



Agriculture et changement climatique

Laure Bamière, Stéphane De Cara, Lénaïc Pardon,
Sylvain Pellerin, Élisabeth Samson, Pierre Dupraz

- Coûts de transaction privés et adoption de mesures d'atténuation des émissions de GES

NESE n° 38, Juin 2014, pp. 53-71

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 : SSP - BSS

Dépôt légal : à parution

ISSN : 2259-4841

Renseignements et diffusion : voir page 4 de couverture

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>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>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>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>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>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>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>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>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>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>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.

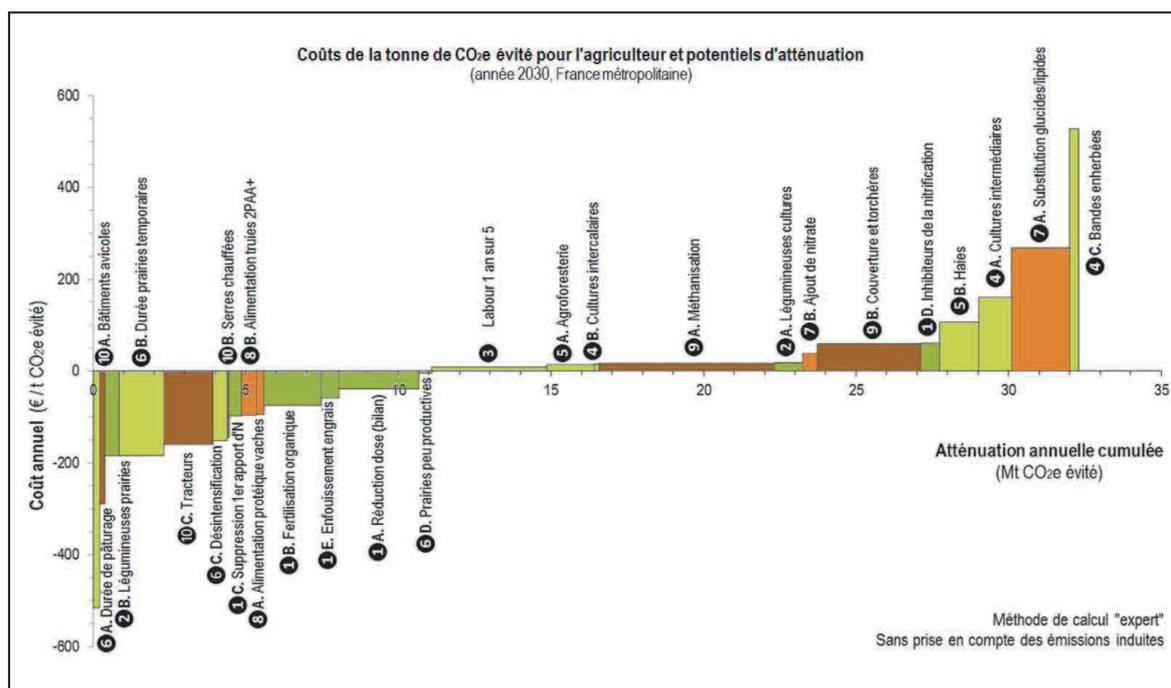
Ces sources de données ont été complétées par d'autres sources lorsque c'était nécessaire (cf. tableau 2).

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

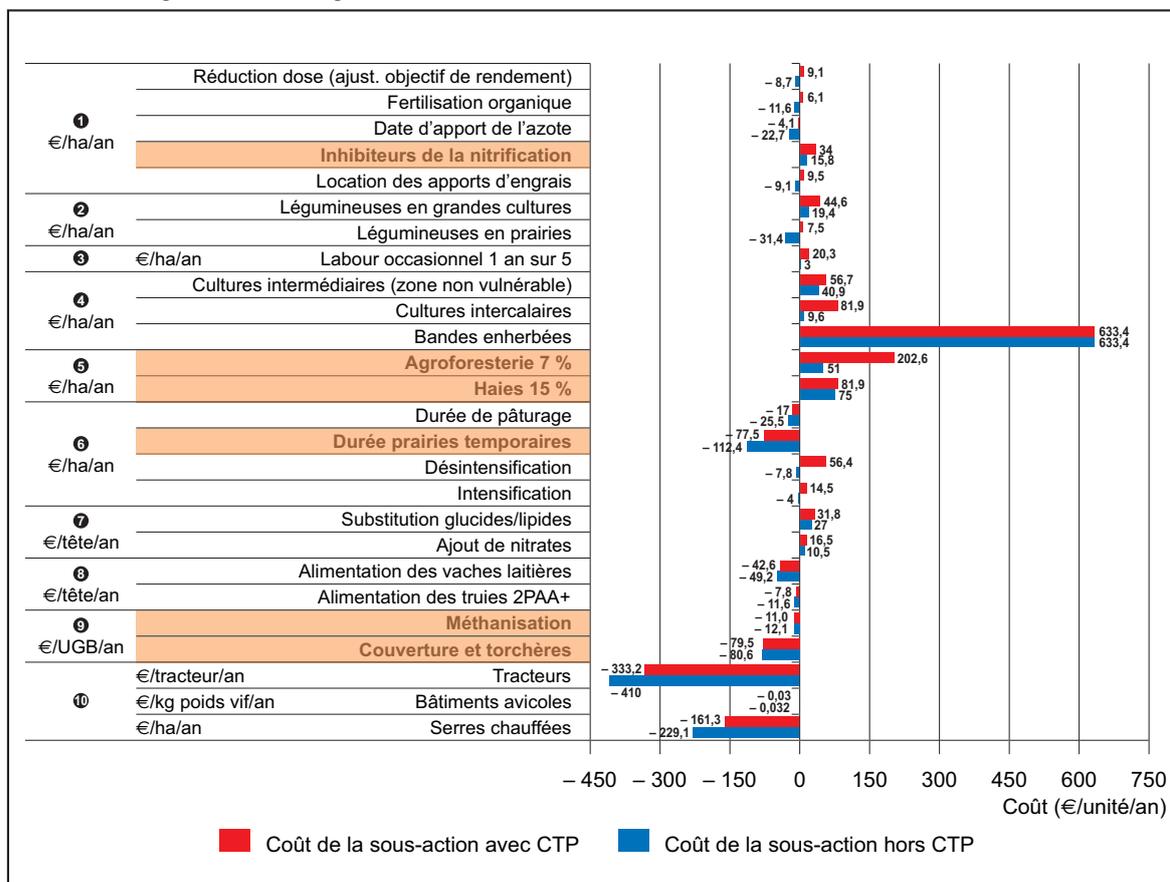
Un coût positif représente un coût pour l'agriculteur, un coût négatif un gain. Les sous-actions pour lesquelles la formule est utilisée hors de son domaine de validation sont représentées en italique.

		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)
- Mettepinningen 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.

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