



La précédente Politique Agricole Commune (2003-2013) a réduit les émissions agricoles françaises

Mathilde Baudrier, Valentin Bellassen, Claudine Foucherot

► To cite this version:

Mathilde Baudrier, Valentin Bellassen, Claudine Foucherot. La précédente Politique Agricole Commune (2003-2013) a réduit les émissions agricoles françaises. [Travaux universitaires] 2015/3, auto-saisine. 2015, 36 p. [+ 32 p. annexes]. <hal-01152980>

HAL Id: hal-01152980

<https://hal.science/hal-01152980v1>

Submitted on 18 May 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



Centre d'Economie et Sociologie
appliquées à l'Agriculture et aux Espaces Ruraux

La précédente politique agricole commune (2003-2013) a réduit les émissions agricoles françaises.

Mathilde Baudrier

Valentin Bellassen

Claudine Foucherot

Working Paper

2015/3

LA PRECEDENTE POLITIQUE AGRICOLE COMMUNE (2003-2013) A REDUIT LES EMISSIONS AGRICOLES FRANÇAISES

Mathilde Baudrier¹, Valentin Bellassen² et Claudine Foucherot³

En septembre 2013, les institutions européennes ont ratifié la réforme de la politique agricole commune pour 2014-2020 avec de nouveaux objectifs visant à lutter contre le changement climatique qui devient donc un objectif officiel de la Politique agricole commune (PAC). Pour autant, l'impact de la PAC sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) n'a pas commencé en 2014, même s'il était jusque-là un effet collatéral des mesures visant d'autres objectifs. Cette Etude Climat évalue les émissions évitées et induites de la PAC 2003-2013 sur la base des différentes mesures modifiées en France pendant cette période.

Une liste de 20 mesures majeures a été établie. Ces mesures respectaient les trois critères suivants :

- la mesure a potentiellement un impact sur les émissions de GES ;
- un budget alloué supérieur à 20 millions d'euros annuels ;
- la mesure a été créée ou a subi une modification entre 2003 et 2013.

Leur impact, positif ou négatif, sur les émissions de GES a ensuite été estimé à l'échelle unitaire (hectare, animal, mètre carré de serre, etc.), à l'échelle nationale (MtCO₂e par an) et relativement à la quantité de produit (tCO₂e par litre de lait, quintal de blé, etc.).

Ces mesures incitent quasiment toutes à la réduction des émissions, quelle que soit la métrique considérée : tCO₂e par hectare ou par quantité de produit. Toutefois, dans une petite moitié des cas, l'incitation n'est pas jugée efficace : les données d'activités (eg. surface de prairies, quantité d'animaux, etc.) évoluent dans le sens opposé à l'effet attendu de la mesure. L'effet de l'autre moitié des mesures est estimé à plus de 2 millions de tCO₂e par an, soit de l'ordre de 2 % des émissions du secteur Agrofourrure-Agriculture-Agroalimentaire en 2011. Les deux tiers de ces réductions sont attribués à trois types de mesures : incitations à l'utilisation raisonnée des intrants (Plan végétal pour l'environnement, Plan de performance énergétique, formation), prime herbagère agroenvironnementale et aides couplées aux légumineuses à graines.

Ce chiffrage a principalement vocation à ouvrir le débat. Les hypothèses qui sous-tendent les chiffrages nationaux sont grossières et les résultats ne sauraient donc constituer une évaluation robuste de l'efficacité des mesures correspondantes. Les évaluations unitaires de chaque mesure nous semblent en revanche robustes, et constituent ainsi une référence utile sur l'impact potentiel de différents types de soutiens publics sur les émissions agricoles.

¹ Mathilde Baudrier était chargée de recherche au sein du pôle « mécanismes de projets, agriculture, forêt » lors de la rédaction de cette étude.

² Valentin Bellassen est chargé de recherche à l'INRA (UMR 1041 CESAER) – valentin.bellassen@dijon.inra.fr

³ Claudine Foucherot est chargée de recherche au sein du pôle « mécanismes de projets, agriculture, forêt » – claudine.foucherot@cdcclimat.com | +33 1 58 50 99 77

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier tous ceux qui les ont aidé dans la rédaction de ce rapport.

Nous remercions, en particulier Philippe Touchais (APCA), Claire Chenu (AgroParisTech), Sylvain Pellerin (INRA), Joseph Lunet (MEDDE), Jean-Baptiste Faure (MAAF), Claire Devineau (MEFI), Maud Anjuere (MEFI), Etienne Mathias (CITEPA), Daniel Rodier (SSP), Catherine Brocas (IDELE), Aurélien Million (MAAF), Pierre Claquin (MAAF) d'avoir pris le temps de répondre à nos questions et/ou d'avoir relu une version préliminaire de cette étude.

Directeur de publication : Benoît Leguet - ISSN 2101-4663

Contact presse : Maria Scolan - 01 58 50 32 48 - maria.scolan@cdccclimat.com

Cette publication est intégralement financée par l'établissement public « Caisse des Dépôts ». CDC Climat ne participe pas au financement de ces travaux.

La Caisse des Dépôts n'est en aucun cas responsable de la teneur de cette publication.

Cette publication ne constitue pas une analyse financière au sens de la réglementation.

La diffusion de ce document ne constitue ni (i) la fourniture d'un conseil de quelque nature que ce soit, ni (ii) la prestation d'un service d'investissement ni (iii) une offre visant à la réalisation d'un quelconque investissement.

Les marchés et actifs objets des analyses contenues dans ce document présentent des risques spécifiques. Les destinataires de ce document sont invités à requérir les conseils (notamment financiers, juridiques et/ou fiscaux) utiles avant toute décision d'investissement sur lesdits marchés.

Les travaux objets de la présente publication ont été réalisés à titre indépendant par l'équipe de CDC Climat Recherche. Des mesures organisationnelles en place au sein de CDC Climat renforcent l'indépendance matérielle de cette équipe. Cette publication reflète donc les seules opinions de l'équipe CDC Climat Recherche, à l'exclusion des équipes opérationnelles ou filiales de CDC Climat.

Les conclusions de ces travaux ne lient d'aucune manière l'action des équipes opérationnelles (en charge de l'investissement et du service aux marchés) ou filiales de CDC Climat. CDC Climat n'est pas un prestataire de services d'investissement.

ACRONYMES

AB	: Agriculture biologique
AC	: Agriculture Conventionnelle
ADEME	: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie
BAU	: Business-as-usual
BCAE	: Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales
CH ₄	: Méthane
CITEPA	: Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CO ₂	: Dioxyde de carbone
EF	: Facteur d'émission
FEADER	: Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural
FEAGA	: Fonds Européen Agricole de Garantie
GES	: Gaz à effet de serre
GIEC	: Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
ICHN	: Indemnités compensatoires d'handicaps naturels
INRA	: Institut National de la Recherche Agronomique
MAE	: Mesure Agroenvironnementale
MAAF	: Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
Mha	: Millions d'hectares
N ₂ O	: Protoxyde d'azote
NH ₃	: Ammoniac
PAC	: Politique Agricole Commune
PHAE	: Prime Herbagère Agroenvironnementale
PMBE	: Plan de Modernisation des Bâtiments d'Elevage
PMTVA	: Prime au Maintien de Troupeau de Vaches Allaitantes
PDRH	: Programme de Développement Rural Hexagonal
PPE	: Plan de Performance Energétique
PRG	: Pouvoir de Réchauffement Global
PA	: Prairie Artificielle
PP	: Prairie Permanente
PT	: Prairie Temporaire
PVE	: Plan Végétal pour l'Environnement
SAU	: Surface Agricole Utile
SFEI	: Système Fourrager Econome en Intrants
UGB	: Unité de Gros Bétail
UTCF	: Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt

SOMMAIRE

ACRONYMES	3
1 CONTEXTE ET METHODE	5
1.1 Agriculture et émissions de GES en France	5
1.2 La PAC, de l'indépendance alimentaire au verdissement	5
1.3 Comment évaluer l'impact de la PAC sur les émissions de gaz à effet de serre ?	8
2 CULTURES	13
2.1 Evolution des pratiques culturales	13
2.2 L'implantation de couverts herbacés, arbustifs ou arborés permet de diminuer l'apport d'intrants et de stocker davantage de carbone	16
2.3 La diversification des cultures et l'incorporation de légumineuses dans la rotation réduisent les consommations d'intrants	18
2.4 Le découplage des aides couplées liées aux grandes cultures n'a pas eu d'impact sur la production	19
3 ELEVAGE ET DES PRAIRIES	19
3.1 Les émissions liées au retournement des prairies ont augmenté malgré deux BCAE dédiées à leur maintien	20
3.2 Une tonne de CO ₂ e par hectare et par an évitée en prairie grâce aux BCAE sur les couverts herbacés et arborés	21
3.3 Le maintien volontaire des prairies réduit les émissions de GES	22
3.4 Le soutien de l'élevage en zones défavorisées est potentiellement source de GES	24
3.5 Le découplage des aides	25
4 EFFICACITE ET SUBSTITUTION ENERGETIQUE	27
4.1 Efficacité énergétique	26
4.2 Substitution énergétique	27
5 SYNTHESE, LIMITES ET CONCLUSION	28
5.1 Les modifications de la PAC sur 2003-2013 ont fait baisser les émissions de plus de 2 MtCO ₂ e	28
5.2 Principales limites	30
5.3 Evolution de la nouvelle PAC	31
BIBLIOGRAPHIE	33
ANNEXE I. CALCULS DES BILANS D'EMISSIONS DE GES DANS LE SECTEUR DES CULTURES	
ANNEXE II. DETAILS DES CALCULS DE BILAN D'EMISSIONS DES AIDES A L'ELEVAGE	
ANNEXE III. BILAN GAZ A EFFET DE SERRE DE QUELQUES USAGES DES TERRES	
N.B. : Les annexes constituent un fichier séparé, téléchargeable sur www.cdclimat.com	

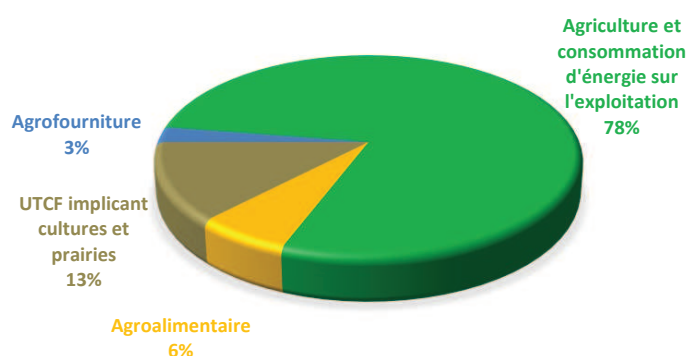
1 CONTEXTE ET METHODE

Cette Etude Climat donne un aperçu des mesures de la politique agricole commune (PAC) qui impactent, directement ou indirectement, les émissions françaises agricoles de GES. La partie I présente le fonctionnement et l'évolution de la PAC depuis sa mise en œuvre en 1962 et la méthode utilisée pour la quantification de son influence sur l'atténuation du changement climatique. Les parties II à IV détaillent, pour chacune des 20 mesures identifiées comme ayant un impact conséquent sur les émissions, les résultats de cette quantification sous l'angle des trois sous-secteurs que sont les cultures (partie II), l'élevage (partie III) et l'énergie comprenant l'efficacité énergétique et la substitution énergétique (partie IV). Enfin, la partie V agrège ces analyses mesure par mesure pour dégager le bilan global de la PAC sur les émissions françaises de GES.

1.1 Agriculture et émissions de GES en France

La filière Agrofourmiture, Agriculture, Agroalimentaire (AAA) a émis, en France, en 2011, 115 MtCO₂e (CITEPA, 2013a), soit 23 % des émissions nationales hors émissions et séquestration dans la biomasse et les sols (UTC¹). L'ajout des émissions et séquestration UTCF impliquant des cultures ou des prairies portent ce chiffre à 132 MtCO₂e (Figure 1), principalement du fait des conversions de prairies en cultures et de l'urbanisation des terres agricoles.

Figure 1. Répartition des émissions de la filière AAA en 2011 (total avec UTCF : 132 MtCO₂e)



Source : CDC Climat Recherche avec les données du CITEPA (2013a) et de European Environment Agency (2014). Le secteur « Agrofourmiture » regroupe les activités de production d'engrais, de semence et d'autres. Toutes les données correspondent à l'année 2011 sauf pour les producteurs d'engrais (2013).

L'agriculture au sens strict est le premier secteur émetteur de protoxyde d'azote (N₂O) et de méthane (CH₄), respectivement responsable de 89 % et 75 % des émissions nationales (hors UTCF) (CITEPA, 2013a). Les émissions sont principalement dues aux fermentations entériques, aux déjections des animaux d'élevage et aux intrants apportés aux sols.

1.2 La PAC, de l'indépendance alimentaire au verdissement

Du fait notamment de son imposant budget annuel de 8,8 milliards d'euros pour la France (Toute l'Europe, 2013), la Politique agricole commune (PAC) a un rôle majeur sur la structure de la filière et donc sur ses émissions à l'échelle européenne et française.

¹ UTCF : Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt

1.2.1 Trois principes fondamentaux pour une concrétisation de la PAC

La politique agricole commune a été mise en place en 1962 par le traité de Rome de 1957. La Communauté économique européenne (CEE) assigne alors cinq objectifs à l'agriculture européenne, qui sont toujours au moins partiellement d'actualité :

- accroître la productivité de l'agriculture ;
- assurer un niveau de vie acceptable pour la population agricole ;
- stabiliser les marchés ;
- garantir la sécurité des approvisionnements ;
- assurer des prix raisonnables aux consommateurs.

Dès lors, trois principes ont été instaurés pour concrétiser cette politique agricole commune. L'unicité du marché permettant une harmonisation des prix et une libre circulation des biens agricoles, le principe de préférence communautaire visant à valoriser les biens de la CEE et ainsi taxer les produits venant des pays tiers, et enfin le principe de solidarité financière qui fait en sorte que la PAC soit financée par tous les Etats membres indépendamment de l'importance de leur agriculture.

1.2.2 Ancrage de la préoccupation environnementale dans la réforme de 1992 (PAC 1993-2002)

L'enjeu de la réforme de 1992 était de pallier les dysfonctionnements des marchés et de conclure les accords internationaux dans le cadre du GATT. Cette réforme vise cinq objectifs principaux (François et al., 1998) :

- assurer la mise en œuvre progressive des accords du GATT, et donc de la baisse des droits de douane sur les commodités agricoles ;
- permettre la reconquête du marché intérieur, en particulier celui de l'alimentation animale, par les céréales européennes ;
- maîtriser la production et la croissance excessive des dépenses budgétaires ;
- diminuer l'inégalité de la distribution des soutiens à l'agriculture ;
- réorienter l'agriculture vers un modèle plus soucieux de l'environnement et de l'aménagement du territoire.

Cette réforme a donc été principalement marquée par la baisse progressive des prix d'interventions permettant un réajustement avec les cours mondiaux et la mise en place des paiements directs aux agriculteurs pour compenser cette baisse des prix. Pour pouvoir toucher ces aides directes, les agriculteurs devaient geler une partie de leurs terres dans le secteur céréaliier. Dans le secteur de la viande bovine, les exploitations extensives, jugées plus respectueuses de l'environnement, reçoivent une aide supplémentaire par rapport aux exploitations intensives.

Même si d'autres mesures introduites primaient les méthodes respectueuses de l'environnement, telles que les contrats territoriaux d'exploitation, la réforme de 1992 était centrée principalement sur la résolution des problèmes de marchés.

1.2.3 Les trois temps de la PAC 2003-2013

La réforme Agenda 2000

La réforme *Agenda 2000* fut adoptée en raison de l'entrée de nouveaux pays dans l'Union européenne et des engagements pris dans le cadre de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC). Un « second pilier » est créé : il institutionnalise, fédère et conforte les soutiens de la PAC au développement rural, au-delà de la seule production agricole. L'abondement de ce second pilier a été réalisé sans augmentation du budget de la PAC, et a donc entraîné une révision à la baisse des prix d'interventions des différentes organisations communes de marchés.

L'accord de Luxembourg en 2003

A mi-parcours de la réforme *Agenda 2000*, la Commission européenne proposa une nouvelle réforme dont la principale modification fut le découplage des aides, opéré en 2006. Ce découplage, ou régime de paiement unique, impliquait une indépendance entre le montant de l'aide et le niveau de production de l'exploitation. Toutefois, pour ne pas risquer un abandon des terres à handicap, les Etats membres pouvaient combiner le régime de paiement unique dans les secteurs de grandes cultures et bovins avec le maintien de certaines aides couplées.

Dès lors que les aides sont découplées, la maximisation des revenus ne passe plus systématiquement par une maximisation de la production, surtout dans un contexte où le prix des intrants augmente. De ce raisonnement économique classique, nous pouvons déduire que cette réforme a induit probablement une baisse de la consommation des intrants et donc une baisse des émissions. En France par exemple, la consommation d'engrais minéraux a diminué de 24 % entre 1990 et 2010, et Delcour et al. (2013) attribue partiellement cette baisse au découplage des aides. Cependant, ce phénomène n'a pas été formellement démontré à l'échelle européenne.

De plus, une éco-conditionnalité est introduite pour les paiements du régime de paiement unique. Les droits à paiement unique sont assujettis au respect d'exigences réglementaires européennes en matière de gestion (ERMG) et d'une liste de bonnes conditions agronomiques et environnementales (BCAE) touchant au bien-être animal, à la santé et sécurité alimentaire et à l'environnement (voir partie 2.2 et 3.1). En cas de non-respect de cette conditionnalité, les paiements uniques sont partiellement diminués de 1 % à 3 % pour des anomalies mineures, voire totalement supprimés en cas de refus de contrôle (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2013).

Enfin, l'accord du Luxembourg renforce le nouveau « second pilier » doté de 26 % du budget total avec une modulation financière de 5 % entre les deux piliers (Berthelot et al., 2011). Cette ligne de soutien au développement rural permet de financer entre autres des mesures respectueuses de l'environnement, telles que les mesures agro-environnementales.

Le bilan de santé de la PAC en 2008

Le « bilan de santé » de la PAC fut lancé avec trois objectifs majeurs :

- rendre le régime de paiement unique plus efficace et plus rationnel ;
- réfléchir à la pertinence des instruments de soutien du marché ;
- appréhender les nouveaux enjeux tels que la préservation de la biodiversité, le changement climatique, la gestion durable de l'eau et le développement des énergies renouvelables.

Les actions initiées par la réforme de 2003 sont poursuivies lors du bilan de santé de 2008. Notamment, la Commission instaure un accroissement de découplage des aides et de nouveaux transferts de fonds entre le budget des aides directes et celui du développement rural. En France, les aides couplées sont restreintes à certaines situations d'élevage, ainsi qu'aux protéagineux et légumineuses fourragères. De nouveaux objectifs sont fixés pour le second pilier :

- consolider l'économie et l'emploi des territoires (notamment les productions fragiles comme le lait en montagne) ;
- instaurer un nouveau soutien pour l'élevage à l'herbe et un soutien aux fourrages (par exemple une aide aux protéagineux et légumineuses fourragères) ;
- accompagner le développement durable (mesure de soutien à l'agriculture biologique) ;
- instaurer un dispositif de gestion des risques (mise en place d'un soutien à l'assurance récolte).

De surcroît, la mise en jachère obligatoire, rendue caduque par l'étendue des découplages d'aides, a été supprimée même si certaines mesures du second pilier continuent de soutenir, localement et au cas par cas, le gel des terres.

1.2.4 Deux piliers en vue d'une action européenne étendue

La description faite ici des deux piliers de la PAC correspond à la structuration de la PAC telle qu'elle était avant la réforme de 2014. Les montants correspondent à la moyenne de dépense publique en France (UE + Etat + régions) sur le cadre pluri-annuel 2007-2013 (European Commission, 2014).

Le premier pilier : 8,5 milliards d'euros par an gérés par le FEAGA

Le premier pilier de la PAC est organisé de manière centralisée et avec deux principaux outils :

- l'organisation commune du marché unique ;
- les paiements directs aux exploitations.

Lors de la création de la PAC, afin d'orienter la production agricole et de stabiliser les marchés, les six Etats membres de la CEE mirent en place des organisations communes de marchés. Ces organisations étaient soumises aux trois principes fondamentaux de la PAC, et leurs principaux moyens d'action étaient les prix communs, l'intervention pour le soutien des prix et la réglementation des échanges avec les pays tiers. En 2007, une organisation commune de marché unique a codifié tous les régimes de régulation des marchés en vigueur.

De plus, un facteur majeur du premier pilier est l'instauration de paiements directs, aides couplées ou découplées. A l'origine, les aides aux exploitations étaient de nature productiviste mais le découplage des aides a eu pour but d'adapter l'offre à la demande et de stabiliser les revenus des agriculteurs européens. Ces paiements uniques représentent 82 % du total des dépenses du FEAGA, fonds européen agricole de garantie.

Le second pilier : 1,8 milliard d'euros par an en dépenses publiques, moitié budget européen (FEADER), moitié France (Etat et régions)

Le second pilier était composé de quatre axes, financés par le FEADER, fonds européen agricole pour le développement rural. En France, la politique de développement rural était encadrée par le programme de développement rural hexagonal (PDRH), appliqué de 2007 à 2013. Ce PDRH était composé de 4 axes et décliné en 40 mesures applicables sur l'ensemble du territoire (socle national) ou suivant la décision des Régions (volet régional).

- Axe 1 : améliorer la compétitivité des secteurs agricoles et forestiers. Cet axe est composé de quatorze mesures, dont trois non appliquées de 2007 à 2013. Elles visent à améliorer les connaissances des agriculteurs, à restructurer et développer le capital physique, à améliorer la qualité de la production et des produits.
- Axe 2 : améliorer l'environnement et l'espace rural. Cet axe est très intéressant pour la suite de notre étude, puisqu'il comprend treize mesures (5 non activées sur 2007-2013), dont les mesures agro-environnementales et les indemnités liées aux zones à handicaps naturels, des instruments majeurs permettant de préserver l'environnement et notamment de lutter contre le changement climatique.
- Axe 3 : améliorer la qualité de vie en milieu rural et la diversification de l'économie rurale. Cet axe est principalement centré sur huit mesures, dont une non appliquée sur 2007-2013 : la diversification de l'économie rurale notamment par le développement du tourisme, la création de micro-entreprises, le développement de l'économie et de la population rurales, etc.
- Axe 4 : lien entre actions de l'économie rurale (LEADER). Cet axe consiste à mettre en place des stratégies locales, principalement via des « groupes d'action locale ».

1.3 Comment évaluer l'impact de la PAC sur les émissions de gaz à effet de serre ?

1.3.1 Pas de synthèse quantitative existante

Peu d'études s'intéressent à ce qu'a accompli ou à ce que pourrait accomplir la PAC en matière d'atténuation des émissions de GES. A l'échelle européenne, l'étude d'impact rédigée par la Commission européenne pour la PAC 2014-2020 ne fait qu'effleurer le sujet : l'annexe 2B fournit une évaluation

qualitative des effets de mesures sélectionnées (e.g. le maintien des prairies permanentes) sur les émissions, mais sans tentative de quantification (European Commission, 2011). Par ailleurs, l'étude d'impact conclut à la possibilité d'accroître la réduction des émissions de GES et de la séquestration de carbone mais aussi l'existence de réduction d'émissions indirectes à travers la production de bioénergie et de matières renouvelables. Le projet MEACAP (Osterburg et al., 2008) a également fourni des éléments d'évaluation mais ils demeurent essentiellement qualitatifs ou prospectifs.

A l'échelle française, une autre étude qualitative s'attaque à l'impact des mesures du Programme de Développement Rural de l'Hexagone, dit PDRH, correspondants aux mesures du second pilier de la PAC, en matière d'émissions (Van BUNNEN et al., 2006). Là encore, aucune quantification de l'impact n'est réalisée. Van BUNNEN et al. (2006) conclut que les effets du PDRH sur le changement climatique restent faibles et sont liés à l'encouragement des biocarburants et des énergies renouvelables. Toutefois leur analyse ne prend pas en compte le stockage de carbone dans les sols agricoles.

Des études quantitatives ont toutefois été publiées sur certaines mesures de la PAC ou sur des pratiques agricoles soutenues par la PAC. Chabé-Ferret et Subervie (2012) présente une estimation de l'effet d'aubaine et de l'additionnalité de 4 mesures agro-environnementales (MAE). Pellerin et al. (2013a) évalue le potentiel d'atténuation de dix pratiques dont certaines correspondent à des sous-mesures de la politique agricole commune. Enfin, Le Rohellec et al. (2010) a quantifié les réductions d'intrants et des consommations énergétiques dues à la MAE « Système fourrager économe en intrants » dans les exploitations laitières de l'ouest, qui représentaient près des deux tiers des surfaces engagées dans cette MAE.

1.3.2 Périmètre de l'étude : émissions directes, indirectes et émissions induites de 20 mesures majeures

Emissions directes et émissions induites

Cette étude se restreint à l'agriculture au sein de la PAC. Les aides à la sylviculture, qui représentent de toute façon une faible part des montants totaux, ont été écartées. Par ailleurs, elle couvre le périmètre français.

En matière d'émissions générées ou évitées par la PAC, l'étude prend en compte les émissions sur lesquelles l'agriculteur a un levier direct. Il s'agit bien sûr des émissions directes au niveau de l'exploitation (e.g. volatilisation des apports azotés au champ sous forme de N_2O , émissions de CO_2 dues à la consommation de carburant des machines agricoles), mais aussi des émissions indirectes (e.g. volatilisation au niveau des cours d'eau des nitrates lixiviés) et des émissions induites par l'agrofourmiture (e.g. émissions liées à la fabrication des engrais). De même, les réductions d'émissions liées à un usage énergétique de la biomasse (e.g. méthanisation) sont prises en compte.

Toutefois, les émissions induites en aval, notamment dans les industries agro-alimentaires et celles relatives au transport, ne sont pas comptabilisées dans cette étude. Cependant le périmètre de l'étude capte une grande partie des émissions de l'AAA puisque les émissions sur les exploitations agricoles et en amont représentent entre 50 et 80 % de l'impact carbone des produits agro-alimentaires. De plus, le reste de l'impact carbone est essentiellement lié au fret et à l'emballage des produits finis, deux postes peu impactés par les mesures de la PAC (ADEME, 2011).

Sélection de 20 mesures influant sur les émissions de GES

La première étape de notre quantification a consisté à sélectionner les mesures les plus impactantes en matière d'atténuation du changement climatique parmi les aides couplées, découplées et les 40 mesures du second pilier. Cette sélection répond aux critères suivants :

- *avoir un lien direct avec les émissions de GES.* Pour bon nombre de mesures, la logique d'action et les conditions de mise en œuvre ne permettent pas d'identifier facilement en quoi elles pourraient avoir un impact significatif sur les émissions de GES : aide à l'installation des jeunes agriculteurs, promotion des activités touristiques, etc. Ces mesures ne sont pas analysées. Ce premier tri a été établi sur la base du cahier des charges de chaque mesure, et complété par les analyses qualitatives existantes (Van BUNNEN et al., 2006) ;

- *avoir subi une évolution entre 2003 et 2013* : l'étude visant à quantifier l'effet de la PAC 2003-2013 par rapport à la période précédente, les mesures inchangées ne sont pas prises en compte ;
- *mobiliser des montants supérieurs à 20 millions d'euros par an* : les 12 grandes mesures (soit 29 mesures en tout) répondant aux deux premiers critères ont été hiérarchisées en fonction du niveau d'aides apportées par les financements de type FEADER et FEAGA (cf. Tableau 1). L'importance de chaque mesure en matière d'émissions de GES a été supposée partiellement dépendante du montant accordé à l'aide, et ainsi du nombre de contractualisation de cette mesure. Toutes les mesures mobilisant des financements inférieurs à 20 millions d'euros par an – soit 0.2 % du budget total – ont été négligées.

Le résultat de ce processus de sélection – soit 21 grandes mesures retenues – a enfin été testé auprès d'experts de l'agriculture et de la politique agricole européenne et française. Cette dernière étape nous a conduits à confirmer les mesures retenues et à éliminer la mesure « BCAE : diversification des assolements » de notre étude quantitative, puisque cette éco-conditionnalité n'a, en pratique, pour seul effet que de diversifier très légèrement les monocultures. Le seul impact attendu en matière d'émissions est donc une légère baisse de l'utilisation de produits phytosanitaires qui n'est pas quantifiable directement du fait de l'absence de données sur les surfaces en monoculture et leur évolution. Par ailleurs, la possible baisse de l'utilisation de produits phytosanitaires est indirectement reprise dans l'évaluation des incitations à l'utilisation raisonnée des intrants (voir partie 2.1.1).

L'analyse quantitative proposée dans cette étude se concentre donc sur les 20 mesures ainsi sélectionnées (Tableau 1) comme les plus importantes en matière d'émissions de GES.

Tableau 1. Mesures sélectionnées (en bleu) ayant un impact sur les émissions de GES

			Montant annuel en millions d'euros ¹
BCAE	Bande tampon	Voir parties 2.2 et 3.1	Na
	Non-brûlage des résidus de culture	Voir partie 2.1	Na
	Diversité des assolements	Enlevée à dire d'expert (voir plus haut)	Na
	Entretien minimal des terres	Voir partie 3.1	Na
	Gestion des surfaces en herbe	Voir partie 3.1	Na
	Maintien des particularités topographiques	Voir partie 2.2	Na
Premier pilier – aides couplées Article 68	Prime aux protéagineux - Aide supplémentaire pois et légumineuses fourragères	Voir partie 2.3	40 dont pois : 39
	Soutien à l'agriculture biologique	Voir parties 2.1 et 3.3	50
	Prime au maintien de troupeau des vaches allaitantes	Voir partie 3.5	615
	Aide aux ovins et caprins	Incluse dans l'évaluation des primes ovines et caprines (voir partie 3.5).	135
	Aide au lait de montagne	Voir partie 3.4	45
Aides découplées-cultures	Grandes cultures (à partir de 2010)	Voir partie 2.4	1,154
Aides découplées-élevage	Prime à l'abattage gros bovin (à partir de 2010)	Voir partie 3.5	101
	Prime à l'abattage gros veau (à partir de 2010)		79
	Primes ovines et caprines		100

¹ D'après communication personnelle du ministère du budget. Pour le premier pilier, il s'agit de la moyenne annuelle des plafonds prévus quand elle s'applique (e.g. avant 2010 pour les aides découplées, à partir de 2010 pour l'article 68, etc.). Pour le second pilier, il s'agit des montants totaux (UE + Etat + régions) programmés sur 2007-2013.

Second pilier- formation (111, 131, 511)	Formation et diffusion des connaissances et des pratiques novatrices	Voir partie 2.1	37
Second pilier- Modernisation des exploitations agricoles (121)	Plan végétal pour l'environnement (PVE)	Voir partie 2.1	205
	Plan de performance énergétique (PPE)	Voir parties 2.1, 4.1 et 4.2	
	Plan de modernisation des bâtiments d'élevage (PMBE)	Voir parties 4.1	
	Aides aux investissements collectifs (CUMA)	Voir partie 4.1	
Second pilier- Amélioration des infrastructures agricoles et forestières (125)	Soutien à des infrastructures visant à améliorer les terres et la fourniture d'énergie	Pas de données explicites	29
Second pilier - ICHN (211 et 212)	Indemnités compensatoires d'handicaps naturels de montagne	Pas de changement depuis 2003	428
	Indemnités compensatoires d'handicaps naturels hors montagne	Pas de changement depuis 2003	86
Second pilier – mesures agroenvironnementales (MAE) (214)	Prime herbagère agroenvironnementale (PHAE)	Voir partie 3.3	399 dont PHAE : 231
	Mesure agroenvironnementale pour la diversification des assolements ou MAE rotationnelle	Voir partie 2.3	
	Système fourrager de polyculture-élevage économe en intrants	Voir partie 3.3	
Second pilier- Boisement des terres agricoles (221)	Aide au premier boisement de terres agricoles	Financement inférieur à 20 M€/an	4
Second pilier – Agroforesterie (222)	Aide à la première installation de systèmes agroforestiers sur des terres agricoles	Financement inférieur à 20 M€/an	0,4

Les mesures en bleu sont celles qui ont été quantifiées dans la suite de l'étude et les mesures en jaune sont celles qui n'ont pas été quantifiées pour différentes raisons explicitées dans le tableau ci-dessus.

Source : CDC Climat Recherche

1.3.3 Quantification par rapport à la précédente PAC (1993-2002)

Double métrique : tCO₂e/an et tCO₂e/quantité de produit

Les impacts de la PAC en matière d'atténuation climatique peuvent s'apprécier différemment suivant l'indicateur retenu. Cette étude présente une double métrique : d'une part, une quantification dans l'absolu de l'effet de la PAC en tCO₂e/an, ce qui revient souvent à multiplier des surfaces éligibles par une augmentation ou une baisse d'émissions à l'hectare. Toutefois, certaines mesures de la PAC ont à la fois un effet sur les émissions et sur la production. Nous avons donc tenté par ailleurs d'apprécier l'effet de la PAC relativement à la production, en tCO₂e/quantité de produit. Les données étant plus rarement disponibles sur cette seconde métrique, nous avons souvent dû nous contenter d'une appréciation qualitative en la matière.

Données d'activité et facteurs d'émission

Les estimations d'émissions sont effectuées par la méthode classique des données d'activité et facteurs d'émission (IPCC, 2006) :

$$\text{émissions de GES} = \text{données d'activité} \times \text{facteur d'émission}$$

Dans cette étude, les données d'activité sont par exemple les surfaces de prairies ou le cheptel moyen en montagne. Les facteurs d'émission sont par exemple la quantité annuelle de méthane émise par vache (en tCO₂e/vache/an) ou la quantité annuelle de carbone stocké dans le sol (en tCO₂e/ha/an).

La majorité des données de surfaces et de cheptel sont issues de la base de données DISAR d'Agreste, des statistiques annuelles agricoles et des recensements agricoles. Les facteurs d'émissions sont

prioritairement tirés des lignes directrices de Pellerin et al. (2013a)¹, du CITEPA (2013a) puis du GIEC (2006), tout comme les pouvoirs de réchauffement global (PRG) du N₂O et du CH₄, soit 298 et 25 respectivement. Dans tous les cas, la source exacte des données d'activités et des facteurs d'émissions est précisée au cas par cas.

Scénario de référence : l'avant réforme 2003

Pour quantifier les émissions suscitées ou évitées par la PAC de 2003 à 2013, il faut choisir un scénario de référence (business-as-usual ou BAU). Le scénario BAU choisi ici est l'absence de réforme de la PAC en 2003. En l'absence d'une modélisation fine de l'impact de la PAC sur les productions et les pratiques agricoles, nous avons choisi les simplifications suivantes :

- si une tendance nette est observable dans les données d'activité comme les surfaces en prairie ou la taille du cheptel sur les cinq années précédant la mise en place de la mesure considérée – la pente de la régression linéaire sur ces cinq années est significativement différente de zéro, alors les émissions du scénario BAU sont obtenues par extrapolation linéaire des données d'activité² ;
- dans le cas contraire, les émissions du scénario BAU sont obtenues par simple moyenne des données d'activité sur les cinq années précédant la mise en œuvre de la réforme.

Une exception est faite pour les mesures agroenvironnementales : volontaires, elles ne concernent jamais l'intégralité d'un type d'exploitation ou de terre dont il est possible de suivre facilement l'évolution au sein des statistiques nationales. La méthode d'une comparaison à la tendance ou moyenne historique n'est donc pas applicable. Dans la mesure où les MAE sont supposées compenser une perte de revenu par rapport à la pratique courante, leur effet est estimé par comparaison à la pratique courante. Par ailleurs, ce gain unitaire – mesuré par exemple en tCO₂e/ha de moins que la pratique courante – n'est appliqué qu'à une proportion α des surfaces ou exploitations enrôlées dans la MAE. Cette proportion représente la part « additionnelle » des surfaces ou exploitations enrôlées, c'est-à-dire en prenant en compte l'effet d'aubaine de la part $1-\alpha$ des surfaces qui auraient appliqué le cahier des charges de la MAE même si la MAE n'avait pas été mise en œuvre. Les valeurs de α sont celles déterminées par Chabé-Ferret et Subervie (2012, 2009). Pour les MAE non couvertes par Chabé-Ferret et Subervie (2012, 2009), le α appliqué est celui de la MAE la plus proche en termes de cahier des charges.

Impact GES d'une mesure : tout ou rien

Pour évaluer les émissions générées ou évitées par une des 20 mesures retenues, nous calculons d'abord la différence entre les données d'activités – par exemple la surface en prairie – effectives depuis la mise en œuvre de la mesure et le scénario BAU – moyenne quinquennale ou extrapolation linéaire. Si ce calcul est cohérent avec ce qui pouvait être attendu sur la base du cahier des charges (hausse ou baisse de la donnée d'activité dans les deux cas), le résultat est intégralement attribué à la mesure. En revanche, si le résultat quantitatif contredit l'évaluation qualitative (e.g. baisse des surfaces en prairies par rapport au scénario BAU pour une mesure dont le cahier des charges a pour objectif de maintenir ou d'augmenter les surfaces en prairie), la mesure est estimée inefficace et son impact considéré comme nul. Dans les deux cas, la méthode employée est très simplificatrice puisqu'elle fait fi des impacts de la conjoncture économique ou d'autres politiques que la PAC, en dehors d'une évolution structurelle supposément captée par l'extrapolation linéaire s'il y a lieu.

De plus, l'impact de la mesure n'est quantifié que si celle-ci a subi un changement après la réforme de 2003 puisque ce sont les effets de la réforme que nous cherchons à quantifier.

Par ailleurs, certaines mesures se cumulent à l'instar de l'aide au lait de montagne et la BCAE « gestion des surfaces en herbe ». Le cas échéant, elles sont regroupées dans l'analyse.

¹ « Méthode expert ».

² Par contre si l'extrapolation linéaire conduit à des surfaces ou nombres d'animaux négatifs, la valeur retenue pour les années en question est zéro.

2 CULTURES

La PAC n'avait jusque-là pas vocation à réduire les émissions du secteur agricole. Cependant, de manière indirecte, certaines composantes de la PAC ont un impact sur les émissions ou sur le stockage du carbone dans les sols.

Dans cette partie, nous identifions les mesures de la politique agricole commune ayant une incidence sur l'utilisation d'intrants pour les cultures et sur le stockage de carbone dans les sols cultivés. Les émissions de GES considérées sont des émissions directes et indirectes de N_2O liées à l'application d'engrais, ainsi que les émissions de CO_2 liées à l'usage du tracteur (directes), les émissions de N_2O et de CO_2 liées à la fabrication d'intrants (induites) et le stockage de carbone.

Pour chaque mesure retenue, les composantes importantes du cahier des charges ayant un impact sur le changement climatique sont tirées de MAAPRAT (2011a) et (2011b).

Un grand nombre de mesures de la politique agricole commune incitent à une réduction de la consommation d'intrants. Avec une métrique en tCO_2e par hectare de surface agricole utile (SAU), moins d'intrants, c'est moins d'émissions directes de N_2O directement au champ, moins d'émissions indirectes de N_2O par lessivage et dénitrification dans les cours d'eau, et moins d'émissions induites lors de la fabrication des intrants. Lorsqu'on comptabilise en tCO_2e par quantité de produit, le sens du résultat est moins évident dans la mesure où les intrants contribuent en général à une augmentation de la production.

En outre, les changements de pratiques culturales peuvent induire des réductions d'émissions directes de CO_2 , qui sont difficiles à quantifier puisqu'elles dépendent des modifications des successions culturales et des itinéraires techniques - moins de passages de tracteurs pour la fertilisation et la protection phytosanitaire. Pour ces raisons, la quantification des émissions directes évitées de CO_2 ne sera explicitée que dans les cas où la donnée existe dans la littérature scientifique, notamment dans Pellerin et al. (2013a). Dans le cas contraire, ce facteur est négligé.

Les impacts des mesures ont été quantifiés à partir des facteurs d'émissions issus de Pellerin et al. (2013a) et de ADEME (2010). Les calculs de surfaces et des facteurs d'émissions de ces mesures sont détaillées dans l'annexe I.

2.1 Evolution des pratiques culturales

2.1.1 Les incitations à une utilisation raisonnée des intrants ont réduit les émissions

De nombreuses mesures de la PAC incitent à l'utilisation raisonnée des intrants. Parmi elles, trois dispositifs du second pilier rentrent dans nos critères sans toutefois que nous disposions d'indicateurs spécifiques de leur impact sur l'utilisation d'intrants : le Plan végétal pour l'environnement, le Plan de performance énergétique et la formation professionnelle.

Plan végétal pour l'environnement (PVE)

Le PVE est un dispositif d'aides aux investissements à vocation environnementale pour les cultures. Sa mise en œuvre date de 2006 et il s'inscrit dans la programmation du FEADER 2007-2013. L'enjeu majeur de cette mesure concerne l'amélioration de la qualité des eaux par le biais de six axes d'intervention dont trois impactant les émissions de GES :

- la réduction des pollutions par les engrais ;
- la réduction des pollutions par les produits phytosanitaires ;
- les économies d'énergie dans les serres (voir partie 4.1).

Cette mesure finance, pour 10 % des dossiers engagés, du matériel visant une meilleure maîtrise des apports d'engrais et des outils d'aide à la décision, notamment pour le pilotage de la fertilisation (MAP and MEDD, 2007). Elle promeut une fertilisation raisonnée et surtout encadrée pour limiter les pertes lors

de l'application. Cependant, son effet est difficilement quantifiable puisque les investissements sont très divers et dépend principalement des besoins de l'agriculteur.

Par ailleurs, le PVE finance majoritairement (72 % des dossiers engagés) des équipements visant à optimiser l'usage de produits phytosanitaires tels que du matériel de précision pour le pulvérisateur, des matériels de substitutions à l'usage de phytosanitaires et des outils d'aide à la décision comme des stations météorologiques.

La quantification de l'impact du PVE n'a pu être réalisée sur la base des dossiers instruits du fait de la grande diversité d'investissements possibles correspondant à la même ligne budgétaire du PDRH. A l'échelle nationale, il est cependant possible de quantifier l'évolution de la consommation d'intrants.

Plan de performance énergétique

Le plan de performance énergétique a été lancé en 2009 afin de diminuer la consommation d'énergie fossile des exploitations agricoles. Bien que ce plan finance majoritairement des diagnostics énergétiques et les investissements qui s'en suivent ainsi que les unités de méthanisation (voir partie 4.2), le PPE a aussi pour objectif d'améliorer l'efficacité énergétique des productions agricoles et cela par une réduction de la consommation d'intrants. Dans ce sens, le PPE finance des investissements ayant pour but de réduire les fertilisations, de favoriser le retour au sol des déchets organiques et de développer les légumineuses. Ainsi, cette mesure permet des réductions d'émission de N_2O au champ et de CO_2 en amont, mais elles ne sont pas quantifiables puisque les améliorations impliquées par cette mesure ne sont pas publiées. Cette mesure contribue cependant à la réduction d'utilisation des intrants, qui sera quantifiée de manière globale, à l'échelle nationale.

Formation professionnelle

La troisième mesure retenue ici, qui contribue à la réduction de l'utilisation des intrants chimiques, est la mesure « actions de formation professionnelle et d'information ». Elle a entre autre pour objectif de préserver l'état des ressources naturelles par une agriculture et une sylviculture durables. Cette mesure du second pilier présente un impact plutôt indirect et elle est étroitement liée à la présence de thèmes environnementaux dans les formations, notamment sur l'utilisation raisonnée des intrants agricoles. L'évaluation environnementale stratégique du PDRH souligne la durabilité de l'impact de cette mesure puisqu'elle est liée à un « apprentissage d'un savoir-faire » des agriculteurs (Van BUNNEN et al., 2006).

Un bilan total estimé à -0,55 MtCO₂e/an pour ces trois mesures

L'impact de ces trois mesures est donc estimé conjointement, sur la base de l'évolution de l'utilisation d'intrants chimiques après leur mise en œuvre en 2006.

L'évolution de l'utilisation de phytosanitaires exprimée en quantité de substance active¹ (UIPP, 2012) et d'engrais minéraux azotés (CITEPA, 2013a) ne présente pas de tendance significative sur 2001-2005 ($P = 0.34$ et $P = 0.74$ respectivement). Par contre, leurs moyennes sur 2006-2011 et 2006-2012 respectivement sont inférieures de 11 % et 6 % respectivement à leur moyenne 2001-2005. D'après nos critères les mesures sont donc jugées efficaces. On arriverait donc sur cette base à une réduction de 1,5 MtCO₂e/an en comptant les émissions au champ et celles en amont.

Les trois mesures retenues ici visent une meilleure gestion de l'utilisation d'intrants sur les cultures mais d'autres mesures de la PAC engendrent des réductions de leur utilisation (*cf* les parties suivantes). C'est le cas par exemple de celles incitant à une meilleure gestion des prairies en encore de celles liées à l'agriculture biologique. Pour isoler l'effet d'atténuation de ces trois mesures, les effets de réduction ou d'augmentation d'utilisation d'intrants chimiques évalués sur toutes les autres mesures de la PAC sont retranchés. La résultante (Tableau 2) reste probablement une évaluation optimiste de l'impact de ces mesures, tant les indicateurs utilisés sont globaux.

¹ La quantité de substance active (QSA) est préférée au nombre de doses unités (NODU) parce que les facteurs d'émissions sont rapportés en tCO₂e/QSA. Quoi qu'il en soit, l'effet est largement dominé par les engrais. La baisse d'utilisation de produits phytosanitaires représente 0,5 % de l'effet total estimée sur les émissions de GES.

Tableau 2. PVE, PPE, formation professionnelle et utilisation d'intrants chimiques

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par kg de substance active non utilisée	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01
En tCO ₂ e par kg d'azote non utilisé	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
Total pour la baisse nationale d'utilisation d'intrants (MtCO ₂ e/an)	-0,72	-0,73	0,00	0,00	-1,46
Total attribué aux trois mesures (MtCO ₂ e/an)	-0,26	-0,30	0,00	0,00	-0,56
Relativement à la quantité de produit	Les mesures qui se combinent pour réduire la consommation d'intrants ont des effets divers sur la production. Il est donc difficile d'estimer l'impact rapporté à la quantité produite. Néanmoins, dans la mesure où les rendements n'ont pas baissé et où de nombreuses mesures (eg. PVE, PPE, ...) visent à conserver les rendements, on peut penser que les émissions par unité de produit ont également baissé.				

Sources : voir annexe III.a pour les facteurs d'émission (moyenne pondérée pour les phytosanitaires).

2.1.2 Peu d'impact du soutien aux exploitations biologiques de grandes cultures

Le soutien à l'agriculture biologique (AB) est composé de deux aides : l'aide à la conversion et l'aide au maintien d'exploitations biologiques, respectivement instaurée en 1994 et 2007. Depuis 2010, la mesure dite de maintien de l'AB est dans le premier pilier et depuis 2011 la mesure dite de conversion à l'AB a aussi basculé sur le premier pilier. Ces deux mesures sont donc financées entièrement par le fonds européen FEAGA.

En agriculture biologique, la diminution des émissions de N₂O est liée à l'absence d'intrants de synthèse et à une incorporation plus fréquente de légumineuses dans les successions culturales qu'en agriculture conventionnelle (Guyomard, 2013). De plus, la baisse d'émission de CO₂ en amont de l'exploitation est due à l'interdiction de fertilisants minéraux et de produits phytosanitaires sur les parcelles agricoles. Les réductions d'émissions découlant de ces mesures sont estimées à 0.04 MtCO₂e/an (voir le Tableau 3).

L'impact quantifié sur les émissions de GES en agriculture biologique est intégralement attribué à la mise en place de la mesure « maintien de l'agriculture biologique » en 2007 (cf. Tableau 3) puisque aucune modification n'a été engagée pour l'aide à la conversion par rapport à la précédente PAC.

Tableau 3. Soutien au maintien de l'agriculture biologique pour les cultures

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par hectare converti	-0,30	-0,77	0,00	0,00	-1,07
Total (MtCO ₂ e)	-0,01	-0,03	0,00	0,00	-0,04
Relativement à la quantité de produit	-30 % par quintal de blé. Baisse de rendement de -43 %.				

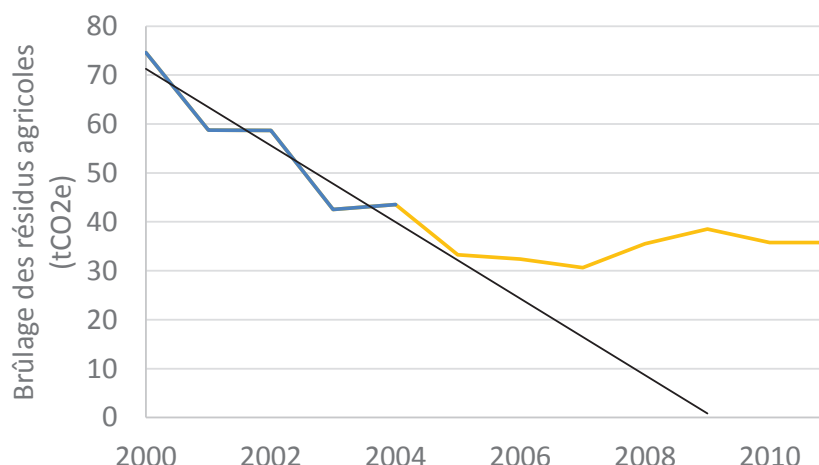
La couleur verte est associée à des impacts favorables pour l'atténuation.

Source : CDC Climat Recherche, voir l'Annexe I.b pour les précisions sur les calculs

2.1.3 Une BCAA interdit le brûlage des résidus de culture

Une éco-conditionnalité, mise en place en 2005, interdit le brûlage des résidus agricoles. La combustion des résidus de culture induit une émission de deux gaz à effet de serre, le protoxyde d'azote (N₂O) et le méthane (CH₄). Le CO₂ n'est pas comptabilisé du fait de la repousse rapide de la biomasse agricole. Cette BCAA devrait donc réduire les émissions de GES. Toutefois, l'évolution des émissions correspondantes sur 2005-2011 est plutôt à la stagnation, alors que la période de référence (2000-2004) avait connu une baisse significative (p=0,02) (Figure 2). De ce fait, en appliquant la méthode décrite dans la partie 1.3.3, l'effet de cette éco-conditionnalité est considéré comme nul.

Figure 2. Emissions liées à la combustion de résidus de grande culture



Source : CITEPA (2013b)

2.2 L'implantation de couverts herbacés, arbustifs ou arborés permet de diminuer l'apport d'intrants et de stocker davantage de carbone

2.2.1 BCAE « bandes tampon »

Cette BCAE, de 2010, permet l'instauration de zones enherbées, dites bandes tampons, le long des cours d'eau. L'idée étant d'améliorer la qualité des cours d'eau, ces bandes tampon ne peuvent recevoir d'intrants. Cette BCAE favorise donc une réduction des émissions de N_2O et une réduction des émissions de CO_2 lors de la production de ces engrais (cf. Tableau 4). De plus, par l'implantation de couverts herbacés, arbustifs ou arborés couvrants et permanents, la BCAE entraîne un stockage additionnel de carbone sur cette zone par rapport à une situation de culture.

Cette mesure s'applique aussi bien aux cultures qu'aux prairies. L'impact de cette mesure imputable aux cultures est estimé à $-0,36 \text{ MtCO}_2\text{e/an}$.

Tableau 4. BCAE « bande tampon » et réduction d'émission de GES (cultures)

	Emissions de N_2O évitées au champ	Emissions de GES évitées en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage additionnel de carbone	Total
En $tCO_2\text{e/ha}$ de bande enherbée/an	-1,01	-0,79	0,00	-1,80	-3,61
Total ($MtCO_2\text{e/an}$)	-0,10	-0,08	0,00	-0,18	-0,36
Relativement à la quantité de produit	-0,6 % par quintal de blé. Baisse de rendement de -0,6 %.				

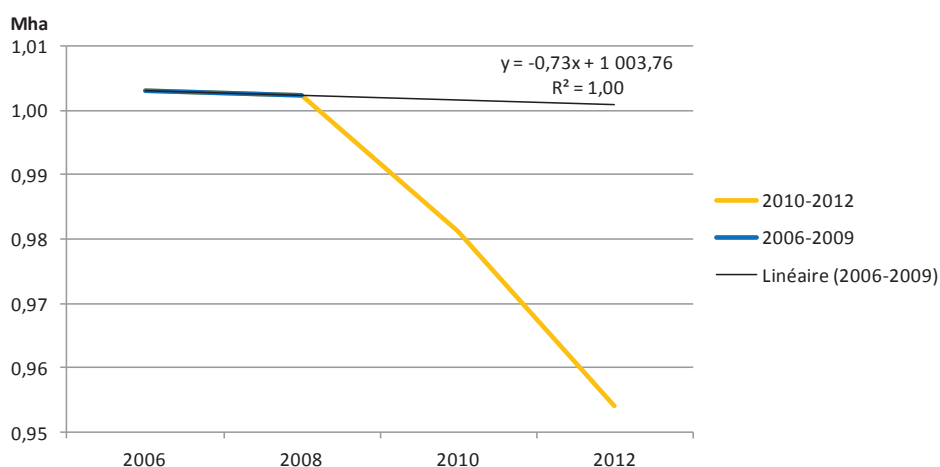
Source : CDC Climat Recherche

2.2.2 BCAE « maintien des particularités topographiques »

La BCAE « maintien des particularités topographiques » impose le maintien « d'éléments de biodiversité » tels les bosquets, tourbières et surtout les haies sur au moins 4 % de la surface exploitée. La BCAE permet donc en principe une réduction d'émission à l'hectare, mais pas à la quantité produite puisque l'implantation d'éléments de biodiversité réduit proportionnellement la surface cultivée. Cette mesure a été mise en place en 2010 à la suite d'un fractionnement de la mesure « mise en place d'une surface minimale en couvert environnemental ». Toutefois, la mesure précédente favorisait majoritairement les couverts herbacés le long des champs et des cours d'eau.

Dans le cadre de cette BCAE, nous avons négligé l'évolution des vergers, des bosquets et des tourbières, puisque leur évolution de surfaces est négligeable par rapport au développement de la surface des haies. Par ailleurs, les effets des prairies permanentes, des bandes enherbées, de la mise en jachère n'ont pas été pris en compte lors de cette estimation : ces particularités topographiques ont une place plus importante dans d'autres BCAE ou mesures et leur impact sur les émissions de GES est donc attribué aux autres BCAE. L'impact de l'aide à l'agroforesterie a été négligé car le montant est inférieur à notre seuil de prise en compte de 20 millions d'euros. Par conséquent, seule l'évolution de la surface en haies apparaît dans la Figure 3. Par ailleurs, l'analyse de la surface en haies illustre une tendance significative pour 2005-2008 avec les données de 2006 et 2008. Cependant, cette surface diminue fortement après 2008 même avec la mise en place de la BCAE (Figure 3). De ce fait, cette éco-conditionnalité n'a pas eu d'effet sur le maintien des haies et donc sur une baisse d'intrants résultant de leur implantation et sur le stockage de carbone. L'impact de cette BCAE sur les émissions de GES est donc considéré comme nul.

Figure 3. Evolution de la surface en haies de 2006 à 2012



Source : CDC Climat Recherche d'après les données de (Agreste GraphAgri, 2013a) et (Agreste GraphAgri, 2013b)

2.2.3 BCAE « entretien minimal des terres »

Cette éco-conditionnalité mise en place en 2005 vise à maintenir les terres agricoles dans un bon état agronomique, sanitaire et de non-embroutissement pour éviter une détérioration du potentiel productif. L'obligation de maintenir un couvert prairial ou cultural sur les sols agricoles pourrait limiter la conversion en forêt. L'évolution des conversions de cultures en forêt ne présente pas de tendance significative sur 2000-2004 ($P = 0.6$). Par contre, la moyenne 2005-2012 des boisements de cultures est inférieure à la moyenne 2000-2004 : la mesure est donc jugée efficace et conduit à des émissions nettes de GES (Tableau 5).

Tableau 5. BCAE « entretien minimal des terres » et émission de GES (cultures)

	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e/ha/an	1,01	0,79	0,00	11,54	13,34
Total (MtCO ₂ e/an)	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02

Source : CDC Climat Recherche

2.3 La diversification des cultures et l'incorporation de légumineuses dans la rotation réduisent les consommations d'intrants

2.3.1 Mesure agroenvironnementale rotationnelle (MAER)

Cette MAE a été mise en œuvre en 2007 avec pour enjeu une amélioration de la qualité de l'eau et la protection de la biodiversité. La MAER vise prioritairement à limiter le développement des bioagresseurs des cultures et l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires. Dans cette optique, la mesure agit sur le temps de retour d'une même culture sur une même parcelle en fixant un nombre minimal de cultures à planter sur chaque parcelle au cours des 5 ans et en fixant un nombre minimal de cultures dans l'assolement. Du fait de l'éligibilité d'un grand nombre de culture (environ 70), il est hasardeux d'imputer à cette MAE une augmentation des surfaces en légumineuses, et donc une baisse de l'utilisation d'engrais. Sur la quantité de produits phytosanitaires apportés, Reau et al. (2009) identifie une diminution de 36 % en 4 ans de la matière active apportée par la mise en place d'une diversification dans les successions culturales. Cette diminution est appliquée à la moyenne observée en grande culture (voir annexe III. a). De plus, la diversification des cultures induit une modification des volumes de production mais qui est difficilement quantifiable puisque les productions sont de différentes natures (Meynard et al., 2013).

Tableau 6. Mesure agroenvironnementale rotationnelle et émissions de GES

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par hectare avec rotation allongée	0,00	-0,002	0,00	0,00	-0,002
Total (MtCO ₂ e)	0,00	-0,00003	0,00	0,00	-0,00003
Relativement à la quantité de produit	La diversification des cultures induit une modification des volumes de production mais qui est difficilement quantifiable puisque cette modification peut être positive ou négative selon les adaptations de l'agriculteur (Meynard et al., 2013).				

Source : CDC Climat Recherche

2.3.2 Aide supplémentaire aux protéagineux (Article 68)

L'implantation de légumineuses dans les parcelles permet une fixation de l'azote de l'air et ne nécessitent donc pas d'engrais, ainsi elles engendrent une baisse notable des émissions de N₂O ainsi que de CO₂ de la production des intrants (Tableau 7). Par ailleurs, elles permettent de diminuer les doses sur les cultures suivantes dans la rotation. Par conséquent l'aide réduit les épandages et ainsi également la consommation de carburant.

Tableau 7. Emissions de GES évitées par l'aide supplémentaire aux protéagineux

	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions directes de CO ₂	Emissions de GES en amont	Total
En tCO ₂ e par ha de légumineuse introduite	-1,02	-0,02	-0,95	-1,99
Total (MtCO ₂ e)	-0,26	-0,01	-0,24	-0,51
Relativement à la quantité de produit	Le pois étant un bon précédent pour le blé, il permet de diminuer de 9 % les émissions par tMS de blé. Toutefois, la quantité totale de blé produite en France est réduite puisque le pois le remplace partiellement dans l'assolement.			

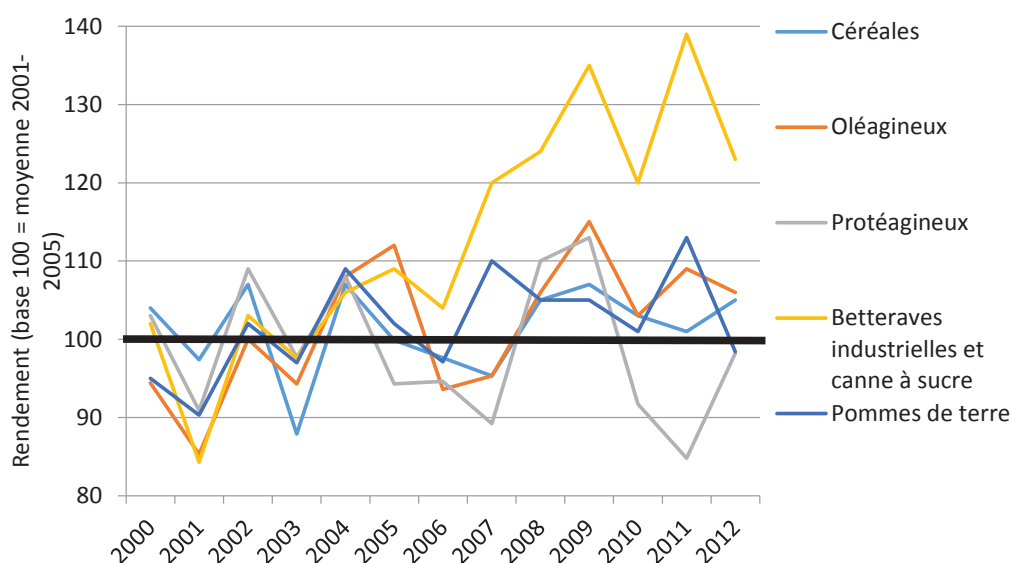
Source : CDC Climat Recherche

2.4 Le découplage des aides couplées liées aux grandes cultures n'a pas eu d'impact sur la production

Dans le cadre de la réforme de 2003, le découplage des aides a été instauré. Il a été mis en œuvre en 2006 et le processus a été accéléré, notamment par la France, en 2010. Les aides couplées pour les surfaces cultivées en grandes cultures ou en jachère ont été découplées des rendements à un taux de 75 % en 2006 et totalement en 2010. Bien que les aides couplées pour les cultures soient versées à l'hectare, l'agriculteur doit respecter un minimum pour la production.

Le découplage diminue l'incitation à maximiser la production. Cela devrait se traduire indirectement par une moindre utilisation d'intrants, corrélativement à un moindre rendement. Toutefois, l'évolution des rendements en grandes cultures (Figure 4) est stable ou en légère hausse comparée à la référence pré-découplage 2001-2005. Le découplage est donc jugé sans impact sur les émissions en grandes cultures. Ici comme pour toutes les autres mesures étudiées, il est évident que ce jugement est un raccourci puisque de multiples autres facteurs que le découplage contribuent à l'évolution des rendements. Par ailleurs, on peut supposer que le découplage diminue le risque de sous-réalisation du rendement associé à l'utilisation raisonnée des intrants, et donc se combine avec le PPE, le PVE et la formation professionnelle pour générer des rendements constants ou en hausse malgré une moindre utilisation d'intrants. Enfin, le découplage peut également modifier l'utilisation d'intrant en changeant les choix d'assolement. Cet effet, négligé ici, est également inclus dans l'estimation de la partie 2.1.1 sur l'utilisation raisonnée des intrants.

Figure 4. Evolution de la production en grandes cultures



L'indice 100 correspond à la moyenne sur la période de référence pré-découplage 2001-2005.

Source : CDC Climat Recherche avec les données de Agreste (2013a), (2013b) et (2013c)

3 ELEVAGE ET DES PRAIRIES

Les calculs afférents à l'élevage et aux prairies sont détaillés dans l'Annexe II.

Les émissions de méthane en agriculture proviennent de la fermentation entérique et des déjections des animaux d'élevage. Bien que l'élevage induise des émissions de méthane et de N_2O , il favorise, lorsqu'il est conduit sur prairie, des couverts plus abondants en carbone et une baisse de l'apport d'intrants sur l'exploitation, sauf quand les prairies contraignent l'expansion des forêts.

3.1 Les émissions liées au retournement des prairies ont augmenté malgré deux BCAE dédiées à leur maintien

3.1.1 BCAE « gestion des surfaces en herbe »

La BCAE « gestion des surfaces en herbe » soutient le maintien des surfaces en herbe sur l'exploitation agricole sous la dénomination de prairies temporaires et prairies permanentes. Les principales composantes du cahier des charges sont :

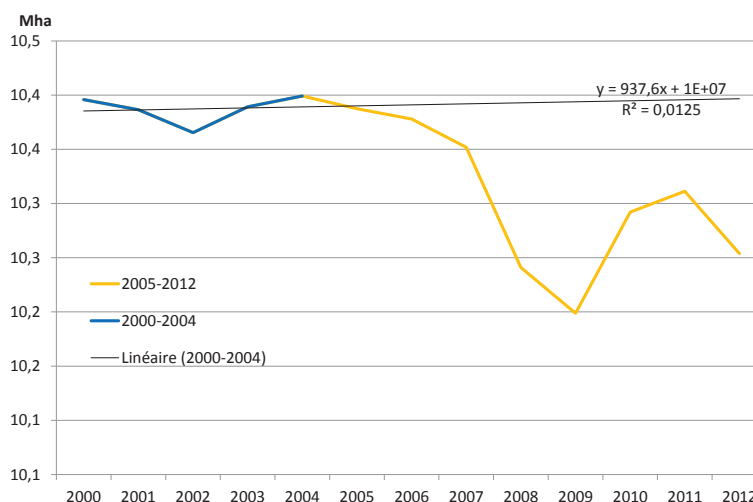
- le maintien global des surfaces en herbe au niveau de l'exploitation à hauteur de 50 % de la surface de référence en prairie temporaire ;
- le maintien à hauteur de 100 % de la surface de référence en pâturage permanent.

La protection de ces couverts permet de lutter contre les retournements de prairies et ainsi préserve le carbone stocké dans ces sols agricoles. En outre, ces surfaces requièrent une dose plus modérée d'engrais azotés par rapport aux cultures, et ainsi induisent une réduction d'émission de N_2O et de CO_2 . Les potentiels d'atténuation d'émissions de GES sont détaillés dans le Tableau 26 en annexe.

Sa mise en place date de 2010 mais cette éco-conditionnalité est le prolongement de la BCAE « Maintien des terres en pâturages et prairies permanentes » établie en 2005.

Dans le cas de cette mesure, l'analyse des surfaces en prairies (prairies temporaires et permanentes) de la statistique agricole annuelle (Agreste, 2013d) met en lumière une évolution saccadée des prairies et ne présente pas une tendance significative sur la période antérieure à la mesure ($P=0,2$) (cf. Figure 5). La surface moyenne diminue légèrement après la mise en œuvre de la mesure (10,36 Mha pour 2000-2004 contre 10,30 Mha entre 2005-2012), ce qui va à l'encontre de l'effet attendu. Nous en déduisons que cette BCAE n'a pas eu d'effet sur le maintien des prairies. Cattan et Ruas (2014) parviennent à la même conclusion et l'expliquent par les nombreuses dérogations et le « déclassement » des prairies par anticipation, le durcissement de 2010 ayant été annoncé un an avant sa mise en œuvre. Toutefois, pour cette mesure comme pour la suivante, il est certain que l'augmentation du prix des céréales depuis 2006 a également contribué au retournement des prairies.

Figure 5. Evolution de la surface des prairies temporaires et permanentes entre 2000 et 2012



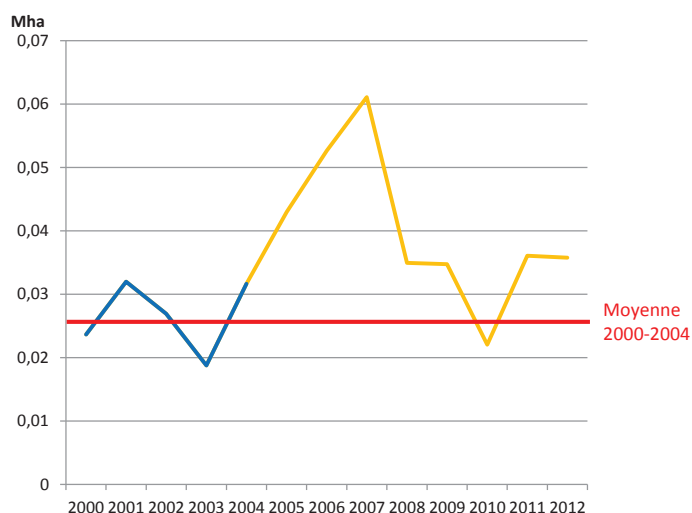
Source : CDC Climat Recherche – Agreste (2013d)

3.1.2 BCAE « entretien minimal des terres » - prairies

Comme vu dans la partie précédente, cette éco-conditionnalité mise en place en 2005 vise à maintenir les terres agricoles dans un bon état agronomique, sanitaire et de non-embroutissement pour éviter une détérioration du potentiel productif. L'évolution des conversions de prairies en forêt ne présente pas de tendance significative sur 2000-2004 ($P = 0.97$). L'obligation de maintenir un couvert prairial ou cultural

sur les sols agricoles pourrait limiter la conversion en forêt. Cependant, la conversion des prairies en forêt s'est accrue à partir de 2005, année de la mise en place de cette BCAE (Figure 6). L'évolution des données d'activité va donc à l'encontre de l'effet attendu de cette BCAE : elle est jugée inefficace et donc non impactante pour les émissions de GES.

Figure 6. Evolution de la conversion des prairies vers de la forêt



Source : CDC Climat Recherche d'après les données de (CITEPA, 2014)

3.2 Une tonne de CO₂e par hectare et par an évitée en prairie grâce aux BCAE sur les couverts herbacés et arborés

3.2.1 BCAE « bandes tampons »

Comme en partie 2.2 pour le volet « cultures », cette BCAE permet de réduire l'utilisation d'intrants par l'implantation de bandes enherbées non traitées d'un minimum de 5 mètres de large le long des cours d'eau (cf. Tableau 8). Contrairement à la situation de « cultures », il n'y a pas de stockage additionnel de carbone pour la situation de « prairies » mais il y a priori, peu de modification de production.

Tableau 8. BCAE « bande tampon » et réduction d'émission de GES en situation de prairies

	Emissions de N ₂ O évitées au champ	Emissions de GES évitées en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage additionnel de carbone	Total
En tCO ₂ e/ha/an	-0,47	-0,30	0,00	0,00	-0,77
Total (MtCO ₂ e/an)	-0,07	-0,05	0,00	0,00	-0,12
Relativement à la quantité de produit	Non estimé, faute d'hypothèse sur la productivité des bandes enherbées.				

Source : Pellerin et al. (2013a), Agreste (2011), Agreste (2010a), ADEME (2010), CITEPA (2013a).

3.2.2 BCAE « maintien des particularités topographiques » - prairies

Comme vu dans la partie précédente, cette éco-conditionnalité n'a pas eu d'effet sur le maintien des haies et donc sur une baisse d'intrants résultant de leur implantation (2.2).

3.3 Le maintien volontaire des prairies réduit les émissions de GES

3.3.1 Soutien à l'agriculture biologique

Les principales composantes de l'agriculture biologique en élevage sont :

- un chargement global tel que la quantité d'effluents ne dépasse pas 170 kgN/ha/an ;
- l'interdiction d'utiliser des produits OGM et des produits à partir d'OGM ou par des OGM ;
- un accès permanent obligatoire en plein air pour les animaux d'élevage (de préférence des pâturages).

L'AB s'accompagne donc d'une baisse des effectifs du fait d'un chargement maximal imposé par le cahier des charges et d'une plus grande longévité des troupeaux ce qui permet un gain sur le bilan de GES à l'échelle du troupeau. Toutefois, une augmentation des émissions de méthane peut être entraînée par le régime alimentaire riche en fibres des troupeaux biologiques. Guyomard (2013) explique alors, suite à leur méta-analyse, que l'élevage biologique ne permet pas une différence significative d'émissions de CH₄ par unité de surface et provoque des émissions plus élevées par unité produite. Cependant, l'agriculture biologique met en œuvre des pratiques favorisant la séquestration de carbone dans les sols, notamment avec un taux de surfaces en prairies sur SAU plus élevé que les exploitations en élevage traditionnel ou avec des successions culturales comprenant des légumineuses et une couverture hivernale des sols. De ce fait, l'agriculture biologique a probablement un potentiel de stockage de carbone. Cependant les données traitant de ce potentiel sont peu nombreuses, variables et difficiles à interpréter (Guyomard, 2013). Sans détailler explicitement les potentiels d'atténuation d'émissions de GES par catégorie, Guyomard (2013) étaye sur la base de l'analyse du cycle de vie des produits issus d'élevages laitiers de van der Werf et al. (2009) que les émissions de GES en agriculture conventionnelle sont plus importantes qu'en agriculture biologique, que ce soit par hectare de surface fourragère et par litre de lait (cf. Tableau 9). Comme l'étude originale ne comptabilise pas les stocks de carbone lié à l'usage des terres, ceux-ci sont rajoutés en suivant la méthode détaillée en annexe.

Tableau 9. Agriculture biologique et émissions de GES

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par hectare de surface fourragère converti	non détaillé	non détaillé	non détaillé	-1,02	-1,58
Total (MtCO ₂ e)	non détaillé	non détaillé	non détaillé	-0,16	-0,24
Relativement à la quantité de produit	-24 % par litre de lait. Baisse de rendement de -30 %.				

Source : CDC Climat Recherche

3.3.2 Prime herbagère agroenvironnementale

La PHAE est une mesure agroenvironnementale mise en œuvre en 2003, puis mise à jour en 2007. Ce dispositif est destiné principalement à soutenir le maintien des prairies et les pratiques d'élevage extensif. Les principales composantes du cahier des charges, hors respect des BCAE, sont :

- une limitation de la fertilisation totale azotée à 125 unités d'azote par hectare dont un maximum de 60 unités d'azote minéral ;
- un chargement compris entre 0,35 UGB/ha et 1,8 UGB/ha de SAU pour les anciens signataires ou 1,4 UGB/ha pour les nouveaux signataires ;
- un taux de spécialisation herbagère entre 50 et 75 % ;
- et la présence d'éléments fixes de biodiversité sur au moins 20 % de la surface engagée.

Le principe des MAE est de dédommager pour une perte de revenus par rapport à la pratique courante pour le même type de production. Le scénario de référence considéré est donc un scénario sans la MAE où l'élevage est toujours l'activité principale mais où les prairies sont retournées en maïs fourrager comme aliment principal du bétail, passant à un élevage hors sol. En pratique, d'autres alternatives comme la conversion en forêt ou en culture non-fourragère sont également plausibles.

Le degré d'additionnalité (α , voir partie 1.3.3) de la MAE est fixé à celui de la MAE la plus proche pour laquelle une estimation est disponible, soit 0,02 (voir annexe II.f). Cette faible additionnalité n'est pas surprenante au vu du caractère peu contraignant du cahier des charges : la moyenne nationale de

fertilisation azotée en prairie est inférieure à la limite fixée (Agreste, 2011) et deux tiers des prairies permanentes ont un chargement inférieur à 1,4 UBG/ha (Agreste, 2010b).

Enfin, la composante sur les éléments fixes de biodiversité est supposée sans impact : dans la mesure où les prairies permanentes sont comptées comme tels, cette composante n'a pas d'impact supplémentaire sur le stockage de carbone par rapport à l'obligation de spécialisation herbagère¹.

Tableau 10. Prime herbagère agroenvironnementale et émissions de GES

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par hectare de prairie conservé	-0,73	-0,09	-6,48	-3,25	-10,55
Total (MtCO ₂ e)	-0,008	-0,001	-0,07	-0,03	-0,11
Relativement à la quantité de produit	Ramené au litre de lait, un système prairial à faible impact émet 31 % de moins qu'un système plus intense en maïs : 0.8 kgCO ₂ e/l contre 0.55 kgCO ₂ e/l (Dollé et al., 2013). Pour les troupeaux allaitants, un système extensif émet de l'ordre de 35 % de moins (Gac et al., 2010).				

Sources : voir annexe II.f.

3.3.3 Système fourrager économe en intrants

La MAE « Système fourrager économe en intrants », dit SFEI, a été mise en place en 2007 et prolonge la MAE 01.04 qui existait entre 1999 et 2006. Le caractère « bottom-up » de cette MAE est original puisqu'elle a été à la suite d'une initiative locale d'éleveurs laitiers bretons qui favorisaient depuis 1992 des systèmes basés sur le pâturage de prairies d'associations graminées-légumineuses de longue durée et la réduction d'intrants (Quentin and Falaise, 2012). Les deux tiers des bénéficiaires et des surfaces sous contrat sont toujours des élevages laitiers bretons. Les principales composantes du cahier des charges sont :

- une limitation d'azote total produit et importé à 170 unités d'azote (UN) par hectare de surface agricole utile (SAU) ;
- une limitation d'azote organique produit et importé à 140 UN/ha de SAU ;
- une limitation d'azote minéral sur cultures : 0 UN sur maïs, 30 UN sur prairies, 60 UN sur céréales de printemps et 100 sur céréales d'hiver ;
- une interdiction du désherbage chimique sur prairies et d'apport de régulateur de croissance et d'insecticides sur culture. Seule une dose de fongicide est autorisée sur les céréales ;
- un minimum de 55 % de la SAU et 75 % de la surface fourragère principale (SFP) en prairie ;
- un maximum de 18 % de la SFP en maïs.

Deux effets d'atténuation se combinent donc : la préservation de prairie – comme pour la MAE PHAE, et l'intensité de fertilisation et de traitements phytosanitaire moindre par hectare de maïs et de prairie des éleveurs enrôlés comparée à la moyenne nationale. La synthèse par hectare de surface fourragère enrôlée dans la MAE est donnée par le Tableau 32.

¹ Comme dans l'inventaire national de GES, le stock de carbone est supposé identique entre une prairie temporaire et une prairie permanente.

Tableau 11. Potentiel d'atténuation par hectare de surface fourragère enrôlée dans la MAE SFEI

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par hectare de prairie conservé	-0,31	-0,22	-3,89	-3,25	-7,67
Total (MtCO ₂ e)	-0,00014	-0,00010	-0,0018	-0,0015	-0,0035
Relativement à la quantité de produit	Ramené au litre de lait, les exploitations souscrivant à la MAE SFEI émettent 15 % de moins. Baisse de rendement : -40 % par hectare de SFP.				

Source : voir annexe 2.g

3.3.4 Aide supplémentaire aux légumineuses fourragères (Article 68)

Comme en partie 2.3, l'implantation de légumineuses dans les parcelles permet une fixation de l'azote de l'air et ne nécessitent donc pas d'engrais, ainsi elles engendrent une baisse notable des émissions de N₂O ainsi que de CO₂ de la production des intrants (Tableau 12).

Tableau 12. Atténuation des émissions de GES par l'aide aux légumineuses en prairie

	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions directes de CO ₂	Emissions de GES en amont	Total
En tCO ₂ e par ha de légumineuse introduite	-0,17	0,00	-0,16	-0,33
Total (MtCO ₂ e)	-0,0013	0,0000	-0,0012	-0,0026
Relativement à la quantité de produit	Difficile à quantifier parce que les produits diffèrent (fourrage plus ou moins riche en protéines) et par manque de données.			

Source : voir annexe 2.h

3.4 Le soutien de l'élevage en zones défavorisées est potentiellement source de GES

3.4.1 L'aide à l'élevage de montagne impacterait négativement les émissions de GES

L'aide au lait de montagne est une subvention couplée à la production, de 20 € pour 1 000 litres de lait, mise en place en 2010. Elle vise à soutenir les exploitations laitières de bovins dans trois zones agricoles défavorisées que sont les zones de haute-montagne, montagne et piémont. Par cette aide financière, cette mesure favorise le maintien du troupeau et des prairies associées. Pour ces zones montagneuses peu convoitées, la conversion en culture ou en zone résidentielle est peu probable. L'hypothèse contrefactuelle retenue est l'abandon de l'activité d'élevage et son remplacement par un boisement spontané. Cette mesure a donc en principe un impact négatif sur les émissions de GES, par un maintien de l'élevage et de surfaces fertilisées, qui séquestrent moins de carbone que la forêt (annexe II.i). Cependant, les surfaces de prairies de montagne en bovin lait ont diminué depuis 2010 et la surface moyenne sur 2010-2012 est inférieure à celle sur 2005-2009. Cette mesure est donc jugée inefficace selon les critères de cette étude et donc non impactante sur les émissions de GES.

3.4.2 Indemnités compensatoires de handicaps naturels (ICHN)

L'ICHN est la mesure la plus financée dans le second pilier de la PAC. Cette mesure a été créée en 1972 sous la dénomination « prime à la vache tondeuse » et consacrée en 1975. L'objectif de cette mesure est de compenser les surcoûts de productions des exploitations en zone défavorisée. Cette prime était calculée en fonction du nombre de têtes de bétail. Les animaux éligibles sont les ovins, les bovins de plus de 6 mois, les caprins et les équins. Depuis 2001, en France, le paiement s'effectue en fonction du nombre d'hectares de surface fourragère (Amoudry, 2002). Ce changement de modalités de versement de l'aide impacte probablement le cheptel et les surfaces en prairies : il favorise une baisse du cheptel et un maintien des surfaces fourragères en zone ICHN. L'impact par hectare de prairie conservé est donc similaire à celui de l'aide au lait de montagne (Tableau 35), auquel vient une éventuelle baisse du

chargement. Il n'est toutefois pas quantifié ici puisque cette mesure n'a pas été affectée par la réforme de 2003.

3.5 Le découplage des aides

Le découplage des aides a été largement engagé en 2006 à l'exception de la PMTVA et de la prime à l'abattage des veaux (PAB veaux), puis approfondi en 2010. L'effet attendu du découplage est une baisse de la production puisque le niveau de l'aide n'est plus intégralement dépendant de la production.

Tableau 13. Taux de découplage des aides à l'élevage en 2006 et 2010

Aide PAC	PMTVA (part UE)	Prime spéciale aux bovins mâles (PSBM)	Prime à l'abattage gros bovins	Prime à l'abattage veaux	Compléments extensification	Prime ovine et caprine (toutes orientations)	Soutien aux ovins/caprins
Taux de découplage 2006	0%	100%	60%	0%	100%	50%	na
Taux de découplage 2010	25%	100%	100%	100%	100%	100%	0%

Source : Chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir (2010)

3.5.1 Bovins « viande »

L'attente d'une baisse de la production n'est pas cohérente avec la stagnation du cheptel allaitant observée sur 2006-2012. De ce fait, le découplage des aides aux bovins « viande » est jugé n'avoir pas d'effet sur l'atténuation des émissions.

3.5.2 Caprins

L'attente d'une baisse de la production n'est pas cohérente avec la croissance des effectifs caprins observée sur 2006-2012 (Figure 13, annexe II.l). De ce fait, le découplage des aides aux caprins est jugé n'avoir pas d'effet sur l'atténuation des émissions. Par ailleurs, la croissance des effectifs se poursuit au même rythme après la réintroduction d'une aide couplée en 2010 de facto également jugée sans impact.

3.5.3 Ovins

L'attente d'une baisse de la production est cohérente avec la diminution des effectifs ovins observée sur 2006-2012 (Figure 14, annexe II.m). De ce fait, le découplage des aides aux ovins est jugé efficace. Par ailleurs, la baisse des effectifs ralentit après la réintroduction d'une aide couplée en 2010.

Tableau 14. Découplage partiel des aides aux ovins

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par UGB non produite	0,00	0,00	-2,07	0,00	-2,07
Total (MtCO ₂ e)	0,00	0,00	-0,17	0,00	-0,17
Relativement à la quantité de produit	Il s'agit d'une baisse de production. Il n'y a donc pas d'impact évident sur les émissions par quantité de produit. La légère incitation à l'extensification des surfaces fourragères fournie par le découplage partiel est négligée ici.				

Source : voir annexe II.m.

4 EFFICACITE ET SUBSTITUTION ENERGETIQUE

Seul l'impact du Plan de Performance Energétique a pu être quantifié ici pour les raisons expliquées ci-après.

4.1 Efficacité énergétique

La PAC présente plusieurs mesures pour augmenter les économies d'énergie de l'agroéquipement et des pratiques agricoles des exploitants.

4.1.1 Plan de modernisation des bâtiments d'élevage (PMBE)

L'un des dispositifs les plus importants de l'axe 1, le PMBE, a été mis en œuvre en 2005. Cette aide permet de financer la construction de bâtiments, l'extension et la rénovation de bâtiments et de leurs équipements. Même si la modernisation des bâtiments vers une plus grande efficacité énergétique n'est pas le but premier de cette mesure, la rénovation peut induire la mise en place des sept clés d'un bâtiment économe en énergie de l'ADEME (2012), e.g. amélioration de l'isolation, de la ventilation, du chauffage. Aucune quantification de cet effet n'a été recensée. Toutefois, ces économies d'énergie sont possiblement comptabilisées dans la partie « bâtiments d'élevage » du PPE (voir partie 4.1.3), dans la mesure où les services de l'Etat en région proposent en général des appels à projets conjoints pour les deux dispositifs. A titre indicatif, un des investissements éligibles est lié à la gestion des effluents et peut avoir un léger impact sur les émissions de CH₄.

4.1.2 Plan végétal pour l'environnement (PVE)

Le Plan végétal pour l'environnement a également pour enjeu une économie d'énergie dans les serres existantes au 31 décembre 2005. Cet enjeu se conclut par un investissement dans des systèmes de régulation, des ballons d'eau chaude de type « open buffer » et des écrans thermiques pour 9 % des dossiers engagés soient 1 401 dossiers. Ces dispositifs permettent de limiter la consommation d'énergie fossile de ces serres en diminuant les déperditions calorifiques pour les écrans thermiques et en produisant et distribuant la chaleur nécessaire dans le cas de l'*open buffer* (cf. Tableau 15).

Tableau 15. Potentiel d'atténuation des dispositifs financés par le PVE

Dispositif	Potentiel d'atténuation unitaire total (en kg CO ₂ /m ² de serre/an)
Ecrans thermiques	En maraîchage : - 10,1 à - 15,5 En horticulture : - 5,1 à - 6,8
Ballon d'eau chaude de type open buffer	En maraîchage : - 5,5 à - 8,4 En horticulture : - 2,7 à - 3,6

Pellerin et al. (2013a)

En l'absence de détails sur les types de dossiers approuvés par le PVE, il est impossible d'estimer son impact total.

4.1.3 Plan de performance énergétique (PPE)

Le PPE finance des diagnostics de performance énergétiques pour les exploitants agricoles et des équipements énergétiquement efficaces. Les diagnostics comportent un état des lieux de la consommation d'énergie directe et indirecte et identifient avant tout les progrès et les actions réalisables par les agriculteurs. Ces actions peuvent porter sur un changement de pratique vers des pratiques plus économes en énergie et un renouvellement de l'agroéquipement. Depuis sa mise en place en 2009,

13 000 diagnostics ont été financés par le PPE et l'économie d'énergie directe réalisée dans les bâtiments d'élevage est de l'ordre de 60 GWh/an sur 2009-2013 (Million, 2013). Pour l'estimation, nous supposons que l'énergie économisée est du propane, à l'instar de Pellerin et al. (2013a).

De plus, l'agriculteur a la possibilité d'améliorer la performance et le réglage de son agroéquipement dans le cadre des investissements éligibles au PPE. Cette mesure est principalement dans l'optique de réduire les émissions de GES des filières d'élevage (62 % des dossiers payés). L'un des investissements principaux est le financement d'un diagnostic moteur d'un tracteur sur banc d'essai moteur (BEM) (cf. Tableau 16). 3 000 tracteurs par an utilisent ces bancs d'essai (Pellerin et al., 2013a).

Tableau 16. PPE et émissions de CO₂

Potentiel d'atténuation	Rénovation des bâtiments d'élevage (en tCO ₂ e par MWh économisé)	Bancs d'essais tracteurs (en tCO ₂ e par tracteur)
Unitaire	-0,27	-1,19
Total (MtCO ₂ e)	-0,02	-0,004
Relativement à la quantité de produit	Ces mesures font également baisser les émissions par quantité de produit. Toutefois, il est difficile d'estimer cette baisse. Pas d'impact sur le rendement.	

Source : CDC Climat Recherche

4.1.4 Aides aux investissements collectifs (CUMA)

Dans la même optique, l'aide aux investissements collectifs du second pilier soutient l'acquisition dans le cadre des Coopératives d'utilisation de Matériel agricole (CUMA) d'installation ayant pour objectif la préservation de l'environnement naturel, les économies d'énergie et le développement d'énergies renouvelables. Les dispositifs financés sont en faveur par exemple de l'entretien des haies, du désherbage non chimique, de la production de bioénergie hors méthanisation. Cette mesure a par conséquent un impact positif sur les émissions de gaz à effet de serre mais cet impact est difficilement quantifiable.

4.2 Substitution énergétique

4.2.1 Plan de performance énergétique (PPE)

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, cette mesure a été mise en place pour atteindre concrètement l'objectif de la production de 20 % d'énergies renouvelables. Dans ce sens, le PPE investit principalement dans des dispositifs d'énergies renouvelables, comme les méthaniseurs (52 % des investissements du PPE d'après Foucherot et al. (2013)). La méthanisation consiste à valoriser le CH₄ par combustion dans des chaudières ou des moteurs de cogénération et ainsi limite la volatilisation du CH₄ des déjections animales dans l'atmosphère et produit de l'électricité utilisable ou vendable par l'exploitant (Tableau 17).

Tableau 17. PPE et méthanisation

Potentiel d'atténuation	CH4 évité	N2O évité	Substitution électricité	Substitution chaleur	Total
En tCO ₂ e par animal et par an	-0,62	-0,11	-0,03	-0,05	-0,80
Total (MtCO ₂ e)	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01
Relativement à la quantité de produit	Cette mesure fait également baisser les émissions de -15 % par litre de lait. Pas d'impact sur le rendement.				

Le PPE a permis la construction de 66 méthaniseurs par an sur 2009-2010 (Million, 2013). Les hypothèses de Pellerin et al. (2013a) sont reprises pour les facteurs d'émission par animal, la taille des méthaniseurs (15 kWh électrique et 140 UGB) et les systèmes concernés (moitié gros porcins, moitié vaches laitières, elles-mêmes pour 2/3 en système « lisier » et 1/3 en système « fumier »). Les quantités produites et émises par vache sont tirées de van der Werf et al. (2009) pour rester cohérent avec le reste de l'étude.

Source : CDC Climat Recherche

5 SYNTHÈSE, LIMITES ET CONCLUSION

5.1 Les modifications de la PAC sur 2003-2013 ont fait baisser les émissions de plus de 2 MtCO₂e

5.1.1 Quasiment toutes les modifications de la PAC allaient vers une baisse des émissions

La somme des réductions d'émissions pour les mesures quantifiées atteint 1,8 MtCO₂e hors UTCF, et 2,1 MtCO₂e en incluant les émissions et séquestration de carbone dans le sol et la biomasse (Tableau 18). Bien que les méthodes et périmètres ne soient pas rigoureusement identiques, l'ordre de grandeur est d'environ 2 % des émissions 2011 de la filière AAA est valable.

La quasi-totalité des 20 mesures considérées a été modifiée dans le sens d'une incitation à la réduction des émissions. Les deux seules exceptions concernent des mesures qui incitent à conserver une culture ou une prairie dans une situation où l'alternative la plus probable aurait été une conversion en forêt : BCAE « entretien minimal » et aide au lait de montagne.

Dans les cas où une quantification par quantité produite est possible, les mesures considérées vont également dans le sens d'une incitation à la réduction des émissions par unité de produit (tonne de matière sèche, litre de lait, etc.). Cette réduction a parfois lieu malgré d'importantes baisses de rendement à l'hectare comme pour la conversion en agriculture biologique : la perte de rendement est alors plus que compensée par la baisse des émissions.

Cela étant, deux tiers des mesures pour lesquelles il est pertinent et possible d'estimer un impact sur le rendement tendent à le diminuer. Ce résultat tend à légitimer l'inquiétude au sujet des « fuites de carbone » et le débat sur un ajustement aux frontières : pour les commodités agricoles dont le marché est mondialisé, une production française diminuée peut être partiellement compensée par une production – et des émissions – accrues à l'étranger. Toutefois, la plupart des baisses de productions estimées sont modestes – de l'ordre de quelques pourcents, ce qui relativise l'ampleur du phénomène.

Tableau 18. Impact quantifié de 20 mesures de la PAC sur les émissions de GES

Catégorie	Mesure	Emissions unitaires hors UTCF	Emissions unitaires	Unité	Total hors UTCF (MtCO ₂ e/an)	Total (MtCO ₂ e/an)	Rendements unitaires	Unité	Emissions par quantité de produit	Unité
Cultures	PVE	↘	↘	na	-0,56	-0,56	0%	tMS	↘	tCO ₂ e/tMS
Cultures	PPE	↘	↘	na	inclus dans PVE	inclus dans PVE	0%	tMS	↘	tCO ₂ e/tMS
Cultures	Formation professionnelle	↘	↘	na	inclus dans PVE	inclus dans PVE	0%	tMS	↘	tCO ₂ e/tMS
Cultures	Soutien à l'agriculture biologique	-1,07	-1,07	tCO ₂ e/ha	-0,04	-0,04	-43%	tMS	-30%	tCO ₂ e/tMS
Cultures	BCAE "non brûlage des résidus"	-0,21	-0,21	tCO ₂ e/kgMS	0	0	na	na	0%	na
Cultures	BCAE "bandes tampon"	-1,81	-3,61	tCO ₂ e/ha de bande enherbée	-0,18	-0,36	-0,6%	tMS	-0,6%	tCO ₂ e/tMS
Cultures	BCAE "particularités topographiques"	-0,02	-0,57	tCO ₂ e/ha avec 60 m de haie	0	0	-1,2%	tMS	-31%	tCO ₂ e/tMS
Cultures	BCAE "entretien minimal"	1,81	13,34	tCO ₂ e/ha de culture conservée	0,003	0,022	na	na	na	na
Cultures	MAER	-0,002	-0,002	tCO ₂ e/ha	-0,00003	-0,00003	na	na	na	na
Cultures	Aide aux légumineuses à graine	-1,99	-1,99	tCO ₂ e/ha	-0,51	-0,51	na	na	na	na
Cultures	Découplage	↘	↘	tCO ₂ e/tMS non produite	0	0	↘	na	0%	na
Elevage	BCAE "bandes tampon"	-0,77	-0,77	tCO ₂ e/ha de bande enherbée	-0,12	-0,12	non estimé	na	non estimé	na
Elevage	BCAE "gestion des surfaces en herbe"	-0,03	-2,83	tCO ₂ e/ha de prairie conservée	0	0	na	na	na	na
Elevage	BCAE "entretien minimal"	5,73	10,72	tCO ₂ e/ha de prairie conservée	0	0	na	na	na	na
Elevage	BCAE "particularités topographiques"	-0,11	-1,03	tCO ₂ e/ha avec 100 m de haie	0	0	-2,0%	litre de lait/ha de SFP	-26%	tCO ₂ e/litre
Elevage	Soutien à l'agriculture biologique	-0,56	-1,58	tCO ₂ e/ha de prairie convertie	-0,09	-0,24	-30%	litre de lait/ha de SFP	-24%	tCO ₂ e/litre
Elevage	MAE PHAE	-7,30	-10,55	tCO ₂ e/ha de prairie conservée	-0,08	-0,11	-1,5%	litre de lait/ha de SFP	-31%	tCO ₂ e/litre
Elevage	MAE SFEI	-4,41	-7,67	tCO ₂ e/ha de prairie conservée	-0,002	-0,003	-40%	litre de lait/ha de SFP	-15%	tCO ₂ e/litre
Elevage	Aide aux légumineuses fourragères	-0,33	-0,33	tCO ₂ e/ha	-0,003	-0,003	na	na	na	na
Elevage	Aide au lait de montagne	6,00	11,00	tCO ₂ e/ha de prairie conservée	0	0	na	na	na	na
Elevage	Découplage "bovin viande"	-3,10	-3,10	tCO ₂ e/UGB non produite	0	0	↘	na	non estimé	na
Elevage	Découplage "carpins"	-2,25	-2,25	tCO ₂ e/UGB non produite	0	0	↘	na	non estimé	na
Elevage	Découplage "ovins"	-2,07	-2,07	tCO ₂ e/UGB non produite	-0,17	-0,17	↘	na	non estimé	na
Efficacité énergétique	PMBE	↘	↘	tCO ₂ e/UGB	↘	↘	0%	UGB/ha SFP	↘	tCO ₂ e/UGB
Efficacité énergétique	PVE	↘	↘	tCO ₂ e/m ² de serre	↘	↘	0%	tMS/m ² de serre	↘	tCO ₂ e/tMS
Efficacité énergétique	PPE - rénovation des bâtiments d'élevage	-0,27	-0,27	tCO ₂ e/MWh économisé	-0,02	-0,02	0%	UGB/bâtiment	↘	tCO ₂ e/UGB
Efficacité énergétique	PPE - bancs d'essai moteur	-1,19	-1,19	tCO ₂ e/tracteur	-0,004	-0,004	0%	tMS/tracteur	↘	tCO ₂ e/tMS
Efficacité énergétique	Aide aux investissements collectifs (CUMA) à bénéfices environnementaux	↘	↘	na	↘	↘	na	na	↘	na
Substitution énergétique	PPE - méthaniseurs	-0,80	-0,80	tCO ₂ e/animal/an	-0,007	-0,007	0%	litre de lait/vache	-15%	litre de lait/vache

5.1.2 Incitations à l'utilisation raisonnée des intrants, PHAE et aide aux légumineuses à l'origine des deux tiers des réductions d'émissions

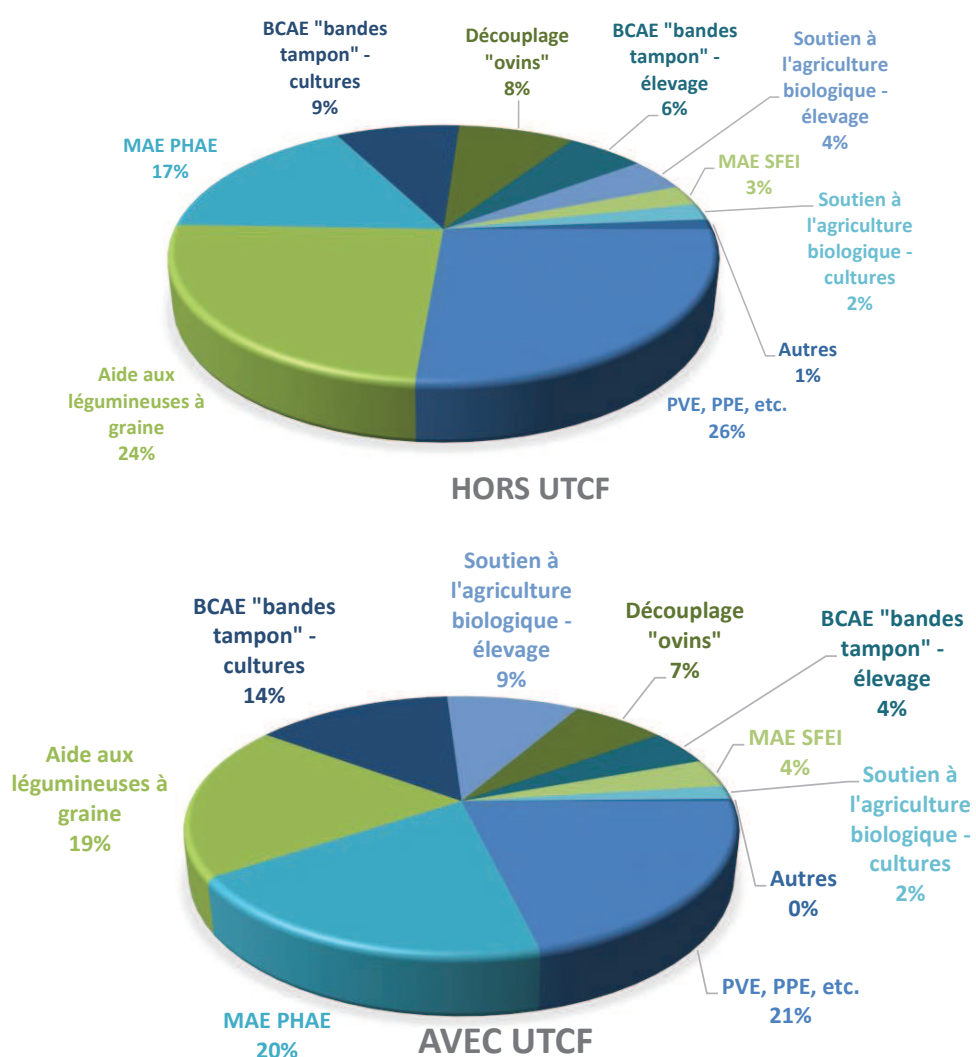
Que l'on prenne ou non en compte l'UTCF, trois types de mesures concentrent environ deux tiers des réductions d'émissions estimées : les incitations à l'utilisation raisonnée des intrants (PVE, PPE, formation professionnelle), la PHAE et les aides couplées aux légumineuses à graines (Figure 7). Ces mesures n'affectent pas fortement le rendement à l'hectare, même si l'effet des légumineuses en la matière n'a pas été quantifié du fait du changement de type de produit. Elles ne sont donc vraisemblablement pas fortement sujettes au risque de « fuite de carbone ». Par ailleurs, ces mesures mobilisent les deux principaux leviers identifiés par Osterburg et al. (2008) – gestion de l'azote et extensification de l'élevage – dans son évaluation a priori du rôle de la PAC dans l'atténuation du climat.

L'aide aux légumineuses à graines, qui représente un quart des réductions d'émissions estimées ne bénéficie que d'un budget de 39 millions d'euros par an, ce qui est relativement modeste au regard du poids des autres mesures. Ce résultat est cohérent avec le coût d'atténuation modeste de 19 €/tCO₂e estimé par Pellerin et al. (2013) pour l'insertion de légumineuses reste modeste.

En comparaison, la PHAE et ses 231 millions d'euros annuels semblent coûteux pour un résultat similaire. Ce résultat s'explique notamment par l'important effet d'aubaine associé à cette MAE.

Enfin, les 242 millions d'euros annuels alloués au PVE, au PPE et à la formation professionnelle semblent relativement coût-efficace quand on sait que ces mesures ne sont pas dédiées au soutien de l'utilisation raisonnée des intrants. Ce résultat fait également écho au « coût négatif » relevé par Pellerin et al. (2013) pour l'optimisation des apports azotés. Le « coût négatif » suggère en effet que les barrières à la mise en œuvre de la pratique ne se résument pas à leur coût direct en euros et que des enjeux comme l'accès à l'information ou le risque de non-réalisation du rendement sont importants.

Figure 7. Part de chaque mesure PAC dans les réductions d'émissions estimées



Comme tous les résultats quantifiés impliquant l'effet « total » sur les émissions de GES, ces chiffres sont sujet à des hypothèses et simplifications importantes, détaillées en parties 1.3.3 et 5.2.

Source : CDC Climat

5.2 Principales limites

5.2.1 Une première approche chiffrée pour ouvrir le débat

L'absence de bilan quantifié de la PAC sur le climat, même de manière *ex ante* au sein d'études d'impact réglementaire, nous a conduit à avancer quelques chiffres. Ce bilan quantifié ne prétend pas offrir plus qu'une base de débat pour l'évaluation des impacts de la PAC en matière d'émission de GES : les chiffrages proposés reposent sur de nombreuses hypothèses simplificatrices. Ces hypothèses sous-jacentes sont particulièrement grossières lorsqu'il s'agit d'évaluer l'impact total d'une mesure. L'extrapolation linéaire des données d'activités historiques ou leur moyenne est un contrefactuel très grossier qui néglige d'autres facteurs possiblement prépondérants comme la conjoncture économique ou la mise en œuvre d'autres politiques publiques (directive nitrates, Grenelle de l'environnement, etc.). Ainsi, l'impact d'une mesure sera probablement surestimé si d'autres facteurs poussent les données d'activité dans le même sens, ou à l'inverse sous-estimé si la conjoncture joue à contre-sens de l'effet attendu de la mesure.

L'alternative consistant à recenser le nombre d'hectares ou d'animaux affectés par une mesure, puis d'appliquer l'impact unitaire sur les émissions de GES a été jugée encore moins fiable : les impacts unitaires sont eux-mêmes incertains et les effets d'aubaines sont souvent importants. La Cour des comptes (2013) se base sur ce type d'indicateur dans son évaluation des certificats d'économie d'énergie. Les conclusions de cette évaluation sont relativement positives. Pourtant la consommation d'énergie dans le résidentiel-tertiaire, principal secteur affecté par le dispositif, a augmenté de 1,6 % depuis sa mise en place (CGDD, 2015), et ce malgré une conjoncture macroéconomique peu favorable. En d'autres termes, si l'attribution d'un effet macro-économique à une politique ou mesure est discutable dans notre approche, le bouclage macro-économique d'une estimation plus *bottom-up* l'est tout autant¹. Par ailleurs, dans notre cas, le recensement du nombre d'hectares ou d'animaux touchés par une mesure n'était pas toujours disponible.

Pour les potentiels d'atténuation unitaires, les résultats sont sans doute plus robustes, même si certaines hypothèses ou approximations sont également discutables. Ainsi les effets des mesures sont parfois quantifiés à partir des limites imposées par les cahiers des charges, faute de données plus précises. Or les agriculteurs vont parfois beaucoup plus loin que les limites imposées par les cahiers des charges (Encadré 1). Dans le cadre des mesures volontaires notamment, l'absence de prise en compte de cet effet « d'impulsion » tend à sous-estimer les réductions d'émissions. Par ailleurs, la variabilité des émissions au sein d'un même type d'exploitation (e.g. bio vs conventionnel, intensif vs extensif) est souvent du même ordre de grandeur que les différences moyennes entre types d'exploitations utilisées ici (Dollé et al., 2013).

Encadré 1. Focus sur la mesure agroenvironnementale « système fourrager économe en intrants »

Le Rohellec et al. (2010) expose les pratiques culturales des signataires de la MAE SFEI en matière de couverture de surface fourragère et notamment de prairies, de fertilisation azotée et de pression phytosanitaire. Les résultats illustrés proviennent de cinq catégories de signataires (1 an avant la signature du contrat, les 3 années qui l'ont suivi et les anciens signataires de la MAE intitulé 01.04 du programme de développement rural national de 1999-2006 (ancien PDRH). Le Rohellec et al. (2010) démontre alors concrètement l'effet « d'impulsion » de la MAE sur les trois plans du cahier des charges. Par exemple, les agriculteurs enrôlés dans cette MAE dépassent considérablement le minimum du ratio prairies/SAU imposé par la MAE (55 %) avec une proportion d'herbe allant jusqu'à 76 % pour les agriculteurs en troisième année de contrat. De même, avec 10 kgN/ha, leur utilisation d'engrais est amplement inférieure à la limite de 30 kgN/ha sur les prairies. Cette analyse met en valeur l'évolution des pratiques entre l'année précédant la signature de la MAE et les années précédentes avec une diminution de 27 kgN minéral/ha sur les prairies en 4 ans.

¹ Notre approche est de type *bottom-up* pour les MAE. Nous avons tenté de remédier partiellement au problème soulevé ici en appliquant un coefficient d'additionnalité pour contrôler les effets d'aubaine.

5.2.2 Focus sur les mesures modifiées depuis 2003

Seuls les changements ayant eu lieu depuis 2003 ont été évalués ce qui est doublement réducteur. D'une part, certaines mesures n'ont pas été évaluées car elles n'avaient pas évolué (eg. ICHN). Mais de manière plus importante, c'est l'impact de la modification de mesure qui est évalué, et non la mesure elle-même. Dit autrement, le scénario contrefactuel est toujours la PAC précédente (1993-2002), et non l'absence de PAC. Le découplage illustre parfaitement cette situation : la transformation des aides couplées en DPU diminue l'incitation à l'intensification, toujours néfaste pour le climat quand on rapporte les émissions à l'hectare cultivé ou pâturé. Ainsi le découplage incite à la réduction des émissions. Pourtant, en l'absence totale d'aides, la production serait – en principe – encore plus faible. De ce point de vue radical, l'existence de la DPU augmente les émissions unitaires.

5.3 Evolution de la nouvelle PAC

Le 26 juin 2013, la Commission, le Conseil et le Parlement européen sont parvenus à un premier accord politique sur la réforme de la PAC consolidé le 24 septembre 2013. Les principaux changements sont :

- une convergence progressive des aides, à la fois entre agriculteurs d'un même état membre et entre états membres ;
- l'introduction du climat comme objectif majeur de la PAC ;
- la régionalisation du second pilier avec une élaboration et une gestion régionale des aides, sélectionnées au sein d'une boîte à outil définie nationalement.

L'accentuation du verdissement de la PAC, et notamment sa composante climatique, passe par trois points majeurs :

- le renforcement du volet climatique des BCAA ;
- l'introduction de paiements verts pour trois pratiques dépassant les BCAA ;
- le réarrangement des quatre axes du second pilier en six « priorités », avec obligation d'employer 30 % des aides sur certaines mesures liées à la gestion des terres et au climat dont celles de la « priorité » dédiée à l'utilisation efficace des ressources et le passage à une économie à faible émission de carbone.

Les trois pratiques agricoles nécessaires à l'obtention des paiements verts sont : la diversification des cultures avec un maximum de 75 % de la sole cultivée pour la culture principale, le maintien des prairies permanentes et la préservation d'au moins 5 % voire 7 % (en 2017) des zones d'intérêt écologique. Par ailleurs, une certaine flexibilité a été concédée pour les surfaces dites d'« équivalence d'écologisation » que sont les surfaces en agriculture biologique, sous contrat MAE et avec des certifications environnementales ou encore les surfaces en légumineuses.

Le réarrangement du second pilier fait apparaître de nouvelles mesures sur l'innovation, la modernisation des exploitations, l'agriculture biologique et des mesures relatives à l'agroenvironnement et au climat. Le thème essentiel, l'innovation, met en jeu le projet de partenariat européen pour l'innovation en faveur de la productivité et du développement durable de l'agriculture, dit PEI qui encouragera l'utilisation efficace des ressources, la productivité et le développement d'un secteur agricole et sylvicole à faible émission de carbone, respectueux du climat et résilient au changement climatique (Commission Européenne, 2013).

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, 2012. Cahier d'acteur. Les bonnes pratiques à mutualiser en vue de Rio +20. L'efficacité énergétique des bâtiments.
- ADEME, 2011. Réalisation d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre- Filière agricole et agro-alimentaire (Guide sectoriel).
- ADEME, 2010. Guide des facteurs d'émissions version 6.1. ADEME.
- Agence Bio, 2012. Le bio en France de la production à la consommation.
- Agreste, 2014. Glossaire "Prairies artificielles."
- Agreste, 2013a. Statistique agricole annuelle - Céréales, oléagineux, protéagineux.
- Agreste, 2013b. Statistique agricole annuelle - Cultures industrielles.
- Agreste, 2013c. Statistique agricole annuelle - Pommes de terre et tubercules.
- Agreste, 2013d. Statistique agricole annuelle - Cultures fourragères.
- Agreste, 2013e. Des territoires laitiers contrastés-Primeur n°308.
- Agreste, 2011. Enquête Pratiques culturales 2011. Ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt, Paris, France.
- Agreste, 2010a. Enquête Pratiques culturales 2006 (Les Dossiers No. 8).
- Agreste, 2010b. Pratiques culturales 2006 (No. 8), Agreste Les Dossiers. Ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt, Paris, France.
- Agreste GraphAgri, 2013a. La forêt et les industries du bois.
- Agreste GraphAgri, 2013b. L'agriculture, la forêt et les industries agroalimentaires.
- Amoudry, J.-P., 2002. L'avenir de la montagne: un développement équilibré dans un environnement préservé (Rapport d'information No. 15). Sénat.
- Arrouays, D., Balesdent, J., Germon, J.C., Jayet, P.A., Soussana, J.F., Stengel, P., 2002. Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France? (Synthèse du rapport d'expertise). INRA.
- Aubertot, J.N., Barbier, J.M., Carpentier, A., Gril, J.J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I., Voltz, M., 2005. Pesticides, agriculteurs et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. (Expertise scientifique collective). INRA et Cemagref.
- Berthelot, J., Bourdel, C., Caplat, J., Desetables, A., Féret, S., Grawitz, T., Lagandré, D., Lebreton, A., Maret, J., Racapé, J., Rolland, J.-P., Savigny, G., Vandaele, D., 2011. Guide de la politique agricole commune.
- Carrouée, B., B., Schneider, A., A., Flénet, F., F., Jeuffroy, M.-H., Marie-Helene, Nemecek, T., T., 2012. Introduction du pois protéagineux dans des rotations à base de céréales à paille et colza : impacts sur les performances économiques et environnementales. Innov. Agron. 25, 125–142.
- Cattan, A., Ruas, J.-F., 2014. La préservation des prairies dans la PAC : raisons d'une illusion. Doss. Environ. INRA 35–50.
- CGDD, 2015. Chiffres clés de l'énergie. Commissariat général au développement durable, Paris, France.
- CGDD, 2013. Les prairies permanentes: évolution des surfaces en France. MEDDE.
- Chabé-Ferret, S., Subervie, J., 2012. How much green for the buck? Estimating additional and windfall effects of French agro-environmental schemes by DID-matching. J. Environ. Econ. Manag. 16.

Chabé-Ferret, S., Subervie, J., 2009. Estimation des effets propres des mesures agroenvironnementales du plan de développement rural national 2000-2006 sur les pratiques des agriculteurs. UMR Metafort, Aubière, France.

Chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir, 2010. Les modalités du découplage des aides en 2006 et en 2010 [WWW Document]. URL <http://www.chambre-agriculture-28.com/espace-agriculteurs/pac-les-aides-directes/droits-a-paiement-unique/decouplage-des-aides/>

CITEPA, 2014. Matrices de changement annuel d'utilisation des terres de 1990 à 2012 pour le périmètre métropole.

CITEPA, 2013a. Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto.

CITEPA, 2013b. National inventory submissions, France -Tables CRF.

CITEPA, 2013c. Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto. CITEPA, Paris, France.

Commission Européenne, 2013. Réforme de la PAC-explication des principaux éléments.

Cour des comptes, 2013. Les certificats d'économie d'énergie. Paris, France.

DG Agriculture, 2011. Rapport annuel d'exécution du programme de développement rural hexagonal. circulaire PDRH 2011-2013 "mesures agroenvironnementales." Direction générale des politiques agricoles, paris.

Dollé, J.-B., Moreau, S., Foray, S., 2013. Combiner production et environnement un défi pour la filière laitière.

European Commission, 2014. Agriculture and Rural Development budget [WWW Document]. URL http://ec.europa.eu/agriculture/cap-funding/budget/index_en.htm

European Commission, 2011. Impact assessment Common Agricultural Policy towards 2020 ANNEX 2B: Assessment of selected measures under the CAP for their impact on greenhouse gas emissions and removals, on resilience and on environmental status of ecosystems. European Union.

European Environment Agency, 2014. European Union Emissions Trading System (EU ETS) data from EUTL [WWW Document]. URL <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-union-emissions-trading-scheme-eu-ets-data-from-eutl-6#tab-european-data> (accessed 3.26.15).

Foucherot, C., Soussana, J.F., Deheza, M., Bordier, C., Seguin, B., Gascuel-Oudou, C., Pellerin, S., Barnière, L., Pardon, L., Morel, R., Berghmans, N., Gloaguen, O., Alberola, E., Pouch, T., Pons, V., Bellassen, V., 2013. Club Climat Agriculture - Dossier n°1. CDC Climat Recherche, INRA, APCA, Paris, France.

François, P., Deneux, M., Emorine, J.-P., 1998. Quelle réforme pour la politique agricole commune ? (No. 466), Rapport d'information. Sénat, Commission des affaires économiques, Paris, France.

Galko, E., 2007. Modélisation de l'offre agricole européenne face à de nouveaux enjeux : réformes politiques, effet de serre et changement climatique. AgroParisTech, Paris, France.

Guyomard, H., 2013. Vers des agricultures à hautes performances. Volume 1. Analyse des performances de l'agriculture biologique. Chapitre 5: Performances environnementales de l'AB (Etude réalisée pour le Commissariat général à la stratégie et à la prospective). INRA.

IPCC, 2006. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Volume 4.

Le Rohellec, C., Falaise, D., Mouchet, C., Boutin, M., Thiebot, J., 2010. Analyse de l'efficacité environnementale et énergétique de la mesure agri-environnementale "système fourrage économe en intrants" (SFEI), à partir de l'analyse de pratiques de 56 signataires. (Synthèse). Réseau agriculture durable.

MAAPRAT, 2011a. Circulaire DGPAAT/SDEA/C2011-3030. Circulaire PDRH 2011-2013 "mesures agroenvironnementales."

- MAAPRAT, 2011b. Programme de développement rural hexagonal (2007-2013).
- MAP, MEDD, 2007. Circulaire DGFAR/SDEA/C2007-5025. Plan Végétal pour l'environnement.
- Meynard, J.M., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, F., Farès, M., Le Bail, M., Magrini, M.B., Savini, I., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures -Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières (Synthèse du rapport d'étude). INRA.
- Million, A., 2013. Plan de Performance énergétique des exploitations agricoles: éléments de bilan et perspectives.
- Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2013. Fiche conditionnalité 2013: Domaine "BCAE."
- Osterburg, B., Nitsch, H., Laggner, A., Wagner, S., 2008. Analysis of policy measures for greenhouse gas abatement and compliance with the Convention on Biodiversity (No. WP6 D16a), MEACAP project report. Johann Heinrich von Thünen-Institute, Brussels, Belgium.
- Pellerin, S., Bamière, L., Angers, D., Béline, F., Benoît, M., Butault, J.P., Chenu, C., Colnenne-Dvid, 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., 2013a. 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.
- Pellerin, S., Bamière, L., Angers, D., Béline, F., Benoît, M., Butault, J.P., Chenu, C., Colnenne-Dvid, 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., 2013b. 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. Etude GES-Rapport-Partie II- Action 2 Légumineuses (Rapport complet). INRA, France.
- Quentin, N., Falaise, D., 2012. Résultats de l'enquête signataires MAE SFEI (Enquête). RAD.
- Reau, R., Petit, M.-S., Verjux, N., 2009. Ecophyto R&D- Vers des systèmes de cultures économes en produits phytosanitaires. Tome VIII Inventaire des dispositifs d'acquisition de références existants -Volet grandes cultures. INRA.
- RICA France, Agreste, 2013. Microdonnées 2000-2012.
- Toute l'Europe, 2013. Le budget européen et la France. Toute Eur.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P., Macdonald, D.W., 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? - A meta-analysis of european research. J. Environ. Manage. p. 9.
- UIPP, 2012. Rapport d'activité 2011-2012. Union des Industries de la Protection des Plantes.
- Van BUNNEN, P., WATHELET, J.-M., PROUHEZE, N., BONIN, A.-L., LAVAL, S., ELIAS, K., JURICIC, H., COMBES, J., 2006. Evaluation environnementale stratégique du Programme de Développement Rural de l'Hexagone 2007-2013 (PDRH) (rapport final).
- Van der werf, H.M.G., Kanyarushoki, C., Corson, M.S., 2009. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. J. Environ. Manage. 90 (11).

- N°48 **Développement et perspectives de l'agriculture dans les négociations climatiques internationales**
CLOTHILDE TRONQUET & CLAUDINE FOUCHEROT – FEVRIER 2015
- N°47 **L'atténuation du changement climatique par les produits bois au sein des politiques françaises : priorité au bois énergie**
MARIANA DEHEZA, CARMEN N'GORAN & VALENTIN BELLASSEN – Septembre 2014
- N°46 **Smart Unconventional MOnetary (SUMO) Policies: Giving Impetus to Green Investment**
CAMILLE FERRON & ROMAIN MOREL – Juillet 2014
- N°45 **Introducing short term flexibility in the EU-ETS to assure its long-term credibility: a multi criteria analysis of policy options**
ZUHEIR DESAI, EMILIE ALBEROLA AND NICOLAS BERGHMANS – Juillet 2014
- N°44 **Ex-post evaluation of the Kyoto Protocol: Four key lessons for the 2015 Paris Agreement**
ROMAIN MOREL & IGOR SHISHLOV – Mai 2014
- N°43 **Use of Kyoto credits by European installations: from an efficient market to a burst bubble**
NICOLAS STEPHAN, VALENTIN BELLASSEN & EMILIE ALBEROLA – Janvier 2014
- N°42 **Power sector in Phase 2 of the EU ETS: fewer CO₂ emissions, but just as much coal**
NICOLAS BERGHMANS & EMILIE ALBEROLA - Novembre 2013
- N°41 **Le paquet énergie-climat 2030 de l'Union Européenne : évitons les « 3 x 30 % » en 2030 !**
VALENTIN BELLASSEN, NICOLAS BERGHMANS, OLIVIER GLOAGUEN, OLIVER SARTOR, NICOLAS STEPHAN, IGOR SHISHLOV ET EMILIE ALBEROLA - Août 2013
- N°40 **Fôret et atténuation du changement climatique au sein des politiques européennes : priorité au bois-énergie**
FREDERIC BARON, VALENTIN BELLASSEN & MARIANA DEHEZA- Avril 2013
- N°39 **Plus de 800 installations des filières agricole et agroalimentaire concernées par l'EU-ETS**
CLAUDINE FOUCHEROT & VALENTIN BELLASSEN - Mars 2013
- N°38 **Les outils économiques des politiques énergie-climat chinoises à l'heure du 12^{ème} plan quinquennal**
DI ZHOU ET ANAÏS DELBOSC–Janvier 2013
- N°37 **Dix enseignements pour les dix ans du MDP**
IGOR SHISHLOV ET VALENTIN BELLASSEN- Octobre 2012
- N° 36 **Le schéma régional climat air énergie : un outil pour la transition énergétique et climatique des régions françaises**
JEREMIE DE CHARENTENAY, ALEXIA LESEUR ET CECILE BORDIER - Septembre 2012
- N° 35 **La transmission des incitations REDD+ aux acteurs locaux : leçons de la gestion du carbone forestier dans les pays développés**
MARIANA DEHEZA ET VALENTIN BELLASSEN - Août 2012
- N° 34 **L'inclusion de l'aviation internationale dans le Système Européen d'Échanges de Quotas de CO₂ : un premier pas vers un système mondial?**
EMILIE ALBEROLA & BORIS SOLIER - Mai 2012

Toutes les publications de CDC Climat Recherche sont disponibles sur :

<http://www.cdcclimat.com>

n°49 • Avril 2015

LA PRECEDENTE POLITIQUE AGRICOLE COMMUNE (2003-2013) A REDUIT LES EMISSIONS AGRICOLES FRANÇAISES

Mathilde Baudrier¹, Valentin Bellassen² et Claudine Foucherot³

Ce document présente les annexes de l'Etude Climat n°49 et détaille les méthodologies utilisées.

¹ Mathilde Baudrier était chargée de recherche au sein du pôle « mécanismes de projets, agriculture, forêt » lors de la rédaction de cette étude.

² Valentin Bellassen est chargé de recherche à l'INRA (UMR 1041 CESAER) – valentin.bellassen@dijon.inra.fr

³ Claudine Foucherot est chargée de recherche au sein du pôle « mécanismes de projets, agriculture, forêt » – claudine.foucherot@cdcclimat.com | +33 1 58 50 99 77

ACRONYMES

AB : Agriculture biologique
AC : Agriculture Conventionnelle
ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie
BAU : Business-as-usual
BCAE : Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales
CH₄ : Méthane
CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CO₂ : Dioxyde de carbone
EF : Facteur d'émission
FEADER : Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural
FEAGA : Fonds Européen Agricole de Garantie
GES : Gaz à effet de serre
GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
ICHN : Indemnités compensatoires d'handicaps naturels
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
MAE : Mesure Agroenvironnementale
MAAF : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
Mha : Millions d'hectares
N₂O : Protoxyde d'azote
NH₃ : Ammoniac
PAC : Politique Agricole Commune
PHAE : Prime Herbagère Agroenvironnementale
PMBE : Plan de Modernisation des Bâtiments d'Elevage
PMTVA : Prime au Maintien de Troupeau de Vaches Allaitantes
PDRH : Programme de Développement Rural Hexagonal
PPE : Plan de Performance Energétique
PRG : Pouvoir de Réchauffement Global
PA : Prairie Artificielle
PP : Prairie Permanente
PT : Prairie Temporaire
PVE : Plan Végétal pour l'Environnement
SAU : Surface Agricole Utile
SFEI : Système Fourrager Econome en Intrants
UGB : Unité de Gros Bétail
UTCf : Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt

ANNEXE I. CALCULS DES BILANS D'ÉMISSIONS DE GES DANS LE SECTEUR DES CULTURES

L'estimation des potentiels d'atténuation d'émissions de GES par les différentes mesures de la politique agricole commune, repose principalement sur l'étude (Pellerin et al., 2013a), les facteurs d'émission des lignes directrices du GIEC (IPCC, 2006) et de la méthode du rapport d'inventaire national du CITEPA (CITEPA, 2013a).

a. Fertilisation raisonnée (PPE, PVE, Formation professionnelle)

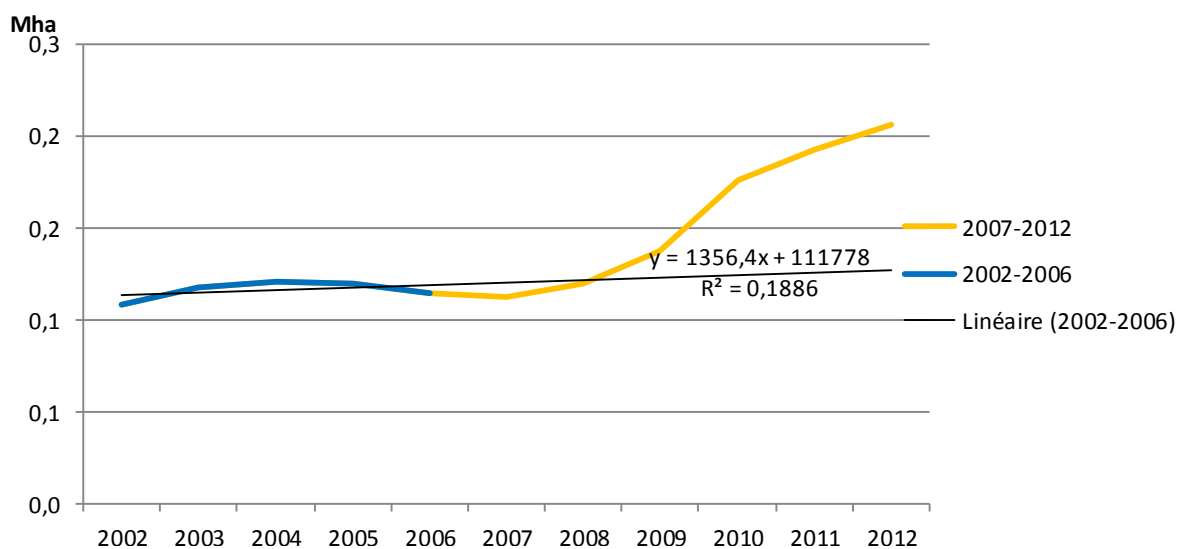
Voir partie (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

b. Premier pilier « aide à l'agriculture biologique » - cultures

Données d'activité : surface de grandes cultures en agriculture biologique

L'évolution des surfaces de grandes cultures en AB ne présente pas de tendance significative ($P = 0.48$) sur la période 2002-2006 alors qu'au contraire un changement net peut être observé pour la tendance de 2007-2012 (Figure 1, Tableau 1).

Figure 1. Evolution de la surface de grandes cultures en agriculture biologique entre 2002 et 2012



Source : CDC Climat Recherche d'après Agreste (2013a)

Tableau 1. Evolution des surfaces de grandes cultures en agriculture biologique et comparaison avec la projection

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Surface totale grandes cultures (Mha)	14,70	14,66	14,78	14,67	14,55	14,57	14,98	14,99	15,53	15,41	15,06
Surface en AB (Mha)	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,14	0,18	0,19	0,21
Surface en AB projetée suivant l'évolution de 2002-2006 (Mha)						0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Source : FAOSTAT, Agence Bio (2012)

Facteur d'émission

Grandes cultures conventionnelles

Le facteur d'émission par hectare pour les pratiques conventionnelles est déduit des apports moyens en intrants pour chaque grande culture (Agreste, 2011), de Pellerin et al. (2013b) pour les émissions de N₂O au champ liées à la fertilisation minérale, de l'inventaire national de GES pour les émissions de N₂O au champ liées à la fertilisation organique (CITEPA, 2013a), et de ADEME (2010) pour les émissions liées à la fabrication des intrants et à la mécanisation (voir annexe III.a).

Grandes cultures biologiques

Les émissions de N₂O au champ en agriculture biologique en grandes cultures sont diminuées de 31 % par unité de surface (Tuomisto et al., 2012). Les émissions liées à la mécanisation sont considérées inchangées (Guyomard, 2013)¹, et celles liées aux autres intrants nulles car les intrants de synthèse sont interdits par le cahier des charges AB. Par ailleurs, le rendement moyen des grandes cultures est approximé à 64,2 q/ha en AC contre 36,5 q/ha pour des parcelles comparables en AB (Guyomard, 2013). Le facteur d'émission total obtenu est ainsi de 60 % plus faible pour l'AB que pour l'AC (Tableau 2). L'écart se réduit à 30 % quand les émissions sont rapportées aux quantités produites. Pour les émissions de N₂O au champ par quintal, les émissions de l'AB sont de 21 % supérieures à l'AC, ce qui est du même ordre de grandeur que les 8 % relevés par Tuomisto et al. (2012).

Tableau 2. Facteurs d'émission en AC et en AB pour les grandes cultures

	Facteur d'émission N ₂ O au champ (en tCO ₂ e/ha de SAU/an)	Facteur d'émission amont et mécanisation (en tCO ₂ e/ha de SAU/an)	Facteur d'émission (en tCO ₂ e/tMS)
Agriculture conventionnelle (AC)	0.98	0.79	0,28
Agriculture biologique (AB)	0.68	0.03	0,19

Estimation des émissions de GES évitées par an (approche surface)

Emissions évitées = (surface en AB sur 2007-2012 – surface projetée en AB sur 2007-2012) x facteur d'émission = (156 915 – 115 848) * (0.98+0.79-0.68-0.03) = - 0,042 MtCO₂e/an

¹ La littérature scientifique n'est pas univoque en la matière. Mais quoi qu'il en soit, ces émissions représentent une part minime du facteur d'émission total.

Estimation des émissions de GES évitées par quantité produite

Compte tenu des résultats cités ci-dessus, les émissions par quintal de blé sont inférieures de 30 % en AB, malgré une baisse de rendement estimée à 43 %.

c. BCAE « résidus de culture »

Chaque tonne de matière sèche « non brûlée » évite l'émission de 0.21 tCO₂e sous forme de CH₄ et N₂O. Les émissions de CO₂ sont considérées comme nulles car la source de la combustion – biomasse – est renouvelable. Les facteurs d'émissions sont tirés de CITEPA (2013a). Pas d'estimation des quantités de GES évitées par an car la mesure est jugée inefficace (voir partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

d. BCAE « bandes tampons » - cultures

Données d'activité : surface de bandes tampons

Les bandes tampons implantées par cette BCAE sont des surfaces enherbées le long des cours d'eau. Les données de surface ne sont pas nettement identifiées dans les déclarations PAC. Pour cette raison, la surface de bandes enherbées retenue est de 0,25 Mha, ce qui correspond à la surface technique maximale estimée par Pellerin et al. (2013a), dont 39,6 %, soit 0,099 Mha, en grandes cultures. Cela revient à supposer que cette BCAE est strictement respectée par les agriculteurs.

Facteur d'émission

Les bandes enherbées ne peuvent pas recevoir d'intrants chimiques (engrais, pesticides). Elles ne peuvent pas non plus recevoir d'apport organique, mais l'épandage de fumier et lisier était déjà interdit en bordure de cours d'eau. Les émissions liées à la consommation de carburant, sans doute légèrement inférieures, sont négligées. Le facteur d'émission lié aux intrants est calculé d'après les apports moyens en engrais minéraux et en pesticides pour les grandes cultures (voir Annexe III.a).

Les bandes enherbées sont assimilées à des prairies dans Pellerin et al. (2013a), c'est pourquoi un stockage additionnel de carbone dans le sol n'est possible que si la parcelle était en situation de cultures (cf. Tableau 3).

Tableau 3. Emissions de GES évitées par les bandes enherbées en grandes cultures

	Facteur d'émissions de N ₂ O évitées au champ (en tCO ₂ /ha/an)	Facteur d'émissions de GES évitées en amont (en tCO ₂ /ha/an)	Stockage additionnel de carbone (en tCO ₂ /ha/an)
Bandes enherbées en culture	1,01	0,84	1,8

Sources : Annexe III.a, Pellerin et al. (2013a), ADEME (2011)

Estimation des émissions de GES évitées par an (approche surface)

Total : 0.099 x (- 1,01 - 0.84 - 1.8) = - 0,36 MtCO₂e/an

Estimation des émissions de GES évitées par quantité produite

La baisse de la surface cultivée induit une baisse proportionnelle des rendements :

$$\text{Baisse de rendement} = - \frac{\text{surface de bandes enherbées en grandes cultures}}{\text{surface moyenne en grandes cultures (2010-2012)}} = - \frac{0.099}{15.33} = -0.6 \, \%$$

L'évolution des émissions de GES par quantité produite n'est pas affectée sur la part des parcelles qui demeurent cultivées, les émissions et les rendements baissant proportionnellement à la surface.

Toutefois, les émissions par quantité produite sont légèrement réduites du fait du stockage de carbone qui a lieu sur la partie enherbée :

Total par quintal de blé : (émissions sur la surface cultivée – séquestration sur la bande enherbée) / quantité produite sur la surface cultivée = (émissions moyenne x 0.994 - 0.006 * 1.8) / (rendement moyen * 0.994) = 0.287 tCO₂e/tMS soit 0.6 % de moins que les émissions moyennes par tMS de blé.

e. BCAE « maintien des particularités topographiques » - cultures

Données d'activité : linéaire de haies

Voir partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Facteur d'émission

Les haies sont supposées ne pas recevoir d'amendement (engrais, pesticides). Les émissions liées à la consommation de carburant sont légèrement supérieures à une culture mais négligeables (Pellerin et al., 2013b). Le facteur d'émission lié aux intrants est calculé d'après les apports moyens en engrais minéraux et en pesticides pour les grandes cultures (voir Annexe III.a).

Un hectare de grande culture comprenant des haies est supposé contenir 60 mètres linéaires, occupant 1,2 % de la surface au sol (Pellerin et al., 2013b).

Estimation des émissions de GES évitées par hectare (approche surface) et par quantité produite

La méthode est la même que pour les bandes enherbées. Les résultats sont résumés par le Tableau 4.

Tableau 4. Emissions de GES évitables par l'implantation de haies en grande culture

	Emissions de N ₂ O évitées au champ	Emissions de GES évitées en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage additionnel de carbone	Total
En tCO ₂ e/ha ¹ /an	-0,01	-0,01	0,00	-0,55	-0,57
Total (MtCO ₂ e/an)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Relativement à la quantité de produit	-30, % par quintal de blé. Baisse de rendement de -1,2 %.				

¹ En comptant 60 mètres linéaires de haie par hectare de culture d'après Pellerin et al. (2013).

f. BCAE « entretien minimal des terres » - cultures

Scénario de référence et facteur d'émission « carbone sol et biomasse »

Le scénario de référence considéré est une conversion des cultures en forêt. La conversion des cultures en forêt provoque des changements de stocks de carbone dans le sol et dans la biomasse. Le facteur d'émission lié à ces changements est directement repris de l'inventaire national (CITEPA, 2013c).

Facteurs d'émission liés à l'usage

Hormis le changement de stock de carbone, la conversion d'une culture en forêt va supprimer les émissions liées à la gestion de la culture (fertilisation, etc.) mais entraîner de nouvelles émissions liées à la gestion des forêts. Les émissions des différents usages du sol sont donc calculées suivant les hypothèses suivantes :

- culture : voir Annexe III.a;
- forêt : les émissions liées aux opérations sylvicoles sont négligées. Les émissions sont donc nulles hors changement de stock de carbone.

Estimation des émissions de GES évitées par an (approche surface)

Voir partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Bilan par quantité de produit

Le bilan par quantité de produit est difficile à calculer dans la mesure où l'on passe d'un produit agricole à un produit forestier.

g. Mesure agroenvironnementale rotationnelle (MAER)

Scénario de référence

Le scénario de référence considéré est une grande culture « moyenne », conduite selon l'itinéraire technique décrit en annexe III.a.

Facteurs d'émission

Pour les scénarios de référence, les sources sont identiques au reste de l'étude (cf annexe III.a). Pour les surfaces additionnelles enrôlées dans la MAE, la seule réduction d'émissions considérée est une baisse d'utilisation de produits phytosanitaires de 36 % (Reau et al., 2009).

Surface sous contrat PHAE

La surface physique sous engagement de cette MAE s'élève à 1,2 Mha. (DG Agriculture, 2011).

Additionnalité

Le degré d'additionnalité (α , voir partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) de la MAE est 0,012.

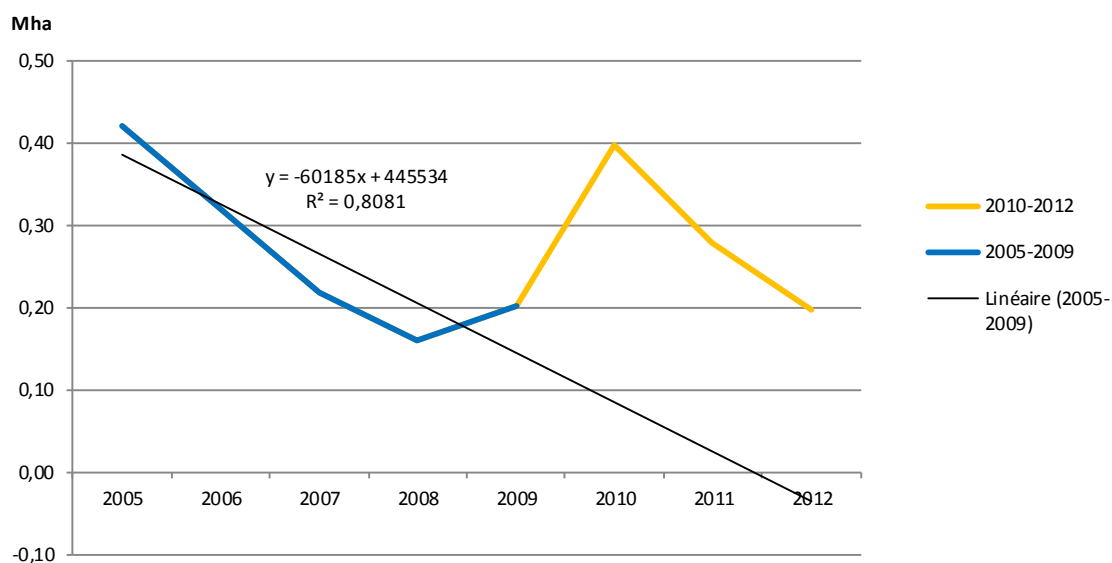
h. Premier pilier « aide aux protéagineux » - cultures

Aides aux protéagineux dits « légumineuses à graines » (cultures)

Donnée d'activité : surface pour les protéagineux

L'évolution des surfaces des légumineuses à graines présente une tendance décroissante significative ($P = 0.03$) sur la période 2005-2009 qui s'interrompt avec la mise en œuvre de l'aide aux protéagineux en 2010 (Figure 2).

Figure 2. Evolution de la surface de légumineuses à graines entre 2005 et 2012



Source : CDC Climat Recherche d'après Agreste (2013a)

Le scénario BAU est donc l'extrapolation linéaire de la tendance 2005-2009 sur 2010-2012 (Tableau 5). La valeur extrapolée négative pour 2012 est ramenée à zéro (cf. partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau 5. Evolution des protéagineux et comparaison avec la projection

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Surface des protéagineux (Mha)	0,422	0,322	0,219	0,160	0,201	0,397	0,278	0,197
Surface projetée des protéagineux suivant l'évolution de 2005-2009 (Mha)						0,084	0,024	0

Source : Agreste (2013a)

Facteur d'émission

Les facteurs d'émissions sont directement repris de Pellerin et al. (2013a) qui prend notamment en compte l'effet induit des légumineuses sur la culture suivante (Tableau 6).

Tableau 6. Facteurs d'émissions des légumineuses à graine

	Emissions de N ₂ O (en tCO ₂ e/ha/an)	Emissions directes de CO ₂ (en tCO ₂ e/ha/an)	Emissions de GES en amont (en tCO ₂ e/ha/an)
Par hectare de légumineuse introduite	1,02	0,02	0,95

Estimation des émissions de N₂O évitées par le biais de l'aide aux protéagineux

Par l'aide à l'implantation de légumineuses à graines en grandes cultures :

$$(0,291 - 0,036) \times (-1,02) = -0,26 \text{ MtCO}_2\text{e/an}$$

Estimation des émissions directes de GES évitées par la diminution de carburant sur l'exploitation

$$(0,291 - 0,036) \times (-0,02) = - 0.01 \text{ MtCO}_2\text{e/an}$$

Estimation des émissions induites de GES évitées par la diminution de l'utilisation d'engrais

Les facteurs d'émissions sont issus de Pellerin et al. (2013).

$$(0,291 - 0,036) \times (- 0,95) = - 0,24 \text{ MtCO}_2\text{e/an}$$

Estimation des émissions de GES évitées par quantité produite

Pellerin et al. (2013b) estime à 33 kgN/ha la quantité d'azote minérale économisée sur la grande culture suivant la légumineuse (moyenne entre un blé de pois et un colza de pois). Carrouée et al. (2012) estime qu'un précédent pois augmente également le rendement de la culture suivante (blé), de 8,4 q/ha par rapport à un précédent blé et de 1.9 q/ha par rapport à un précédent colza. De manière similaire à Pellerin et al. (2013b), nous retenons le gain moyen (5.15 q/ha), soit 8 % de plus que le rendement moyen retenu en annexe I.b. Il en résulte une estimation de 0.23 tCO₂e/tMS pour la grande culture à précédent pois contre 0.26 tCO₂e/tMS en moyenne.

Les quantités émises par unité de pois ne sont pas prises en compte du fait de la difficulté à les comparer à des émissions par unité d'une autre culture (la quantité de matière sèche, par exemple, ferait abstraction de la richesse protéique du pois comparé à un blé).

On obtient ainsi le changement du bilan GES de la tMS moyenne de grande culture (en %)

= émissions basées sur les surfaces projetées – émissions basées sur les surfaces observées

$$= \frac{S_{AB_proj} \times R_{AB} \times FE_{AB_tMS} + S_{AC_proj} \times R_{AC} \times FE_{AC_tMS}}{S_{AB_proj} \times R_{AB} + S_{AC_proj} \times R_{AC}} - \frac{S_{AB} \times R_{AB} \times FE_{AB_tMS} + S_{AC} \times R_{AC} \times FE_{AC_tMS}}{S_{AB} \times R_{AB} + S_{AC} \times R_{AC}}$$

$$= 0.04 \%$$

Où $S_{prec_pois_proj}$, S_{PREC_POIS} , S_{AC_proj} , et S_{AC} sont les surfaces en précédent pois et autre précédent respectivement, projetées où effectives en hectares (Tableau 1), R_{PREC_POIS} et R_{AC} sont les rendements en précédent pois et autre précédent respectivement, et $F_{PREC_POIS_tMS}$ et F_{AC_tMS} sont les facteurs d'émissions par tonne de matière sèche produite en précédent pois et autre précédent respectivement.

ANNEXE II. DETAILS DES CALCULS DE BILAN D'EMISSIONS DES AIDES A L'ELEVAGE

L'estimation du stockage additionnel de carbone par les différentes mesures de la politique agricole commune, repose principalement sur les études (Pellerin et al., 2013a) et (Arrouays et al., 2002).

a. BCAE « bandes tampons » - prairies

Données d'activité : surface de bandes tampons en prairies

0,25 Mha en 2014 avec un taux de 60,4 % sur les prairies soit 0,151 Mha de bandes enherbées en prairies (voir annexe I.d).

Facteurs d'émission

Les bandes enherbées sont assimilées à des prairies dans Pellerin et al. (2013a), c'est pourquoi un stockage additionnel n'est possible que si la parcelle était en situation de cultures. Les doses d'intrants à l'hectare sont tirées d'Agreste (2011), sauf pour les apports azotés organiques (Agreste, 2010a). Une dose de produit phytosanitaire est estimée 0,1 kg de matière active par hectare d'après Aubertot et al.

(2005). Les sources pour les facteurs d'émission par dose d'intrant sont les mêmes qu'en annexe III.a. Les émissions liées aux animaux et à leur déjections ne sont pas considérées (hypothèse implicite : pour les prairies pâturées, les bandes enherbées reçoivent autant de déjections que le reste de la prairie et le chargement à l'hectare reste inchangé). Les émissions par quantité produite ne sont pas estimées, faute d'hypothèse la quantité d'herbe produite en l'absence de traitement sur les bandes enherbées.

b. BCAE « gestion des surfaces en herbe » - prairies

Scénario de référence et facteur d'émission « carbone sol et biomasse »

Le scénario de référence considéré est une perte de prairie. Les hypothèses retenues pour le devenir des prairies perdues sont :

- elles sont converties dans trois autres usages (culture, forêt et zone urbaine) au prorata des taux des conversions nationales ;
- en cas de conversion en culture, la moitié des surfaces est convertie en maïs fourrager et l'élevage devient hors sol, l'autre moitié est convertie en grandes cultures et dans ce cas le troupeau disparaît.

La conversion des prairies en forêt, culture ou zone urbanisée provoque des changements de stocks de carbone dans le sol et dans la biomasse (Tableau 7). Les taux moyens de conversion des prairies (Tableau 7) ont été calculés à partir des matrices de changement d'utilisation des terres de (CITEPA, 2014) sur la période 1992-2012. Les conversions en « autres terres » sont négligées.

Tableau 7. Facteur d'émission et taux de conversion des prairies en autres usages

Changement d'utilisation des sols	Facteur d'émission (en tCO ₂ e/ha/an)	Proratas des conversions nette de prairies en autres usages sur 2005-2012
Prairie vers forêt	-5,00	10%
Prairie vers culture	3,252786762	77%
Prairie vers zone urbanisée	6,5306015	12%

Source : CITEPA (2014) et CITEPA (2013c)

Facteurs d'émission liés à l'usage

Hormis le changement de stock de carbone, la conversion d'une prairie va modifier les émissions supprimant celles de la gestion de la prairie (fertilisation, émissions liées au troupeau, etc.) et en les remplaçant par celles du nouvel usage (e.g. fertilisation et émissions liées au troupeau en bâtiment en cas de conversion en maïs fourrager). Les émissions des différents usages du sol sont donc calculées suivant les hypothèses suivantes :

- prairie : un chargement moyen à l'hectare de 1,56 UGB (Agreste, 2010a), 60 % du temps en pâture et 40 % en bâtiment (CITEPA, 2013c). Les facteurs d'émissions liés aux émissions du troupeau sont tirés de CITEPA (2013c) pour les paramètres spécifiques à la France et de IPCC (2006) pour ceux que le CITEPA reprend du GIEC. Les émissions liées aux intrants et à la mécanisation sont issues des mêmes sources que pour les cultures (voir Annexe III.a), sauf pour les apports organiques (Agreste, 2010a) ;
- maïs fourrager : la culture fourragère est supposée supporter 1,9 UGB de plus par hectare que le chargement de troupeau de la prairie qu'elle remplace. Cette estimation est obtenue sur les données du RICA (2013), en contrôlant pour les montants d'achats de concentrés¹. Elle ne varie pas

¹ D'après la régression : « chargement à l'hectare de SFP » = a + b*part du maïs dans la SFP + c*« charges concentrés » + ε

significativement sur des sous-échantillons (e.g. OTEX lait seul, exploitations autonomes en concentrés, etc.). Les sources sont identiques à la prairie pour les facteurs d'émission ;

- culture : voir Annexe I.b ;
- forêt : les émissions liées aux opérations sylvicoles sont négligées. Les émissions sont donc nulles hors changement de stock de carbone ;
- zone urbanisée : les émissions sont supposées nulles, hors changement de stock de carbone. En réalité, il est probable que la construction sur prairie soit moins dense, et donc plus émettrice, que celle qui aurait eu lieu en zone déjà urbanisée si la prairie n'avait pas été disponible pour la construction. Cependant, cet effet est difficile à quantifier.

Bilan par hectare de prairie non convertie

Les émissions liées à chacun de ces usages sont récapitulées en annexe III. Le Tableau 8 fournit le bilan par hectare de prairie non convertie en pondérant par la part de conversion en chaque usage.

Tableau 8. Bilan GES par hectare de prairie non convertie grâce à la BCAE « gestion des surfaces en herbe »

	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e/ha/an	0,39	0,16	-0,52	2,80	2,83

Bilan par quantité de produit (litre de lait / kg de viande)

Ramené au litre de lait, un système intense en maïs émet 45 % de plus qu'un système essentiellement herbager : 0.8 kgCO₂e/l contre 0.55 kgCO₂e/l (Dollé et al., 2013). Pour les troupeaux allaitants, un système intensif émet de l'ordre de 54 % de plus (Gac et al., 2010). Il serait toutefois difficile de faire un bilan par quantité de produit étant donné que le type de produit change partiellement – 50 % des prairies converties en cultures étant supposé avoir un débouché hors alimentation animale.

Quelques soient les estimations précédentes, la BCAE n'ayant pas permis d'éviter la perte de prairies, elle n'a pas d'impact sur le bilan carbone au global et par quantité de produit.

c. BCAE « maintien des particularités topographiques » - prairies

Données d'activité : linéaire de haies

Voir partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Facteur d'émission

Les haies sont supposées ne pas recevoir d'amendement (engrais, pesticides). Les émissions liées à la consommation de carburant sont légèrement supérieures à une prairie mais négligeables (Pellerin et al., 2013b). Le facteur d'émission lié aux intrants est calculé d'après les apports moyens en engrais minéraux et en pesticides pour les prairies (voir Annexe III.b).

Un hectare de prairie comprenant des haies est supposé contenir 100 mètres linéaires, occupant 2 % de la surface au sol (Pellerin et al., 2013b).

Estimation des émissions de GES évitées par hectare (approche surface) et par quantité produite

La méthode est la même que pour les bandes enherbées sur cultures et fournit les résultats résumés par le Tableau 9. Les émissions par litre de lait et par hectare de SFP dédiée à l'élevage laitier dans une

exploitation majoritairement herbagère sont tirées de Guyomard (2013). Les émissions par litre de lait sont par ailleurs du même ordre de grandeur que Dollé et al. (2013).

Tableau 9. Emissions de GES évitables par l'implantation de haies en prairie

	Emissions de N ₂ O évitées au champ	Emissions de GES évitées en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage additionnel de carbone	Total
En tCO ₂ e/ha ¹ /an	-0,01	-0,01	-0,10	-0,92	-1,03
Total (MtCO ₂ e/an)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Relativement à la quantité de produit	-26 % par litre de lait. Baisse de rendement de -2 %.				

¹ En comptant 100 mètres linéaires de haie par hectare de prairie d'après Pellerin et al. (2013).

d. BCAE « entretien minimal des terres » - prairies

Scénario de référence et facteur d'émission « carbone sol et biomasse »

Le scénario de référence considéré est une conversion de prairie en forêt. La conversion des cultures en forêt provoque des changements de stocks de carbone dans le sol et dans la biomasse. Le facteur d'émission lié à ces changements est directement repris de l'inventaire national (CITEPA, 2013c).

Facteurs d'émission liés à l'usage

Hormis le changement de stock de carbone, la conversion d'une prairie va modifier les émissions supprimant celles de la gestion de la prairie (fertilisation, émissions liées au troupeau, etc.) et en les remplaçant par celles du nouvel usage. Les émissions des différents usages du sol sont donc calculées suivant les hypothèses suivantes :

- prairie : voir annexe II.b et annexe III.b ;
- forêt : les émissions liées aux opérations sylvicoles sont négligées. Les émissions sont donc nulles hors changement de stock de carbone.

Bilan par hectare de prairie non convertie

Le Tableau 10 fournit le bilan par hectare de prairie non convertie en pondérant par la part de conversion en chaque usage.

Tableau 10. Bilan GES par hectare de prairie non convertie grâce à la BCAE « entretien minimal des terres »

	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
© En tCO ₂ e/ha/an	0,47	0,30	4,96	5,00	10,73

La mesure étant jugée inefficace (voir partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), son effet total est nul.

Bilan par quantité de produit (litre de lait / kg de viande)

Le bilan par quantité de produit est difficile à calculer dans la mesure où l'on passe d'un produit agricole à un produit forestier.

e. Premier pilier « aide à l'agriculture biologique » - élevage

Données d'activité : surfaces fourragères en bio

L'évolution des surfaces fourragères en bio est calculée à partir de l'évolution de la surface totale en bio, en supposant que la part des surfaces fourragères n'a pas varié sur la période et est égale à sa part en 2013, soit 65 %. L'évolution des surfaces fourragères en bio ne présente pas de tendance significative entre 2002 et 2006 ($p = 0.16$). On utilise donc la surface moyenne 2002-2006, 0.35 Mha, comme surface de référence, comparée à 0,51 Mha en moyenne sur 2007-2012.

Facteur d'émission

Van der Werf et al. (2009) estime les émissions d'exploitations dédiées à l'élevage laitier en AB et en AC, en négligeant la séquestration de carbone par les prairies. Pour rendre ces résultats homogènes avec le reste de l'étude, on soustrait cette séquestration aux émissions de l'AB. Pour ce faire, van der Werf et al. (2009) fournit la part de maïs dans la surface fourragère principale, à laquelle nous rajoutons la surface estimée nécessaire par van der Werf et al. (2009) à la production des concentrés consommés par les exploitations : 41 % de maïs pour l'AC contre 10 % pour l'AB. La différence (31 %) est supposée convertie du maïs à la prairie lors de la conversion en AB. Le facteur d'émissions correspondant à cette conversion est tiré de CITEPA (2014), en cohérence avec le reste de l'étude.

Le Tableau 11 fournit les différentes étapes et les différents éléments du calcul.

Tableau 11. Chiffres clés de l'AC et de l'AB en élevage

	Facteur d'émission (en tCO ₂ e/ha de SFP/an) hors UTCF	Facteur d'émission (en tCO ₂ e/ha de terre occupée y compris production de concentrés/an) hors UTCF	Part du maïs dans la SFP corrigée pour les concentrés	Séquestration liée à la conversion de maïs en prairie (tCO ₂ e/ha de SFP/an)	Facteur d'émission (en tCO ₂ e/ha de SFP/an) UTCF inclus
Agriculture conventionnelle (AC)	5,24	6,27	0,41	0	5,24
Agriculture biologique (AB)	4,68	4,89	0,10	1,02	3,66
	Productivité laitière (litre standardisé/ha a SFP/an)	Productivité laitière (litre standardisé/ha de terre utilisée (y compris production de concentrés)/an)	Facteur d'émission (en tCO ₂ e/ha de terre occupée (y compris production de concentrés)/an) UTCF inclus	Facteur d'émission hors UTCF (en tCO ₂ e/tonne de lait standardisée en matières grasses et protéiques /an)	Facteur d'émission (en tCO ₂ e/tonne de lait standardisée en matières grasses et protéiques /an) UTCF inclus
Agriculture conventionnelle (AC)	7197	6018	6,27	1,08	1,08
Agriculture biologique (AB)	4416	4230	3,87	1,04	0,82

Source : CDC Climat Recherche d'après van der Werf (2009).

Estimation des émissions de GES évitées par quantité produite par l'agriculture biologique

Voir Tableau 11. Les baisses de rendements mesurées par van der Werf et al. (2009) et utilisées dans cette étude (-30 % par hectare de SFP, -28 % par vache) sont par ailleurs comparables à celles des autres études synthétisées par Guyomard (2013).

f. Second pilier « prime herbagère agroenvironnementale »

Scénario de référence

Le scénario de référence considéré est une perte de prairie. Les hypothèses retenues pour le devenir des prairies perdues sont :

- elles sont converties en maïs fourrager, puisque la MAE compense la perte de revenu de l'élevage par rapport à une situation restant agricole ;

- malgré la conversion en culture, le troupeau est maintenu. On fait l'hypothèse que le retournement des prairies permet de nourrir 1,9 UGB de plus par hectare (voir annexe II.b).

Bilan par hectare (de prairie « non convertie »)

Le bilan par hectare de prairie non convertie est calculé suivant les mêmes modalités que pour la BCAE « gestion des surfaces en herbe » (cf annexe II.h) à deux exceptions près :

- l'alternative « maïs fourrager » est considérée représenter 100 % des surfaces concernées, contre 77 % pour la BCAE ;
- le chargement à l'hectare est supposé être de 1,4 UGB/ha contre la moyenne française en prairie de 1,56 UGB/ha pour la BCAE.

Surface sous contrat PHAE

La surface de prairie sous engagement de cette MAE s'élève à 4 Mha. (DG Agriculture, 2011)

Additionnalité

Chabé-Ferret et Subervie (2009) estime que les exploitations ayant souscrit à la PHAE ont diminué leur surface non-prairiale de 2 points de plus que celles qui n'y ont pas souscrit. La surface de prairie conservée est donc estimée par :

$$S_{pc} = S_{ce_PHAE} \times \alpha = \frac{S_{p_PHAE}}{1 - p_{cult_PHAE}} \times p_{cult_PHAE} \times \alpha$$

Où S_{pc} est la surface en prairie conservée par la MAE, S_{ce_PHAE} est la surface en culture évitée par la MAE, S_{p_PHAE} est la surface de prairie souscrivant à la PHAE (4 Mha), p_{cult_PHAE} est la proportion de cultures dans les exploitations ayant souscrit à la PHAE et α est le degré d'additionnalité (0.02).

Tableau 12. Estimation des émissions de GES évitées par la MAE « prime herbagère agroenvironnementale »

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par hectare de prairie conservé	-0,73	-0,09	-6,48	-3,25	-10,55
Total (MtCO ₂ e)	-0,008	-0,001	-0,07	-0,03	-0,11
Relativement à la quantité de produit	Ramené au litre de lait, un système prairial à faible impact émet 31 % de moins qu'un système plus intense en maïs : 0.8 kgCO ₂ e/l contre 0.55 kgCO ₂ e/l (Dollé et al., 2013). Pour les troupeaux allaitants, un système extensif émet de l'ordre de 35 % de moins (Gac et al., 2010).				

Source : CDC Climat Recherche avec les données de IPCC (2006) et CITEPA (2013a).

g. Second pilier « système fourrager économe en intrants »

Le Rohellec et al. (2010) fournit une comparaison détaillée des pratiques et rendements obtenus par les éleveurs enrôlés dans la MAE SFEI par rapport à des exploitations comparables.

Scénario de référence

Le scénario de référence considéré est le même que pour la MAE PHAE (section f), à savoir une perte de prairie. Les hypothèses retenues pour le devenir des prairies perdues sont :

- elles sont converties dans un autre usage, les cultures, puisque la MAE compense la perte de revenu de l'élevage par rapport à une situation restant agricole. Le choix de cette culture se tournerait certainement vers le maïs puisque les exploitations équivalentes de l'ouest fonctionnaient avec 37 % de maïs en 2008 (Le Rohellec et al., 2010) alors que la limite du cahier des charges est de 18 %.

- malgré la conversion en culture, le troupeau est maintenu. Le Rohellec et al. (2010) indique un chargement légèrement supérieur par hectare de surface fourragère pour les éleveurs hors SFEI « de référence » : 1,8 UGB/ha contre 1,4 UGB/ha en SFEI.

Surface sous contrat SFEI

La surface physique sous engagement de cette MAE s'élève à 0,04 Mha (DG Agriculture, 2011). Nous faisons l'hypothèse qu'il s'agit uniquement de la surface fourragère, sachant qu'elle représente de toute façon 85 % de la SAU des exploitations enrôlées.

Additionnalité

La SFEI n'a pas été étudiée par Chabé-Ferret et Subervie (2012, 2009). Le cahier des charges de la SFEI ressemble à une combinaison des cahiers des charges de trois MAE étudiées par Chabé-Ferret et Subervie (2009) : la MAE 8 « Modifier les traitements phytosanitaires », de la MAE 09 « Modifier la fertilisation », et la MAE 20 « Gestion extensive des surfaces en herbe ». On peut penser que le cahier des charges le plus contraignant va déterminer le degré d'additionnalité. En conséquence, le α appliqué est le α le plus élevé de ces trois MAE, à savoir 0.32, celui de la MAE 09.

Bilan par hectare (de prairie « non convertie »)

Les données de fertilisation, d'assolement et de chargement (Tableau 13) sont reprises de Le Rohellec et al. (2010). Pour les éleveurs enrôlés dans la MAE SFEI, les valeurs retenues sont les valeurs « de croisière », c'est-à-dire celles des « anciens signataires » qui ont atteint un équilibre après une phase transitoire. Elles sont comparées aux moyennes nationales pour les prairies et pour le maïs (Agreste, 2011, 2010a). Les pratiques détaillées des éleveurs enrôlés dans la MAE n'étant pas disponibles pour les produits phytosanitaires, on corrige les valeurs tirées d'Agreste (2011, 2010a) par le ratio $IFT_{MAE}/IFT_{référence}$. Les facteurs d'émissions appliqués pour les prairies et le maïs sont les mêmes que pour la MAE PHAE (section f).

Tableau 13. Pratiques culturelles des exploitations sous contrat SFEI

	Eleveurs enrôlés dans la MAE SFEI	Eleveurs hors SFEI « de référence »
Azote minéral kgN/ha de prairie	2	27
Azote minéral kgN/ha de maïs	2	64
Azote organique kgN/ha de prairie	50	28
Azote organique kgN/ha de maïs	61	124
IFT prairie	0.05	0.021
IFT maïs	0.88	1.66
Part des prairies dans la surface fourragère	91 %	63 %
Chargement (UGB/ha de surface fourragère)	1.4	1.8

Source : (Agreste, 2011, 2010a; Le Rohellec et al., 2010)

Deux effets d'atténuation se combinent donc : la préservation de prairie – comme pour la MAE PHAE, et l'intensité de fertilisation et de traitements phytosanitaires moindre par hectare de maïs et de prairie des éleveurs enrôlés comparée à la moyenne nationale du fait du cahier des charges. La synthèse par hectare de surface fourragère enrôlée dans la MAE est donnée par le Tableau 14.

Bilan par quantité de produit (litre de lait)

Les deux tiers des exploitations étant orientés sur la production de lait, seule l'estimation par litre de lait est réalisée. Le Rohellec et al. (2010) compare les rendements laitiers des « anciens signataires » de la MAE (5216 L/VL/an) et des éleveurs laitiers « de référence » (6811 L/VL/an). En appliquant les données d'activité et facteurs d'émission susmentionnés, on aboutit à 0.81 kgCO₂e/l pour les exploitations de référence et 0.77 kgCO₂e/l pour les exploitations enrôlées dans la MAE. L'ordre de grandeur est comparable aux valeurs de Dollé et al. (2013) mais la différence entre les deux systèmes est nettement plus faible que celle rapportée par Dollé et al. (2013) entre des exploitations « optimisées » et des exploitations « non optimisées ». L'écart vient vraisemblablement du dénominateur puisque la production de lait est quasiment identique entre les deux types d'exploitations comparées par Dollé et al. (2013).

Tableau 14. Potentiel d'atténuation par hectare de surface fourragère enrôlée dans la MAE SFEI

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par hectare de prairie conservé	-0,31	-0,22	-3,89	-3,25	-7,67
Total (MtCO ₂ e)	-0,00014	-0,00010	-0,0018	-0,0015	-0,0035
Relativement à la quantité de produit	Ramené au litre de lait, les exploitations souscrivant à la MAE SFEI émettent 15 % de moins. Baisse de rendement : -40 % par hectare de SFP.				

h. Premier pilier « aide aux légumineuses » - prairies

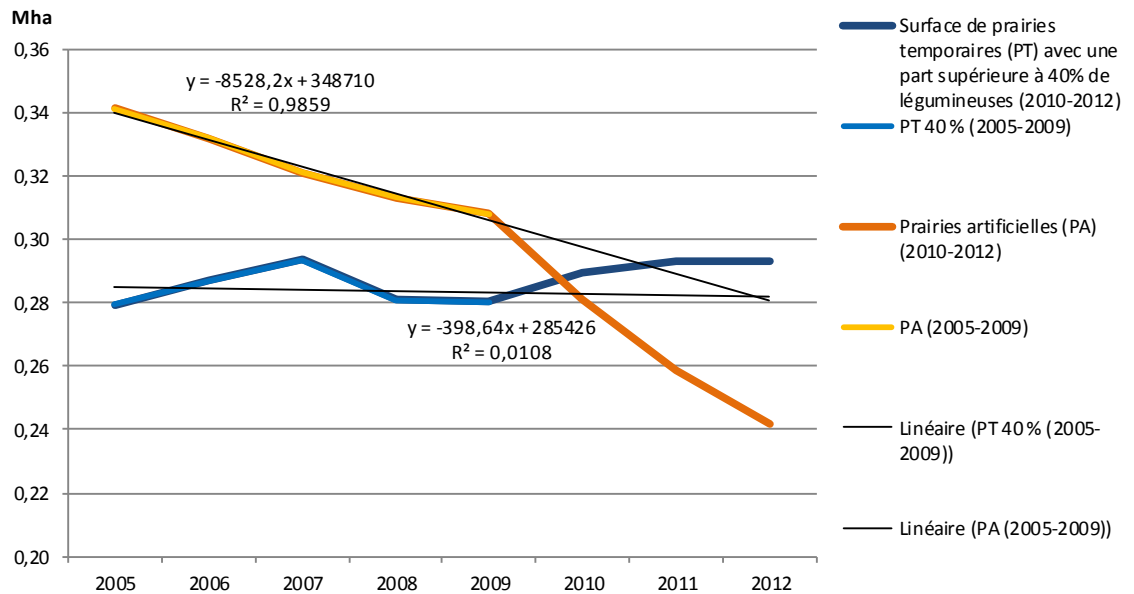
Aides aux légumineuses fourragères sur prairies

Données d'activité : surface en légumineuses fourragères (prairies artificielles) et prairies temporaires

Pellerin et al. (2013a) indique que la réduction de la fertilisation azotée sur prairies est efficace dès lors que la part de légumineuses est supérieure à 40 %. Or la part de prairies permanentes (PP) comprenant plus de 40 % de légumineuses s'élève à 0,05 % de la sole totale. Pour le calcul, seules les prairies temporaires (PT) et les prairies artificielles (PA) ont donc été retenues. D'après Pellerin et al. (2013a) et l'enquête « pratiques culturales » (Agreste, 2010a) le pourcentage de la surface de prairies temporaires ayant un taux de couverture en légumineuses supérieur à 40 % est de 10,21 %. Ce pourcentage est supposé constant sur la période d'étude (2005-2012). De plus, Agreste (2014) définit les prairies artificielles comme des prairies qui sont toujours ensemencées d'au moins 80 % de légumineuses fourragères, pures ou en mélange. La majorité des légumineuses fourragères se trouvent par conséquent dans cette catégorie.

CGDD (2013) identifie un biais déclaratif entre prairies temporaires et prairies permanentes : la surface déclarée en prairie permanente chute brutalement de 260 000 ha entre 2009 et 2010, alors que la surface déclarée en prairie temporaire fait un bon de 355 000 ha. Ce biais est probablement lié à l'introduction de la BCAE « gestion des surfaces en herbe » qui contraint plus fortement la revente ou le retournement pour les prairies permanentes que pour les prairies temporaires. Il est ici rectifié en rajoutant aux surfaces en prairies permanentes entre 2010 et 2012 la baisse observée entre 2009 et 2010, et en retranchant cette même valeur aux surfaces en prairie temporaire entre 2010 et 2012.

Figure 3. Evolution des surfaces des prairies temporaires dont la part de légumineuses est supérieure à 40 % et la surface des prairies artificielles



Source : CDC Climat Recherche d'après les données de (Agreste, 2013a)

La surface des prairies artificielles baisse significativement ($P = 0.0007$) et linéairement sur la période 2005-2009. L'extrapolation linéaire de cette tendance sur 2010-2012 est donc notre scénario BAU. Depuis la mise en place de l'aide couplée du premier pilier en 2010, la baisse des surfaces s'est accélérée ce qui va dans le sens contraire de l'effet attendu (Figure 3). L'effet de la mesure est donc considéré comme nul pour les surfaces de légumineuses en prairies artificielles.

Les surfaces en prairies temporaires ne présentent pas de tendance significative entre 2005 et 2009 ($P = 0.87$). Le scénario BAU considéré est donc la moyenne des prairies temporaires comprenant plus de 40% de légumineuses sur 2005-2009 (Tableau 15), soit 0,284 Mha. La surface annuelle moyenne observée par la Statistique annuelle agricole (Agreste, 2013d) sur la période de 2010-2012 est de 0,292 Mha (Tableau 15).

Tableau 15. Evolution de la surface des prairies et comparaison avec la projection

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Surface des prairies temporaires avec un taux de couverture supérieur à 40 % de légumineuses (Mha)	0,279	0,287	0,294	0,281	0,280	0,289	0,293	0,293
Prairies artificielles (Mha)	0,341	0,332	0,321	0,313	0,308	0,281	0,258	0,242

Source : Agreste (2013d)

Facteur d'émission : atténuation unitaire des légumineuses fourragères

La différence de réduction des émissions entre les deux sous actions (aide aux protéagineux (annexe I.g) et aides aux légumineuses fourragères) peut être expliquée par la distinction des unités dans lesquelles le facteur d'émission est exprimé. En grande culture, la réduction d'émission de GES est estimée par hectare de légumineuse implantée alors qu'en prairie elle est estimée par hectare de prairie, qui n'est en

général pas exclusivement constituée de légumineuses. Par ailleurs, la fertilisation est généralement moindre en prairie qu'en culture.

Tableau 16. Valeur des émissions directes, indirectes et en amont de GES évitées

	Emissions de N ₂ O (en tCO ₂ e/ha/an)	Emissions directes de CO ₂ (en tCO ₂ e/ha/an)	Emissions de GES en amont (en tCO ₂ e/ha/an)
Pour les légumineuses dans les prairies (par ha de prairie)	0,170	0,00136	0,156

Source : Pellerin et al. (2013a)

Estimation des émissions de N₂O évitées par le biais de l'aide aux légumineuses

Par l'aide à l'implantation de légumineuses en prairies: $(0,292 - 0,284) \times (-0,170) = -0.001 \text{ MtCO}_2\text{e/an}$

Estimation des émissions directes de GES évitées par la diminution de carburant sur l'exploitation

$(0,292 - 0,284) \times (-0,00136) = -0,01 \times 10^{-3} \text{ MtCO}_2\text{e/an}$

Estimation des émissions induites de GES évitées par la diminution de l'utilisation d'engrais

Les facteurs d'émissions sont issus de Pellerin et al. (2013).

$(0,292 - 0,284) \times (-0,156) = -0.001 \text{ MtCO}_2\text{e/an}$

i. Premier pilier « aide au lait de montagne »

Scénario de référence

Le scénario de référence considéré est une perte de cheptel et des prairies associées. L'hypothèse retenue pour le devenir des prairies perdues en montagne est :

- elles sont converties dans un usage : la forêt. Il est supposé dans ce cas que les difficultés de terrains et d'altitude sont un frein à la conversion en culture ou en zone urbanisée.

Données d'activité : surface de prairie des exploitations de montagne en bovin lait

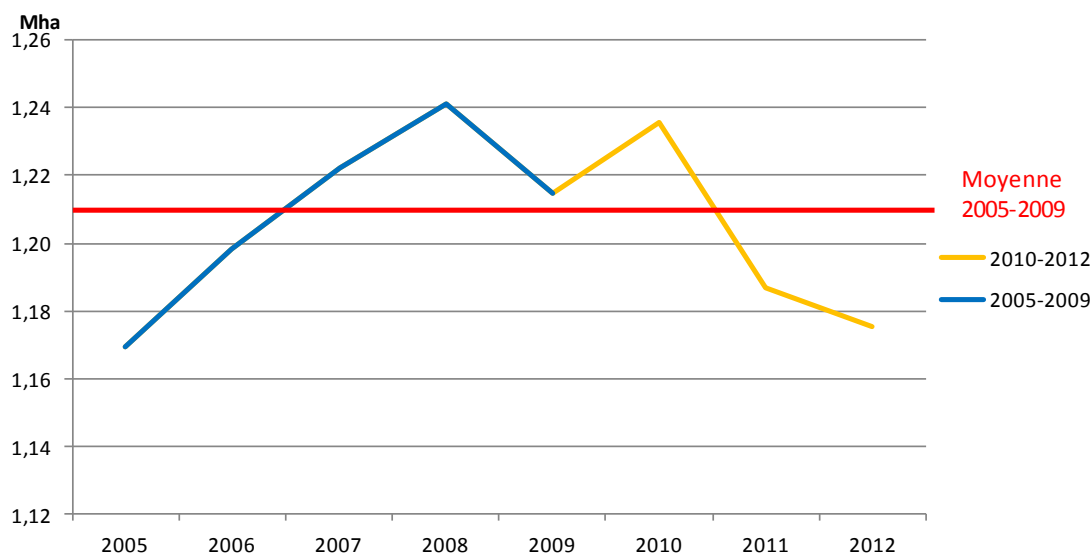
Les données d'activité (surfaces en prairies temporaires et permanentes des exploitations laitières en montagne) ne sont pas directement disponibles. Elles sont reconstruites à partir de l'enquête du Réseau Comptable d'Information Agricole (RICA France and Agreste, 2013) ajustée annuellement et pour chaque région de manière à assurer la cohérence avec les statistiques annuelles agricoles (Agreste, 2013d) utilisées par ailleurs :

$$S_{\text{prairie_lait_montagne_it}} = S_{\text{prairie_lait_montagne_RICA_it}} \times \frac{S_{\text{prairie_SAA_it}}}{S_{\text{prairie_RICA_it}}}$$

où $S_{\text{prairie_lait_montagne_it}}$ est la donnée d'activité recherchée pour la région i à l'année t, $S_{\text{prairie_lait_montagne_RICA_it}}$ est la surface de prairie des exploitations laitières en montagne donnée par le RICA pour la région i à l'année t, $S_{\text{prairie_RICA_it}}$ est la surface totale de prairies donnée par le RICA pour la région i à l'année t et $S_{\text{prairie_SAA_it}}$ est la surface totale de prairies donnée par la SAA pour la région i à l'année t.

La croissance de $S_{\text{prairie_lait_montagne_it}}$ sur 2005-2009 n'est pas significative ($P = 0.12$). La mesure n'est pas jugée efficace puisque la moyenne de $S_{\text{prairie_lait_montagne_it}}$ sur 2010-2012 (1.20 Mha) est inférieure à la moyenne 2005-2009 (1.21 Mha).

Figure 4. Evolution de la surface des prairies (temporaires et permanentes) de montagne en bovin lait



Source : CDC Climat Recherche d'après RICA (2013) et Agreste (2013d)

Bilan par hectare (de prairie « non convertie »)

D'après (Agreste, 2013e), le chargement moyen en exploitations laitières en zone défavorisée de montagne est de 1 UGB/ha. Autrement, les sources et les méthodes de calcul des facteurs d'émissions sont les mêmes que pour la BCAE « surface en herbe » en remplaçant les moyennes pondérées par le cheptel en UGB de chaque type d'animal par les facteurs d'émissions spécifiques aux vaches laitières (Tableau 17).

Tableau 17. Aide au lait de montagne et émissions de GES

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par hectare de prairie conservé	0,47	0,30	5,23	5,00	11,00
Total (MtCO ₂ e/an)	0 : la moyenne des prairies des exploitations laitières sur 2010-2012 est inférieure à la moyenne avant la mesure (2005-2009).				
Relativement à la quantité de produit	Non calculable : le scénario contrefactuel étant l'absence de production laitière.				

Source : CDC Climat Recherche

j. Indemnités compensatoires de handicaps naturels (ICHN)

Similaire à l'aide au lait de montagne mais non quantifié car n'a pas subi de changement depuis 2001.

k. Premier pilier découplage bovin viande

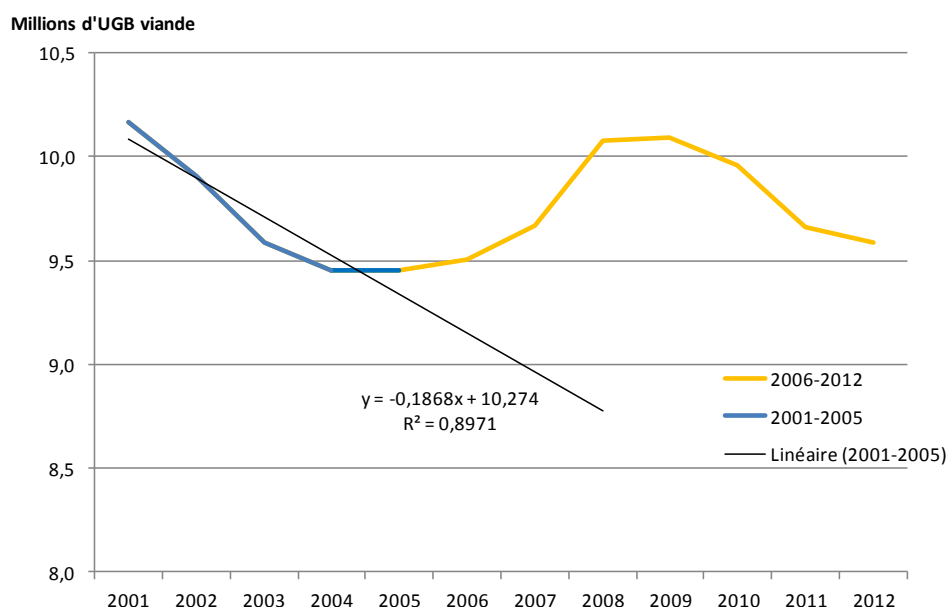
Scénario de référence

Le scénario de référence considéré est un maintien du troupeau « bovin viande » – vaches allaitantes et les jeunes bovins associés – là où le découplage partiel de cette mesure tend à diminuer la taille du troupeau. L'évolution de la surface fourragère n'est pas considérée ici dans la mesure où l'aide découplée maintient un soutien à l'orientation « élevage » de l'exploitation même si ce soutien n'est plus dépendant de la productivité.

Données d'activité : cheptel « bovin viande »

L'évolution du cheptel « bovin viande » tel que défini par le CITEPA – c'est-à-dire l'intégralité du cheptel bovin hors vaches laitières – présente une tendance significative ($P = 0.01$) sur la période 2001-2005 (Figure 5).

Figure 5. Evolution du cheptel bovin allaitant entre 2001 et 2012



Source : CDC Climat Recherche d'après Eurostat

Le scénario BAU est donc la moyenne des valeurs projetées sur 2006-2012 au moyen de la régression linéaire sur 2001-2005. Elle s'élève à 8,6 millions d'UGB contre 9,8 rapportée dans Eurostat. La mesure est donc jugée inefficace.

Bilan par UGB non produite

Le bilan par UGB non produite suite au découplage est réalisé à partir des mêmes facteurs d'émissions et hypothèses que pour la BCAE « surface en herbe » pour les émissions du cheptel en remplaçant les moyennes pondérées par le cheptel en Unité Gros Bétail (UGB) de chaque type d'animal par les facteurs d'émissions spécifiques au troupeau « bovin viande » (Tableau 18). Les émissions liées à la gestion des surfaces fourragères sont considérées comme constantes (voir ci-avant).

Tableau 18. Découplage partiel des aides aux bovins viande

Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par UGB viande non produite	0,00	0,00	-3,10	0,00	-3,10
Total (MtCO ₂ e)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Relativement à la quantité de produit	Il s'agit d'une baisse de production. Il n'y a donc pas d'impact évident sur les émissions par kilogramme de carcasse. La légère incitation à l'extensification des surfaces fourragères fournie par le découplage partiel est négligée ici.				

Source : CDC Climat Recherche.

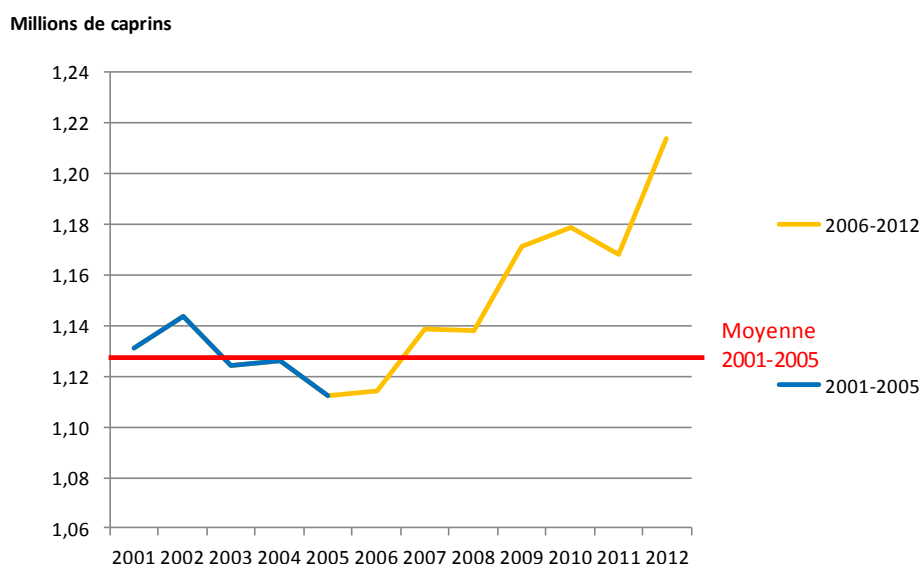
Bilan relatif à la quantité de produit (kg de viande ou litre de lait par hectare de SFP)

Le découplage des aides fournit en principe une incitation au pâturage au détriment des cultures fourragères puisque l'aide n'est plus dépendante du chargement à l'hectare qui augmente avec la part des cultures fourragères dans la SFP. C'est notamment ce qui ressort des simulations réalisées avec le modèle AROPAj (Galko, 2007). En cohérence avec les résultats évoqués en annexe II.f, on pourrait donc s'attendre à une baisse des émissions par quantité de produit. Toutefois, comme la surface en prairie n'a cessé de baisser suite au découplage, et qu'on observe en parallèle une augmentation des rendements par animal (litre de lait par vache ou kg de viande par UGB) qui sont généralement corrélés à une baisse des émissions par quantité de produit, le bilan du découplage par quantité de produit n'est pas estimé.

I. Premier pilier : découplage caprin

Les méthodes et facteurs d'émissions sont les mêmes que pour les bovins « viande », en remplaçant les facteurs d'émissions spécifiques au troupeau bovin allaitant par ceux spécifiques aux caprins (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). L'évolution du cheptel caprin ne présente pas de tendance significative ($P = 0.12$) sur la période 2001-2005 (Figure 6). En outre, la moyenne 2006-2012 est supérieure à la moyenne 2001-2005. La mesure est donc jugée inefficace.

Figure 6. Evolution du cheptel caprin entre 2001 et 2012



Source : CDC Climat Recherche d'après Eurostat

Tableau 19. Découplage partiel des aides aux caprins

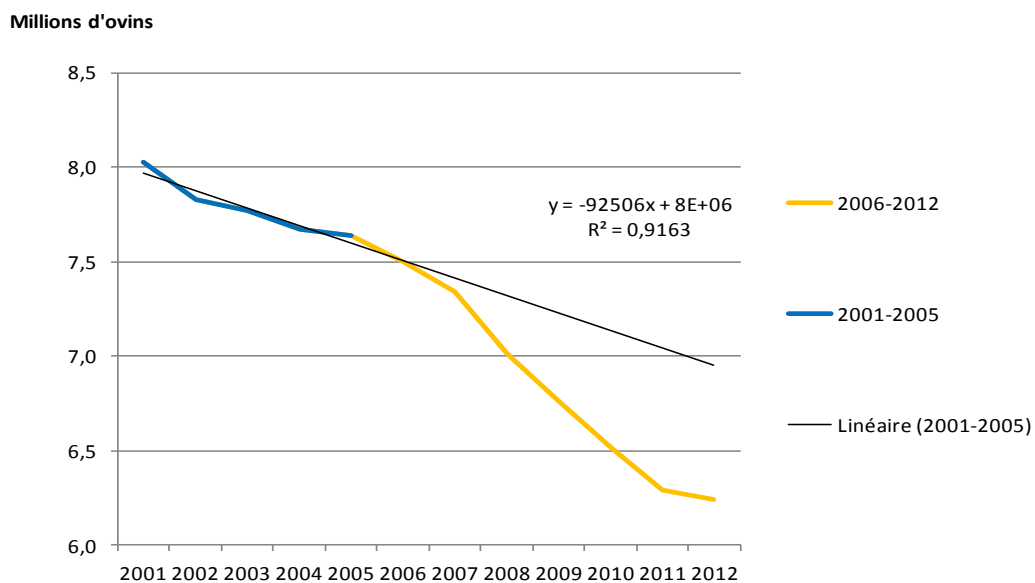
Potentiel d'atténuation	Emissions de N ₂ O au champ	Emissions de GES en amont	Emissions de GES liées au cheptel	Stockage de carbone	Total
En tCO ₂ e par UGB non produite	0,00	0,00	-2,25	0,00	-2,25
Total (MtCO ₂ e)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Relativement à la quantité de produit	Il s'agit d'une baisse de production. Il n'y a donc pas d'impact évident sur les émissions par quantité de produit. La légère incitation à l'extensification des surfaces fourragères fournie par le découplage partiel est négligée ici.				

Source : voir annexe II.I.

m. Premier pilier : découplage ovin

Les méthodes et facteurs d'émissions sont les mêmes que pour les bovins « viande », en remplaçant les facteurs d'émissions spécifique au troupeau bovin allaitant par ceux spécifiques aux ovins. L'évolution du cheptel ovin présente une tendance significative ($P = 0.01$) sur la période 2001-2005 (Figure 7). En outre, la moyenne 2006-2012 est inférieure à la moyenne projetée d'après la régression linéaire sur 2001-2005. La mesure est donc jugée efficace.

Figure 7. Evolution du cheptel ovin entre 2001 et 2012



Source : CDC Climat Recherche d'après Eurostat

ANNEXE III. BILAN GAZ A EFFET DE SERRE DE QUELQUES USAGES DES TERRES

a. Grande culture moyenne

Grande culture moyenne		FE (tCO ₂ e/kg substance active)	Source	Dose (kg substance active/ha)	Source	Emissions (tCO ₂ e/ha)
Production engrais	N	0,0053	ADEME (2010)	138	Pellerin et al. (2013)	0,73
Production engrais	P	0,0006	ADEME (2010)	27,8	EPC 2011	0,02
Production engrais	K	0,0004	ADEME (2010)	26,5	EPC 2011	0,01
Production phytos	Herbicides	0,0090	ADEME (2010)	0,27	EPC 2011, Aubertot et al (2005)	0,002
Production phytos	Fongicides	0,0061	ADEME (2010)	0,17		0,001
Production phytos	Insecticides	0,0253	ADEME (2010)	0,06		0,001
Production phytos	Regulateurs	0,0085	ADEME (2010)	0,03		0,0003
Production phytos	Molluscides	0,0090	ADEME (2010)	0,01	Pellerin et al. (2013)	0,0001
Champ	engrais N minéral	0,0057	tCO ₂ e/kgN, Pellerin et al. (2013)	138		0,79
Champ	apports N organiques	0,0067	tCO ₂ e/kgN, IPCC 2006 et CITEPA 2013	33,4	EPC 2011	0,22
Mécanisation (construction engins + carburant)		0,0258	tCO ₂ /ha, Bilan Carbone v6.1	1		0,03
Emissions amount (y compris carburant)						0,79
Emissions N ₂ O au champs (tCO ₂ e/ha)						1,01
Emissions GES totales (tCO ₂ e/ha)						1,81
Emissions GES totales (tCO ₂ e/tMS)						0,28
Production AC Blé/orge (CGS)		6,42				

b. Prairie moyenne

Prairie	FE Source		Dose Source	Emissions (tCO2e/ha)							Source
	(tCO2e/kg substance active)			(kg substance active/ha)	Chargement moyen (1,56 UGB/ha)	Chargement PHAE (1,4 UGB/ha)	Orientation lait, chargement montagne (1,0 UGB/ha)	Orientation viande (1,0 UGB/ha)	Caprins (1,0 UGB/ha)	Ovins (1,0 UGB/ha)	
Production engrais	N	0,0053	ADEME (2010)	50	Pellerin et al. (2013)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Production engrais	P	0,0006	ADEME (2010)	6,9	EPC 2011	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production engrais	K	0,0004	ADEME (2010)	10,1	EPC 2011	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production phytos	Herbicides	0,0090	ADEME (2010)	0,01		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production phytos	Fongicides	0,0061	ADEME (2010)	0,00	EPC 2011, Aubertot et al (2005)	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production phytos	Insecticides	0,0253	ADEME (2010)	0,00		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production phytos	Regulateurs	0,0085	ADEME (2010)	0,00		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production phytos	Molluscides	0,0090	ADEME (2010)	0,00		0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Champ	engrais N minéral	0,006	tCO2e/kgN, Pellerin et al. (2013)	50	Pellerin et al. (2013)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Champ	épandage N organiques	0,007	tCO2e/kgN, IPCC 2006 et CITEPA 2013	27,6	EPC 2011	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Champ	N2O déjections en prairie					0,68	0,61	0,42	0,37	0,04	0,38 CITEPA 2013
Champ	N2O déjections en bâtiment "l'hiver"					0,11	0,09	0,05	0,07	0,20	0,07 CITEPA 2013
Champ	CH4 déjection en prairie					0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,02 CITEPA 2013
Champ	CH4 déjection en bâtiment l'hiver					1,03	0,92	1,71	0,64	0,03	0,02 CITEPA 2013
Champ	CH4 entérique					3,11	2,79	3,02	2,02	1,97	1,58 CITEPA 2013
Mécanisation (construction engins + carbur.		0,0257786	tCO2/ha, Bilan Carbone v6.1	1		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Emissions amont (y compris carburant)						0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Emissions N2O au champ/bâtiment (tCO2e/ha)						1,26	1,18	0,94	0,91	0,71	0,92
Emissions N2O au champ hors cheptel (tCO2e/ha)						0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Emissions CH4 au champ/bâtiment (tCO2e/ha)						4,17	3,74	4,75	2,67	2,01	1,62
Emissions GES totales (tCO2e/ha)						5,73	5,22	6,00	3,88	3,02	2,84
Emissions GES totales hors cheptel (tCO2e/ha)						0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Emissions GES totales (tCO2e/litre de lait)						0,00055					Dollé et al 2013
Emissions GES totales (tCO2e/100 kg viande vive)						0,725					Gaëc 2010

c. Maïs fourrager

Maïs fourrager et chargement moyen d'une prairie passé en bâtiment l'été		FE Source	Dose Source		Emissions (tCO ₂ e/ha)				Source
		(tCO ₂ e/kg substance active)	substance active/ha	(kg active/ha)	Chargement moyen (1,56 UGB/ha)	Chargement PHAE (1,4 UGB/ha)	1,9 + chargement moyen (3,5 UGB/ha)	1,9 + chargement PHAE (3,3 UGB/ha)	
Production engrais	N	0,0053	ADEME (2010)	63,7	Pellerin et al. (2013)	0,34	0,34	0,34	
Production engrais	P	0,0006	ADEME (2010)	25,4	EPC 2011	0,014	0,01	0,01	
Production engrais	K	0,0004	ADEME (2010)	21,5	EPC 2011	0,010	0,01	0,01	
Production phytos	Herbicides	0,0090	ADEME (2010)	0,30		0,003	0,00	0,00	
Production phytos	Fongicides	0,0061	ADEME (2010)	0,00	EPC 2011, Aubertot et al (2005)	0,000	0,00	0,00	
Production phytos	Insecticides	0,0253	ADEME (2010)	0,01		0,000	0,00	0,00	
Production phytos	Regulateurs	0,0085	ADEME (2010)	0,00		0,000	0,00	0,00	
Production phytos	Molluscides	0,0090	ADEME (2010)	0,00		0,000	0,00	0,00	
Champ	engrais N minéral	0,006	tCO ₂ e/kgN, Pellerin et al. (2013)	63,7	Pellerin et al. (2013)	0,37	0,37	0,37	
Champ	épandage N organiques	0,007	tCO ₂ e/kgN, IPCC 2006 et CITEPA 2013	124,4	EPC 2011	0,83	0,83	0,83	
Champ	N2O déjections en bâtiment "toute l'année"					0,19	0,17	0,42	IPCC 2006, CITEPA 2013
Champ	CH4 déjection en bâtiment "toute l'année"					1,87	1,67	4,14	IPCC 2006, CITEPA 2015
Champ	CH4 entérique					3,11	2,79	6,90	IPCC 2006, CITEPA 2016
Mécanisation (construction engins + carburant)		0,0257786	tCO ₂ /ha, Bilan Carbone v6.1	1		0,03	0,03	0,03	
Emissions amont (y compris carburant)									
Emissions N2O au champ/bâtiment (tCO ₂ e/ha)						0,39	0,39	0,39	
Emissions N2O au champ hors cheptel (tCO ₂ e/ha)						1,39	1,37	1,62	
Emissions CH4 au champ/bâtiment (tCO ₂ e/ha)						1,20	1,20	1,20	
Emissions GES totales (tCO ₂ e/ha)						4,98	4,47	11,04	
Emissions GES totales hors cheptel (tCO ₂ e/ha)						6,75	6,22	13,05	
Emissions GES totales (tCO ₂ e/litre de lait)						1,59	1,59	1,59	
Emissions GES totales (tCO ₂ e/100 kg viande vive)						0,0008	0,0008	0,0008	Dollé et al 2013
						1,12	1,12	1,12	Gaec 2010

d. Prairie engagée dans la MAE « SFEI » et son contrefactuel

Prairie SFEI et référence SFEI		FE Source (tCO2e/kg substance active)	Dose "anciens signataires"	Dose moyenne référence (kg QSA/ha, cf EPC 2011)	Source	Emissions SFEI (1,4 UGB/haSFP)	Émissions (tCO2e/ha) Référence pour 1,4 UGB/haSFP	Référence pour 1,8	Source
					FE : Pellerin et al. (2013) Dose : Le Rohellec				
Production engrais	N	0,0053	2	26,9 (2010)		0,01	0,14	0,14	
Production engrais	P	0,0006	3	6,9 idem		0,002	0,004	0,004	
Production engrais	K	0,0004	5	10,1 idem		0,002	0,004	0,004	
Production phytos	Herbicides	0,0090	0,00	0,008		0,000	0,000	0,000	
Production phytos	Fongicides	0,0061	0	0,000	EPC 2011,	0,000	0,000	0,000	
Production phytos	Insecticides	0,0253	0	0,000	Aubertot et al	0,000	0,000	0,000	
Production phytos	Régulateurs	0,0085	0	0,000	(2005)	0,000	0,000	0,000	
Production phytos	Molluscides	0,0090	0	0,000		0,000	0,000	0,000	
					FE : Pellerin et al. (2013) Dose : Le Rohellec				
Champ	engrais N minéral	0,006	2	26,9 (2010)		0,01	0,15	0,15	
Champ	épandage N organiques	0,007	50	27,6 idem		0,33	0,18	0,18	
Champ	N2O déjections en prairie					0,61	0,61	0,79	IPCC 2006, CITEPA 2013
Champ	N2O déjections en bâtiment "l'hiver"					0,09	0,09	0,12	IPCC 2006, CITEPA 2013
Champ	CH4 déjection en prairie					0,03	0,03	0,03	IPCC 2006, CITEPA 2013
Champ	CH4 déjection en bâtiment l'hiver					0,92	0,92	1,19	IPCC 2006, CITEPA 2013
Champ	CH4 entérique					2,79	2,79	3,59	IPCC 2006, CITEPA 2013
Mécanisation (construction engins + carburant)		0,026	1			0,03	0,03	0,03	
Emissions amont (y compris carburant)						0,04	0,18	0,18	
Emissions N2O au champ/bâtiment (tCO2e/ha)						1,05	1,05	1,25	
Emissions N2O au champ hors cheptel (tCO2e/ha)						0,35	0,34	0,34	
Emissions CH4 au champ/bâtiment (tCO2e/ha)						3,74	3,74	4,81	
Emissions GES totales (tCO2e/ha)						4,83	4,96	6,23	
Emissions GES totales hors cheptel (tCO2e/ha)						0,39	0,52	0,52	
Emissions GES totales (tCO2e/litre de lait)									
Emissions GES totales (tCO2e/100 kg viande vive)									

e. Maïs fourrager engagé dans la MAE « SFEI »

Maïs fourrager SFEI		FE Source (tCO2e/kg substance active)	Dose "anciens signataires" SFEI	Dose moyenne référence (kg OSA/ha, cf Le Rohellec 2010)	Source	Emissions (tCO2e/ha)			Source
						SFEI (1,4 UGB/haSFP)	Référence pour 1,4 UGB/haSFP	Référence pour 1,8 UGB/haSFP	
		0,0053		FE : Pellerin et al. (2013) Dose : Le Rohellec		1,4	1,4	1,8	
Production engrais	N		2	63,7 (2010)		0,01	0,34	0,34	
Production engrais	P	0,0006	3	25,4 idem		0,00	0,01	0,01	
Production engrais	K	0,0004	8	21,5 idem		0,00	0,01	0,01	
Production phytos	Herbicides	0,0090	0,16	0,300		0,00	0,00	0,00	
Production phytos	Fongicides	0,0061	0	EPC 2011, Aubertot et al		0,00	0,00	0,00	
Production phytos	Insecticides	0,0253	0,01	0,010		0,00	0,00	0,00	
Production phytos	Regulateurs	0,0085	0	0,000 (2005)		0,00	0,00	0,00	
Production phytos	Molluscides	0,0090	0	0,000		0,00	0,00	0,00	
				FE : Pellerin et al. (2013) Dose : Le Rohellec					
Champ	engrais N minéral	0,006	2	63,7 (2010)		0,01	0,37	0,37	
Champ	épandage N organiques	0,007	61	124,4 idem		0,41	0,83	0,83	IPCC 2006, CITEPA 2013
Champ	N2O déjections en bâtiment "toute l'année"					0,17	0,17	0,22	IPCC 2006, CITEPA 2015
Champ	CH4 déjection en bâtiment "toute l'année"					1,67	1,67	2,15	IPCC 2006, CITEPA 2016
Champ	CH4 entérique					2,79	2,79	3,59	
Mécanisation (construction engins + carburant)		0,0257786	1			0,03	0,03	0,03	
Emissions amont (y compris carburant)						0,04	0,39	0,39	
Emissions N2O au champ/bâtiment (tCO2e/ha)						0,59	1,37	1,42	
Emissions N2O au champ hors cheptel (tCO2e/ha)						0,42	1,20	1,20	
Emissions CH4 au champ/bâtiment (tCO2e/ha)						4,47	4,47	5,74	
Emissions GES totales (tCO2e/ha)						5,10	6,22	7,55	
Emissions GES totales hors cheptel (tCO2e/ha)						0,46	1,59	1,59	
Emissions GES totales (tCO2e/litre de lait)									
Emissions GES totales (tCO2e/100 kg viande vive)									

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, 2012. Cahier d'acteur. Les bonnes pratiques à mutualiser en vue de Rio +20. L'efficacité énergétique des bâtiments.
- ADEME, 2011. Réalisation d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre- Filière agricole et agro-alimentaire (Guide sectoriel).
- ADEME, 2010. Guide des facteurs d'émissions version 6.1. ADEME.
- Agence Bio, 2012. Le bio en France de la production à la consommation.
- Agreste, 2014. Glossaire "Prairies artificielles."
- Agreste, 2013a. Statistique agricole annuelle - Céréales, oléagineux, protéagineux.
- Agreste, 2013b. Statistique agricole annuelle - Cultures industrielles.
- Agreste, 2013c. Statistique agricole annuelle - Pommes de terre et tubercules.
- Agreste, 2013d. Statistique agricole annuelle - Cultures fourragères.
- Agreste, 2013e. Des territoires laitiers contrastés-Primeur n°308.
- Agreste, 2011. Enquête Pratiques culturales 2011. Ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt, Paris, France.
- Agreste, 2010a. Enquête Pratiques culturales 2006 (Les Dossiers No. 8).
- Agreste, 2010b. Pratiques culturales 2006 (No. 8), Agreste Les Dossiers. Ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt, Paris, France.
- Agreste GraphAgri, 2013a. La forêt et les industries du bois.
- Agreste GraphAgri, 2013b. L'agriculture, la forêt et les industries agroalimentaires.
- Amoudry, J.-P., 2002. L'avenir de la montagne: un développement équilibré dans un environnement préservé (Rapport d'information No. 15). Sénat.
- Arrouays, D., Balesdent, J., Germon, J.C., Jayet, P.A., Soussana, J.F., Stengel, P., 2002. Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France? (Synthèse du rapport d'expertise). INRA.
- Aubertot, J.N., Barbier, J.M., Carpentier, A., Gril, J.J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I., Voltz, M., 2005. Pesticides, agriculteurs et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. (Expertise scientifique collective). INRA et Cemagref.
- Berthelot, J., Bourdel, C., Caplat, J., Desetables, A., Féret, S., Grawitz, T., Lagandré, D., Lebreton, A., Maret, J., Racapé, J., Rolland, J.-P., Savigny, G., Vandaele, D., 2011. Guide de la politique agricole commune.
- Carrouée, B., B., Schneider, A., A., Flénet, F., F., Jeuffroy, M.-H., Marie-Helene, Nemecek, T., T., 2012. Introduction du pois protéagineux dans des rotations à base de céréales à paille et colza : impacts sur les performances économiques et environnementales. Innov. Agron. 25, 125–142.
- Cattan, A., Ruas, J.-F., 2014. La préservation des prairies dans la PAC : raisons d'une illusion. Doss. Environ. INRA 35–50.
- CGDD, 2015. Chiffres clés de l'énergie. Commissariat général au développement durable, Paris, France.
- CGDD, 2013. Les prairies permanentes: évolution des surfaces en France. MEDDE.
- Chabé-Ferret, S., Subervie, J., 2012. How much green for the buck? Estimating additional and windfall effects of French agro-environmental schemes by DID-matching. J. Environ. Econ. Manag. 16.

Chabé-Ferret, S., Subervie, J., 2009. Estimation des effets propres des mesures agroenvironnementales du plan de développement rural national 2000-2006 sur les pratiques des agriculteurs. UMR Metafort, Aubière, France.

Chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir, 2010. Les modalités du découplage des aides en 2006 et en 2010 [WWW Document]. URL <http://www.chambre-agriculture-28.com/espace-agriculteurs/pac-les-aides-directes/droits-a-paiement-unique/decouplage-des-aides/>

CITEPA, 2014. Matrices de changement annuel d'utilisation des terres de 1990 à 2012 pour le périmètre métropole.

CITEPA, 2013a. Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto.

CITEPA, 2013b. National inventory submissions, France -Tables CRF.

CITEPA, 2013c. Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto. CITEPA, Paris, France.

Commission Européenne, 2013. Réforme de la PAC-explication des principaux éléments.

Cour des comptes, 2013. Les certificats d'économie d'énergie. Paris, France.

DG Agriculture, 2011. Rapport annuel d'exécution du programme de développement rural hexagonal. circulaire PDRH 2011-2013 "mesures agroenvironnementales." Direction générale des politiques agricoles, paris.

Dollé, J.-B., Moreau, S., Foray, S., 2013. Combiner production et environnement un défi pour la filière laitière.

European Commission, 2014. Agriculture and Rural Development budget [WWW Document]. URL http://ec.europa.eu/agriculture/cap-funding/budget/index_en.htm

European Commission, 2011. Impact assessment Common Agricultural Policy towards 2020 ANNEX 2B: Assessment of selected measures under the CAP for their impact on greenhouse gas emissions and removals, on resilience and on environmental status of ecosystems. European Union.

European Environment Agency, 2014. European Union Emissions Trading System (EU ETS) data from EUTL [WWW Document]. URL <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-union-emissions-trading-scheme-eu-ets-data-from-eutl-6#tab-european-data> (accessed 3.26.15).

Foucherot, C., Soussana, J.F., Deheza, M., Bordier, C., Seguin, B., Gascuel-Oudoux, C., Pellerin, S., Barnière, L., Pardon, L., Morel, R., Berghmans, N., Gloaguen, O., Alberola, E., Pouch, T., Pons, V., Bellassen, V., 2013. Club Climat Agriculture - Dossier n°1. CDC Climat Recherche, INRA, APCA, Paris, France.

François, P., Deneux, M., Emorine, J.-P., 1998. Quelle réforme pour la politique agricole commune ? (No. 466), Rapport d'information. Sénat, Commission des affaires économiques, Paris, France.

Galko, E., 2007. Modélisation de l'offre agricole européenne face à de nouveaux enjeux : réformes politiques, effet de serre et changement climatique. AgroParisTech, Paris, France.

Guyomard, H., 2013. Vers des agricultures à hautes performances. Volume 1. Analyse des performances de l'agriculture biologique. Chapitre 5: Performances environnementales de l'AB (Etude réalisée pour le Commissariat général à la stratégie et à la prospective). INRA.

IPCC, 2006. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Volume 4.

Le Rohellec, C., Falaise, D., Mouchet, C., Boutin, M., Thiebot, J., 2010. Analyse de l'efficacité environnementale et énergétique de la mesure agri-environnementale "système fourrage économe en intrants" (SFEI), à partir de l'analyse de pratiques de 56 signataires. (Synthèse). Réseau agriculture durable.

MAAPRAT, 2011a. Circulaire DGPAAT/SDEA/C2011-3030. Circulaire PDRH 2011-2013 "mesures agroenvironnementales."

- MAAPRAT, 2011b. Programme de développement rural hexagonal (2007-2013).
- MAP, MEDD, 2007. Circulaire DGFAR/SDEA/C2007-5025. Plan Végétal pour l'environnement.
- Meynard, J.M., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, F., Farès, M., Le Bail, M., Magrini, M.B., Savini, I., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures -Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières (Synthèse du rapport d'étude). INRA.
- Million, A., 2013. Plan de Performance énergétique des exploitations agricoles: éléments de bilan et perspectives.
- Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2013. Fiche conditionnalité 2013: Domaine "BCAE."
- Osterburg, B., Nitsch, H., Laggner, A., Wagner, S., 2008. Analysis of policy measures for greenhouse gas abatement and compliance with the Convention on Biodiversity (No. WP6 D16a), MEACAP project report. Johann Heinrich von Thünen-Institute, Brussels, Belgium.
- Pellerin, S., Bamière, L., Angers, D., Béline, F., Benoît, M., Butault, J.P., Chenu, C., Colnenne-Dvid, 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., 2013a. 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.
- Pellerin, S., Bamière, L., Angers, D., Béline, F., Benoît, M., Butault, J.P., Chenu, C., Colnenne-Dvid, 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., 2013b. 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. Etude GES-Rapport-Partie II- Action 2 Légumineuses (Rapport complet). INRA, France.
- Quentin, N., Falaise, D., 2012. Résultats de l'enquête signataires MAE SFEI (Enquête). RAD.
- Reau, R., Petit, M.-S., Verjux, N., 2009. Ecophyto R&D- Vers des systèmes de cultures économes en produits phytosanitaires. Tome VIII Inventaire des dispositifs d'acquisition de références existants -Volet grandes cultures. INRA.
- RICA France, Agreste, 2013. Microdonnées 2000-2012.
- Toute l'Europe, 2013. Le budget européen et la France. Toute Eur.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P., Macdonald, D.W., 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? - A meta-analysis of european research. J. Environ. Manage. p. 9.
- UIPP, 2012. Rapport d'activité 2011-2012. Union des Industries de la Protection des Plantes.
- Van BUNNEN, P., WATHELET, J.-M., PROUHEZE, N., BONIN, A.-L., LAVAL, S., ELIAS, K., JURICIC, H., COMBES, J., 2006. Evaluation environnementale stratégique du Programme de Développement Rural de l'Hexagone 2007-2013 (PDRH) (rapport final).
- Van der werf, H.M.G., Kanyarushoki, C., Corson, M.S., 2009. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. J. Environ. Manage. 90 (11).

- N°48 **Développement et perspectives de l'agriculture dans les négociations climatiques internationales**
CLOTHILDE TRONQUET & CLAUDINE FOUCHEROT – FEVRIER 2015
- N°47 **L'atténuation du changement climatique par les produits bois au sein des politiques françaises : priorité au bois énergie**
MARIANA DEHEZA, CARMEN N'GORAN & VALENTIN BELLASSEN – Septembre 2014
- N°46 **Smart Unconventional Monetary (SUMO) Policies: Giving Impetus to Green Investment**
CAMILLE FERRON & ROMAIN MOREL – Juillet 2014
- N°45 **Introducing short term flexibility in the EU-ETS to assure its long-term credibility: a multi criteria analysis of policy options**
ZUHEIR DESAI, EMILIE ALBEROLA AND NICOLAS BERGHMANS – Juillet 2014
- N°44 **Ex-post evaluation of the Kyoto Protocol: Four key lessons for the 2015 Paris Agreement**
ROMAIN MOREL & IGOR SHISHLOV – Mai 2014
- N°43 **Use of Kyoto credits by European installations: from an efficient market to a burst bubble**
NICOLAS STEPHAN, VALENTIN BELLASSEN & EMILIE ALBEROLA – Janvier 2014
- N°42 **Power sector in Phase 2 of the EU ETS: fewer CO₂ emissions, but just as much coal**
NICOLAS BERGHMANS & EMILIE ALBEROLA - Novembre 2013
- N°41 **Le paquet énergie-climat 2030 de l'Union Européenne : évitons les « 3 x 30 % » en 2030 !**
VALENTIN BELLASSEN, NICOLAS BERGHMANS, OLIVIER GLOAGUEN, OLIVER SARTOR, NICOLAS STEPHAN, IGOR SHISHLOV ET EMILIE ALBEROLA - Août 2013
- N°40 **Fôret et atténuation du changement climatique au sein des politiques européennes : priorité au bois-énergie**
FREDERIC BARON, VALENTIN BELLASSEN & MARIANA DEHEZA- Avril 2013
- N°39 **Plus de 800 installations des filières agricole et agroalimentaire concernées par l'EU-ETS**
CLAUDINE FOUCHEROT & VALENTIN BELLASSEN - Mars 2013
- N°38 **Les outils économiques des politiques énergie-climat chinoises à l'heure du 12^{ème} plan quinquennal**
DI ZHOU ET ANAÏS DELBOSC—Janvier 2013
- N°37 **Dix enseignements pour les dix ans du MDP**
IGOR SHISHLOV ET VALENTIN BELLASSEN- Octobre 2012
- N° 36 **Le schéma régional climat air énergie : un outil pour la transition énergétique et climatique des régions françaises**
JEREMIE DE CHARENTENAY, ALEXIA LESEUR ET CECILE BORDIER - Septembre 2012
- N° 35 **La transmission des incitations REDD+ aux acteurs locaux : leçons de la gestion du carbone forestier dans les pays développés**
MARIANA DEHEZA ET VALENTIN BELLASSEN - Août 2012
- N° 34 **L'inclusion de l'aviation internationale dans le Système Européen d'Échanges de Quotas de CO₂ : un premier pas vers un système mondial?**
EMILIE ALBEROLA & BORIS SOLIER - Mai 2012

Toutes les publications de CDC Climat Recherche sont disponibles sur :

<http://www.cdcclimat.com>