cette délimitation du champ de l'étude aux prairies temporaires et aux surfaces toujours en herbe ne suffit pas à caractériser leur caractère extensif. L'analyse de la conduite des prairies, c'est-à-dire de la combinaison des pratiques, permettra d'avoir une première caractérisation de l'extensivité de l'utilisation de ces surfaces.

Les systèmes de production

Dans le cadre de cette étude, l'échelle la plus pertinente pour aborder l'exploitation est de l'appréhender dans son ensemble, comme un « tout ». Un système de production agricole est la combinaison des facteurs de production (foncier, capital, travail) et de ses productions (Chombart de Lauwe, 1963). Il peut se décomposer en sous-systèmes productifs (système d'élevage et de culture). L'ensemble des pratiques agricoles constitue la mise en œuvre du système de production.

Une approche par sous-système d'élevage permettrait d'avoir une compréhension fine du fonctionnement des différentes parties des systèmes de production, et ainsi, de qualifier l'hétérogénéité des exploitations agricoles du point de vue de l'extensivité et des services environnementaux. Toutefois, s'agissant d'une étude menée au niveau national, il n'était pas envisageable d'entrer dans ce niveau de détail.

L'étude s'est concentrée sur les systèmes de production qui combinent une part importante de STH et de prairies temporaires, et des pratiques de gestion extensives. Toutefois, les exploitations de polyculture-élevage et d'élevage intensif possédant des surfaces toujours en herbe ou de la prairie permanente isolées gérées de manière extensive pouvant présenter des enjeux environnementaux, sont aussi considérées.

Les zones d'élevage

Pour qualifier le caractère intensif ou extensif d'une pratique ou d'un système de production, et pour situer le niveau des enjeux territoriaux, il est nécessaire de remettre le système dans son contexte au regard des potentialités du milieu, du sol, du climat, mais aussi de prendre en compte d'autres paramètres, comme les caractéristiques des exploitations, leur orientation de production, la démographie des exploitations et l'environnement économique.

L'étude se base sur les 11 grandes zones d'élevage proposées par Rouquette et Pflimlin (1995). Ce zonage permet de simplifier cette diversité mais reste assez détaillé pour faire apparaître des différences. La section 1.3.1. présente la carte des régions d'élevage (figure 3) et les zones retenues.

10. Prairies ensencées exclusivement en légumineuses fourragères (pures ou mélange) : luzerne, trèfle violet, sainfoin, minette, lotier, trèfle blanc. Le plus souvent fauchées, ces surfaces occupent le sol plus d'un an, en moyenne 5 ans, mais leur durée peut théoriquement aller jusqu'à 10 ans. Les légumineuses pures, même semées depuis plus de 5 ans, sont à classer en prairies artificielles. Elles sont toujours composées de plus de 80 % de légumineuses semées (source : nomenclature Teruti-Lucas).

11. Y compris STH collective.

1.2. De quels services environnementaux parle-t-on ?

Il existe trois appellations courantes pour désigner le même concept : service écosystémique, service écologique et service environnemental. D'une manière générale, « lorsque l'on parle de service environnemental, on met en avant sa fourniture par l'homme, alors que lorsqu'on parle de service écosystémique, on met en avant sa fourniture par la nature (l'écosystème) » (Aznar, 2011). Ainsi, « les services écosystémiques et écologiques visent les services rendus aux hommes par les écosystèmes alors que les services environnementaux renvoient à une approche en termes d'externalité positive entre acteurs économiques » (Méral *et al.*, 2010).

La notion de service écosystémique a fait l'objet de nombreuses publications et études ces dernières années. Il s'agit en effet d'une notion relativement récente, apparue dans les années 1970 sous l'impulsion d'« écologues soucieux du futur de la biosphère qui ont tenté de répertorier les grandes fonctions limitantes des écosystèmes nécessaires ou utiles aux humains », telles que la formation des sols, la purification de l'eau ou la régulation du climat¹². Les services écosystémiques ont pris une place importante dans les politiques internationales depuis la publication du Millenium Ecosystem Assessement¹³. Nous retiendrons pour notre part la version de Fisher et Turner (Fisher, Turner, Morling, 2009), reprise par Michaud (Michaud, 2011), qui définit les services écosystémiques comme les propriétés des écosystèmes permettant de produire le bien-être de l'homme ou de la nature.

Cette classification des services environnementaux fournis par les prairies¹⁴ distingue trois types de services : les services intrants, les services de production et les services produits hors revenu agricole. Des services correspondant à ces trois types sont proposés dans la figure 2, en distinguant en particulier les services liés à la présence d'un couvert permanent, et les services dépendants de l'état de ce couvert permanent.

Seuls quelques services ont été étudiés de manière détaillée dans le cadre de l'étude – ceux rendus par les pratiques, les surfaces et les systèmes de production.

a. La séquestration du carbone

Les prairies constituent, au même titre que les forêts, des puits de carbone importants à l'échelle du territoire puisqu'elles captent plus de carbone qu'elles n'en restituent, et peuvent stocker davantage de carbone que les terres arables. La protection de ces puits de carbone peut ainsi constituer une piste dans la limitation de l'effet de serre (Gac *et al.*, 2010, d'après Arrouays *et al.*, 2002). Certaines pratiques agricoles permettent d'augmenter la capacité de stockage de carbone (Gac, 2010), notamment l'augmentation de la durée de la rotation, l'apport modéré d'azote organique ou encore le pâturage (grâce à un apport direct de matière organique par les déjections). Cependant, seuls sont connus des ordres de grandeur relatifs de l'intérêt des prairies temporaires et permanentes pour le service de séquestration du carbone.

12. D'après Anne Teyssède (2010), cf. <http://www.sfecologie.org/regards/2010/10/25/regards-4-teyssedre/>

13. <http://www.maweb.org/fr/index.aspx>

14. Dans l'ensemble de la partie 3.2., les « prairies », sauf quand cela est précisé, désignent l'ensemble des surfaces cible de l'étude, c'est-à-dire les prairies temporaires et permanentes et les pâturages de longue durée comme défini dans la partie 3.1.

Figure 2 - Liste des services rendus par les écosystèmes prairiaux

SERVICES		... liés à un couvert permanent	... dépendants des états de la végétation
Services intrants	Stabilité structurante du sol	x	
	Disponibilité en eau pour la production primaire	x	
	Fertilité des sols, érosion, qualité des sols et des sédiments	x	
	Régulation du microclimat	x	
	Pollinisation	x	x
	Contrôle des bioagresseurs et invasions biologiques	x	x
	Santé des animaux domestiques	x	
Services produits contribuant à la production agricole	Nourriture pour les animaux	x	x
	Pollinisation	x	x
	Valeur aromatique et nutritionnelle	x	x
Services produits hors revenu agricole : services environnementaux	Disponibilité en eau	x	
	Purification de l'eau	x	
	Purification de l'air, maintien de la qualité de l'eau	x	
	Régulation du climat global et régional (séquestration du carbone)	x	x
	Mitigation des incendies	x	
	Régulation des risques d'inondations, d'avalanches	x	
	Recyclage des déchets organiques	x	
	Conservation de la biodiversité ordinaire et patrimoniale	x	x
Pollinisation	x	x	
	Aspects esthétiques, touristiques et spirituel	x	x

Source : Michaud, 2011

Il convient toutefois de préciser que les prairies sont généralement associées à l'élevage, qui est lui émetteur de gaz à effet de serre (méthane, protoxyde d'azote et dioxyde d'azote). Ainsi, le stockage de carbone par les prairies ne compense que 5 % à 30 % (en fonction de la part d'herbe) des émissions de GES des systèmes laitiers spécialisés selon Gac (2010)¹⁵ – bien que les ordres de grandeur varient dans la littérature. De plus, la littérature ne permet pas de connaître avec certitude la réponse des prairies (permanentes) à des changements de gestion donnés en fonction de la localisation géographique.

b. La purification de l'eau

Comme les forêts, les prairies jouent un rôle passif pour la protection de la qualité de l'eau. En effet, (1) la pression phytosanitaire est quasi-nulle (Peyraud *et al.*, 2012), voire nulle en montagne dans les systèmes intégralement couverts de prairies permanentes ; (2) les prairies permettent, notamment en association aux bandes enherbées, de limiter le ruissellement du phosphore (Peyraud *et al.*, 2012, d'après Le Gall *et al.*, 2009). Toutefois le rôle des prairies concernant l'azote est plus limité, et dépend principalement des pratiques agricoles. Pour les prairies permanentes, les fuites d'azote sont très faibles tant que les pratiques restent peu intensifiées (Peyraud *et al.*, 2012). En revanche, les risques de lessivage sont plus importants pour les prairies utilisées de manière plus intensive, notamment par les rotations pluriannuelles (cas dans l'Ouest de la France). De même, surpâturage et mise en culture des sols réduisent l'activité microbienne et fongique et seraient à l'origine de la perte de matières organiques du sol et du lessivage des nitrates.

15. La publication précise que ces données se basent sur un large échantillon d'exploitations issues de la base de données des Réseaux d'Élevage (196 exploitations laitières), sans préciser le chargement des exploitations de l'échantillon.

c. Le maintien de la biodiversité ordinaire et patrimoniale

Les prairies permanentes et les structures associées (bords de champ, haies, talus, fossés...) sont reconnues comme une source importante de biodiversité en Europe (diversité florale considérable et fournisseur d'habitat pour les invertébrés et la faune sauvage) (Peyraud *et al.*, 2012). On distingue : (1) la biodiversité « ordinaire » qui est la diversité des espèces en général, y compris les espèces utilisées en agriculture ; et (2) la biodiversité « patrimoniale », qui fait référence aux espèces rares et protégées (Amiaud *et al.*, 2012). Les habitats prairiaux sont des lieux de reproduction, de refuge, de nourriture pour un grand nombre d'espèces. Ils permettent par ailleurs de faciliter les échanges génétiques entre populations (trames vertes). La question de l'échelle d'analyse joue un rôle important sur la qualification de ce service, car une espèce peut avoir un intérêt local, sans être rare à une échelle supérieure. La diversité spécifique est largement impactée par les pratiques agricoles, puisqu'elle diminue très rapidement avec la fertilisation azotée et avec l'intensification de l'utilisation des prairies (Plantureux *et al.*, 2005 ; Ledoux *et al.*, 2008 ; Dumont *et al.*, 2007).

d. Les aspects esthétiques de la prairie

Les prairies sont généralement associées à une image positive, notamment parce qu'elles font généralement partie de paysages perçus comme préservés et souvent diversifiés (présence d'arbres et de haies, de murets, etc.) – en comparaison avec les zones habitées ou les cultures, ces dernières étant à l'origine d'une homogénéisation du paysage (spécialisation et intensification de l'agriculture). L'un des enjeux associés à ce service tient à son caractère immatériel et subjectif. Ainsi, l'importance même du service peut varier dans le temps, toutes choses égales par ailleurs. Une étude suisse (Schüpbach *et al.*, 2008) citée dans le rapport MultiSward (De Vlieghe *et al.*, 2010) indique ainsi que les prairies permanentes offrent des paysages plus appréciés (meilleur score) que les prairies semi-naturelles et, de manière plus significative, que les autres paysages naturels suisses. L'analyse de ce service doit prendre en compte (1) la question de l'échelle, dans la mesure où l'intérêt esthétique d'une prairie se traduit par i) sa diversité intrinsèque (couleurs, structures) et ii) sa contribution à une mosaïque de paysages ; (2) la localisation des prairies – toutes choses égales par ailleurs, une prairie en zone montagnaise sera plus intéressante qu'une prairie en plaine. Il apparaît que les prairies les mieux perçues en tant qu'« éléments du paysage » sont par ailleurs majoritairement associées à une gestion extensive.

e. La pollinisation

Michaud souligne toute l'ambiguïté de ce service qui est à la fois un service intrant (la pollinisation est un outil indispensable à la réalisation d'une culture), un service produit contribuant à la production agricole (la production de miel est un service marchand dans le cadre de l'apiculture), et un service produit permettant le maintien des populations d'insectes et la conservation de leur diversité spécifique et génétique (Michaud, 2011). Dans ce dernier cas, les prairies permettent la conservation d'espèces entomogames et, ainsi, le maintien d'espèces pollinisatrices. La pollinisation est bien un service environnemental, d'autant plus important que le déclin des populations d'insectes pollinisateurs est de plus en plus marqué, à cause notamment de la simplification des paysages et de l'intensification de l'agriculture (recours à des produits phytosanitaires et diminution des ressources en nectar et pollen). Néanmoins, les informations précises concernant le lien entre pratiques agricoles et pollinisation sont plutôt rares.

f. Les autres services

Bien que les informations concernant les autres services soient beaucoup plus rares, sont identifiées comme des services rendus par les prairies : la réduction des inondations, la contribution à la recharge en eau des nappes phréatiques ou à la régulation de l'érosion, ou encore, la réduction des incendies.

1.3. État des lieux des pratiques, des systèmes de production et territoires

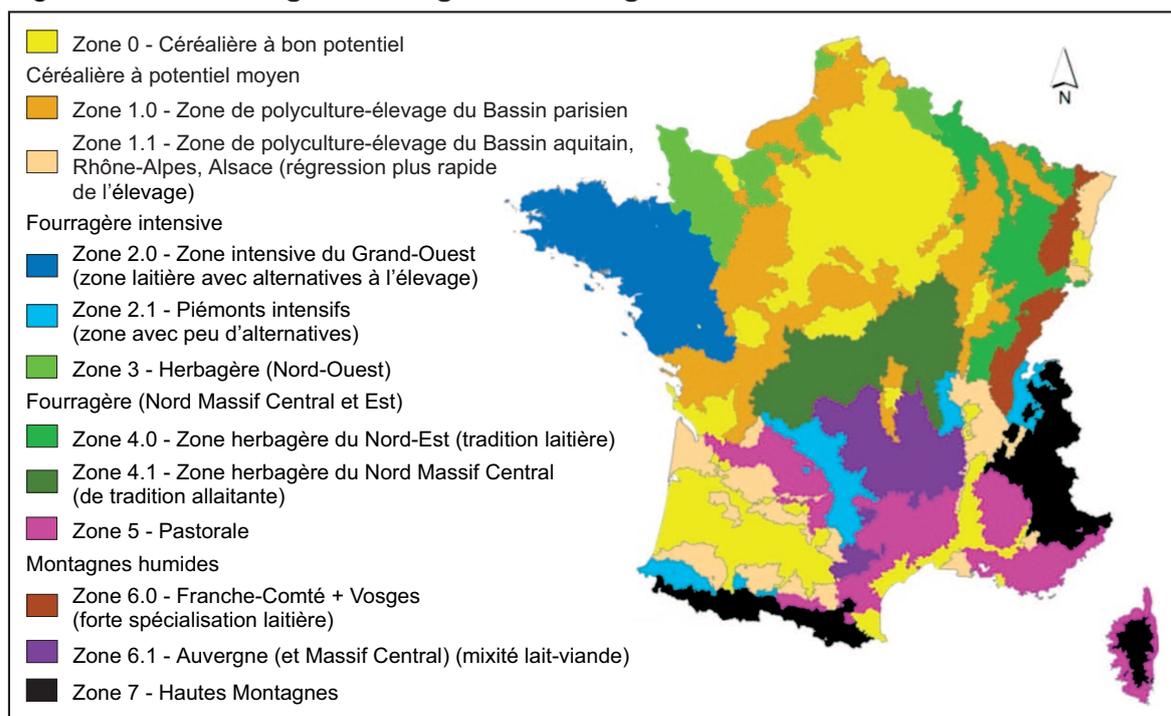
L'objectif de cette partie est de faire un état des lieux, aux différents niveaux d'analyse que sont le territoire, le système de production, la parcelle et la pratique. Cet état des lieux est l'occasion de décrire la diversité des contextes et des modes de gestion, afin de donner un éclairage sur la multiplicité des configurations et sur la difficulté à définir, même de manière relative, ce qu'est un système extensif.

1.3.1. Territoires

La lecture territoriale s'appuie sur la description du territoire métropolitain et corse en onze grandes zones d'élevage. Au total, ce sont huit grandes zones d'élevage qui sont caractérisées et sont représentées sur la carte (figure 3), certaines étant divisées en sous-zones. Ces zones sont au final l'expression d'une combinaison de critères pédoclimatiques définissant les potentialités fourragères, de contraintes de milieux plus ou moins fortes, et d'une histoire. Elles sont clairement susceptibles d'évoluer selon les trajectoires des exploitations et des territoires des petites régions agricoles, particulièrement pour l'ensemble des zones périphériques de 1 à 5.

Sur les huit régions définies, sept sont fortement concernées par l'élevage.

Figure 3 - Carte des grandes régions d'élevage



Source : Rouquette et Pflimlin, 1995

Tableau 2 - **Caractéristiques des grandes régions d'élevage et principaux systèmes d'élevage**¹⁶

N° Zone	Territoires et caractéristiques en matière d'élevage	Systèmes de production et caractéristiques en matière d'élevage
Zone 0 	<i>Couvre plus de 22 % de la surface du territoire.</i> Élevage globalement peu présent, avec toutefois, un cheptel non négligeable de 800 000 UGB.	
Zone 1 : Céréalière à potentiel moyen 	<i>Couvre plus de 22 % de la surface du territoire</i> Zones intermédiaires ou de transition entre celles à dominante élevage et celles de grandes cultures. Contextes pédoclimatiques relativement différents, rendements plus faibles que dans les régions de culture avec des terres parfois plus difficiles à travailler.	Surfaces en herbe rentrant dans une rotation plutôt conduites de façon intensive. Des prairies permanentes essentiellement pâturées. Zone 1.0 : des structures d'exploitation plutôt grandes ; cultures céréalières et d'oléoprotéagineux dominantes. Élevage bovin viande et lait (à parts égales), avec une diminution du cheptel de 30 % entre 1988 et 2000 pour partie compensée par une hausse du troupeau allaitant. Chargements souvent assez élevés. Zone 1.1 : des structures d'élevage beaucoup plus diversifiées avec la présence de productions à forte valeur ajoutée ou hors-sol. Exploitations plus petites, l'élevage s'appuie le plus souvent sur la culture du maïs avec le recours à l'irrigation. Malgré tout l'élevage y est moins intensif.
Zone 2 : Fourragère intensive 	Caractéristiques pédoclimatiques très favorables aux cultures fourragères. Sous-zone du Grand-Ouest plutôt favorable aux cultures fourragères intensives (place importante du maïs depuis les années 1980) et à l'élevage (production laitière dominante). Des secteurs beaucoup plus « séchants » l'été (sud des Pays de la Loire, sud du Morbihan et de l'Ille-et-Vilaine), où le maïs a un peu régressé ces dernières années.	Orientation élevage, avec production laitière encore largement dominante. Relative intensification de la conduite des exploitations avec une diversification des productions importante. Élevage herbivore souvent associé à des productions complémentaires, porcines ou avicoles voire l'engraissement de taurillons. Dans les secteurs séchants l'été, de Vendéen du sud de l'Ille-et-Vilaine, le maïs avec des rendements aléatoires a légèrement régressé ces dernières années au profit des cultures de céréales, notamment destinées à l'autoconsommation ou à la vente. Le maïs couvre environ 25 % de la SFP et les céréales occupent une surface équivalente. On rencontre des systèmes à orientation plus herbagères. Les surfaces sont plus variables et la sole maïs plus réduite maïs existante (de 6 à 7 ha). Ces systèmes sont moins productifs avec des quotas inférieurs à surfaces équivalentes.
Zone 3 : Herbagère (N/O) 	Sols plutôt argileux voire hydromorphes, souvent difficiles à labourer. La prairie de longue durée domine. En lien avec un climat océanique favorable, les systèmes sont relativement intensifs. L'herbe y tient une place importante, la production laitière domine, historiquement installée depuis longtemps.	Production laitière dominante, avec souvent avec une proportion élevée de prairies de longue durée peu intensifiées. Cependant, dans les zones à faible densité laitière (pays d'Auge), le lait tend à céder sa place à l'élevage allaitant et à se concentrer sur les zones à potentiel plus favorable.
Zone 4 : Herbagère 	Des sols, globalement plutôt pauvres et hétérogènes, ne permettant pas le développement important de cultures. Ces zones sont essentiellement en élevage bovin allaitant et laitier.	Exploitations plutôt conduites de façon extensive notamment dans la partie allaitante. Dans le Centre : élevage bovin allaitant dominant. Avec une démographie agricole faible, les exploitations ont pu s'agrandir parfois fortement. En Limousin : plus du tiers des exploitations est en système naisseur herbageur.

Source : auteurs

16. Les données chiffrées figurant dans ce tableau sont issues du recensement agricole 2010 (Agreste - SSP/MAAF), ainsi que d'entretiens avec les experts des réseaux d'élevage.

Tableau 2 (suite et fin) - **Caractéristiques des grandes régions d'élevage et principaux systèmes d'élevage**¹⁶

N° Zone	Territoires et caractéristiques en matière d'élevage	Systèmes de production et caractéristiques en matière d'élevage
Zone 5 : Pastorale 	<p>Un mode d'élevage extensif fondé sur l'exploitation de la végétation naturelle valorisant des surfaces souvent externes (parcours, estives, bois...). L'association de sols très superficiels, à très faible réserve utile, d'une pluviosité limitée et de chaleurs estivales marque fortement les systèmes d'élevage. Les rendements en herbe dans ces régions sont beaucoup plus sujets à variation que dans les autres régions - bien que différents secteurs soient distingués.</p>	<p>Diversification des ressources visant à valoriser au mieux tout ce qui est disponible. Le pastoralisme est présent depuis très longtemps dans certaines zones et naissant dans d'autres. L'élevage de petits ruminants, d'ovins principalement, domine. Les surfaces en bord de rivière (la Durance, le Lot, le Céré) sont cultivées de façon intensive et les éleveurs valorisent les parcours boisés ou ouverts.</p>
Zone 6 : Montagnes humides 	<p>(<i>Altitude supérieure à 700-800 m</i>) Des surfaces fauchables nécessaires pour assurer l'alimentation des troupeaux en hiver. Les pâturages de longues durées dominent. Les conditions climatiques estivales sont souvent propices à un pâturage ininterrompu et à la réalisation de stocks.</p>	<p>Massif Central : troupeaux laitiers et viandes ; Vosges et Jura : élevage laitier. Sur ces territoires de nombreuses appellations existant en lait principalement mais également en viande (bœufs du Mézenc, par exemple) permettent une meilleure valorisation des productions.</p>
Zone 7 : Hautes Montagnes 	<p>Des systèmes d'élevage basés sur des stocks nécessaires. La pratique de l'estive permet de disposer de surfaces complémentaires pour le pâturage des troupeaux en été et ainsi de libérer les surfaces de base pour la réalisation de stocks nécessaires pour faire face à l'hiver.</p>	<p>Alpes du Nord : bovin lait avec des productions fromagères réputées. Au sud : élevage ovin. Les Pyrénées : élevages plus diversifiés. Structures d'exploitations souvent petites, avec pluriactivité très répandue (bâtiment en été et sports d'hiver). Pratique de l'estive l'été.</p>

Source : auteurs

1.3.2. Surfaces fourragères, productivité et variabilité

Pour bien comprendre les enjeux de demain, un travail d'analyse des productions fourragères et de leurs variations a été réalisé.

Rendement herbe

Toutes exploitations confondues, le rendement moyen d'herbe en première coupe est de 3,95 tMS/ha mais avec de fortes variations entre les zones. Il est le plus faible dans les zones de montagne (3,28 tMS/ha) pour atteindre plus de 4,1 tMS/ha dans les zones herbagères du Nord-Ouest et de cultures fourragères. Le coefficient de variation des rendements est proche de la moyenne dans la grande majorité des zones, 20 % (Devun *et al.*, 2013).

Rendement maïs

En moyenne, sur l'ensemble du territoire au cours de ces dix dernières années, le rendement du maïs fourrage a été de 12,4 tMS/ha, mais avec des variations importantes selon les secteurs, avec une fourchette comprise entre 10,4 tMS/ha dans les zones de montagne humide du Massif Central à 13,2 tMS/ha dans les zones mixtes de cultures élevage (zones 1.0 et 1.1) (Devun *et al.*, 2013).

1.3.3. Pratiques

Les pratiques décrites concernent principalement la fertilisation et l'utilisation des prairies (pâturage, fauche) et sont issues des résultats de trois enquêtes pratiques culturelles menées en 1982, 1998 et 2006.

Pratiques sur les surfaces en herbe au niveau français

Quelle que soit l'enquête, les prairies temporaires sont plus fréquemment fertilisées que les prairies permanentes et à des doses supérieures. Du point de vue des modes d'exploitation, quelle que soit l'enquête, les prairies permanentes sont plus fréquemment pâturées que les prairies temporaires, respectivement 2/3 et 1/3 des surfaces. L'ensilage est davantage pratiqué sur les prairies temporaires (environ deux fois plus).

Pratiques sur les surfaces en herbe : variabilité spatio-temporelle

Les valeurs moyennes au niveau français cachent une forte hétérogénéité spatio-temporelle des pratiques. Palacio-Rabaud (2000) a classé les régions en quatre groupes selon le mode de conduite des prairies permanentes et temporaires : intensif, semi-intensif, modéré et extensif). À l'intérieur d'un mode de conduite, les prairies temporaires sont toujours plus fréquemment fertilisées, et à une dose supérieure comparativement aux permanentes. Les données de 2006 (non disponibles pour toutes les régions et toutes les surfaces) montrent (i) une extension de l'absence en fertilisation N, (ii) une tendance à la diminution de l'écart entre les conduites pour le pourcentage des prairies temporaires non fertilisées (valeurs comprises entre 20 et 33 % en 2006 contre 5 à 27 % en 1998), et (iii), une diminution des doses apportées, dans tous les modes de conduite, plus importante sur les prairies temporaires que permanentes (mode intensif), ce qui semblerait ramener leur niveau d'apport à un niveau proche de celui des prairies permanentes.

Ces états des lieux permettent d'avoir un aperçu et une compréhension des différents niveaux auxquels aborder l'« extensif » dans les exploitations. Le territoire présente une hétérogénéité marquée que les données disponibles à ce jour ne permettent pas de caractériser plus en détail sur l'ensemble du territoire.

Par la suite, nous garderons à l'esprit que les prairies et les pâturages de longue durée fournissent des services environnementaux, et que les pratiques de gestion (fertilisation, niveaux d'exploitation et de chargement) influencent le niveau du service. Ainsi dans les cas d'étude, les systèmes retenus sont extensifs, tout en maintenant un niveau d'activité agricole suffisant sur ces surfaces pour contribuer fournir des services environnementaux.

2. Quels facteurs menacent les surfaces fournissant des services environnementaux ?

Cette partie s'intéresse aux dynamiques en lien avec la fourniture de services environnementaux, c'est-à-dire les surfaces fourragères identifiées (pâturages de longue durée, prairies temporaires et permanentes), mais aussi les systèmes de production (par exemple, l'évolution du cheptel). Il s'agira par la suite d'analyser les facteurs à l'origine de ces dynamiques, qui influenceront dans le futur l'évolution de la gestion des surfaces fourragères fournissant les services environnementaux.

2.1. Évolution des pratiques, des surfaces fourragères, des systèmes de production

Les faits marquants de ces dix dernières années à l'échelle de la France sont le recul du cheptel herbivore, une relative stabilité de la surface en prairies, et une forte disparité des évolutions régionales.

Les premières analyses réalisées par l'Institut de l'Élevage montrent clairement un ralentissement de tendance de l'évolution à la baisse des surfaces en herbe en France et notamment des prairies permanentes, entre les deux derniers recensements agricoles. On peut penser que la mise en place de mesures incitatives (comme la PHAE et différentes MAE), mais également réglementaires (BCAE et tout particulièrement la BCAE VI - Gestion des surfaces en herbe), ont joué un rôle dans cette dynamique. Malgré tout, la baisse nationale se poursuit, bien que les régions soient affectées très différemment. Ainsi on observe des baisses importantes sur l'Ouest de la France, notamment en Basse-Normandie, qui avait jusqu'ici été préservée.

Figure 4 - Variation des UGB entre 2000 et 2010

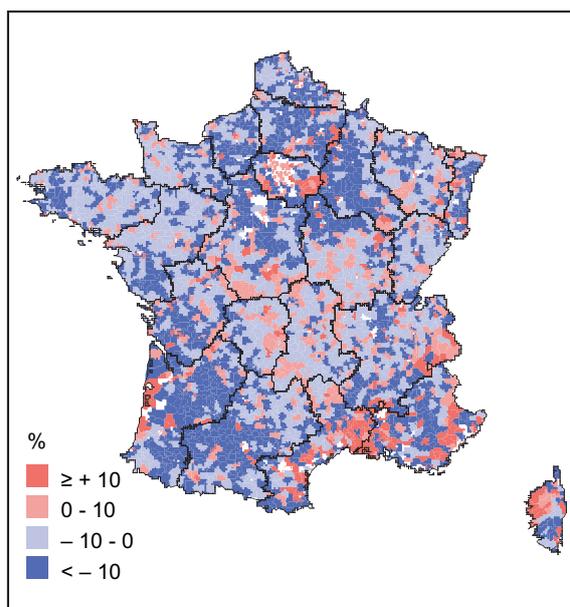
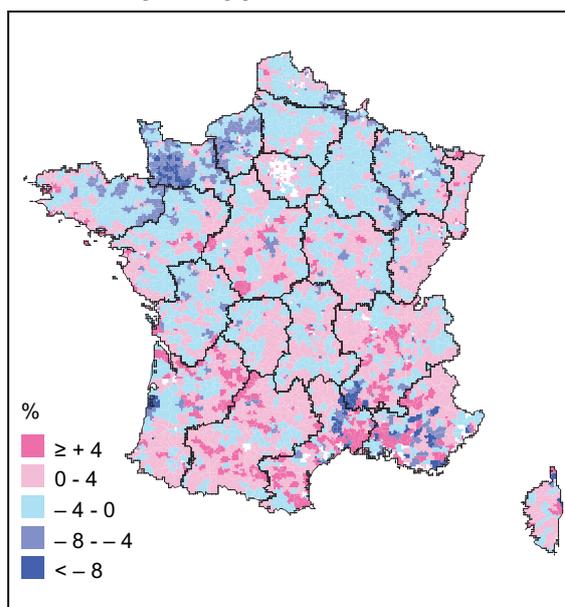


Figure 5 - Variation des surfaces de PT et STH entre 2000 et 2010 par rapport à la SAU



Sources : Agreste RA 2010, traitement Institut de l'Élevage

S'agissant de surfaces en herbe – par définition valorisée par des herbivores –, il convient également de souligner la poursuite de la diminution du cheptel herbivore, y compris du cheptel allaitant et exception faite des caprins plutôt conduits en bergerie¹⁷.

17. Une partie dédiée à un éclairage sur les évolutions passées par grandes zones d'élevage est disponible dans le rapport complet de l'étude (partie 4.3.).

2.2. Des facteurs de pérennité et de disparition des pratiques bénéfiques pour l'environnement

Les facteurs susceptibles d'influencer l'évolution des pratiques de gestion extensives sont nombreux, de différentes natures, internes et propres aux contraintes de l'exploitation pour certains ou externes à l'exploitation pour d'autres¹⁸. On peut citer en particulier les facteurs suivants¹⁹.

L'évolution du prix des produits agricoles

C'est un élément important pesant sur l'équilibre économique des exploitations d'élevage. L'augmentation des prix des céréales (et leur instabilité) accentue la vulnérabilité économique des exploitations, dans la mesure où l'alimentation du bétail dépend en grande partie de l'achat de céréales ou concentrés. Les éleveurs (notamment dans les zones 3 à 5, voire 6) vont alors chercher à accroître leur autonomie en développant des cultures, d'autant plus que la mise en culture de parcelles à potentiel céréalier (même limité) peut avoir un intérêt économique dans un contexte de prix des céréales élevé.

La fin des quotas laitiers

Elle aura inévitablement des conséquences sur les systèmes de production des zones intensives ou des zones de montagne humide. Dans certaines zones, la fin des quotas laitiers peut conduire à un regain d'intérêt pour les bovins laitiers conduisant à une demande forte pour du maïs ensilage par exemple, cultivé à la place de prairies.

La Politique Agricole Commune (PAC)

Elle peut favoriser certaines productions au détriment des prairies, mais certains dispositifs peuvent également constituer une opportunité pour les systèmes de production extensifs, et favoriser des pratiques extensives et respectueuses de l'environnement (par exemple, la Prime Herbagère Agro-Environnementale ou la réglementation imposant la conservation des surfaces toujours en herbe).

La dynamique d'agrandissement des exploitations

Elle peut influencer les systèmes de production à travers (1) le fait que l'agrandissement des exploitations nécessite un accroissement de l'efficacité du travail, et (2) le morcellement des exploitations qui est aujourd'hui un frein certain à la pratique du pâturage et favorise les cultures (grandes cultures et cultures fourragères).

18. Les décisions concernant l'assolement et les pratiques de gestion fourragères se prennent au niveau de l'exploitation. Les facteurs s'appliquent donc principalement à ce niveau. Toutefois, des dispositifs de la PAC peuvent s'appliquer directement au niveau des pratiques, comme dans le cas des Mesures agroenvironnementales territorialisées (MAET).

19. Une partie dédiée à un éclairage sur les facteurs d'évolution par grandes zones d'élevage est disponible dans le rapport complet de l'étude (partie 4.4.).

Le foncier

L'augmentation du prix des terres agricoles observé dans certains secteurs (notamment sous la pression de l'urbanisation) et la vente de terres agricoles qui en découlerait, peuvent orienter le choix des pratiques et favoriser l'intensification (produire autant avec une superficie plus petite pour assurer la viabilité de l'exploitation agricole).

L'évolution de la perception du travail

Depuis un demi-siècle, la productivité du travail en agriculture a considérablement augmenté. Les agriculteurs ont ainsi pu consacrer du temps à d'autres activités. Dans le domaine des grandes cultures, les technologies disponibles permettent de cultiver de très grandes surfaces et la simplification des techniques de culture implique une diminution du temps de travail à l'hectare. Dans le secteur de l'élevage, l'astreinte de travail est maintenue toute l'année. Les évolutions de la société et de la perception du travail posent la question du temps de travail (alors que la majorité de la population travaille 35 heures par semaine) et du revenu. Cela peut entraîner peu à peu les agriculteurs à se tourner vers des activités moins contraignantes en termes de temps de travail et particulièrement rémunératrices, comme la production de céréales (d'autant plus si leurs prix restent à des niveaux élevés).

La législation environnementale.

Elle impose des contraintes environnementales nouvelles, auxquelles des pratiques intensives ne peuvent répondre, et favorise ainsi le développement de prairies ou de pratiques extensives.

Évolution de normes de rejet des élevages.

De nouvelles normes sont aujourd'hui en vigueur, prenant en compte la durée de présence des vaches au pâturage (impact azoté d'autant plus important que la durée de pâturage est longue). Ainsi, les pratiques de pâturage risquent de diminuer dans les zones à enjeu « azote ». Les pratiques alternatives sont la mise en place d'un affouragement en vert et une augmentation des épandages, ou bien la régression des surfaces en herbe au bénéfice des cultures de maïs fourrager.

Les risques liés au changement climatique et à la prédation

Facteur peu évoqué ou cité pendant les entretiens avec les exploitants agricoles, le changement climatique se dessine comme une menace forte pour la pérennité des surfaces fourragères gérées de manière extensive. Les éleveurs se questionnent plutôt sur la sécurisation de l'alimentation en fourrages de leurs troupeaux, plus particulièrement problématique dans les systèmes très herbagers. En réponse à l'augmentation de la fréquence des sécheresses, ces exploitants chercheraient à sécuriser leurs systèmes fourragers en diversifiant leurs ressources et en intensifiant les pratiques (sur les parcelles labourables, où la production de maïs est possible).

De même, la présence du loup sur certains territoires peut constituer une réelle contrainte pour des systèmes d'élevage de montagne, et le découragement des éleveurs qui ont pourtant développé les mesures de protection conseillées n'est pas à minimiser. Mais cela reste peu perceptible dans l'enquête.

Au total, il apparaît aussi assez clairement aujourd'hui qu'un certain nombre de tendances économiques (hausse du prix des intrants, du prix du foncier, etc.), d'évolutions des structures d'exploitations (agrandissement), mais également climatiques, conduisent à une poursuite de la baisse des surfaces en herbe. Ces évolutions des systèmes de production sont susceptibles de réduire les services environnementaux fournis par les prairies et les pâturages de longue durée.

3. Maintenir des surfaces fournissant des services environnementaux : quel coût pour l'agriculteur ?

Les effets des différents facteurs repérés ci-dessus sont fortement dépendants des potentiels agricoles régionaux, voire locaux. Aussi convient-il d'aborder la question des évolutions possibles des exploitations et de leurs impacts économiques et environnementaux au niveau de différentes régions agricoles et pour différents types de production.

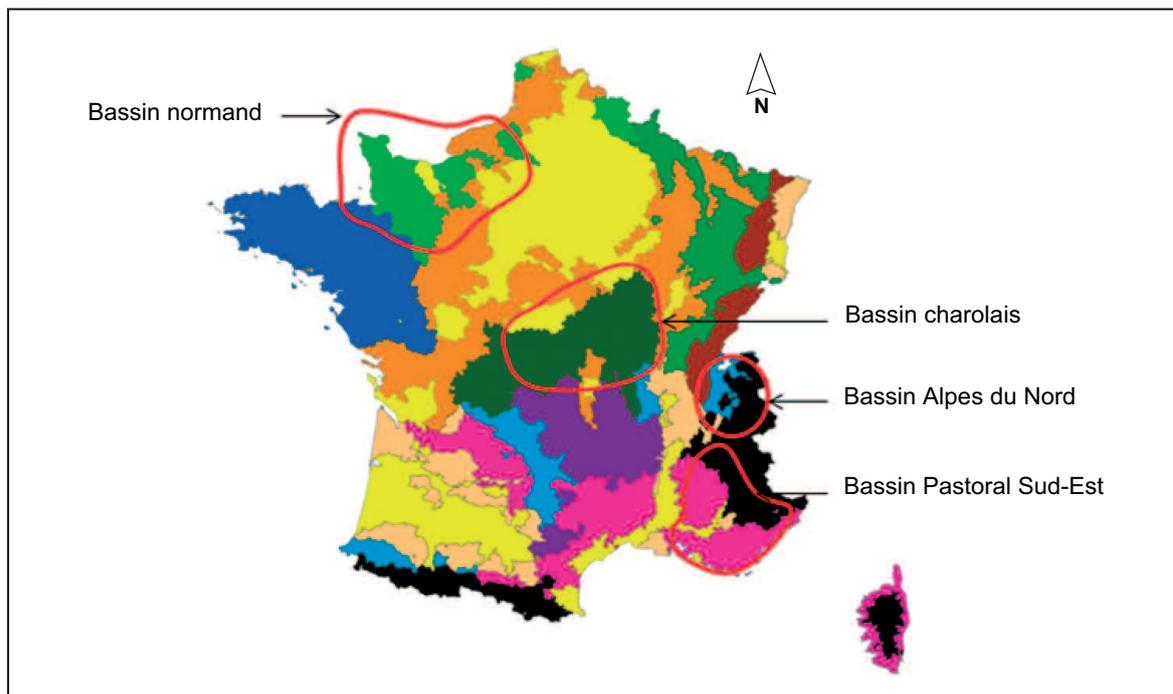
Pour concevoir une politique publique adaptée de préservation des pratiques extensives, il est intéressant d'évaluer le manque à gagner (ou « coût d'opportunité ») subi par les agriculteurs qui maintiennent leurs pratiques actuelles, en dépit des « pressions » propices à leur abandon.

Pour la réalisation de ce travail préalable d'évaluation économique et environnementale de quelques évolutions probables des systèmes de production, et au regard de la diversité des contextes et des systèmes d'élevage présentés, il a donc été nécessaire, dans un premier temps, de réaliser des choix de bassins de production cibles (*cas d'étude*) ; puis de retenir un voire deux systèmes de production les plus rencontrés dans chacun des bassins considérés (*cas types*) ; et enfin – en s'appuyant, d'une part, sur l'analyse faite en amont, et d'autre part, sur les orientations exprimées par les éleveurs –, de définir des voies les plus probables d'évolution, en l'absence de mesures agro-environnementales (*scénarios*).

3.1. Des cas d'étude pour illustrer la diversité du territoire

Pour couvrir différents contextes (montagne, zones à haut potentiel de production fourragère, zones intermédiaires), de territoire, de type d'élevage (bovin laitier ou allaitant, ovin allaitant), d'évolutions récentes (agriculture relativement stable ou aux évolutions marquées), les quatre bassins de production suivants ont été retenus : le bassin bovin laitier normand ; le bassin bovin laitier Alpes du Nord ; le bassin bovin allaitant charolais ; le bassin ovin allaitant pastoral du Sud-Est.

Figure 6 - Localisation des bassins de production étudiés



Source : d'après Rouquette et Pflimlin, 1995

Les bassins de production recouvrent différentes zones d'élevage comme le montre la carte ci-dessus. Pour chacun des quatre bassins, une rencontre avec l'ingénieur en charge du suivi du dispositif Réseau d'Élevage sur le bassin retenu a été organisée. L'objectif était de préciser sur la base de leur connaissance fine des réalités de terrain :

- le ou les 2 cas types à retenir au regard des systèmes les plus représentés dans le bassin ;
- définir les évolutions les plus probables compte tenu de l'environnement politique et économique à venir, en s'appuyant sur l'analyse des évolutions de contexte et des tendances dégagées par les enquêtes ;
- les leviers d'action sur lesquels les éleveurs vont pouvoir jouer afin d'adapter leur système aux évolutions conjoncturelles envisagées.

Chaque cas type associé à son scénario a ensuite été modélisé. L'ensemble des paramètres techniques et économiques du système ont été réajustés afin de conserver une cohérence dans le système. Les simulations économiques intègrent tous les éléments constitutifs d'un résultat économique, y compris les charges de structures. Dans la mesure de l'outil disponible, l'analyse économique a été réalisée jusqu'au revenu dégagé par le système. Dans le cas où l'outil de simulation ne permettait pas d'aller jusqu'à ce niveau, la partie économique s'arrête à l'EBE (Excédent brut d'exploitation).

Les cas types, comme leur nom l'indique, sont des archétypes d'exploitation, dans lesquels toutes les composantes du système sont optimisées, équilibrées entre elles et stables dans le temps. Dans la réalité et à l'échelle d'un territoire, les systèmes de production

sont en perpétuelle évolution et présentent des variations plus ou moins importantes « autour » du cas type. Les scénarios d'évolution proposés s'inscrivent dans les dynamiques territoriales, et les traduisent au niveau de l'exploitation. Ils proposent un autre état stable et optimisé du cas-type initial, comme une « photo » à un moment donné, d'un système en évolution. Il ne faut pas pour autant conclure que ce sont des « stades finaux » ou des stades que les agriculteurs cherchent à atteindre. Dans la réalité, certaines exploitations pourront avoir des évolutions plus ou moins marquées (sur la taille du troupeau, le niveau d'intensification de la production laitière, la part de prairies converties en culture, etc.).

De ce fait, les évolutions simulées permettent d'évaluer l'intérêt économique de l'évolution technique envisagée en donnant des ordres de grandeur de quelques indicateurs économiques des exploitations (EBE, revenu). On peut ainsi estimer le « manque à gagner » que doit accepter l'agriculteur qui renonce à faire évoluer son système selon le scénario envisagé. Pour chaque bassin, les résultats sont présentés de façon identique sur la base des indicateurs techniques, économiques, et environnementaux, les plus déterminants.

3.2. Bilan des systèmes de production types et évolutions possibles par bassin d'étude

Le tableau 3 récapitule les résultats de l'analyse pour les quatre bassins étudiés. Il reprend pour chaque bassin les principaux éléments relatifs au territoire, aux systèmes de production type, ainsi que la description des cas types retenus, les évolutions des systèmes de production du territoire selon plusieurs scénarios envisagés et les premières conclusions pour le bassin²⁰.

Tableau 3 - Analyse des quatre bassins de production étudiés

Bassin des cas d'étude	Présentation du territoire	Les systèmes de production types et cas types retenus*	Les évolutions des systèmes de production**	Premières conclusions pour les bassins d'étude
Bassin laitier normand des prairies en sursis ? 	Une forte évolution au cours des dix dernières années, avec un recul de la prairie au profit du maïs et une diminution du nombre d'exploitations laitières. Enjeux environnementaux : la protection des eaux contre la pollution par les nitrates (zone classée vulnérable) ; la préservation des zones humides ; le maintien des structures bocagères diversifiées	13 cas types, distingués par : volume du quota, niveau d'intensification, production de bovins, forme sociétaire, structure de main-d'œuvre. 2 cas types retenus : Cas n° 4 : 85 ha de SAU, en société, 300 000 l de lait ; 12 boeufs sur les prairies permanentes. Semi-intensif. Cas n° 9 : 85 ha de SAU, en société, 600 000 l de lait. Spécialisé avec un quota laitier important.	Par rapport à 2000 (RA) : nette augmentation des cultures de céréales (+ 7 %) et de la culture de maïs ensilage (+ 6 %). Diminution de 12 % de la surface en prairies et pâturages de longue durée. Agrandissement des exploitations en surface, en cheptel, en chargement (intensification) Scénarios envisagés : <ul style="list-style-type: none"> • intensification de la production laitière (cas type n° 4 - sc. 2 et 3) ; • conversion de prairies en culture (cas type n° 9 - sc. 2) ; • agrandissement en surface (cas type n° 4 - sc. 4, cas type n° 9 - sc. 3). 	Sur le système de production : l'intensification des systèmes est l'évolution la plus probable des exploitations laitières du bassin normand, se traduisant par l'augmentation, soit de la production de lait, soit du chargement. Ces évolutions s'accompagnent par une diminution de la surface en prairie temporaire ou permanente, converties en céréales, selon les possibilités et les rotations envisagées. Sur le plan environnemental (impacts plus ou moins importants selon les cas) : augmentations importantes des émissions nettes de GES (+ 18 % en moyenne) et des consommations d'énergie fossile. D'un point de vue qualitatif, impact sur la présence des nitrates dans les eaux de surface et l'eau souterraine, doublée par une augmentation des phytosanitaires impactant négativement la qualité de l'eau et la biodiversité.

* Source : cas types Institut de l'élevage

** Source : RA 2000 et 2010

20. En revanche, le tableau ne reprend pas les sections d'analyse et de modélisation de chaque cas type retenu, points développés dans le rapport d'étude.

Tableau 3 (suite et fin) - Analyse des quatre bassins de production étudiés

Bassin des cas d'étude	Présentation du territoire	Les systèmes de production types et cas types retenus*	Les évolutions des systèmes de production**	Premières conclusions pour les bassins d'étude
<p>Bassin allaitant charolais, une part croissante de culture</p> 	<p>Le bassin charolais allaitant s'étend sur un vaste territoire allant des zones herbagères aux zones de polyculture-élevage.</p> <p>Enjeux environnementaux : enrayer la perte de biodiversité ; préservation de la qualité de l'eau</p>	<p>Plus de 23 systèmes-types (sans intégrer les élevages mixtes bovin-ovin), distingués par la part des cultures et la présence de maïs fourrager.</p> <p>2 cas types retenus : Cas n° 11060 : en zone herbagère, production de brouards repoussés. Cas n° 21020 : production de maigres lourds, chargement modéré, culture de complément.</p>	<p>Par rapport à 2000 (RA) : peu d'évolution de la SAU (- 2 %), des surfaces en prairies temporaires et STH (- 1 %), surface en culture (+ 1 %)</p> <p>Scénarios envisagés : • agrandissement du troupeau (cas type n° 11060 - sc. 2, 3) ; • agrandissement des exploitations (cas type n° 11060 - sc. 4, cas type n° 21020 - sc. 2) ; • conversion de prairies en cultures (cas type n° 11060 - sc. 5, cas type n° 21020 - sc. 3, 4, 5).</p>	<p>Sur le système de production : les évolutions des systèmes vont fortement dépendre des évolutions concernant la conditionnalité des aides, et plus spécifiquement, de la réglementation européenne visant à maintenir les prairies.</p> <p>Sur le plan environnemental : les adaptations envisageables – essentiellement le développement de cultures qui répondraient aussi à d'autres enjeux pour les éleveurs – se traduisent inévitablement par une détérioration globale des critères environnementaux. Cela peut être d'autant plus accentué que le développement de la surface cultivée ne peut s'envisager que dans des rotations simples qui obligent au recours accentué de la fertilisation minérale et à l'utilisation de traitements phytosanitaires.</p>
<p>Bassin laitier Alpes du Nord, des systèmes relativement stables</p> 	<p>Territoire montagneux à fortes contraintes.</p> <p>Enjeux environnementaux : renforcer la contribution des espaces agricoles et forestiers à la préservation de la biodiversité et des ressources en eau, la qualité paysagère des territoires et à la lutte contre le changement climatique</p>	<p>6 cas types en zone de montagne et de piémont alpin distingués sur les ressources fourragères et la diversification.</p> <p>1 cas type retenu : Cas n° BLR 9 : système laitier spécialisé tout herbe avec séchage en grange, zone de demi-montagne.</p>	<p>Par rapport à 2000 (RA) : réduction de 4 % de la SAU, de 3 % des surfaces en céréales. Assolement globalement stable. Évolution des systèmes limitée globalement, faibles possibilités d'agrandissement avec une pression foncière forte et des cahiers des charges limitants. Possibilités d'augmentation liées à la qualité des fourrages.</p>	<p>Sur le système de production : par une augmentation modeste du chargement herbe et l'augmentation de 2 ha des surfaces cultivées, l'éleveur parvient à améliorer l'EBe.</p> <p>Sur le plan environnemental : impact négatif mais relativement modeste, que ce soit en termes d'utilisation des surfaces, de fertilisation, ou d'émissions de GES.</p>
<p>Bassin ovin pastoral de Provence-Alpes-Côte d'Azur : vers un recul de la transhumance ?</p> 	<p>Un territoire contrasté aux contraintes climatiques et physiques fortes.</p> <p>Enjeux environnementaux : forte diversité et biodiversité des milieux, caractérisées par un fort taux d'endémisme et par la présence d'espèces rares ou menacées. 2^e région émettrice de GES, en raison de l'importance de sa population et de ses industries</p>	<p>10 systèmes-types, distingués par la localisation, la pratique de la transhumance, l'importance du pastoralisme.</p> <p>2 cas types retenus : Cas PréaSP1 : élevage ovin spécialisé en Pré-Alpes pratiquant la transhumance. Cas PlaiDIV : élevage ovin de plaine avec activité de vente de foin de Crau.</p>	<p>Par rapport à 2000 (RA) : baisse de la SAU de 12 %, alimentée par celle des surfaces toujours en herbe.</p> <p>Scénarios envisagés : • abandon de la transhumance (cas type PréaSpé1 - sc. 2) ; • diminution voire disparition du cheptel (cas type PréaSpé - sc. 3, cas type PlaiDiv - sc. 2), compensée par le développement de la vente directe ou la diminution de la main-d'œuvre.</p>	<p>Sur le système de production : La construction de scénarios d'évolution probable sur ce bassin n'a pas été aisée, malgré les contributions de nombreux experts (fortes incertitudes sur les évolutions du fait de la complexité du milieu et des enjeux). La disparition d'un dispositif d'aide collectif pourrait remettre en cause la transhumance pour une part significative des exploitations.</p> <p>Sur le plan environnemental : impact environnemental négatif sur les zones de haute montagne et les zones de plaines. Impact négatif sur la prévention des incendies.</p>

* Source : cas types Institut de l'élevage

** Source : RA 2000 et 2010

Afin d'apprécier la sensibilité du revenu à la conjoncture, les évaluations économiques pour chacun des scénarios ont été réalisées sur la base des prix moyens des trois dernières années, pour deux contextes extrêmes de prix de vente des productions de l'exploitation et des céréales, prix haut et prix bas. Les conséquences environnementales ont été également explorées.

3.3. Essai de généralisation à l'ensemble des zones d'élevage

Les simulations réalisées portent sur sept cas types. Afin de généraliser la méthode d'évaluation de « manque à gagner » appliquée pour l'agriculteur, il serait nécessaire de réaliser des simulations supplémentaires d'une part sur d'autres cas types du bassin, et d'autre part sur des scénarios intermédiaires. Ces simulations permettraient de valider les ordres de grandeurs d'écart de revenus selon les évolutions des systèmes de production. Le tableau 4 propose un rapprochement entre les cas types et les bassins de production étudiés, d'une part, et les grandes zones d'élevage, d'autre part.

Tableau 4 - **Quelle généralisation des résultats obtenus sur les quatre bassins étudiés?**

Grande zone d'élevage	Cas type référence	Commentaire
Zone céréalière à bon potentiel (0) Zone céréalière à potentiel moyen (1.0 et 1.1)	Pour les élevages bovin lait : cas type n° 9 (bassin normand) Pour les élevages allaitant : cas type en zone de polyculture-élevage	Ces zones céréalières comportent des exploitations de polyculture-élevage. Leur fonctionnement peut être rapproché des cas types référence cités, du fait de leur relatif niveau d'intensification. Il serait toutefois intéressant de tester des cas types d'un niveau d'intensification plus élevé, dans des conditions pédoclimatiques plus favorables, pour proposer des montants de coûts de maintien des surfaces fourragères fournissant des bénéfices environnementaux plus proches de la réalité.
Zone fourragère intensive Grand-Ouest (2.0)	Les 2 cas types du bassin laitier normand	Cette zone peut se rapprocher du bassin normand en raison de la proximité géographique, des conditions pédoclimatiques comparables et du système bovin laitier prédominant.
Zone fourragère intensive Piémonts intensifs (2.1)	–	Ces zones sont relativement diversifiées. Il ne paraît pas évident de proposer un rapprochement avec les systèmes de production étudiés.
Zone herbagère Nord-Ouest (3)	Les 2 cas types du bassin laitier normand	Cette zone a été étudiée au travers de deux cas types du bassin laitier normand.
Zone herbagère Nord-Est (4.0)	–	L'orientation laitière se rapprocherait plus des systèmes normands laitiers, mais il conviendrait de vérifier que les systèmes ont un fonctionnement proche.
Zone herbagère Nord Massif Central (4.1)	Cas types élevage allaitant zone herbagère	Le bassin d'élevage allaitant charolais recouvre en partie cette zone.
Zone pastorale (5)	Cas type ovin allaitant Sud-Est	Les cas types simulés font partie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les zones pastorales de la région Languedoc-Roussillon comptent des systèmes d'élevage ovin et des conditions pédoclimatiques comparables. Concernant la zone pastorale de l'Ouest du Massif Central et de la Corse, il serait nécessaire de vérifier plus en détail que les systèmes d'élevage qui s'y trouvent sont comparables à ceux de PACA. Le cas échéant, des simulations complémentaires sont nécessaires.
Zone de montagne humide Franche-Comté et Vosges (6.0)	Cas type bovin laitier Alpes	Parmi les simulations réalisées, les conditions pédoclimatiques et le type d'élevage (bovin laitier de montagne) se rapproche le plus des conditions alpines. Toutefois, dans la mesure du possible une simulation complémentaire sur ces massifs aux contraintes relativement moins marquées pourrait être un plus.
Zone de montagne humide Auvergne (6.1)	Cas type charolais en zone herbagère pour l'élevage allaitant et bovin laitier Alpes du Nord	L'orientation laitière de la zone pourrait être rapprochée du cas étudié dans le bassin laitier des Alpes du Nord. L'orientation bovin allaitant pourrait être rapprochée du cas type charolais en zone herbagère. Ces hypothèses restent toutefois à être vérifiées en considérant les contraintes et les spécificités des territoires.
Zone de hautes montagnes (7)	Cas type bovin laitier Alpes	Cette zone a été étudiée au travers d'un cas type du bassin laitier alpin.

Source : auteurs

3.4. Le coût du maintien de pratiques d'élevage extensives

On constate au travers de cette étude sur quatre bassins de production très différents, que les ressorts disponibles au niveau des exploitations pour s'adapter aux facteurs extérieurs sont relativement différents selon les systèmes d'élevage et le bassin. Hors contraintes réglementaires, les possibilités d'adaptation et les impacts sur le revenu sont fortement dépendants du contexte et du niveau de contraintes auxquels l'élevage est soumis. Ainsi, quand les marges d'évolution techniques et économiques du système sont importantes, comme dans le bassin Normand, le risque de conversion de surfaces toujours en herbe ou de prairies temporaires est élevé. À l'inverse, dans des zones à fortes contraintes naturelles comme dans les Alpes, ce risque est moins élevé, l'alternative de développer des cultures étant moins rentable économiquement.

Il apparaît assez clairement que la conversion de surfaces de prairies en cultures permet à l'agriculteur d'améliorer son revenu sans grande contrainte technique. L'amélioration du revenu résulte avant tout d'un gain d'autonomie en concentré et en paille, et éventuellement de la vente de céréales. Là où antérieurement le prix des céréales ne permettait pas de rentabiliser des cultures aux rendements modestes (par rapport aux grands bassins céréaliers), les prix observés depuis maintenant près de trois années, associés à des évolutions techniques, les rendent aujourd'hui économiquement intéressantes. De surcroît, pour les éleveurs, cet intérêt ne se limite pas au grain, mais s'étend aussi à la paille, comme cela a été souligné lors des enquêtes. Cette voie d'évolution peut être transposée à l'ensemble des zones intermédiaires à potentiel moyen et aux zones herbagères intensives, et d'une manière plus générale aux zones possédant des surfaces potentiellement labourables. De fait, le RA 2010 met en évidence des évolutions de cette nature dans les secteurs bordant les zones intermédiaires, le sud du Poitou-Charentes et le nord de la Haute-Vienne ou le sud de la Basse-Normandie, par exemple.

Dans l'ensemble des scénarios simulés, l'impact économique est positif. Une exception toutefois est celle du cas-type PlaiDiv, l'éleveur d'ovin de la plaine de la Crau. En effet, cette voie d'évolution conduisant à arrêter l'élevage pour se consacrer à la production de foin, entraîne une baisse des résultats économiques, mais permet à l'éleveur de libérer du temps pour d'autres activités. Exception faite de ce dernier cas, toutes les simulations ont un intérêt économique avec une variation d'EBE allant de quelques milliers d'euros, à plus de 20 000 €/an (pour un cas normand)²¹.

L'élaboration des scénarios amène à constater qu'un nombre limité de voies d'évolutions restent ouvertes :

- l'augmentation de la taille du troupeau ;
- l'intensification de la production (à taille de troupeau constante) ;
- une conversion de prairies en cultures ;
- la diminution voire l'arrêt de l'élevage (conduisant à l'abandon de surfaces).

21. Le détail des simulations techniques et économiques figure dans le rapport complet.

Ces types d'évolutions sont liés, d'une part, aux contraintes et potentialités techniques de l'exploitation, d'autre part, au « contexte ». Mais, de façon plus spécifique, l'évolution de l'exploitation dépendra d'autres paramètres que le chef d'exploitation pourra prendre en compte, comme la charge de travail supplémentaire, ou encore le risque lié aux investissements supplémentaires.

En effet, le choix des éleveurs ne repose pas seulement sur un objectif de maximisation du revenu, et d'autres aspects doivent être pris en compte, comme le travail, difficile à intégrer dans ce type d'approche. Le raisonnement ne peut être uniquement « économique », l'éleveur recherchant un compromis entre l'intérêt économique et les conditions de travail, aspect vu sur un plan tout autant qualitatif que quantitatif.

En classant les scénarios par ordre croissant d'écart d'EBE (tableau 6), on peut dégager trois grandes classes de risques de disparition des pratiques ayant des valeurs proches :

- pour les risques de type 1, l'écart d'EBE/STH aux alentours de 30 €/ha de STH ;
- pour les risques de type 2, il est situé aux alentours de 60 €/ha de STH ;
- pour les risques de type 3, il est majoritairement supérieur à 100 €/ha de STH.

Tableau 6 - Récapitulatif d'évolutions de l'EBE/ha de STH

Bassin	Cas type	Scénario	Manque à gagner (écart ²² EBE par ha STH, €/ha)	Potentiel/contraintes du milieu
Charolais	n° 21020	n° 5 : conversion de PT en cultures	18,22	Zone à risque de type 1
Charolais	n° 11060	n° 3 : engraissement de 22 mères	35,83	
Alpes	BLR9	n° 2 : conversion de prairies en cultures	37,19	
Charolais	n° 11060	n° 4 : engraissement de 22 mères + augmentation de la SAU	37,74	
Charolais	n° 11 060	n° 2 : augmentation du nombre de mères	51,07	Zone à risque de type 2
Charolais	n° 11060	n° 5 : conversion de prairies en cultures	77,82	Zone à risque de type 3
Charolais	n° 21020	n° 3 : conversion de prairies en cultures + diminution du cheptel	86,00	
Charolais	n° 21020	n° 4 : conversion de prairies en cultures	101,56	
Charolais	n° 21020	n° 2 : augmentation de la surface	108,02	
Normand	n° 9	n° 2 : conversion de prairies en cultures	113,87	
Normand	n° 4	n° 2 : + 10 VL	152,50	
Normand	n° 4	n° 3 : intensification laitière	675,71	

Source : auteurs

22. Écart EBE par ha STH entre la situation de changement de pratiques retenue dans le scénario concerné et la situation de maintien des pratiques actuelles.

Dans une optique de mise en œuvre de politiques publiques, et notamment d'aides incitatives au maintien de pratiques de gestion extensive des surfaces fourragères, cette classification peut être un outil intéressant, dès lors qu'elle est repositionnée par les acteurs publics locaux dans son contexte. Un diagnostic précis des territoires concernés doit être fait afin de garantir la probabilité d'occurrence des différents scénarios étudiés.

Conclusion

Un travail important de ciblage et de définition des limites de l'étude a été réalisé au démarrage de l'étude. La question centrale était, pour cette étape, d'identifier les pratiques de gestion des surfaces fourragères extensives bénéfiques pour l'environnement. La connaissance actuelle dans le domaine des services écosystémiques permet d'affirmer que les prairies temporaires et permanentes, ainsi que les pâturages de longue durée, apportent des bénéfices environnementaux, et que les modes de gestion peuvent influencer le niveau de service.

En étroite relation avec cette question de ciblage des surfaces fournissant des bénéfices environnementaux, nous nous sommes penchés sur la question de l'« extensif ». Les réflexions ont mené à dresser un état des lieux à différentes échelles d'analyse, illustrant ainsi la diversité des situations. Il est aujourd'hui difficile de fixer des seuils au-delà desquels on considérerait que les surfaces fourragères étudiées ne fournissent plus « assez » de bénéfices environnementaux. L'hétérogénéité de potentialité des milieux rend peu pertinente la définition de seuils uniques, homogènes pour le territoire, et seule une connaissance fine des territoires et de l'agriculture des régions permettrait de proposer des seuils adaptés. Dans la suite de l'étude, nous avons retenu l'idée qu'une surface de prairie temporaire ou permanente, ou un pâturage de longue durée, fournissent des bénéfices environnementaux quel que soit le niveau d'intensification global du système de production.

L'agriculture est soumise à de multiples contraintes liées, d'une part, au territoire et à ses caractéristiques pédoclimatiques, et d'autre part, à une multitude de facteurs extérieurs, en premier lieu de nature commerciale, qui peuvent influencer l'évolution du système de production. Après de nombreuses années de fortes diminutions des surfaces toujours en herbe, amorcées au début des années 1970, les différentes mesures européennes développées depuis le milieu des années 1990 ont permis de freiner fortement cette évolution. Toutefois, il importe de souligner que cette diminution se poursuit, et les évolutions de contexte – économique, climatique, voire de démographie des éleveurs –, laissent supposer une poursuite de cette tendance.

Il convient toutefois, derrière cette évolution moyenne, de distinguer les régions selon les contraintes et les influences auxquelles les exploitations sont soumises. Pour certaines, très contraintes tant pour des aspects de géographie, que de climats, le risque est l'abandon de territoires ou de surfaces. Ce type d'évolution explique d'ailleurs pour partie la baisse des STH dans les années 1970 avec l'extension de la forêt en zone de montagne et de moyenne montagne. Pour d'autres, aux potentialités de diversification plus importantes, c'est le retournement et le développement des cultures, y compris fourragères, au détriment des prairies permanentes, qui pourraient s'opérer.

Les possibilités d'adaptation des exploitations pour assurer un maintien de leur performance économique et de leur revenu existent sans nécessairement modifier fortement les systèmes de production. Les conséquences environnementales de ces évolutions peuvent être modestes à l'échelle de l'exploitation, mais bien plus significatives à l'échelle de territoires. L'évolution des systèmes de production est d'autant plus importante, et plus rapide, que les potentialités du milieu le permettent. Ainsi, les évolutions concernant les surfaces fourragères sont les plus fortes dans les zones intermédiaires. C'est notamment le cas des zones céréalières à potentiel moyen, ou des zones fourragères intensives et herbagères du Nord-Ouest. Dans ces zones, la conversion de prairies en surfaces de cultures ou à double fin – comme le maïs –, est en cours, et elle pourrait se poursuivre dans les années à venir. Dans les zones où les contraintes de milieu sont plus fortes, les alternatives sont limitées, et les évolutions, plus lentes.

Ces évolutions sont confirmées par les simulations économiques réalisées sur quatre bassins de production. En effet, dans le bassin normand, le développement de cultures céréalières et de maïs fourrager au détriment des prairies (et donc au détriment de services environnementaux), permet d'améliorer significativement le revenu. Il y a donc peu de doute que ces voies d'évolution sont déjà en marche. Dans le bassin charolais, les voies d'évolution sont moins nombreuses. Les scénarios simulés montrent qu'économiquement, le système en place est déjà relativement efficient. Les potentialités du milieu ne permettent pas de développer de manière importante des alternatives au système actuel. On se trouve ici dans une situation de vulnérabilité de l'exploitation, où aucune production alternative ne pourrait compenser une détérioration de la santé économique du système en place. Enfin, dans le bassin ovin du Sud-Est, il a été plus délicat de déterminer des voies d'évolutions claires. Cela est probablement lié à la diversité des systèmes de production et des milieux exploités. Le principal risque identifié dans cette zone est lié aux aides publiques collectives, dont l'éventuelle disparition pourrait entraîner l'abandon progressif des pratiques de transhumance, elles-mêmes essentielles pour la vitalité et l'aménagement des territoires de haute montagne.

Éléments bibliographiques

- Agreste, 2000, « Les prairies en 1998 », *Agreste-Chiffres et Données Agriculture*, n° 128, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 72 p.
- Agreste, 2006, *Pratiques culturales. Prairies permanentes et temporaires*, données en ligne, <http://agreste.maapar.lbn.fr/ReportFolders/ReportFolders.aspx>
- Agreste, 2010, « Pratiques culturales 2006, Les prairies », *Agreste - Les Dossiers*, n° 8, pp. 53-80.
- Ambroise R. et Hubert D., 2002, *L'agriculture et la forêt dans le paysage*, La Ferté-Macé, France, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des affaires rurales, pp. 1-104.
- Arrouays D., Balesdent J., Germon J.C., Jayet P.A., Soussana J.F., Stengel P., 2002, *Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Rapport d'expertise collective, réalisé par l'Inra à la demande du ministère de l'Écologie et du Développement Durable*, Paris, 334 p.
- Aznar O., 2011, *Contribution à l'analyse économique des services environnementaux*, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Sciences Économiques, Juridiques et de Gestion, Université d'Auvergne (Clermont 1), 48 p.
- CERPAM, 2013, « Élevage et prévention des incendies », *Vaucluse Agricole*, novembre.
- Chevassus-au-Louis B., Salles J.-M., Pujol J.-L. (sous dir.), 2009, *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique*, Rapport du Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française, 378 p.
- Chombart De Lauwe J., Poitevin J., Tirel J.C., 1963, *Nouvelle gestion des exploitations agricoles*, Paris, Dunod, 507 p.
- Daily G. C., 1997, « *Introduction: what are ecosystem services?* », dans Daily, G.C. (dir.), *Nature's Services*, Island Press, Washington DC, pp. 1-10.
- Devaux J. et Puydarrieux P., 2013, « Quelle évaluation économique pour les services écosystémiques rendus par les prairies en France métropolitaine ? », *Notes et études socio-économiques*, n° 37, janvier-juin, pp. 51-86.
- DIREN Basse-Normandie, 2006, *Profil environnemental régional de Basse-Normandie*, 33 p.
- Dolle J.B., Agabriel J., Peyraud J.L., Favardin P., Manneville V., Raison C., Gac A., Le Gall A., 2011, « Les gaz à effet de serre en élevage bovin : évaluation et leviers d'action », *Inra Production animales*, vol. 24, pp. 415-432.
- DREAL PACA, 2013, *Portrait Régional de l'Environnement*, 28 p.
- Dumont B., Farruggia A., Garel J.P., 2007, « Pâturage et biodiversité des prairies permanentes », *Rencontres Recherches Ruminants*, vol. 14, pp. 17-24.
- Farruggia A., Dumont B., Leroy T., 2008, "Ecological rotation favours biodiversity in beef cattle systems in the French Massif Central", *Grassland Science in Europe*, vol. 13, pp. 60-62.

- Fisher B., Turner R.K., Morling P., 2009, « Defining and classifying ecosystem services for decision making », *Ecological Economics*, vol. 68, Issue 3, January, pp. 643-653.
- Fontaine S., Henault C., Amor A., Bdioui N., Bloor J.M.G., Maire V., Mary B., Revalliot S., Maron P.A., 2011, « Fungi mediate longterm sequestration of carbon and nitrogen in soil through their priming effect », *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 43, pp. 86-96.
- Gac A., Dollé J.B., Le Gall A., Klumpp K., Tallec T., Mousset J., Eglin T., Bispo A., Peyraud J.L., Faverdin P., 2010, *Le stockage de carbone par les prairies : une voie d'atténuation de l'impact de l'élevage herbivore sur l'effet de serre*, Institut de l'élevage, collection « l'Essentiel ».
- Huyghe C., 2012, *Country Pasture/Forage Resource Profiles - FRANCE*, FAO, site internet consulté le 8 avril 2014 : <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/France/france.htm>
- Institut de l'Élevage, 2007, « La prairie : un enjeu économique et sociétal », *Le dossier Économie de l'élevage, hors série*, 44 p.
- Kremen C., Miles A., 2012, « Ecosystem services in Biologically Diversified versus Conventional - Farming Systems: Benefits, Externalities and Trade-Offs », *Ecology and Society*, vol. 17, 4:40.
- Landais E., Balent G., 1991, « Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer », *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, n° 27 (réédition 2001).
- Le Gall A., Beguin E., Dolle J.B., Manneville V., Pflimlin A., 2009, « Nouveaux compromis techniques pour concilier les impératifs d'efficacité économique et environnementale en élevage herbivore », *Fourrages*, vol. 198, pp. 131-151.
- Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J.-P., Trommetter M., 2008, *Agriculture et biodiversité : Valoriser les synergies*. Expertise scientifique collective INRA juillet 2008, Versailles, Éditions Quae. Collection « Expertises collectives », 178 p.
- MEA, 2005, *Ecosystems and Human Well-being. Synthesis*, Washington DC, Island Press, 155 p.
- MEDD, 2005, *Agriculture et environnement : 4 scénarios à l'horizon 2025*, version remaniée publiée par Poux X. (dir.), 2006, *Agriculture, environnement et territoires. Quatre scénarios à l'horizon 2025*, Paris, La documentation Française, 222 p.
- MEDDE, 2012, « L'Analyse spatiale des pressions agricoles : surplus d'azote et gaz à effet de serre », *Le point sur*, 113, mars, Commissariat général au développement durable, 4 p.
- Méral P., 2010, « *Les services environnementaux en économie : revue de la littérature* », Document de travail n° 2010-05 du programme SERENA.
- Michaud A., 2011, *Évaluation des services fourragers et environnementaux des prairies permanentes à partir de la végétation, du milieu et des pratiques de gestion*, Thèse, Institut National Polytechnique de Lorraine, 271 p. + annexes.

- Mollard A., 2005, « Agriculture désintensifiée, agriculture paysanne ou agriculture soutenable ? », *Dossier de l'environnement de l'Inra*, n° 24.
- Palacio-Rabaud V., 1999, « La fertilisation des prairies s'étend à doses modérées », *Agreste Primeur*, n° 64, 4 p.
- Palacio-Rabaud V., 2000, « La conduite des prairies en France : pratiques intensives et rendements élevés dans le Nord-Ouest », *Agreste Cahiers*, n° 4, pp. 15-26.
- Plantureux S., Carrere P., Pottier E., 2012, *Prairies permanentes : définitions et cadre réglementaire*, Journées AFP, avril 2012.
- Plantureux S., Peeters A., McCracken D., 2005, « Biodiversity in intensive grasslands: effect of management improvement and challenges », *Agronomy Research*, vol. 3, pp. 153-164.
- Pousset A., 1984, « La prairie Française en 1982. La fertilisation des prairies et les marges de progrès », *Fourrages*, n° 100, pp. 83-104.
- Praly C., 2011, *Nouvelles formes de valorisation territoriale de l'agriculture. Le cas de l'arboriculture de la Moyenne Vallée du Rhône*, Thèse de Doctorat en Géographie, Aménagement et Urbanisme, Université Lumière Lyon 2, 429 p.
- Réseau coupure et combustible, 2006, *Dispositif agroenvironnemental appliqué à la prévention des incendies de forêt en région méditerranéenne*, 52 p.
- Réseaux d'élevage, 2012, *Références systèmes d'élevage Ovins viande Languedoc-Roussillon*, série « Références », avril.
- Rook A.J. et Tallwin J.R.B., 2003, "Grazing and pasture management for biodiversity benefit", *Animal Research*, vol. 52, pp. 181-189.
- Rouquette J.L., Pflimlin A., 1995, *Les grandes régions d'élevage : proposition de zonage pour la France*, IV^e Symposium international sur la nutrition des herbivores, Clermont-Ferrand, Theix.
- Rouquette J.L., Tchakerian E., 2001, *Les principales régions d'élevage de la France métropolitaine : systèmes d'élevage, enjeux de territoires et de filières*, Institut de l'Élevage, non publié.
- SCEES, 1984, « Les prairies en 1982 », *Collection de statistique agricole*, n° 233, ministère de l'Agriculture - SCEES, 71 p.
- Schuman G.E., Janzen H.H., Herrick J.E., 2002, « Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands », *Environmental Pollution*, vol. 116, pp. 392-396.
- Spindler F., 1984, « La prairie Française en 1982. Le mode d'exploitation des prairies et leur part dans le bilan des ressources fourragères du troupeau », *Fourrages*, n° 100, pp. 105-128.
- Soussana J.F., Fuhrer J., Jones M., Van Amstel A., 2007, « The greenhouse gas balance of grasslands in Europe », *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 121, pp. 1-4.

Note de lecture



GALTIER Franck
Gérer l'instabilité des prix alimentaires dans les pays en développement
CIRAD - Agence française de développement, 2012

Ce livre propose une nouvelle version d'un rapport commandé par l'Agence française de développement (AFD) et le ministère des Affaires étrangères dans le cadre de la préparation de la réunion des ministres de l'agriculture du G20 en 2011. De nombreuses études de cas complètent le rapport initial. La thèse centrale, elle, n'a pas changé : la doctrine, apparue au cours des années 1980, visant à démanteler les politiques de stabilisation des prix agricoles, et à promouvoir les seuls instruments privés de gestion des risques (assurances, marchés à terme), pour assurer la sécurité alimentaire, a été discréditée par les crises alimentaires de 2007-2008. Trois arguments sont mis en avant : 1) les instruments de gestion du risque n'ont pas connu l'essor espéré et restent hors de portée pour des ménages qui n'ont même pas accès au crédit ; 2) les pays ayant connu une « révolution verte » ont eu recours à des politiques visant à stabiliser les prix ; 3) vu les répercussions de l'instabilité des prix agricoles sur la stabilité macro-économique et politique, « la non-intervention n'est pas une politique crédible ».

Franck Galtier plaide pour une approche identifiant précisément les différentes causes de l'instabilité, afin d'employer à bon escient l'ensemble des instruments, sans exclusive, qu'ils

visent à limiter la volatilité ou seulement à en limiter les effets, qu'ils relèvent du développement des marchés ou de l'action des pouvoirs publics. Il identifie ainsi quatre stratégies. La stratégie A vise à améliorer le fonctionnement des marchés en partant du principe que, comme toute institution, les marchés ont besoin de règles partagées pour être efficaces dans leur fonction d'allocation des ressources. La stratégie B repose sur les instruments de gestion des risques tels que les assurances ou les marchés à terme. La stratégie C prévoit l'usage, par les pouvoirs publics, des mesures agissant sur l'offre et/ou la demande aux frontières ou sur le territoire national. Enfin, la stratégie D vise à soutenir les consommateurs les plus affectés par la volatilité des prix, en leur distribuant une aide alimentaire, conditionnée ou non à la fourniture de travail.

L'approche se veut résolument pragmatique. D'importants développements permettent de considérer l'articulation nécessaire entre les différents types de stratégies : employé seul ou en combinaison avec d'autres, un même instrument peut produire des effets qui divergent significativement. De nombreuses possibilités de transposition vers les politiques agricoles des pays développés apparaissent à la lecture, mais l'analyse est conduite pour

servir aux concepteurs et praticiens des politiques agricoles nationales des pays en développement. Pour autant, l'auteur ne s'interdit pas de compléter son propos par des recommandations portant sur l'action internationale : rééquilibrage des règles de l'OMC, coordination de stocks publics nationaux ou régionaux, etc.

Au niveau d'un pays, les sources de volatilité des prix sont de trois ordres : la « volatilité naturelle » résulte des conditions climatiques qui impacteront positivement ou négativement la production ; la « volatilité importée » fait référence aux effets des variations des prix des marchés internationaux, structurellement étroits, qui se répercuteront d'autant plus sur les prix nationaux que les protections douanières sont basses et les coûts de transport faibles ; enfin la « volatilité endogène » renvoie aux mécanismes de formation des prix et aux prises de décisions des acteurs économiques (erreurs d'anticipation, bulles spéculatives, mouvements de panique, etc.). Plus la zone sur laquelle s'opèrent les échanges est grande, plus la volatilité naturelle sera faible car les incidents climatiques restent généralement localisés. En revanche, l'ouverture commerciale supprimera la « couverture naturelle » que constitue la corrélation négative entre les rendements et les prix (les petites récoltes font monter les prix et vice-versa), et qui permet une certaine forme de stabilisation du revenu agricole. Il faut donc choisir entre volatilité importée et couverture naturelle ! À l'inverse, la prise en compte de l'instabilité endogène justifie l'intervention publique : la consommation étant peu réactive aux prix, les cycles de production étant longs et les producteurs très atomisés, la possibilité de voir ces derniers produire de façon à équilibrer la demande à un prix proche des coûts de production complets est assez illusoire.

Mettre en avant la question de la stabilisation des prix - et lui permettre, selon l'expres-

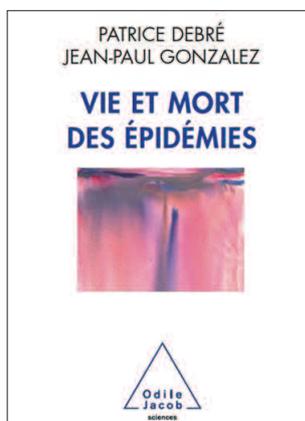
sion de Peter Timmer dans la préface, de « sortir du purgatoire » - relève de la prise de risque intellectuel vu le poids de la doctrine dominante sur la sphère académique et les instances internationales. La vraie originalité conceptuelle réside cependant, plus certainement, dans le traitement des stratégies A, celles qui visent à améliorer le fonctionnement des marchés. Le parallèle établi entre la bourse de Chicago et les *warrantages* africains (entrepôts où le paysan peut stocker sa marchandise en toute sécurité tout en ayant la possibilité d'utiliser le certificat d'entreposage pour gager un emprunt) est particulièrement éloquent : le développement des instruments de gestion des risques ne peut se faire sans la modernisation de marchés sous-jacents.

Toutefois, il aurait été intéressant de traiter le sujet de l'organisation économique des producteurs et du rôle des coopératives, car jouer sur l'organisation d'une filière relève également de ce type de stratégies. Par ailleurs, on aurait pu souhaiter que la notion de « coûts de production » soit davantage présente, que ce soit pour critiquer l'efficacité de marchés censés être à l'équilibre, ou pour mieux distinguer la logique de soutien par les prix de celle de filet de sécurité contre des marchés instables. Mais, *in fine*, l'ensemble des exemples d'initiatives dans les pays africains cités dans la seconde partie montre que les progrès en termes de construction de politiques de sécurité alimentaire sont certains, et que ces pays ont largement pris leurs distances avec la doctrine dominante.

Frédéric Courleux

Chef du bureau de l'évaluation et de
l'analyse économique
Centre d'études et de prospective
MAAF
frederic.courleux@agriculture.gouv.fr

Note de lecture



DEBRÉ Patrice, GONZALES Jean-Paul
Vie et mort des épidémies
Odile Jacob, 2013

La découverte des antibiotiques, avancée majeure au milieu du XX^e siècle, a pu laisser croire que le combat contre les germes était gagné. Le directeur général de la santé des États-Unis déclarait ainsi en 1967 : « le chapitre des maladies infectieuses est clos ». Actuellement à l'origine de 14 millions de morts par an, elles nourrissent pourtant encore bien des craintes sur l'avenir. Patrice Debré, professeur d'immunologie à l'université Paris VI, spécialiste du SIDA, et Jean-Paul Gonzales, virologue, directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), fournissent dans *Vie et mort des épidémies* une stimulante grille de lecture de leur diffusion.

Parmi les facteurs qui contribuent au développement des maladies, les auteurs mentionnent en premier lieu les déplacements humains et animaux, qui ont parfois eu des conséquences dramatiques. Des populations insulaires ont été décimées suite à l'introduction par les grands navigateurs, explorateurs et autres conquistadors, de maladies inconnues pour elles : variole, typhoïde, tuberculose, grippe, etc. L'épisode du traité de 1874 entre Cakobea, roi des îles Fidji, et Victoria, reine d'Angleterre, montre bien que des intentions pacifiques ont pu malheureusement elles aussi conduire à un désastre :

le quart de la population de l'archipel a été emporté par la rougeole. Les auteurs témoignent aussi de victimes collatérales des grandes épidémies, dues à la méconnaissance des maladies, à des préjugés et à la recherche de boucs émissaires. Ils citent en exemple l'épisode cruel de 1359 à Strasbourg où mille Juifs ont été rendus responsables de l'épidémie de peste, et brûlés.

Le rôle majeur de la population animale est souligné. L'homme est contaminé *via* l'animal, et l'épizootie précède souvent l'épidémie. Menées à grande échelle, des pratiques agricoles basiques favorisent le développement de maladies. Ainsi, pour l'élevage porcin intensif en Malaisie en 1998, les vergers qui devaient produire des fruits pour l'alimentation des porcs ont attiré des chauves-souris, lesquelles ont contaminé les porcs avec le virus Nipah. Dans la pampa argentine, la mise en service de moissonneuses-batteuses pour la culture du maïs a disséminé le sang des rongeurs, déchiquetés par les engins, et accéléré le développement de la fièvre hémorragique dont les animaux étaient porteurs.

À l'avenir, les déplacements de populations humaines ou animales, et l'importance du rapport homme/animal, devront être pris en compte de manière plus systématique dans

la gestion des émergences. Pour les auteurs, certaines tendances sont irréversibles, et l'homme devra apprendre à vivre avec des émergences infectieuses souvent imprévisibles. L'éducation et la communication en temps de crise devront également être repensées. Poussé à l'extrême, le principe de précaution pourrait aussi conduire, selon eux, à de nouvelles peurs et montrer ses limites. Enfin, malgré une plus grande incidence des maladies infectieuses dans les pays du Nord, constatée depuis environ quinze ans, cette préoccupation est et devrait rester beaucoup plus aiguë dans les pays de l'hémisphère Sud.

En contrepoint des phénomènes indissociablement naturels et sociaux de diffusion des maladies, l'ouvrage met en lumière la longue histoire de la recherche sur les germes pathogènes. Le chemin des découvertes scientifiques est pavé de rivalités entre scientifiques. Il en va ainsi de la controverse entre contagionnistes et anticontagionnistes, ou de la polémique qui a opposé au début du XX^e siècle le cubain Finley et l'américain Reed quant à la paternité de la découverte majeure de l'agent du paludisme. La compétition intellectuelle n'est jamais exempte de dimensions politiques et il se joue aussi ici des rapports de domination entre les nations.

Le récit, très vivant, est émaillé d'anecdotes sur les multiples étapes des avancées scientifiques, qui en rendent la lecture particulièrement captivante. Bichat est mort de la tuberculose à 31 ans, Manson a contaminé volontairement son fils en le faisant piquer

par un moustique porteur du paludisme, l'Anglais Rossa a bu de l'eau contaminée avec des parasites plasmodium, etc. Certaines situations sont décrites avec un style pittoresque, sans pour autant noyer les grandes avancées et les grands enjeux dans l'accessoire. On peut ainsi citer la façon dont Pasteur a fait valoir à ses détracteurs ses théories sur la transmission de la fièvre charbonneuse aux poules. Un hommage appuyé est également rendu à Charles Nicolle, qui au-delà de sa découverte du rôle du pou dans la transmission du typhus, prédisait en 1930 : « Il y aura des maladies nouvelles. C'est un fait fatal. Un autre fait, aussi fatal, est que nous ne saurons jamais les dépister dès leur origine. Lorsque nous aurons notion de ces maladies, elles seront déjà toutes formées, adultes pourrait-on dire ».

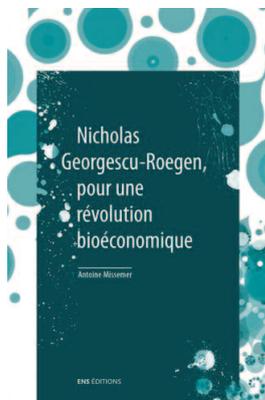
C'est au final autant une histoire des maladies qu'un hommage aux hommes et femmes qui ont consacré leur vie à l'étude et à la lutte contre ces infections, à ces praticiens qui ont parfois sacrifié leur santé ou celle de leurs proches. Remarquablement documenté, cet ouvrage peut être apprécié par le grand public, mais il sera aussi une mine d'informations pour les spécialistes.

Madeleine Lesage

Chargée de mission Nutrition,
sécurité sanitaire, bien-être animal
Centre d'études et de prospective
MAAF

madeleine.lesage@agriculture.gouv.fr

Note de lecture



MISSEMER Antoine

Nicholas Georgescu-Roegen, pour une révolution bioéconomique

ENS Éditions, 2013

En 2009, l'OCDE a publié un ouvrage intitulé *La bioéconomie à l'horizon 2030 : quel programme d'action ?* Plusieurs institutions et pays ont aussi défini des « feuilles de route » : la Commission européenne propose une « stratégie pour une bioéconomie durable en Europe » (2012), l'Allemagne a fait de même en 2013, etc. Alors que ce concept s'affirme dans les sphères publiques, avec de fortes retombées pour l'agriculture et la forêt, sa définition pose question. L'ouvrage d'Antoine Missemmer l'éclaire à partir des travaux d'un économiste atypique, Nicholas Georgescu-Roegen, auteur en 1971 d'un livre pionnier, *The Entropy Law and the Economic Process*.

Formé aux mathématiques, Georgescu-Roegen s'approprié avec facilité la théorie économique néoclassique. Il en vient à critiquer le référent scientifique choisi par ses contemporains, la physique newtonienne, dont l'approche mécaniste ne permet pas de tenir compte des contraintes de l'environnement. Face à ces limites, il propose un changement de paradigme, une nouvelle manière de repenser les processus économiques, à l'aide d'une part de la théorie darwinienne de l'évolution en biologie, et d'autre part de la physique thermodynamique, en particulier la notion d'entropie qui désigne la dégra-

vation inéluctable des systèmes vers plus de désordre.

Le terme « bioéconomie » lui permet alors de caractériser ce changement de paradigme, dont l'enjeu est, selon le philosophe J. Zeman, « une extension de la théorie biologique dans le champ de l'économie ». Cet élargissement doit permettre une meilleure prise en compte des contraintes physico-chimiques de l'environnement dans lequel s'inscrivent nos activités économiques, comme la finitude des ressources. Il doit aussi aider à dépasser l'analyse statique, pour rendre compte de processus économiques dynamiques : émergence et diffusion des innovations, irrévocabilité et irréversibilité dans les choix de production, de consommation, etc. Au-delà de la formalisation, à travers l'usage des mathématiques, Georgescu-Roegen s'intéressera aussi aux aspects qualitatifs des processus économiques, qui ne sont pas considérés par la théorie néoclassique, autrement dit des éléments multidimensionnels, complexes et non mesurables, dépendants du contexte dans lequel ils sont définis. Il prend l'exemple du temps, variable continue représentée par le concept de « l'instant » en modélisation. Cette approche, qui combine formalisation et dialectique, permet « de rendre le monde plus

intelligible en étant plus fidèle à la réalité », donc aux contraintes de la biosphère.

Ne s'arrêtant pas à la critique, Nicholas Georgescu-Roegen développe un programme d'actions. D'une carrière riche de rencontres, notamment avec Joseph Schumpeter, à l'origine du concept de « destruction créatrice », et de séjours dans différents pays, émerge un ensemble cohérent de prises de positions politiques, reflétant ses questionnements tant sur le plan intellectuel qu'humain.

Cette proposition « bioéconomique » repose sur le développement de technologies « suffisamment efficaces pour être autonomes et suffisamment économes et propres pour s'intégrer dans le système écologique global », soit un saut technologique qu'il illustre au travers du recours à l'énergie solaire. Cette bioéconomie tient aussi le plus grand compte du rôle joué par les politiques publiques dans l'orientation des dépenses et la réglementation de l'activité économique, ainsi que du changement des comportements des citoyens vers une plus grande sobriété et une plus forte équité intergénérationnelle.

Il faut saluer l'approche novatrice de cet « ABC économique », qui certes fait écho à des problématiques bien connues aujourd'hui, mais pas aussi couramment acceptées dans les années 1970.

Concernant l'agriculture, Nicholas Georgescu-Roegen évoque la mise en place d'une agriculture biologique. Il critique la mécanisation et la consommation de fertilisants ne tenant pas compte de la rareté des énergies terrestres par rapport à l'abondance de l'énergie solaire mobilisable par le biais de la traction animale et du fumier.

Antoine Missemer nous invite à regarder le devenir de cette théorie, son appropriation par la sphère de la recherche. Pour ce faire, il discute ses liens avec des courants de pen-

sée récents : l'économie de l'environnement qui tente de pallier les défaillances de l'économie néoclassique, sans remettre ses fondements en question, ou encore l'économie écologique et les « objecteurs de croissance ».

L'ouvrage nous incite aussi à nous interroger sur l'appropriation du terme « bioéconomie » dans la sphère des politiques publiques, en particulier au regard de la définition proposée par l'OCDE, « un système dans lequel les biotechnologies assureront une part substantielle de la production économique¹ ». Ce concept est en fait à géométrie variable, tant dans le monde académique que dans les milieux institutionnels. Aucune définition ne fait vraiment consensus, bien que paradoxalement ce terme parle à tous.

Au-delà d'une rétrospective sur les travaux d'un économiste atypique et de la généalogie d'un terme dont l'emploi se fait croissant, l'ouvrage appelle aussi à exercer notre esprit critique pour questionner notre perception de l'économie : faut-il une économie de l'environnement, autrement dit une économie qui donne un prix aux ressources naturelles et aux pollutions pour les faire entrer dans la sphère marchande (internalisation des externalités), ou une économie *pour* l'environnement, c'est-à-dire une économie capable d'articuler ses propres lois avec celles de la nature ?

Bien que quelques connaissances en science économique facilitent la compréhension de cet ouvrage, il n'en est pas moins pédagogique et agréable à lire.

Élise Delgoulet

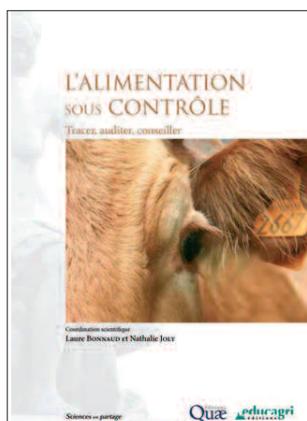
Chargée de mission Économie de l'environnement et des ressources
Centre d'études et de prospective

MAAF

elise.delgoulet@agriculture.gouv.fr

1. <http://www.oecd.org/fr/prospective/defistechnologiquesetsocialesalong-terme/labioeconomiealhorizon2030quelprogrammedaction.htm>

Note de lecture



BONNAUD Laure, JOLY Nathalie (dir)
L'alimentation sous contrôle : tracer, auditer, conseiller
Quae - Educagri, 2012

Depuis leur production jusqu'à la table du consommateur, les denrées font l'objet d'un suivi documentaire et de contrôles qui concernent autant leur qualité sanitaire que les conditions dans lesquelles elles sont produites et commercialisées. *L'alimentation sous contrôle* rassemble des contributions de sociologues, d'économistes et d'anthropologues à l'analyse de la montée en puissance de ces exigences de traçabilité et, plus largement, d'auditabilité, dans les filières agro-alimentaires.

La première partie de l'ouvrage, intitulée « traçabilité, audit, conseil : entre invention et recomposition d'activités », met en valeur l'attestation de l'origine et l'affichage de pratiques spécifiques relevant du volontariat, sans se limiter au seul aspect sanitaire. Les auteurs apportent un éclairage sur ce qu'il faut tracer pour établir la preuve de ce qui a été fait et sur le déroulement des audits. L'engagement et la bonne foi des professionnels jouent ici un rôle majeur. La pertinence de ces approches minutieuses est confortée par certaines fraudes alimentaires récentes. La méconnaissance de la complexité des organisations de filières fait en effet sans doute le lit des contre-vérités ou carences d'information sur certains produits et pourrait

en tout cas avoir pour effet de compromettre en profondeur la confiance du consommateur dans le système agro-alimentaire.

Une étude de cas portant sur l'époisses permet de souligner l'effort fourni pour obtenir puis maintenir une Appellation d'Origine Contrôlée (AOC), issue de l'engagement volontaire d'éleveurs-fromagers en 1991 : cahiers des charges stricts, multiples audits, ajustements à l'occasion de crises sanitaires comme la listeria en 1999, etc. Mais la rigueur d'un cahier des charges peut aussi avoir des conséquences parfois critiques. Ainsi, le lait devant provenir de vaches de races déterminées, une vache croisée issue de deux races autorisées peut être perçue comme non conforme pour la production du lait.

Les différentes contributions de l'ouvrage fournissent des informations utiles sur des procédures peu connues et sur leurs conséquences, par exemple l'agrégage des tomates, qui permet aux centrales d'achat et aux producteurs de s'accorder sur les caractéristiques du produit, afin de conclure la transaction en faisant l'économie d'une vérification visuelle. Elles mettent aussi en valeur les développements récents des sciences

sociales de l'écrit. L'approche des *new literacy studies* souligne par exemple les changements induits par les procédures de traçabilité d'un point de vue professionnel et social en Grande-Bretagne (rapport au travail, évolutions des métiers).

La seconde partie de l'ouvrage cerne les ambiguïtés des « normes de l'échange, entre négociations et contraintes ». Un chapitre consacré aux agrumes met en lumière les premiers textes communautaires relatifs à la sécurité sanitaire de l'alimentation, à une époque où la protection du consommateur n'était pas la priorité absolue. L'autorisation, au début des années 1960, d'agents de conservation de surface des agrumes, utiles pour assurer la commercialisation des fruits, mais susceptibles de provoquer des troubles de santé chez le consommateur, a consacré des compromis délicats entre santé du consommateur et intérêts du marché. Ces compromis furent ensuite révisés à l'occasion de nouveaux événements, des progrès de la recherche, et de la prise en compte de ce qui viendra à être désigné comme « principe de précaution ».

Le lecteur appréciera de nombreux éclairages historiques, parmi lesquels une chronologie des faits marquants, notamment sur

l'agriculture biologique et le marché de ses certificateurs. La variété des champs abordés et des angles d'attaque est également à souligner : technique, réglementaire, sociologique, stratégique, à l'image de l'organisation de la production d'huile d'olive en Ombrie, construction méthodique, complexe, destinée à défendre un produit « patrimonial » commercialisé sur un marché local. La réputation de terroir que s'attache en général ce produit, lui vaut d'être souvent la cible de fraudeurs. À ce titre, l'huile d'olive fait d'ailleurs l'objet d'une attention soutenue de la part des services de l'Union européenne.

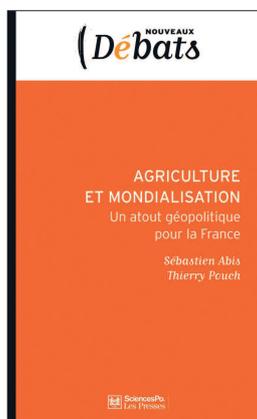
La lecture de cet ouvrage sera utile aux connaisseurs du sujet, aux organismes de certification, tout comme aux enseignants, chercheurs ou étudiants. Compte tenu de son caractère très technique, il est possible qu'il soit perçu comme assez hermétique à un lectorat non spécialiste.

Madeleine Lesage

Chargée de mission Nutrition,
sécurité sanitaire, bien-être animal
Centre d'études et de prospective
MAAF

madeleine.lesage@agriculture.gouv.fr

Note de lecture



ABIS Sébastien, POUCH Thierry
Agriculture et mondialisation
Un atout géopolitique pour la France
Presses de Sciences Po, 2013

Contre l'idée d'un déclin de la France dans le jeu mondial, Sébastien Abis et Thierry Pouch mobilisent dans ce livre les concepts de la géostratégie pour renouveler le regard sur notre agriculture. La France est passée, en deux décennies, du statut de pays importateur à celui de puissance agro-exportatrice. Les succès de la modernisation, depuis la période d'après-guerre, aux fameuses lois d'orientation de 1960 et 1962, jusqu'à la mise en place de la PAC, se traduisent par une évolution fulgurante du solde commercial agricole. Quatre denrées dégagent des excédents structurels depuis cette période : les céréales, les produits laitiers, le sucre et les vins et boissons. La France renforce alors des avantages comparatifs liés à ses atouts géographiques, mais qui relèvent également de déterminants socio-politiques et institutionnels (chapitre 1).

Dans un contexte de mondialisation, l'apparition de nouveaux rivaux commerciaux vient aujourd'hui éroder les positions françaises. Les auteurs considèrent que la « vocation exportatrice » de la France est insuffisamment prise en compte et appellent à mieux valoriser les « forces nationales » dont elle dispose (chapitre 2). Il y a d'abord « l'arsenal pédo-climatique » (ou *land power*), la géographie étant le facteur le plus déterminant

de la puissance, et le plus stable. Vient ensuite la « force céréalière », secteur où les auteurs recommandent, entre autres, l'adaptation de l'offre aux exigences des différents clients et la mise en place d'une véritable diplomatie. Les « forces » viticole, laitière et sylvicole sont également évoquées, ainsi que la force scientifique, outil central du *soft power* alimentaire français. L'implantation internationale des grands groupes français de l'agroalimentaire et de la distribution est considérée comme une « arme économique et culturelle ». Elle peut favoriser les exportations agricoles, comme le montre l'exemple de l'essor des vins français en Chine, entre autres lié à l'implantation de Carrefour.

Une troisième partie interroge ce qui pourrait faire la puissance de la France au XXI^e siècle. Le constat dressé est sévère : la France n'aurait pas suffisamment anticipé les transformations du monde. Elle resterait accrochée à une « géopolitique du verbe », à son siège au Conseil de sécurité de l'ONU et à une francophonie déclinante, tout en pesant de moins en moins sur les décisions internationales. Or, si la puissance doit être pensée différemment au XXI^e siècle, cela implique pour les auteurs d'intégrer le fait que l'agriculture est redevenue un enjeu stratégique de premier plan. Les grands pays exportateurs qui, à l'instar du

Brésil, des États-Unis ou de l'Australie, entendent répondre à la demande mondiale croissante en denrées alimentaires, se doteraient ainsi en même temps des nouveaux attributs de la puissance économique et politique. L'enjeu pour la France serait donc d'abord de recentrer sa diplomatie sur ces secteurs d'exportation dans lesquels elle dispose d'atouts. La faible considération portée à l'agriculture dans les réflexions géostratégiques nationales tient à deux raisons. Les auteurs déplorent, d'une part, que l'agriculture soit toujours perçue comme un problème dans les cercles de décision français. Ils regrettent, d'autre part, la mauvaise compréhension de la géopolitique par les milieux et experts agricoles, l'international étant souvent pensé comme une contrainte.

Le dernier chapitre regroupe une série de préconisations : mieux protéger les terres agricoles, à la fois de l'urbanisation et des investissements étrangers ; prioriser l'action extérieure vers les zones d'exportation stratégiques (Méditerranée en premier lieu) ; renforcer les synergies entre acteurs, notamment dans la logistique ; enfin faciliter l'accès au métier d'agriculteur. Les auteurs considèrent que la perspective géostratégique, évoquée tout au long de ce livre, pourrait contribuer à reconstruire l'identité professionnelle et à améliorer l'attractivité du métier.

Cet essai inspire au final trois remarques. Premièrement, compte tenu de l'ensemble des atouts de l'agroalimentaire français recensés, pourquoi insister autant sur l'exportation de céréales ? Ne trouve-t-on pas des vecteurs de rayonnement international autrement plus puissants dans les produits alimentaires à haute valeur ajoutée (la gastronomie étant un volet reconnu de l'influence française), dans la coopération scientifique (indispensable pour peser dans les débats politiques internationaux), ou dans l'exportation des nombreux savoir-faire techniques ?

Deuxième remarque : en opposant les ambitions exportatrices et les efforts pour améliorer les performances environnementales, les auteurs ne passent-ils pas à côté de ce qui pourrait demain être un facteur majeur de compétitivité ? Lorsqu'ils dénoncent, par exemple, la diminution des surfaces agricoles, ils omettent de mentionner la dégradation avérée des sols français, phénomène menaçant tout autant le potentiel de production à long terme. Par ailleurs, les nouvelles classes moyennes des pays émergents, amenées à tirer la demande mondiale dans les années à venir, deviennent exigeantes, et les normes environnementales publiques ou privées s'imposent de plus en plus comme des conditions d'accès aux marchés internationaux.

Troisièmement enfin, les auteurs considèrent que la situation de dépendance aux importations que connaissait la France au milieu du XX^e siècle était un facteur de vulnérabilité. Mais dans ce cas, comment affirmer que l'exportation de céréales vers les pays d'Afrique du Nord contribue à leur stabilité ? La notion de « double efficacité » (exportation et contribution au bien-être des populations) semble simplifier à l'excès la question complexe du lien entre commerce et sécurité alimentaire.

Ce livre ambitieux, à travers le prisme géopolitique, de redonner un nouvel élan à l'agriculture française. Il a le mérite de proposer de nouvelles clés de lecture sur la mondialisation et, bien que certaines idées méritent d'être discutées, apporte une contribution appréciable au débat sur les fonctions stratégiques de notre agriculture.

Alexandre Martin

Chargé de mission Économie
et politiques agricoles

Centre d'études et de prospective
MAAF

alexandre.martin@agriculture.gouv.fr

Abstracts and Key Words

Greenhouse gas emissions from agriculture: Mitigation potential, economic instruments, and cost-effectiveness

Stéphane De Cara, Bruno Vermont

Because of its contribution to greenhouse gas emissions, the agricultural sector will have to play a role in the global mitigation effort. It is of great economic importance that the mitigation potential in this sector be mobilized at the lowest possible cost for the society. This text synthesizes the methods, concepts and findings from studies in the applied economics literature that have addressed this issue. It examines the concept of cost-effectiveness and the role of economic instruments in this regard. The various methods used in the literature to assess mitigation potential and costs are compared. The implications of the findings from recent research addressing this issue in the French and European context are discussed.

Key words

Greenhouse gas emissions, Agriculture, Mitigation cost, Cost-effectiveness, economic instruments

From Kyoto to EU ETS: agriculture and agribusiness greenhouse gas emissions in carbon markets

Claudine Foucherot, Valentin Bellassen

Agriculture and the upstream and downstream agribusiness sectors have begun their transition to a less carbon intensive business model. However, this change cannot be completed without appropriate regulation and/or economic incentives, such as those provided by a carbon price. Sections 1 and 2 review the inter-country market ("Kyoto Protocol"), the European carbon market (EU ETS), and the role of agriculture in these market schemes. Following sections consider the role of agriculture in existing carbon offset mechanisms. The most frequent type of emissions reductions projects involves upstream emissions and energy substitution due to the specificities of agricultural production (fugitive emissions, transaction costs in the management of projects devised to reduce emissions, etc.). Given the current saturation of credits in compliance markets, voluntary carbon offset programs seem to open a path for a more thorough integration of agriculture in carbon markets.

Key words

Carbon markets, carbon credits, carbon offset, voluntary market, agriculture, agrobusiness, agri-food

Do private transaction costs prevent the adoption of technical measures mitigating greenhouse gas emission in the farm sector?

Laure Bamière, Stéphane De Cara, Lénaïc Pardon, Sylvain Pellerin, Élisabeth Samson, Pierre Dupraz

This article is based on a comprehensive study entitled *How can French agriculture contribute to reducing greenhouse gas emissions? Abatement potential and cost of ten technical measures* (Pellerin *et al.*, 2013), conducted by Inra and sponsored by the French national agency for the environment and energy savings (Ademe) and the ministries of Agriculture and Ecology. A significant mitigation potential of agricultural emissions in 2030 is possible by implementing technical adaptations only, neither questioning the existing farming systems and their location nor reducing farm production levels. Two thirds of this mitigation potential can be achieved with actions of moderate or even negative costs (less than 25 euros/tCO₂ avoided). These negative cost actions, also detected in similar studies conducted in other countries, raise questions. Why such technical options, reckoned to both reduce emissions and increase the farm operational profit, are not spontaneously implemented by farmers? This article examines to what extent this may be explained by transaction costs associated with the adoption of these actions.

Key words

Climate change, greenhouse gas emissions, agriculture, agronomy, economics, potential mitigation, abatement costs, transaction costs

Sensitivity of beef and sheep farms to climate risk and attractiveness of grassland insurance

Claire Mosnier, Simon Fourdin, Jean-Christophe Moreau, Anaïs Boutry, Émilie Le Floch, Michel Lherm, Jean Devun

The improvement of adapting capacities of beef and sheep farms toward weather hazards and the development of grassland insurance tools are an issue for a transition between the public schemes which compensates for natural hazard toward private insurance. This study aims first at analyzing the individual management of weather risk by the mean of production decisions. Impacts of weather hazards on technical and economical results are quantified according to weather shock intensity based on a panel data analysis of French beef and sheep farms over the period 2000-2009. Second, the motivation of farmers to subscribe grassland insurance is estimated thanks to qualitative and quantitative surveys.

Key words

Weather risk, sensitivity, adaptation, insurance

Debate: Viewpoints on agriculture and climate change

Nathalie de Noblet, Frédéric Levrault, Alexandre Meybeck

Three experts share their views on agriculture and climate change by answering key questions: What do scientists know about climate change and its impacts upon farming, in France and around the world? What are the role of agriculture in greenhouse gas emissions, the potential for mitigation, and the adaptation solutions? To what extent is it possible to balance action against climate change with other public policy goals and common goods, such as biodiversity, food security or water resource management?

Key words

Climate change, greenhouse gas emissions, agriculture, mitigation, adaptation, climate smart agriculture

Extensive management of forage areas: Environmentally beneficial farming practices extinction risks

Alexandra Rossi, Eric Pottier, Pierre Defrance, Jean Devun, Sylvie Granger

This article presents the main results of a study commissioned by the French ministry of Agriculture as part of the implementation of agri-environmental and climate schemes of the Common Agricultural Policy for the period 2014-2020. The study aimed at: identifying grassland extensive management practices providing environmental services ; assessing the threats of extinction of these practices; measuring the farmers' opportunity costs to keep on with these management practices. An inventory of extensive agricultural management practices at different spatial scales (plot, farm, landscape) has been devised. Surveys of farmers as well as the analysis of trend changes in cropping patterns from the agricultural census 2000 and 2010 were led to pinpoint the main factors of management changes in the long term. Change scenarios were sketched, for a limited number of test cases in cattle and sheep breeding: Normandy, Charolais, Northern Alps and South-East. Technical and economic simulations finally were undertaken to assess the expected economic results in changes in each of these scenarios.

Key words

Ecosystemic services, environmental services, forage, meadows, extensive, breeding

Notes et études socio-économiques - Numéros parus

Retrouvez le texte intégral des articles et tous les sommaires de *Notes et Études Socio-Économiques* sur internet :

<http://agriculture.gouv.fr/centre-d-etudes-et-de-prospective>

- Rubrique **Publications du CEP > Notes et études socio-économiques**

<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr>

- Rubrique **Publications > Notes et études socio-économiques**

Et abonnez-vous à l'alerte électronique en envoyant un message à l'adresse :

revue-nese.sg@agriculture.gouv.fr avec le sujet « **abonnement** »

N° 28 - septembre 2007

- Indicateurs de développement durable : un outil de diagnostic et d'aide à la décision
- Renforcer les politiques publiques agricoles en Afrique de l'Ouest et du Centre : pourquoi et comment ?
- Impact d'une libéralisation du commerce agricole entre l'Union européenne et la Turquie

N° 29 - décembre 2007

- Les exploitations laitières : des situations régionales contrastées
- Les exploitations de bovins viande : une tendance à l'extensification
- Les exploitations de grandes cultures : la nécessaire maîtrise des coûts de production
- Les planteurs de betteraves spécialisés : des atouts pour gérer la transition

N° 30 - mars 2008

- Assurer les calamités agricoles ?
- La gestion des risques en agriculture
De la théorie à la mise en œuvre : éléments de réflexion pour l'action publique
- Gestion des risques de prix et de revenu en production porcine au Canada : quels enseignements pour la France ?
- Les marchés à terme agricoles en Europe et en France
- La gestion des risques appliquée à l'Aide Publique au Développement : la nécessité d'une politique globale de gestion des risques

N° 31 - juillet 2008

- La mise en œuvre des DPU dans les états membres de l'Union européenne
- Le scénario central 2005-2012 du modèle MAGALI : application de la réforme de juin 2003
- Les effets de la réforme de la PAC sur la consommation d'eau agricole : simulation des impacts du découplage des aides

N° 32 - mars 2009

- L'emploi et la compétitivité des filières de fruits et légumes : situation française et comparaison européenne
- La place du travail salarié dans la gestion des exploitations agricoles
- Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : l'indicateur de fréquence de traitement

N° 33 - novembre 2009

- L'évaluation *ex post* du PDRN : un regard instructif sur le passé pour améliorer l'avenir
- Le soutien à l'agroenvironnement en France sur la période 2000-2006
- Les politiques de développement des territoires ruraux

N° 34 - décembre 2010

- La PAC et ses mécanismes actuels et futurs de régulation des marchés agricoles
- Ukraine : une approche comparée des dynamiques et performances économiques des structures agricoles
- Terres cultivables et terres cultivées : apports de l'analyse croisée de trois bases de données à l'échelle mondiale

N° 35 - octobre 2011

- L'utilisation des pesticides en France : état des lieux et perspectives de réduction
- Le Conseil Scientifique de l'Agriculture Biologique identifie 8 priorités de recherche-développement
- Le Grenelle de l'environnement et la certification environnementale des exploitations agricoles : un exemple de conception participative
- Vers un affichage environnemental sur les produits alimentaires : contexte, enjeux et méthodes
- Essor et mutation de la production porcine dans le bassin nord-européen : émergence d'un modèle d'élevage transfrontalier inédit

N° 36 - juin 2012

- L'analyse socio-économique à l'appui des politiques de gestion des risques sanitaires des aliments
- Analyse coût-bénéfice de la réglementation sur le confinement de la chrysome des racines du maïs
- Les modèles économiques et l'instabilité des marchés agricoles
- *Evidence-based policy* : de la médecine aux politiques agricoles ? les enjeux d'une approche méconnue en France
- L'utilisation de la donnée chiffrée dans le pilotage et l'évaluation des politiques publiques. Le cas des politiques de développement rural
- L'OCDE et les politiques agricoles : une analyse critique

N° 37 - janvier-juin 2013

- Économies d'échelle et économies de gamme en production laitière
- Changement de paradigme et création de valeur ajoutée en agriculture : le cas des systèmes bovins herbagers économes du Bocage poitevin
- Quelle évaluation économique pour les services écosystémiques rendus par les prairies en France métropolitaine ?
- Le suivi des prix et des marges pour l'analyse de la formation des prix au détail des produits alimentaires
- La compétitivité agricole du Brésil : le cas des filières d'élevage

Recommandations aux auteurs

● Format

Les manuscrits sont présentés sous format Word ou Writer en police de taille 12. Ils ne dépassent pas 50 000 signes espaces inclus, y compris tableaux, graphiques, bibliographie et annexes.

Sur la première page du manuscrit doivent figurer :

- le titre de l'article ;
- le(s) nom(s) de(s) auteur(s) et leur(s) institution(s) ;
- le résumé de l'article (800 signes espaces compris) en français et en anglais ;
- trois à six mots-clés en français et en anglais.

Toutes les sources des chiffres cités doivent être précisées. Les sigles doivent être explicités. Lorsque l'article s'appuie sur une enquête, des traitements de données, etc., un encadré présentant la méthodologie est souhaité. Pour une meilleure lisibilité, les notes de bas de page doivent être limitées en nombre et en longueur.

Les références bibliographiques sont présentées ainsi :

- a** - Dans le texte ou les notes, chaque référence citée est constituée du nom de l'auteur et de l'année de publication entre parenthèses, renvoyant à la bibliographie en fin d'article. Par exemple : (Griffon, 2004).
- b** - À la fin de l'article, les références sont classées par ordre alphabétique d'auteurs et présentées selon les normes suivantes :
 - pour un ouvrage : nom de l'auteur, initiale du prénom, année, *Titre d'ouvrage*, ville, maison d'édition ;
 - pour un article : nom de l'auteur, initiale du prénom, année, « Titre d'article », *Revue*, n° de parution, mois, pages.

Seules les références explicitement citées ou mobilisées dans l'article sont reprises en fin d'article.

● Compléments pour mise en ligne de l'article

Dans la perspective de la publication de l'article sur le site internet du CEP et toujours selon leur convenance, les auteurs sont par ailleurs invités à :

- adresser le lien vers leur(es) page(s) personnelle(s) à caractère « institutionnelle(s) » s'ils en disposent et s'ils souhaitent la(les) communiquer ;
- communiquer une liste de références bibliographiques de leur choix utiles pour, contextualiser, compléter ou approfondir l'article proposé ;
- proposer une liste de lien vers des sites Internet pertinents pour se renseigner sur le sujet traité ;
- proposer, le cas échéant, des annexes complémentaires ou des développements utiles mais non essentiels (précisions méthodologiques, exemples, etc.) rédigés dans la phase de préparation de l'article mais qui n'ont pas vocation à intégrer la version livrée, limitée à 50 000 caractères. Ces compléments, s'ils sont publiables, viendront enrichir la version Internet de l'article.

● Procédure

Tout texte soumis est lu par au moins 3 membres du comité de rédaction. Deux fiches de lecture rédigées par un des membres du comité de rédaction et par un expert extérieur sont transmises aux auteurs. La décision de publication est prise collectivement par le comité de rédaction. Tout refus est argumenté.

Les manuscrits sont à envoyer, en version électronique uniquement, à :

- Florent Bidaud, secrétaire de rédaction : florent.bidaud@agriculture.gouv.fr
- Bruno Héroult, rédacteur en chef : bruno.herault@agriculture.gouv.fr

● Droits

En contrepartie de la publication, l'auteur cède à la revue *Notes et Études Socio-Économiques*, à titre exclusif, les droits de propriété pour le monde entier, en tous formats et sur tous supports, et notamment pour une diffusion, en l'état, adaptée ou traduite. À la condition qu'il demande l'accord préalable à la revue *Notes et Études Socio-Économiques*, l'auteur peut publier son article dans un livre dont il est l'auteur ou auquel il contribue à la condition de citer la source de première publication, c'est-à-dire la revue *Notes et Études Socio-Économiques*.

Notes et études socio-économiques

Tous les articles de *Notes et Études Socio-Économiques* sont téléchargeables gratuitement sur :

<http://agriculture.gouv.fr/centre-d-etudes-et-de-prospective>

- Rubrique **Publications du CEP > Notes et études socio-économiques**

<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr>

- Rubrique **Publications > Notes et études socio-économiques**

Abonnement à l'alerte électronique en envoyant un message à l'adresse :

revue-nese.sg@agriculture.gouv.fr avec le sujet « **abonnement** »

Notes et études socio-économiques

Ministère de l'Agriculture,
de l'Agroalimentaire et de la Forêt
Secrétariat Général
Service de la Statistique et de la Prospective
Centre d'études et de prospective

Renseignements :

Service de la Statistique et de la Prospective
Centre d'Études et de Prospective
12, rue Henri-Rol-Tanguy -
TSA 70007 -
93555 Montreuil sous Bois Cedex

tél. : 01.49.55.85.85

Diffusion :

Service de la Statistique et de la Prospective
Bureau des ventes - BP 32688
31326 - Castanet Tolosan cedex

Vente au numéro : agreste-ventes@agriculture.gouv.fr
fax : 05.61.28.93.66

Abonnement : tél. : 05.61.28.93.05