

# Agriculture et gaz à effet de serre

Dix actions pour réduire les émissions

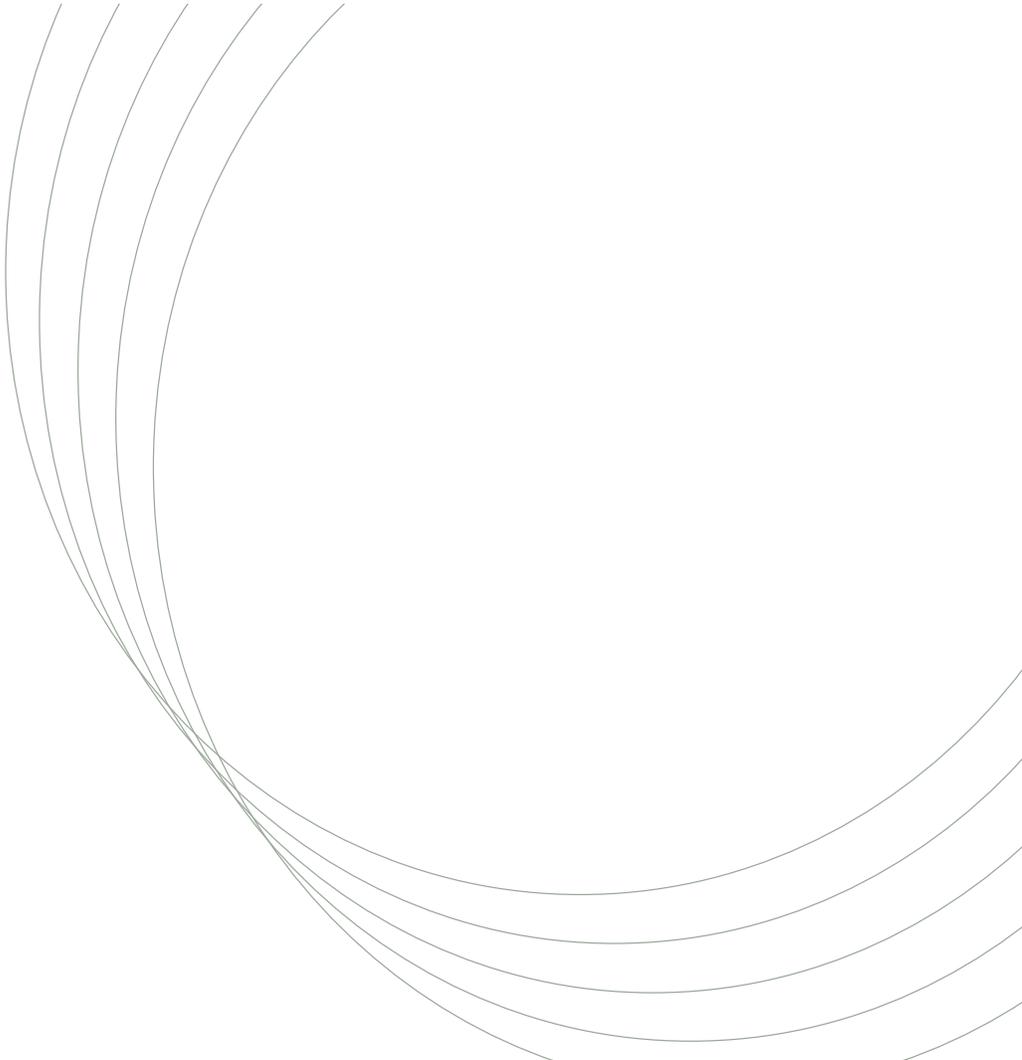
Sylvain Pellerin, Laure Bamière et Lénaïc Pardon, coord.





# Agriculture et gaz à effet de serre

Dix actions pour réduire les émissions



*Collection Matière à débattre et décider*

Comment réconcilier agriculture et littoral ?

Vers une agroécologie des territoires

Chantal Gascuel, Laurent Ruiz, Françoise Vertès, coordinateurs

2015, 152 p.

Réduire les pertes d'azote dans l'élevage

Expertise scientifique collective

2014, 168 p.

Les variétés végétales tolérantes aux herbicides

Un outil de désherbage durable ? Expertise scientifique collective

2014, 160 p.

La diversification des cultures

Lever les obstacles agronomiques et économiques

Jean-Marc Meynard et Antoine Messéan, coordinateurs

2014, 106 p.

Fertilisation et environnement

Quelles pistes pour l'aide à la décision ?

Sylvain Pellerin, Fabienne Butler et Céline Van Laethem, coord.

2014, 288 p.

Éditions Quæ

RD 10

78026 Versailles Cedex, France

[www.quae.com](http://www.quae.com)

© Éditions Quæ, 2015

ISBN : 978-2-7592-2315-2

ISSN : 2115-1229

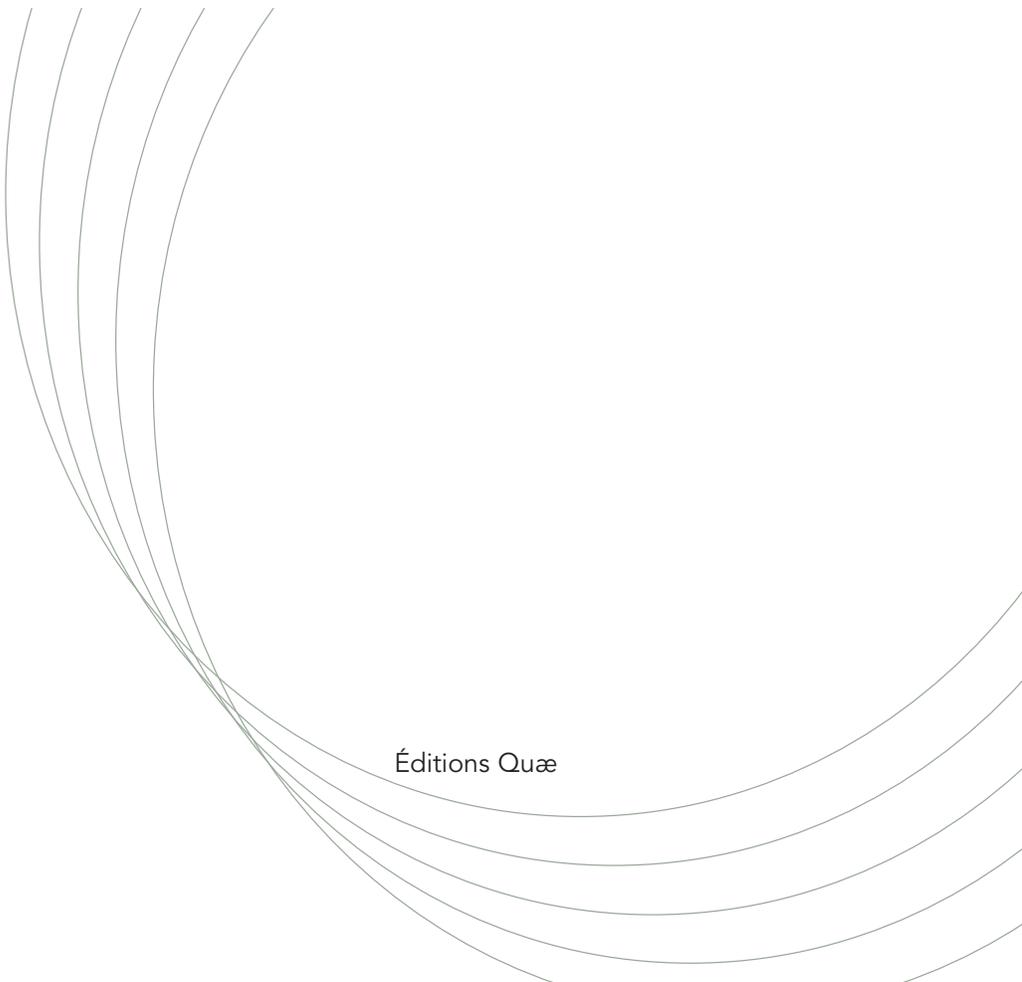
Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup>.

# Agriculture et gaz à effet de serre

Dix actions pour réduire les émissions

Sylvain Pellerin, Laure Bamière et Lénéaïc Pardon, coord.

Éditions Quæ



## **Responsables scientifiques**

Sylvain Pellerin - Inra, département environnement et agronomie (EA), unité interactions sol plante atmosphère (ISPA)

Laure Bamière - Inra, département sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement (SAE2), unité économie publique

## **Rédaction**

Isabelle Savini et Lénaïc Pardon - Inra, DEPE

Le présent ouvrage constitue la synthèse de l'étude sollicitée conjointement par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (Maaf), le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (Medde).

Producteur de données : Service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère en charge de l'Agriculture, convention de mise à disposition et d'utilisation des données individuelles RICA France 2010 n° 2012/04, enquêtes « pratiques culturelles » 2006 (grandes cultures, prairies et viticulture) et enquêtes « bâtiments d'élevage » 2008 (bovins, porcins, volailles).

Le contenu du rapport et des documents de synthèse n'engage que la responsabilité de leurs auteurs.

Le rapport d'étude, source de cette synthèse, a été élaboré par les experts scientifiques sans condition d'approbation préalable par les commanditaires ou l'Inra. La synthèse a été validée par les auteurs du rapport.

Ces documents sont disponibles sur le site institutionnel de l'Inra ([www.inra.fr](http://www.inra.fr)).

La composition du collectif d'experts et de l'équipe projet est détaillée en fin d'ouvrage.

**Pour citer cet ouvrage** : Sylvain Pellerin, Laure Bamière, Denis Angers, Fabrice Béline, Marc Benoît, Jean-Pierre Butault, Claire Chenu, Caroline Colnenne-David, Stéphane de Cara, Nathalie Delame, Michel Doreau, Pierre Dupraz, Philippe Faverdin, Florence Garcia-Launay, Mélynda Hassouna, Catherine Hénault, Marie-Hélène Jeuffroy, Katja Klumpp, Aurélie Metay, Dominic Moran, Sylvie Recous, Elisabeth Samson, Isabelle Savini, Lénaïc Pardon, *Agriculture et gaz à effet de serre. Dix actions pour réduire les émissions*, Éditions Quae, 2015.

# Avant-propos

**MAINTENANT RECONNUE COMME UN DES ENJEUX MAJEURS** de l'évolution du climat de notre planète pour les cinquante années à venir, la maîtrise des émissions nettes de gaz à effet de serre (GES, essentiellement  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  et  $\text{CH}_4$ )<sup>1</sup> représente un objectif majeur. Limiter les émissions en provenance du secteur agricole est difficile, mais deviendra de plus en plus indispensable au fur et à mesure que les autres secteurs économiques également émetteurs de GES parviendront progressivement à réduire les leurs. À l'inverse, l'agriculture pourrait significativement contribuer au stockage de carbone dans les sols et la biomasse. Si les objectifs mondiaux de réduction sont atteints en 2050 sans que les émissions d'origine agricole diminuent, la part de ces dernières dans le total des émissions passera de 24 %<sup>2</sup> à plus de 75 % des émissions totales, alors que l'agriculture ne représente que quelques points du PIB mondial. Rappelons que le contexte mondial de l'augmentation de la population et du changement des régimes alimentaires devra, dans le même temps, conduire à une augmentation d'environ 70 % des disponibilités alimentaires (FAO 2009). Il faudra donc réduire les émissions et, en même temps, continuer à augmenter sensiblement la production agricole.

À l'instar de plusieurs autres pays de l'OCDE, la France s'est engagée dans une politique ambitieuse de réduction de ses émissions : par rapport à 1990, année de référence, l'Europe s'est engagée à réduire ses émissions de 20 % en 2020, tandis que la France vise, elle, une réduction de 75 % en 2050. Notre pays doit donc traduire cet effort dans les différents secteurs de l'économie, dont l'agriculture.

Au niveau national, l'agriculture représente environ 2 % du PIB et environ 20 % (en intégrant les émissions énergétiques) du total des émissions de GES (Citepa 2012).

Mais les émissions du secteur agricole sont diffuses, contrairement à celles de nombreux autres secteurs. Le  $\text{N}_2\text{O}$ , par exemple, est émis sur la presque totalité des surfaces cultivées et tous les ruminants émettent du  $\text{CH}_4$  associé à la digestion de leurs aliments. Les émissions d'origine agricole sont en outre imparfaitement connues et sujettes à des variations importantes d'un site à l'autre ou d'un système agricole à l'autre. Enfin, le grand nombre d'exploitations agricoles et leur grande diversité sur le territoire national compliquent non seulement les estimations de ces émissions, mais encore le dispositif que les pouvoirs publics pourraient mettre en place pour inciter à les réduire.

Plusieurs pays, comme les États-Unis, le Canada, l'Irlande ou le Royaume-Uni, ont travaillé sur les mesures à mettre en place afin de limiter les émissions de GES de leur secteur agricole. Ces démarches s'appuient sur des travaux scientifiques visant à mieux connaître

---

1. Gaz carbonique, protoxyde d'azote et méthane, respectivement.

2. 13 % issus de la production agricole elle-même et 11 % du changement d'usage des sols.

les mécanismes d'émissions et à explorer des techniques permettant de les limiter. Elles constituent des références très utiles pour la situation française, mais ne permettent d'appréhender ni la réalité nationale des émissions, ni le chiffrage précis des réductions espérées, ni le coût des actions qui permettraient ces réductions.

C'est dans ce contexte que l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (Maaf) et le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (Medde) ont demandé à l'Inra de réaliser une étude sur l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur agricole métropolitain. La finalité de l'étude est d'établir un état objectif et le plus exhaustif possible des connaissances sur les actions qui pourraient être potentiellement déployées afin de limiter les émissions de GES en agriculture, puis de sélectionner, avec des critères transparents et explicites, une dizaine d'actions pour lesquelles une instruction du rapport coût/efficacité sera réalisée de manière détaillée. Le travail demandé vise à déterminer et à analyser une dizaine d'actions d'atténuation portant sur des pratiques agricoles. L'analyse consiste à estimer le potentiel d'atténuation de chacune de ces actions et les coûts ou gains associés en termes économiques.

Les résultats présentés ici ont vocation à servir de base, le cas échéant, à l'élaboration de politiques publiques de réduction des émissions de GES. En revanche, l'identification des instruments de politiques à mettre en œuvre pour favoriser l'adoption des actions étudiées ne fait pas partie de la commande.

Le présent ouvrage constitue une synthèse des principales étapes et des principaux résultats de l'étude, à destination des décideurs et des parties prenantes que sont les praticiens de l'agriculture (agriculteurs et conseillers) et les gestionnaires des questions liées aux effets de l'agriculture sur le climat. Cette synthèse a été conçue comme une clé facilitant l'accès aux différents chapitres du rapport d'étude dont elle suit le plan.

Cet ouvrage résume dans un premier temps (partie I) le contexte, l'organisation de l'étude et la méthodologie employée pour sélectionner les dix actions à instruire ; puis il présente (partie II) les fiches résumées des actions instruites par les experts qui sont décrites de manière exhaustive dans le rapport, et enfin (partie III), une analyse comparée de ces actions. Les résultats intermédiaires et/ou les analyses expliquant les principaux résultats présentés ici, ainsi que d'autres résultats complémentaires, sont détaillés dans le rapport de l'étude.

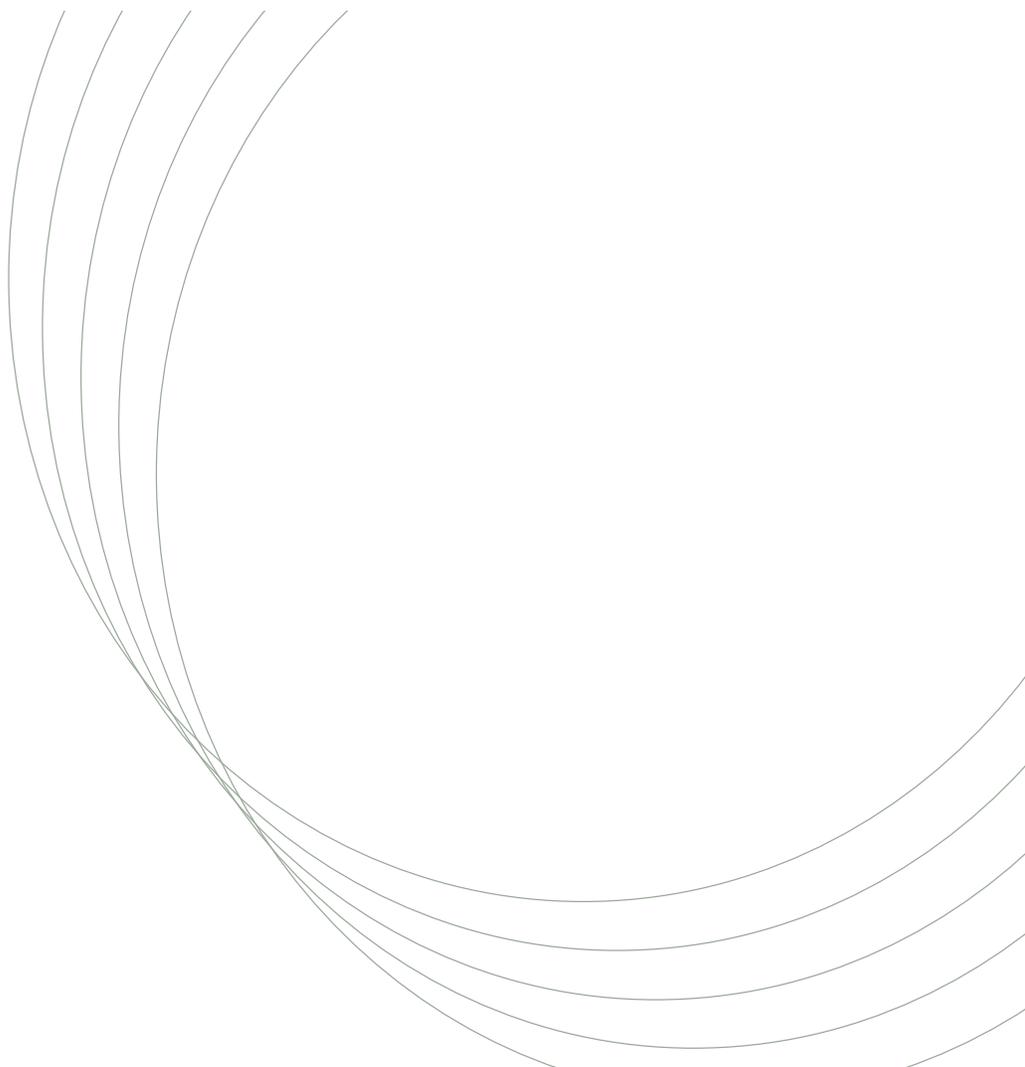
# Sommaire

Avant-propos	5
Sommaire	7
<b>PARTIE I : CONTEXTE ET MÉTHODE</b>	
<b>1. Les émissions de GES et leur prise en compte dans les protocoles « climat »</b>	
Le contexte et les enjeux	11
La comptabilisation des émissions	15
<b>2. L'étude confiée à l'Inra : dispositif, périmètre, méthode</b>	
La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre	18
Le déroulement de l'étude	21
<b>3. Les leviers d'atténuation des émissions agricoles de GES et la sélection des actions à instruire</b>	
La démarche de sélection des actions	24
Les actions retenues et les actions non instruites	25
Les dix actions instruites	32
<b>4. L'évaluation de l'efficacité des actions d'atténuation</b>	
Les principales variables calculées et situation de référence	36
L'estimation du potentiel d'atténuation des émissions des actions	37
L'estimation du coût des actions	40
L'estimation du potentiel de diffusion des actions à l'échelle de la France et à l'horizon 2030	44
Le calcul du potentiel d'atténuation, du coût et de l'efficacité des actions	46
La mise en perspective des résultats	47
<b>PARTIE II : ANALYSE DES DIX ACTIONS TECHNIQUES</b>	
<b>5. Réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse</b>	
Enjeu et principe de l'action	51
Mécanismes et modalités techniques de l'action	51
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	54
Résultats et mise en perspective	59
<b>6. Accroître la part des légumineuses</b>	
Enjeu et principe de l'action	64
Mécanismes et modalités techniques de l'action	64
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	66
Résultats et mise en perspective	69
<b>7. Développer les techniques culturales sans labour</b>	
Enjeu et principe de l'action	75
Mécanismes et modalités techniques de l'action	75
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	77
Résultats et mise en perspective	81
<b>8. Introduire cultures intermédiaires, cultures intercalaires ou bandes enherbées</b>	
Enjeu et principe de l'action	85
Mécanismes et modalités techniques de l'action	85

Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	88
Résultats et mise en perspective	93
<b>9. Développer l'agroforesterie et les haies</b>	
Enjeu et principe de l'action	97
Mécanismes et modalités techniques de l'action	97
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	99
Résultats et mise en perspective	104
<b>10. Optimiser la gestion des prairies</b>	
Enjeu et principe de l'action	110
Mécanismes en jeu et modalités techniques de l'action	110
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	113
Résultats et mise en perspective	117
<b>11. Substituer des glucides par des lipides insaturés ou utiliser un additif dans les rations</b>	
Enjeu et principe de l'action	121
Mécanismes et modalités techniques de l'action	121
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	123
Résultats et mise en perspective	127
<b>12. Réduire les apports protéiques dans les rations animales</b>	
Enjeu et principe de l'action	131
Mécanismes et modalités techniques de l'action	131
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	134
Résultats et mise en perspective	138
<b>13. Développer la méthanisation ou installer des torchères</b>	
Enjeu et principe de l'action	142
Mécanismes et modalités techniques de l'action	142
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	146
Résultats et mise en perspective	150
<b>14. Réduire, sur l'exploitation, la consommation d'énergie fossile</b>	
Enjeu et principe de l'action	155
Mécanismes et modalités techniques de l'action	156
Calculs du potentiel d'atténuation et du coût de l'action	158
Résultats et mise en perspective	162
<b>PARTIE III : ANALYSE COMPARÉE ET CONCLUSION</b>	
<b>15. Analyse comparée des dix actions proposées</b>	
Atténuation cumulée de l'ensemble des actions et sous-actions	171
Prise en compte des atténuations induites à l'amont et à l'aval	175
Calculs des coûts des actions et sous-actions avec ou sans les subventions publiques	176
Prise en compte des coûts de transaction privés	177
Coût et atténuation comparés des actions et sous-actions	178
Comparaison avec d'autres études conduites à l'international	183
Incertitudes, sensibilité et robustesse des résultats de l'étude	187
<b>Conclusion</b>	191
Références bibliographiques	195
Les participants à l'étude	197

# Partie I

## Contexte et méthode





# 1. Les émissions de GES et leur prise en compte dans les protocoles « climat »

## Le contexte et les enjeux

DEPUIS LE DÉBUT DE L'ÈRE INDUSTRIELLE (1870), la température de surface sur la Terre a augmenté de  $0,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , avec une tendance à l'accélération au cours de la période récente. Ce réchauffement climatique est attribué à l'accroissement net des émissions vers l'atmosphère de gaz à effet de serre (GES) (principalement le dioxyde de carbone,  $\text{CO}_2$  ; le protoxyde d'azote,  $\text{N}_2\text{O}$  ; le méthane,  $\text{CH}_4$ ) résultant des activités humaines (consommation de combustibles fossiles, défrichage, agriculture...). Du fait de la croissance attendue de la population mondiale et du développement économique, il est très probable que les émissions de GES continueront d'augmenter au cours des décennies à venir, avec pour conséquence un accroissement de la température estimé entre + 1,8 et + 4°C à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle par rapport à la période 1980-1999, selon les scénarios d'émissions. Ce réchauffement altèrera le fonctionnement général du climat (fréquence accrue d'événements extrêmes...), les écosystèmes (extinction d'espèces...) et les activités humaines (rendements agricoles...), avec des effets variables selon les régions du globe. Cependant, l'intensité des changements et les capacités d'adaptation des écosystèmes et des sociétés humaines dépendront fortement de l'ampleur du réchauffement, et donc du degré de maîtrise des émissions de GES dans les décennies à venir.

## ■ Les engagements internationaux, européens et français

Face à ce défi, les gouvernements ont signé en 1992, lors du sommet de Rio de Janeiro, la convention cadre des Nations unies sur le changement climatique. Plusieurs rencontres internationales ont eu lieu depuis (notamment Kyoto en 1997, Bali en 2007, Copenhague en 2009, Cancún en 2010, Durban en 2011). Le protocole de Kyoto prévoyait pour 38 pays industrialisés une réduction des émissions de GES de 5,2 % en moyenne en 2008-2012 par rapport à 1990, avec des objectifs variables selon les régions du monde (-8 % pour l'Union européenne, stabilisation pour la France). Malgré d'importantes difficultés, des négociations dites « post-Kyoto » se poursuivent pour élaborer un nouvel accord climatique international pour la période à venir.

De son côté, l'Union européenne s'est engagée à réduire de 20 % ses émissions d'ici à 2020 par rapport à l'année de référence 1990 (soit une baisse de 14 % par rapport aux émissions de 2005). En cas d'accord international satisfaisant, elle pourrait s'engager à viser un objectif encore plus ambitieux (- 30 % au lieu de - 20 %). L'objectif de réduction de 20 % des émissions de GES a été intégré à l'engagement des « trois fois vingt » du paquet énergie-climat (augmenter de 20 % l'efficacité énergétique, porter à 20 % la part des énergies renouvelables, réduire de 20 % les émissions de GES). Pour les catégories d'émissions non couvertes par le système communautaire d'échange de quotas d'émissions<sup>3</sup>, telles que celles liées au transport, au bâtiment et à l'agriculture, l'objectif global de réduction assigné à la France est de - 14 % en 2020 par rapport à 2005. L'atteinte de cet objectif suppose un effort de l'ensemble des secteurs émetteurs concernés, dont l'agriculture. À plus long terme, l'objectif de réduction des émissions au niveau européen est de - 80 % en 2050 par rapport au niveau de 1990, avec des étapes intermédiaires (- 25 % en 2020, - 40 % en 2030, - 60 % en 2040). Au niveau français, des objectifs ambitieux ont été inscrits dans la loi de programme du 13 juillet 2005, et confirmés dans la loi du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (« facteur 4 »: division par 4 des émissions en 2050 par rapport à 1990).

Le niveau et l'évolution des émissions de GES sont enregistrés dans des inventaires nationaux, réalisés selon des nomenclatures et des règles de comptabilisation internationales, élaborées par le Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) — IPCC en anglais (Intergovernmental Panel on Climate Change) —, et périodiquement actualisées pour intégrer l'avancée des connaissances scientifiques. En France, cet inventaire est établi par le Citepa (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique).

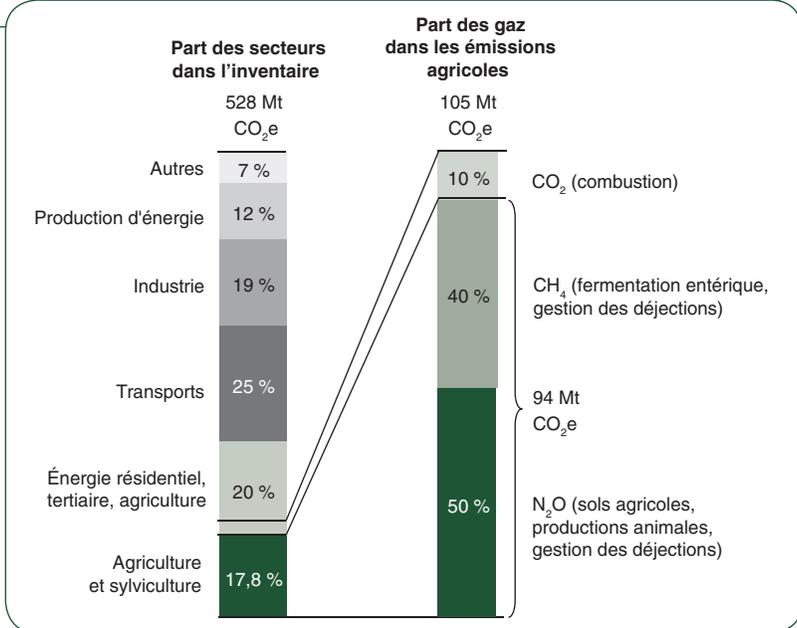
## ■ Les émissions de l'agriculture

À l'échelle planétaire, l'agriculture contribue pour 13,5 % aux émissions (30,9 % si on y ajoute le changement d'usage des sols, incluant la déforestation) (Giec, 2007). En France, l'agriculture représente 2 % du produit intérieur brut, mais 17,8 % des émissions (hors consommation énergétique et changement d'usage des terres) estimées par l'inventaire national, avec 94 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) sur un total de 528 MtCO<sub>2</sub>e (Inventaire des émissions de 2010, Citepa, 2012).

Une spécificité des émissions agricoles est qu'elles sont majoritairement d'origine non énergétique, et contrôlées par des processus biologiques. Sur les 17,8 % émis par l'agriculture, 9,8 % sont dus aux émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), produit lors des réactions biochimiques de nitrification et de dénitrification, et 8,0 % sont liés au méthane (CH<sub>4</sub>) produit lors de fermentations en conditions anaérobies (figure 1). L'agriculture est

3. Mécanisme de droits d'émissions de CO<sub>2</sub> mis en œuvre au sein de l'Union européenne. Chaque entreprise possède un certain quota de droits d'émission de CO<sub>2</sub> et peut acheter ou vendre des droits.

Figure 1. Émissions de GES en 2010, France métropolitaine et outre-mer.



Source : Citepa 2012

ainsi responsable de 86,6 % des émissions françaises de N<sub>2</sub>O hors UTCF (Utilisation des terres, leur changement, et la forêt) : 35 % sont liés aux émissions directes<sup>4</sup> par les sols agricoles, 28 % aux émissions indirectes, 15 % aux productions animales et 8,6 % à la gestion des déjections. De même, l'agriculture est responsable de 68 % des émissions françaises de CH<sub>4</sub> hors UTCF : 46 % proviennent de la fermentation entérique et 22 % de la gestion des déjections.

Les 17,8 % d'émissions attribuées à l'agriculture ne comprennent pas les émissions liées à sa consommation d'énergie, comptabilisées dans le secteur « Énergie » de l'inventaire national. Si l'on tient compte de ces émissions (tableau 1), la part de l'agriculture s'élève à environ 20 % des émissions totales de GES françaises, le N<sub>2</sub>O, le CH<sub>4</sub> et le CO<sub>2</sub> représentant respectivement 50 %, 40 % et 10 % des émissions du secteur exprimées en CO<sub>2</sub>e. Le poids des émissions de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> dans l'inventaire tient à leurs « pouvoirs de

4. Les émissions directes se produisent sur l'exploitation, par opposition aux émissions indirectes se produisant sur les espaces naturels physiquement liés (lixiviation du nitrate entraîné par l'eau qui percole dans les sols et volatilisation de l'azote sous forme d'ammoniac; puis dénitrification hors de l'exploitation).

réchauffement global » (PRG) sur un horizon de 100 ans, qui sont très supérieures à celui du  $\text{CO}_2$  ( $\text{PRG}_{\text{CO}_2} = 1$ ,  $\text{PRG}_{\text{CH}_4} = 25$ ,  $\text{PRG}_{\text{N}_2\text{O}} = 298$  ; nouvelles valeurs proposées par le Giec depuis 2006) ; à quantité égale émise dans l'atmosphère, du  $\text{CH}_4$  aura ainsi un impact vingt-cinq fois plus important sur le réchauffement que du  $\text{CO}_2$ .

Compte tenu de son poids dans les émissions globales, l'agriculture est appelée à contribuer à l'effort général de réduction des émissions de GES et à l'atteinte des objectifs fixés aux niveaux national et international. L'agriculture peut participer à l'amélioration du bilan net des émissions de GES *via* trois leviers : la réduction des émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  et de  $\text{CH}_4$ , le stockage de carbone dans les sols et dans la biomasse, et la production d'énergie à partir de biomasse (biocarburants, biogaz) réduisant les émissions par effet de substitution à des énergies fossiles. La plupart des auteurs s'accordent sur

**Tableau 1. France 2010 : émissions de GES du secteur agricole, y compris la consommation d'énergie (Citepa, 2012), (inventaire national réalisé selon les règles définies par le Giec en 1996).**

Catégories de l'inventaire	GES	Variables d'activité	Émissions (en MtCO <sub>2</sub> e*)
1. A.4.c. Agriculture, sylviculture, pêcheries	$\text{CO}_2$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$	Énergie consommée dans le secteur sous diverses formes (liquide, solide, gaz, biomasse)	10,88
4. A. Fermentation entérique	$\text{CH}_4$	Effectifs animaux (bovins lait, bovins viande, ovins, caprins, porcins, équins, ânes)	28,60
4. B. Émissions liées à la gestion et au stockage des effluents d'élevage	$\text{CH}_4$ , $\text{N}_2\text{O}$	Effectifs animaux (bovins lait, bovins viande, ovins, caprins, porcins, équins, ânes) Quantités d'azote contenu dans les effluents par type de gestion des effluents (lisier, fumier)	18,87
4. C. Riziculture	$\text{CH}_4$	Surfaces en riz	0,11
4. D. Sols agricoles	$\text{N}_2\text{O}$	Apports d'azote aux sols agricoles sous diverses formes (engrais azotés de synthèse, effluents d'élevage, résidus de cultures, légumineuses, boues de stations d'épuration)	46,74
4. F. Brûlage des résidus agricoles au champ	$\text{CO}_2$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$	Quantités de résidus brûlés	0,03
5. UTCF (conversion de prairies en cultures ou de terres agricoles vers d'autres usages, et inversement)	$\text{CO}_2$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$	Surfaces concernées par des changements d'usage	8,91

\* PRG de 1995 (encore utilisés en 2010 par le Citepa) :  $\text{PRG}_{\text{CO}_2} = 1$ ,  $\text{PRG}_{\text{CH}_4} = 21$ ,  $\text{PRG}_{\text{N}_2\text{O}} = 310$ .  
Les émissions sont exprimées en tonnes dans ce document.  
1 Mt (mégatonne) =  $10^6$  t (tonnes) ; en unité internationale 1 t = 1 Mg (mégagramme).

l'existence de marges de progrès importantes, mais étant donné le caractère majoritairement diffus des émissions, et la nature complexe des processus qui en sont à l'origine, l'estimation des émissions est assortie d'incertitudes fortes, et les possibilités d'atténuation sont à ce jour moins bien quantifiées que dans d'autres secteurs. L'exploration et la quantification des possibilités d'atténuation des émissions de l'agriculture sont donc nécessaires mais difficiles. De plus, l'agriculture se situe au carrefour de multiples enjeux (sécurité alimentaire, emploi et développement rural, biodiversité et paysage, qualité de l'eau et de l'air...), et comme dans d'autres domaines, l'objectif de réduction des émissions de GES ne peut pas être instruit indépendamment d'autres objectifs majeurs assignés ou liés à ce secteur.

## La comptabilisation des émissions

### I La comptabilisation des effets des actions

#### Les méthodes d'estimation des émissions de GES

Nomenclatures des inventaires, procédures et règles de calcul des émissions sont définies collectivement au niveau international par le Giec. Ces méthodes sont évolutives : de nouvelles « lignes directrices » ont ainsi été publiées en 2006, applicables à partir de 2013 en France. L'inventaire national des émissions 2010 (paru en 2012) a encore été réalisé avec les règles définies en 1996.

Pour chaque type d'émissions de GES, la méthodologie Giec propose 3 niveaux de calcul, de complexité croissante : *tier 1* correspond à la méthode par défaut (utilisation des statistiques nationales ou internationales aisément accessibles en combinaison avec des facteurs d'émission par défaut — pour la définition du facteur d'émission, voir chap. 4 p. 38 ; *tier 2* à des facteurs d'émission régionalisés (issus de travaux scientifiques, sans modification des équations proposées dans le *tier 1*) ; *tier 3* à des équations ou des modes d'estimation différents (usage possible de la modélisation).

#### La prise en compte des actions d'atténuation

Les choix faits pour l'inventaire national (niveau de « *tier* » retenu) déterminent la possibilité de prendre en compte, ou non, les actions d'atténuation des émissions de GES qui pourraient être entreprises. Par exemple, le choix actuel de la France de ne pas comptabiliser le stockage de carbone dans les sols ne permet pas la prise en compte de certaines actions et affecte les émissions calculées pour la France et utilisées comme référence dans cette étude.

Dans le contexte des engagements internationaux, les États ont intérêt à développer des actions qui pourront effectivement être comptabilisées immédiatement dans leurs inventaires et donc à faire évoluer les règles de comptabilisation, en valorisant les progrès des connaissances.

Pour qu'une action puisse avoir un effet sur l'inventaire et permettre de revendiquer une réduction d'émissions de GES, il faut que :

- l'efficacité de l'action soit démontrée et reconnue ;
- son effet puisse être pris en compte par la méthode de calcul utilisée dans l'inventaire national ;
- sa mise en œuvre puisse être prouvée et soit vérifiable (le contrôle est par exemple possible pour l'agroforesterie, visible sur les images satellitaires, mais souvent difficile pour une pratique culturale).

## **I Des évaluations nationales d'actions d'atténuation des émissions agricoles de GES**

Dans un contexte où les pays s'efforcent d'atteindre des objectifs d'atténuation des émissions de GES de plus en plus contraignants, tous les secteurs de l'économie sont appelés à prendre part à l'effort national. Bien que l'agriculture ait été généralement exclue de nombreux accords formels, le potentiel de réduction des émissions dans ce secteur est désormais examiné attentivement par les décideurs politiques. Afin de faire avancer l'élaboration de politiques nationales rationnelles d'atténuation dans ce secteur, plusieurs pays ont réalisé des études techniques et socio-économiques adaptées aux spécificités de leurs conditions climatiques et agricoles. La littérature concernant ces questions est de plus en plus abondante, avec notamment des travaux récents en Irlande, en Angleterre et aux États-Unis.

Ces études ont en commun un certain nombre de questions abordées :

- Quel est le potentiel technique de réduction des émissions du secteur agricole ; quels sont les leviers disponibles au niveau de la gestion des sols, des productions végétales et des productions animales ? Au sein de ces leviers, il s'agit d'estimer pour différentes actions le potentiel d'atténuation, en considérant d'une part le potentiel d'atténuation unitaire (tonne de CO<sub>2</sub>e évité par ha, par animal...), et d'autre part l'assiette (surface, effectif animal...) sur laquelle l'action peut être mise en œuvre, la combinaison des deux critères permettant d'évaluer le potentiel d'atténuation à l'échelle du territoire national ;
- Quel est le coût (ou le bénéfice) évalué de la mise en œuvre de telles actions ; quelles sont celles qui sont les moins coûteuses et comment se situent-elles par rapport aux actions d'atténuation existant dans d'autres secteurs ? Le coût estimé peut être le coût, ou le gain, de la mise en œuvre de l'action pour l'agriculteur, mais aussi pour l'État s'il s'agit de soutenir le développement de l'action. L'efficacité peut être exprimée en euros par tonne de CO<sub>2</sub>e évitée, ce qui permet de comparer entre elles les actions. Le calcul du coût des actions n'est pas abordé systématiquement dans les études internationales ;
- Quelles mesures peut-on encourager dans le cadre d'une politique réaliste, visant à ce que les exploitants agricoles mettent en œuvre ces actions ? Plusieurs types de mesures sont envisageables (réglementation, taxes, subventions...) et dépendent de la nature de l'action (coût/gain éventuel, vérifiabilité de l'action...).

C'est dans ce contexte politique, économique et scientifique que s'inscrit l'étude demandée à l'Inra. Son objectif était de choisir et d'analyser une dizaine d'actions d'atténuation. Par rapport aux études comparables réalisées dans d'autres pays, ce travail présente plusieurs spécificités : un processus de sélection des actions en plusieurs étapes et s'appuyant sur une diversité de critères ; une estimation des coûts/gains pour les agriculteurs ; une attention particulière à la détermination de l'assiette et des contraintes techniques qui la limitent et d'un scénario de diffusion et des freins techniques et socio-économiques qui peuvent la ralentir.

## 2. L'étude confiée à l'Inra : dispositif, périmètre, méthode

### La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre

LE CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE L'ÉTUDE est celui défini par la Délégation à l'expertise scientifique, à la prospective et aux études (DEPE) de l'Inra ; il repose notamment sur une distinction claire entre les fonctions de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre, et sur l'indépendance et la responsabilité du collègue d'experts scientifiques chargé de réaliser l'analyse.

### Les commanditaires : l'Ademe et les ministères chargés de l'Agriculture et de l'Environnement

Les maîtres d'ouvrage de l'étude, qui en ont formulé la demande et ont contribué à son financement, sont :

- **l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe)**, qui participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable ; la lutte contre le réchauffement climatique constitue l'un de ses domaines d'intervention ;
- **le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (Maaf)** qui, dans le cadre des négociations et des engagements internationaux sur le climat (dont il assure le suivi pour le compte du Medde), et de la mise en place de la nouvelle PAC, est demandeur de résultats scientifiques sur le potentiel d'atténuation du secteur agricole ;
- **le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (Medde)**, qui conçoit et met en œuvre la politique relative au climat et à l'énergie dont l'un des objectifs est de réduire les émissions de GES ; cette politique est associée aux autres actions dans le domaine de la protection de l'environnement (eau, biodiversité...).

Un **comité de suivi** composé de représentants de ces commanditaires — et auquel l'Inra s'est associé au titre de son intérêt pour les retombées de l'étude pour la recherche — a assuré la liaison entre maîtrise d'œuvre et maîtrise d'ouvrage : délimitation plus précise du périmètre de la question posée, suivi de l'avancement de l'étude et de l'adéquation entre le cahier des charges et le travail réalisé (présentations orales des étapes de l'étude puis documents écrits).