



> Etude Agri-GES

Contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre : potentiel d'atténuation et coûts de 10 actions techniques.



Septembre 2023
Laure Bamière
Aline Fugeray-Scarbel
Stéphane De Cara
hal-03852986

Etude de cas, d'une étude conduite par la DEPE, réalisée par le département **EcoSocio** selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche) mise au point par INRAE.

Résumé

Une estimation du potentiel d'atténuation des émissions de GES d'origine agricole et des coûts de mise en œuvre des pratiques permettant cette atténuation a été conduite par un groupe d'experts de l'INRA de différentes disciplines (agronomie, économie, physiologie animale...). Cette étude a contribué à générer des impacts sur la société, de types :

- Politiques (construction de scénarios d'atténuation, élaboration de mesures agro-environnementales et de programmes régionaux de réduction des émissions, intégration du secteur agricole dans le calcul des émissions...)
- Environnementaux (mise en œuvre dans des exploitations agricoles de certaines actions identifiées permettant de limiter les émissions de GES)
- Economiques (liés principalement à la mise en œuvre des actions par les agriculteurs)

Ce succès a été possible dans le contexte de la prise de conscience générale sur le changement climatique et ses effets, et sa traduction dans divers traités nationaux et internationaux (Protocole de Kyoto, Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique, Grenelle de l'environnement...).

L'étude Agri-GES a été coordonnée par la Délégation à l'expertise scientifique collective, à la prospective et aux études (DEPE) de l'INRA, à la demande de l'ADEME et des Ministères chargés de l'Agriculture et de l'Écologie. Elle a été réalisée par un comité d'experts scientifiques multi-institutionnels et multidisciplinaires, avec le concours d'un comité technique, composé d'une dizaine d'experts techniques (ADEME, Institut technique, coopérative...). Elle a mobilisé la bibliographie scientifique internationale, ainsi que des données techniques et statistiques, apportées par les professionnels et par les commanditaires.

L'étude a permis l'identification de 10 actions techniques, déclinées en 26 sous actions, dont la mise en œuvre dans les exploitations agricoles permet une atténuation des GES, avec le chiffrage de leur potentiel d'atténuation des émissions, des coûts associés à l'action, et de l'assiette (surface, nombre d'animaux...) sur laquelle chaque action peut être mise en œuvre.

Les actions identifiées, leur chiffrage et la méthodologie sous-jacente ont été diffusés hors de la sphère académique via des présentations par les coordinateurs de l'étude aux acteurs socio-économiques et au grand public, à des réseaux comme le club climat agriculture d'I4CE et le réseau Climagri. Cela a favorisé l'appropriation des résultats de l'étude, notamment par les coopératives, les chambres d'agriculture, les instituts techniques et les collectivités territoriales.

A group of INRA experts from different disciplines (agronomy, economics, animal physiology, etc.) estimated the potential for mitigating GHG emissions from agriculture and the costs of implementing practices that would allow this mitigation. This study contributed to generating impacts on society, of the following types:

- Policy impacts (design of mitigation scenarios, design of agri-environmental measures and regional emissions reduction programs, integration of the agricultural sector in emissions inventory...)
- Environmental impacts (implementation on farms of certain agricultural practices identified as reducing GHG emissions)
- Economic impacts (mainly related to the implementation of GHG mitigation measures by farmers)

This success was possible in the context of the general awareness of climate change and its effects, and its translation into various national and international treaties (Kyoto Protocol, United Nations Framework Convention on Climate Change, Grenelle de l'environnement...).

The Agri-GES study was supervised by the INRA-DEPE (Unit for Collective Scientific Expertise, Foresight and Advanced Studies), at the request of ADEME and the French Ministries in charge of Agriculture and Ecology, and was carried out by a group of scientific experts, with the assistance of a few partner field experts (ADEME, technical institutes, APCA, InVivo, etc.). It mobilized international scientific literature, as well as technical and statistical data, i.e. complementary resources provided by these partners and sponsors. As a result, 10 technical measures declined into 26 sub-measures were identified –whose implementation allows to reduce on-farm GHG emissions – and their GHG mitigation potential, implementation cost, and area base (maximum area on which they can be implemented) were quantified.

The measures identified, their quantification, and the underlying methodology were disseminated outside the academic sphere via the ADEME documentation, the I4CE “Club Climat Agriculture”, and the Climagri network, which has enabled the appropriation of the research results by cooperatives, chambers of agriculture (extension services), technical Institutes, and local authorities.

Problématique sociétale initiale et contexte externe initial

Les objectifs internationaux et nationaux en termes de réduction de GES tous secteurs confondus

La lutte contre le changement climatique s’est traduite par la signature de plusieurs traités internationaux, dont la convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (Rio de Janeiro, 1992) et le protocole de Kyoto (1997). Ces traités prévoyaient une réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) par les Etats signataires. Ainsi, l'Union européenne s’était engagée à réduire de 20% ses émissions en 2020 par rapport à l'année de référence 1990 (soit une baisse de 14% par rapport aux émissions de 2005). L'objectif de réduction de 20% des émissions de GES a été incorporé à l'engagement des "trois fois vingt" du paquet énergie-climat de 2008 (augmenter de 20% l'efficacité énergétique, porter à 20% la part des énergies renouvelables, réduire de 20% les émissions de GES). L'objectif global de réduction assigné à la France était de -14% en 2020 par rapport à 2005 pour les catégories d'émissions non couvertes par le système communautaire d'échange de quotas d'émissions (transport, bâtiment et agriculture notamment).

A plus long terme, l'objectif de réduction des émissions au niveau européen était 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 ont été inscrits dans la loi de programme du 13 juillet 2005, confirmés dans la loi du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (à ce moment-là, l’objectif était de diviser par 4 les émissions en 2050 par rapport à 1990 : "facteur 4").

Outre ces politiques, des associations citoyennes militaient depuis les années 90 pour la réduction des émissions dans tous les secteurs, y compris le secteur agricole. En témoigne en 1996 la création du Réseau Action Climat en tant que fédérateur d’associations impliquées dans la lutte contre le changement climatique et pour une transition écologique, solidaire et équitable.

Les émissions de GES agricoles

Le secteur agricole contribue fortement à l'émission de GES. A l'échelle planétaire, le rapport du GIEC de 2007 indiquait que l'agriculture contribuait 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 représentait 2% du produit intérieur brut, mais 17,8% des émissions¹ (hors consommation énergétique et changement d'usage des terres), soit 94 Mt de CO₂e sur un total de 528 MtCO₂e (Inventaire des émissions de 2010, CITEPA 2012).

Ces émissions se répartissent en émissions de méthane (CH₄, 45%) et de protoxyde d'azote (N₂O, 55%) directement dues à la production agricole. Le N₂O est émis sur la presque totalité des surfaces cultivées notamment en lien avec la fertilisation azotée, qu'elle soit sous forme d'engrais minéral ou organique (comme le fumier ou lisier). Sa production résulte de réactions biochimiques de dénitrification et de nitrification. Le CH₄, produit lors de fermentations en conditions anaérobies (sans oxygène), est émis d'une part par la digestion de tous les ruminants, et d'autre part par les effluents d'élevage, notamment le lisier, stockés en conditions anaérobies.

Les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie fossile par le secteur agricole sont comptabilisées dans le secteur "Energie" de l'inventaire national. Elles sont relativement faibles par rapport aux émissions agricoles de CH₄ et de N₂O. Si l'on tient compte de ces émissions, la part de l'agriculture s'élevait à environ 20% des émissions totales de GES françaises.

Il existe également des émissions liées aux usages des sols (agriculture, forêts, prairies, etc.) et leur gestion. Lorsque que l'on change l'usage des sols, des quantités importantes de carbone (C) peuvent être libérées dans l'atmosphère : c'est le cas par exemple de la déforestation pour augmenter les surfaces agricoles.

Enfin, la production agricole peut induire des émissions en amont ou en aval du secteur. Par exemple, la production et le transport des engrais minéraux émettent du CO₂ tandis que la production d'énergie renouvelable (ex : biogaz produit par la méthanisation) peut se substituer à des énergies fossiles et réduire les émissions de CO₂ associées.

Les spécificités des émissions agricoles sont d'être majoritairement d'origine non énergétique, contrôlées par des processus biologiques, et diffuses, contrairement à celles de nombreux autres secteurs.

La contribution de l'agriculture à l'atteinte des objectifs de réduction des GES

Le secteur agricole a donc un rôle à jouer pour l'atténuation du changement climatique, que ce soit en réduisant ses émissions de GES (N₂O, CH₄ et dans une moindre mesure CO₂), en contribuant à la production d'énergies renouvelables (biocarburants, biomasse à usage énergétique) se substituant aux énergies fossiles, ou en stockant du carbone dans la biomasse et les sols (émissions négatives).

Or les émissions d'origine agricole sont difficiles à mesurer et sujettes à des variations importantes d'un site à l'autre ou d'un système agricole à l'autre. Le grand nombre d'exploitations agricoles et leur grande diversité sur le territoire national compliquent les estimations des émissions et de leurs possibles atténuations. L'exploration et la quantification des potentiels de réduction des émissions de l'agriculture représentaient par conséquent un défi majeur, par ailleurs indissociable des autres enjeux liés à l'agriculture (sécurité alimentaire, emploi et développement rural, biodiversité et paysage, qualité de l'eau et de l'air...).

¹ Cette part est quasiment la même en 2020 (CITEPA 2022), avec des émissions totales françaises qui ont baissé de l'ordre de 25% depuis 2010. La baisse des émissions agricoles pendant cette période s'explique pour environ deux tiers par une modification dans les modes de comptabilisation (facteurs d'émission et PRG).

Inputs et contributions

Argumentation de la contribution de INRAE et de ses partenaires aux impacts.

Travaux antérieurs

Dans les années 1990, alors que la question climatique commence à gagner le débat public suite aux rapports successifs du GIEC (1990, 1995), plusieurs équipes INRA de différentes disciplines développent simultanément des travaux de mesure et/ou de modélisation sur divers aspects de la question : impacts du changement climatique sur les rendements et la conduite des cultures, émissions de protoxyde d'azote (N_2O) liées aux apports d'engrais, processus d'émissions de méthane (CH_4) chez les animaux d'élevage, stockage de carbone dans les sols et les forêts. La contribution des écosystèmes terrestres au cycle du carbone et aux émissions de GES fait l'objet d'interpellations de la part de la communauté des sciences du climat. L'INRA se dote de projets, dispositifs et instruments pour mieux connaître les échanges de GES entre les écosystèmes terrestres et l'atmosphère. Sous l'impulsion de la Direction Scientifique Environnement de l'INRA, un groupe de travail est créé afin de fédérer ces travaux. Il conduira plus tard à la création de la Mission Climat et Effet de Serre et à l'implication croissante de l'INRA dans des programmes nationaux, européens et internationaux sur le sujet (mise en place du RMQS², participation aux programmes ICOS³ et NitroEurope, coordination du projet européen « Animal change »...). L'objectif est de mieux comprendre et représenter les sources d'émissions et processus sous-jacents et de développer les outils de modélisation biophysiques et économiques intégrant l'ensemble des sources et puits de gaz à effet de serre du secteur agricole afin d'identifier des leviers de réduction des émissions, d'évaluer les potentiels d'atténuation et les coûts associés. Une première étude, en amont des négociations du Protocole de Kyoto signé en 1997, est financée par la Mission Interministérielle sur l'Effet de Serre. Elle conduira notamment aux premières évaluations des coûts marginaux de réduction des émissions nettes de l'agriculture française [1], évaluations qui seront plus tard étendues à l'échelle européenne [3]. Ces travaux seront prolongés dans le cadre de plusieurs projets de recherche nationaux et européens, permettant notamment d'identifier et d'évaluer des leviers techniques d'atténuation.

La question complexe du stockage de carbone dans les sols et de son rôle dans l'atténuation de l'effet de serre fait l'objet d'une attention particulière. A la fin des années 90, le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable envisage la possibilité de revendiquer, dans le bilan de GES de la France, la prise en compte du stockage de C dans les sols agricoles. Il demande à l'INRA de réaliser une expertise scientifique collective (ESCo) pour évaluer l'intérêt et la faisabilité de cette option. L'ESCo, publiée en 2002 [2], dresse un état des lieux des connaissances académiques concernant à la fois le bilan des stocks existants, le rôle des pratiques agricoles sur la séquestration du carbone et les questions économiques liées aux instruments de politique publique. Elle conclut qu'en modifiant les usages des sols et les pratiques agricoles, un stockage additionnel de carbone dans les sols français serait possible à hauteur d'environ 1 à 3 millions de tonnes de C par an. Elle insiste sur les fortes incertitudes associées à cette estimation, sur les freins à l'adoption de pratiques « stockantes » et sur les difficultés de vérification des accroissements de stock. Elle conclut également à la nécessité d'une approche plus globale, ne se limitant pas au seul carbone du sol mais visant une amélioration du bilan GES de l'activité agricole en tenant compte des trois principaux gaz à effet de serre (CO_2 , N_2O et CH_4).

En 2006, alors que le Protocole de Kyoto est entré en vigueur et que les politiques nationale et européenne en matière d'atténuation de l'effet de serre commencent à se dessiner, le Ministère de l'Agriculture demande à l'INRA d'établir des projections des émissions nettes de GES des secteurs agricoles et forestiers français à l'horizon 2020. Cette étude, publiée en 2008 [4], est coordonnée par

² Réseau de Mesure de la Qualité des Sols permettant, entre autres, un suivi des stocks de carbone des sols au niveau national

³ Integrated Carbon Observation System

deux chercheurs du département SAE2 (département Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement) et rassemble des chercheurs en nutrition animale travaillant sur les émissions de méthane entérique (UMR Herbivores à Theix ; UMR Production du Lait et UMR Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine à Rennes ; UMR Physiologie de la Nutrition et Alimentation à Paris) ; des chercheurs sur la forêt (Laboratoire d'étude des Ressources Forêt-Bois et Laboratoire d'Économie Forestière à Nancy) et des équipes sur le sol (unité INFOSOL à Orléans). Elle associe également le CITEPA, en charge de l'inventaire des émissions de GES au niveau français, et l'IGN, en charge de l'Inventaire Forestier National. L'objectif était double : d'une part établir des bilans d'émissions *nettes* reflétant le contexte français en s'appuyant sur des facteurs d'émissions actualisés et affinés, d'autre part proposer des trajectoires d'émissions cohérentes en fonction de différents scénarios économiques concernant l'évolution de la politique agricole et des prix agricoles qui influent sur les décisions des agriculteurs en matière d'allocation des surfaces, de changements d'allocation des sols, de pratiques et de productivité.

Les résultats étaient assez clairs : sans incitation spécifique orientée vers la réduction des émissions de GES et la séquestration du carbone, et sans changement technique majeur dans la production, on ne pouvait s'attendre à une baisse des émissions nettes liées à l'agriculture et à la forêt françaises à moyen terme. Plusieurs éléments contribuaient même à anticiper une hausse des émissions. Se pose dès lors la question de l'adoption de pratiques permettant d'atteindre des objectifs de réduction des émissions.

Ce premier travail a été prolongé en 2009 par une deuxième étude à la demande des Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement [5]. Cette étude intégrait notamment une dimension régionale plus forte et la prise en compte explicite des objectifs de la production de biocarburants et de biomasse à vocation énergétique qui, s'ils permettent de se substituer à l'énergie fossile, contribuent à augmenter la demande de produits agricoles et forestiers, et la tension sur les terres. D'autre part, le débat scientifique autour de la comptabilisation des émissions de N_2O^4 , remet en cause le potentiel d'atténuation du réchauffement climatique des biocarburants de première génération, mettant ainsi en évidence que d'autres leviers doivent être mobilisés pour atténuer les émissions.

En 2011, une équipe britannique étudie un large ensemble de pratiques et leviers de réduction des émissions disponibles dans le secteur agricole au Royaume-Uni, dont elle évalue les potentiels et les coûts d'atténuation. Ces résultats sont synthétisés sous la forme d'une courbe de coût marginal d'abattement (dite « MACC ») qui permet de classer les pratiques selon leur efficacité environnementale et économique [6]. A peu près simultanément, une méta-analyse conduite par des chercheurs de l'INRA met en évidence la variabilité des estimations sur les potentiels et coûts de réduction des émissions de GES agricoles [7].

Ces éléments participent à mettre en évidence la nécessité de disposer d'évaluations chiffrées sur les coûts et potentiels d'atténuation calculés spécifiquement pour le contexte français.

Références

[1] De Cara S., Jayet P.-A. (2000). "Emissions of greenhouse gases from agriculture: the heterogeneity of abatement costs in France". *European Review of Agricultural Economics* 27(3): 281-303

[2] Arrouays D., Balesdent J., Germon J.-C., Jayet P.-A., Soussana J.-F., Stengel P. (2002). Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Increasing carbon stocks in french agricultural soils ? Paris (FRA) : INRA, 332 p. Rapport d'expertise scientifique collective réalisé par l'INRA pour le Ministère de l'Écologie et du Développement durable.

⁴ Initié par Crutzen PJ, Mosier AR, Smith KA, Winiwarter W (2008) N_2O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8: 389-395. doi: 10.5194/acp-8-389-2008.

[3] De Cara S., Houzé M., Jayet P.-A. (2005). "Methane and nitrous oxide emissions from agriculture in the EU: A spatial assessment of sources and abatement costs". *Environmental and Resource Economics* 32(4), 551–583.

[4] De Cara S., Thomas A. (coord.), 2008. Projection des émissions/absorptions de gaz à effet de serre dans les secteurs forêt et agriculture aux horizons 2010 et 2020. 202 p.

[5] Forslund A., Colin A., De Cara S., Leban J.-M., Martin M., Mathias E., Guyomard H. et Stengel P., 2009. *Projections d'émissions et d'absorptions de gaz à effet de serre du secteur utilisation des terres, leurs changements et la forêt (UTCF) à l'horizon 2020 en France*, rapport final pour le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche, INRA-IFN-CITEPA, Paris, France, 142 p.

[6] MORAN, Dominic, MACLEOD, Michael, WALL, Eileen, et al. Marginal abatement cost curves for UK agricultural greenhouse gas emissions. *Journal of Agricultural Economics*, 2011, vol. 62, no 1, p. 93-118.

[7] Vermont B., De Cara S., 2010. How costly is mitigation of non-CO2 greenhouse gas emissions from agriculture? A meta-analysis. *Ecological Economics*, 69 (7): 1373-1386. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.02.020>

Genèse de l'étude GES

En 2010, l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement ont alors commandité une étude à l'INRA afin d'évaluer le potentiel et le coût d'atténuation des émissions de GES de plusieurs pratiques agricoles en France. Il est en effet important de connaître l'hétérogénéité des coûts et des potentiels d'atténuation des différentes pratiques entre les régions et d'identifier les freins et leviers à leur adoption. Dans leur lettre de commande, les commanditaires précisent que le travail demandé consiste à proposer une liste d'une dizaine d'actions choisies parmi les plus efficaces quant à leur rapport coût/efficacité. L'objectif était d'éclairer la décision publique, de pouvoir améliorer les méthodes d'inventaire pour mieux prendre en compte la contribution du secteur agricole, et bien sûr de fournir une information fiable au secteur agricole.

Le cahier des charges pour l'étude « Agri-GES » est élaboré conjointement par les commanditaires (Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement et ADEME) et la Délégation à l'expertise scientifique collective, à la prospective et aux études (DEPE) de l'INRA, et est finalisé en 2012. L'étude est pilotée par un chef de projet DEPE (Lénaïc Pardon) et, sur le plan scientifique, par un binôme de chercheurs respectivement agronome et économiste : Sylvain Pellerin (unité Transfert sol-plante et cycle des éléments minéraux, département Environnement et Agronomie - EA) et Laure Bamière (unité Economie Publique - SAE2). Sylvain Pellerin conduisait une recherche sur les liens entre l'activité agricole et les cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore. Au sein de l'équipe d'animation du département EA, il coordonnait au niveau national les travaux menés sur le thème « Bouclage des cycles azote-phosphore et stockage de carbone dans les sols ». Il avait à cette occasion acquis une vision large des recherches menées par l'INRA sur les émissions de GES en agriculture, en lien avec les cycles du carbone et de l'azote. Laure Bamière était spécialisée en modélisation micro-économique, spatialement explicite, intégrant des apports de différentes disciplines pour traiter des sujets concernant les mesures agro-environnementales, ou les impacts de la production de biomasse énergie. Par ailleurs elle co-animait le réseau métier « Expertise et Modélisation » du département SAE2 et avait une bonne connaissance des ressources mobilisables pour l'étude.

Les **maîtres d'ouvrage de l'étude** contribuent à son financement et à la définition de ses objectifs via le cahier des charges. Ce 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 politique agricole commune (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 des commanditaires (ADEME, MAAF et MEDDE) et auquel l'INRA s'est associé, a assuré la liaison entre maîtrise d'œuvre et maîtrise d'ouvrage.

Mise en œuvre de l'étude GES

La **maîtrise d'œuvre** a été assurée par 22 experts scientifiques contribuant à l'étude. Ils ont été choisis pour leur expertise scientifique en lien avec le sujet :

- 17 experts INRA des disciplines suivantes : agronomie, systèmes de cultures et systèmes prairiaux, sciences du sol, économie agricole et de l'environnement, statistique, zootechnie, physiologie animale, émissions de GES au champ et dans les bâtiments d'élevage, etc. ; appartenant aux départements Environnement et agronomie (EA), Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques (EFPA), Physiologie animale et systèmes d'élevage (PHASE), Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement (SAE2) de l'époque ;
- 5 experts d'instituts français (AgroParisTech, Irstea et SupAgro Montpellier) ou étrangers (AAC Canada et Scottish Agricultural College), ayant des compétences en sciences du sol, agronomie et systèmes de cultures pérennes, économie agricole, méthanisation et gestion des effluents d'élevage.

L'étude, réalisée entre septembre 2011 et juillet 2013, se base principalement sur des connaissances scientifiques préexistantes issues des bases de données documentaires internationales.

Les domaines d'expertise et de compétence des experts, mobilisés pour l'étude, étaient les suivants :

- en agronomie, les approches systèmes utilisées pour envisager la modification des rotations culturales, l'introduction des légumineuses et la généralisation des cultures intermédiaires et intercalaires,
- en agronomie également, le fonctionnement et la gestion des prairies permanentes,
- en alimentation animale, l'ajustement et le calcul de nouvelles rations moins émettrices pour les bovins en fonction des différents types d'élevage,
- en zootechnie, l'adaptation des bâtiments d'élevage et la gestion des effluents, dans le but d'évaluer les mesures d'économies d'énergie des bâtiments avicoles, ainsi que la réduction des émissions de méthane liées au fumier et au lisier,
- en sciences du sol, pour l'évaluation des impacts du travail simplifié du sol et de la gestion de la fertilisation azotée des cultures sur les émissions de GES et le stockage de carbone,
- en économie, pour l'analyse des bases de données publiques, la mesure des coûts de production en grandes cultures et en élevage, l'évaluation des coûts des mesures de réduction des émissions de GES, et l'identification des freins et leviers à l'adoption des pratiques et des instruments politiques incitatifs.

Un **comité technique**, composé d'une quinzaine de professionnels de terrain (de l'ADEME, de l'Afac, d'Arvalis, du Cetiom, de la CRA de Bourgogne, du groupe In Vivo, de l'Idèle, l'Ifip et l'Itavi) a été constitué. Il a été consulté sur le choix des actions proposées par le groupe d'experts scientifiques, et sollicité pour fournir des données de la littérature grise, discuter de la pertinence technique et de la faisabilité des actions, et assurer une relecture de documents.

Plusieurs organismes ont également **fourni des données** :

- Le Service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère en charge de l'agriculture a autorisé l'accès aux données statistiques publiques du ministère nécessaires à l'étude : Enquête Pratiques Culturelles (EPC), Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA), Statistique Agricole Annuelle (SAA), Enquête bâtiments d'élevage. Ces données ont été traitées via le Centre d'accès sécurisé distant (CASD).
- Les cas-types bovins lait de l'Idèle (Institut de l'élevage) ont fourni des données utiles sur les rations des animaux pour l'évaluation des pratiques portant sur l'alimentation animale.
- Les données de l'IFIP ont été utilisées pour les rations de référence des porcins.
- Les essais de longue durée d'Arvalis sur les techniques culturales simplifiées à Boigneville ont fourni des données pour l'évaluation de la pratique « Non-labour ».
- L'ADEME a fourni des données sur les économies d'énergie dans le secteur agricole et la méthanisation.
- Les barèmes d'entraide et de prestation pour les opérations culturales et le matériel agricole de la FNCUMA ont été utilisés pour estimer les coûts des opérations culturales et les consommations de carburant, dans les différentes pratiques.

Ces données ont été mobilisées pour estimer : les surfaces sur lesquelles les pratiques pouvaient être mises en œuvre sans contraintes techniques (assiette maximale technique), la réduction des émissions directes, indirectes et induites de GES permise par les changements de pratiques, et les coûts techniques associés à la mise en œuvre de ces nouvelles pratiques. Ces quantifications ont été réalisées selon une méthode homogène pour faciliter la comparaison et l'agrégation des résultats, et avec un socle de données commun provenant autant que possible de sources / statistiques publiques.

Outputs des recherches

Les premiers résultats du projet ou de la recherche et les cinq publications scientifiques majeures.

Le rapport de l'étude Agri-GES, achevée en juillet 2013, identifie 10 actions décomposées en 26 sous-actions (ou pratiques agricoles)⁵, permettant a priori de réduire les émissions de GES du secteur agricole français. Ces actions portent sur des grands leviers d'atténuation qui sont la diminution de la fertilisation azotée (minérale) des cultures, le stockage de carbone dans le sol et la biomasse, la modification des rations des bovins et des porcins, la valorisation des effluents d'élevage pour produire de l'énergie et la réduction de la consommation d'énergie fossile des exploitations agricoles.

Chaque sous-action correspond à une pratique agricole précise. Les experts ont développé une méthode commune à toutes les actions et transparente, pour (i) calculer le potentiel de réduction des émissions de GES de chaque sous-action (nombre de tonnes de CO₂e que l'on peut éviter par hectare de culture ou par animal en appliquant ces pratiques), (ii) le coût associé pour l'agriculteur (combien d'euros par hectare ou animal cela coûte en plus ou en moins à l'agriculteur de mettre en œuvre la pratique sur son exploitation), et (iii) l'assiette maximale technique (surface ou nombre total d'animaux auxquels il est techniquement possible d'appliquer la sous-action en France). Il est ainsi possible de comparer les résultats entre les différentes actions, et de mettre à jour ou adapter les calculs quand on dispose d'une information plus récente ou plus précise localement. Les experts ont

⁵ Voir la liste des actions en annexe 1.

également fait des hypothèses sur le déploiement potentiel des actions à horizon 2030. Une « fiche action » a été rédigée pour chaque action, qui la décrit avec ses sous-actions, les étapes de calculs des différents paramètres, les hypothèses faites et les données utilisées, et récapitule les résultats dans des tableaux standardisés. Enfin, les sous-actions ont été classées par coût d'atténuation et par potentiel d'atténuation cumulé à l'échelle de la France, pour présenter les résultats de l'étude sous forme d'une courbe de coût marginal d'atténuation (appelée MACC). Cette MACC (cf. annexe 2) permet de savoir combien il faudrait payer au minimum la tonne de CO₂e évitée (Y €/tCO₂e) pour obtenir une réduction des émissions agricoles françaises d'un montant donné (X MtCO₂e). Et inversement.

Sur la base des connaissances les plus récentes à l'époque, si les dix pratiques pouvaient être mises en œuvre simultanément⁶, le secteur agricole français verrait ses émissions de GES réduites à hauteur de 32,3 Mt CO₂e par an en 2030⁷. Les deux tiers de cette réduction pourraient être obtenus pour un coût raisonnable, inférieur à 25€/tCO₂e par an.

L'identification des actions et sous-actions dans le cas français, la méthode et les calculs de coûts et de potentiel d'atténuation associés, les « fiches action », une analyse transversale ainsi que la MACC ont fait l'objet d'un rapport scientifique et d'une synthèse publiés en 2013, d'une restitution dans le cadre d'un colloque public le 02/07/2013, ainsi que d'un article académique publié en 2017. Les résultats de l'étude ont par ailleurs été valorisés dans des publications ciblant certaines actions ou certains freins à leur adoption, et dans un ouvrage reprenant les conclusions de l'étude (2015).

- ⇒ Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., 2013. *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques*. Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 92 p.
- ⇒ Pellerin, S., Bamière, L., & Pardon, L. (2015). *Agriculture et gaz à effet de serre, dix actions pour réduire les émissions* (Éditions Quae (ed.)).
- ⇒ Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoit M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., Chemineau P., 2017. Identifying cost-competitive greenhouse gas mitigation potential of French agriculture. *Environmental Science and Policy* 77, 130-139.

Plusieurs organisations internationales en charge des questions d'agriculture, de sécurité alimentaire et de changement climatique ont depuis sollicité une présentation par l'INRA des conclusions de ce travail. L'étude a été présentée aux parlementaires européens du groupe « Agriculture and rural development » le 21 Janvier 2014, à des groupes de travail organisés par la Commission européenne (17/12/13 à Bruxelles, 22/10/14 à Madrid), à la FAO (24/10/13 à Rome), à l'OCDE (04/11/13 à Paris), à l'Ambassade de France en Allemagne (07/05/14 à Berlin). Un séminaire a par ailleurs été organisé à Riga (Lettonie) en 2016, à l'initiative de l'Union Européenne, pour un partage d'expérience des approches méthodologiques mises en œuvre par les états membres. Ce séminaire a donné lieu à un article méthodologique :

- ⇒ Eory V., Pellerin S., Carmona Garcia G., Lehtonen H., Licite I., Mattila H., Lund-Sorensen T., Muldowney J., Popluga D., Strandmark L., Schulte R., 2018. Marginal abatement cost curves for agricultural climate policy: state-of-the art, lessons learnt and future potential. *Journal of Cleaner Production* 182, 705-716.

⁶ Dans l'hypothèse où ces actions étaient totalement compatibles entre elles.

⁷ En appliquant les modes de calcul utilisés par le CITEPA pour l'inventaire national 2010, cette réduction atteindrait seulement 10 Mt CO₂e par an en 2030 du fait de la non prise en compte de certaines pratiques comme celles relatives à l'alimentation animale.

L'étude Agri-GES a mis en évidence des actions dites à « coût négatif ». Elles sont « gagnant-gagnant », c'est-à-dire qu'elles permettent de réduire les émissions de GES du secteur agricole tout en améliorant la rentabilité économique des exploitations. Elles devraient donc être spontanément mises en place par les agriculteurs. Cependant, c'est loin d'être le cas en pratique. Les objectifs du projet de recherche BANCO (pour « Barriers for actions at negative cost and opportunities », appel REACTIF 2 géré par l'ADEME) qui s'est déroulé de 2015 à 2017, ont donc été d'identifier les actions réellement à coût négatif et les freins et leviers à leur déploiement dans le secteur agricole. L'évaluation des coûts d'atténuation réalisée dans Agri-GES a été affinée en recalculant le coût, le potentiel d'atténuation et l'assiette de toutes les pratiques au niveau régional. Un modèle d'allocation coût-efficace de l'effort d'atténuation (le modèle BANCO) a été développé. Il tient compte de la concurrence potentielle entre les actions d'atténuation. Il permet de déterminer quelle pratique mettre en œuvre, sur quelle surface et dans quelle région, pour réduire les émissions agricoles au niveau national à moindre coût. Ce projet a permis la différenciation du potentiel d'atténuation selon les régions, et la production de courbes MACC régionales.

Références :

Bamière, L.; De Cara, S. ; Pardon, L.; Pellerin, S.; Samson, E ; Dupraz, P. (2014). *Les coûts de transaction privés sont-ils un obstacle à l'adoption de mesures techniques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur agricole ?* Notes et Etudes Socio-Economiques (revue du Ministère en charge de l'agriculture), n° 38, pp. 53-71.

De Cara, S.; Vermont, B., (2014). *Émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole : coûts et potentiels d'atténuation, instruments de régulation et efficacité.* Notes et Etudes Socio-Economiques 38, 7-25.

De Cara, S.; Vermont, B., (2014). *Atténuation de l'effet de serre d'origine agricole : efficacité en coûts et instruments de régulation.* Innovations agronomiques 37, 97-112.

Doreau M., Bamière L., Pellerin S., Lherm M., Benoit M., (2014). *Mitigation of enteric methane for French cattle: potential extent and cost of selected actions.* Animal Production Science 54, 1417-1422.

Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.-P., Chenu C., Colenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Favardin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.-H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L. (2014). *Quels leviers techniques pour l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole ?* Innovations Agronomiques 37, 1-10.

Recous, S.; Jeuffroy, M.-H.; Hénault, C.; Bamière, L. (2014). *Réduire le recours aux engrais azotés de synthèse : quel potentiel et quel impact sur les émissions de N₂O à l'échelle France ?* Innovations agronomiques 37, 11-22.

Tailleur, A., Pellerin, S., Le Gall, C., Cohan, J.P., Hénault, C., 2014. *Gaz à effet de serre. Le N₂O responsable de la moitié des émissions agricoles.* Perspectives agricoles 407, 48-50.

Bamière, Laure ; Camuel, Alexandre ; De Cara, Stéphane ; Delame, Nathalie ; Dequiedt, Benjamin ; Lapierre, Aline ; Lévêque, Benjamin. 2017. *Analyse des freins et des mesures de déploiement des actions d'atténuation à coût négatif dans le secteur agricole : couplage de modélisation économique et d'enquêtes de terrain – Rapport final.* 79 pages.

Circulation des connaissances et intermédiaires

Les résultats des travaux ont été diffusés dans un premier temps via le rapport et synthèse issus de l'étude Agri-GES et le colloque de restitution (02/07/2013), qui a réuni 200 personnes, dont des représentants des Chambres d'agriculture, Instituts techniques, coopératives, organisations agricoles, associations environnementales...

Dans un deuxième temps, les résultats ont été diffusés dans le cadre de très nombreuses présentations et formations proposées par les pilotes, les experts et les commanditaires de l'étude aux acteurs de terrain et agents des services déconcentrés (ex : journées nationales de l'APCA en 2014, Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire, DRAAF Orléans, Terrenales en mai 2015 ayant rassemblé 1000 personnes, région Nouvelle Aquitaine...).

La diffusion des résultats a été facilitée par la mise en place d'un comité technique avec des professionnels, dont certains ont été impliqués dans la fourniture de données (ADEME, Arvalis, Idele, Itavi, Ifip). Cela a créé une attente très forte sur les résultats et une volonté de les utiliser, et a sans doute permis de mieux répondre aux besoins opérationnels. Les résultats ont également été utilisés dans le cadre de programmes d'enseignement au niveau français (Bordeaux Science Agro, AgroParisTech, Institut Agro) et international (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM), centre de Zaragoza - Espagne, conception d'un cycle de formation destiné aux responsables agricoles des pays méditerranéens).

Dans un troisième temps, les acteurs intermédiaires ont eux-mêmes diffusé l'information sous d'autres formats en l'adaptant à leur contexte local et à leurs besoins. Certains acteurs de terrain, comme la Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire, soulignent que la présentation de l'étude et l'animation d'ateliers par les chercheurs a été un levier majeur pour l'appropriation des résultats. Des notions comme les coûts négatifs ont ainsi pu être expliquées, pour montrer que des pratiques peuvent être à la fois intéressantes pour réduire les émissions de GES et rentables pour les agriculteurs.

Les références chiffrées et les pratiques agricoles identifiées dans l'étude ont été intégrées par l'ADEME dans ses outils de diffusion telles les brochures techniques, les scénarios énergie-climat et ressources, l'outil Climagri, ou plus récemment les fiches régionales d'évaluation du potentiel d'atténuation (2021). Les références de l'étude ont également été intégrées dans les outils de bilan carbone élaborés à l'échelle territoriale. Ces outils ont été utilisés pour accompagner les collectivités dans la mise en œuvre de leurs plans climat et ont permis de mettre en avant l'enjeu de l'agriculture dans ces plans. Des formations reprenant les résultats – et notamment des MOOC – ont également été proposées par l'agence (ex : formation à destination du réseau Climagri en janvier 2014).

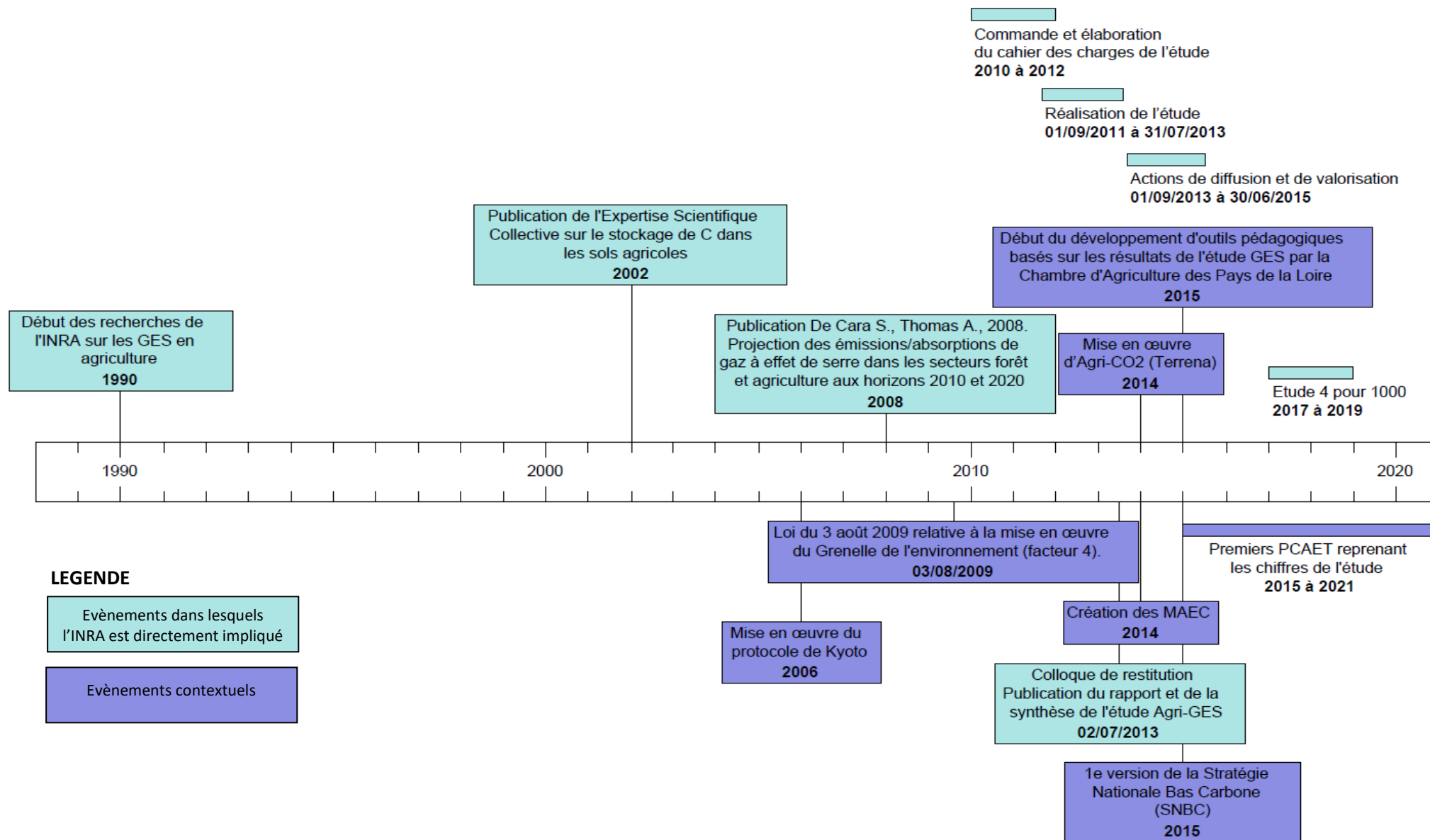
Les ministères en charge de l'agriculture (MAA) et de l'environnement (MEDDE), également commanditaires de l'étude, ont diffusé les résultats de l'étude aux agents des services déconcentrés notamment via les formations IFORE (2015) dans lesquelles les pilotes scientifiques INRA sont intervenus. Les résultats ont également été diffusés dans les instances de travail sur la Stratégie Nationale Bas Carbone (2014-2015).

Les résultats de l'étude ont par ailleurs été présentés une quinzaine de fois depuis 2013 aux membres du Club Climat Agriculture (entreprises privées du secteur agroalimentaire et de l'énergie, Instituts techniques, Chambres d'agriculture, Groupes coopératifs, associations...), animé par I4CE.

D'autres instances ont joué un rôle clé dans la diffusion des résultats de l'étude. Les Chambres d'Agriculture ont communiqué les résultats dans le cadre de la COP21 et les ont intégrés dans certaines de leurs formations. De leur côté, les instituts techniques ont intégré des références chiffrées issues de l'étude dans leurs outils et référentiels, notamment dans le référentiel GES'TIM sur les émissions de GES en agriculture.

Chronologie

La chronologie du cas : date de début des recherches, date du premier output et date du premier impact.



2023

Impacts

Le premier niveau d'impact concerne les changements observés dans la société, hors de la sphère académique.

Environnemental

L'impact environnemental est lié à l'adoption, par des agriculteurs, des pratiques identifiées par l'étude Agri-GES, cette adoption conduisant à une réduction des émissions de gaz à effet de serre comptabilisée en tonnes de CO₂ équivalent (t CO₂e).

Certains acteurs du monde agricole ont été particulièrement actifs dans la mise en œuvre de dispositifs incitatifs à destination de leurs agriculteurs adhérents. Ainsi, la coopérative agricole Terrena a sélectionné 9 actions parmi celles identifiées dans l'étude Agri-GES, dont les plus importantes sont la production de légumineuses à graines, la production de luzerne, l'implantation de couverts en intercultures longues et la substitution de glucides par des lipides insaturés dans la ration des vaches laitières. La coopérative a alors mis en place une démarche, appelée AgriCO₂, encourageant ses membres à adopter ces pratiques. L'adoption d'une de ces pratiques par un adhérent donne lieu à une comptabilisation des économies d'émissions de CO₂e réalisées par rapport aux pratiques habituelles. Ce résultat est ensuite transformé en points permettant à l'agriculteur de bénéficier de réductions sur les achats de produits du catalogue professionnel de la coopérative. La démarche a mobilisé 2 800 adhérents en moyenne chaque année pour 21 150 tonnes équivalent CO₂ évitées chaque année, soit un total depuis sa mise en œuvre en 2014 de 156 000 tonnes équivalent CO₂.

De son côté, la Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire a créé en 2015 une boîte à outils à disposition des agriculteurs, en ligne sur son site internet. Cette boîte à outils fait l'inventaire des leviers possibles pour la réduction des émissions de GES dans les exploitations, associés aux chiffrages issus de l'étude et à des fiches conseil pour la mise en œuvre effective des pratiques. A titre d'exemple, sur le levier « couverts en intercultures », les agriculteurs ont à disposition des fiches conseil sur les choix variétaux pour le couvert et sur la réduction de l'usage du glyphosate. A l'échelle des Pays de la Loire, des formations ont également été mises en place, par exemple pour les fermes Bas Carbone en lait et viande. 92 formations ont ainsi été dispensées en deux ans et 44 conseillers agricoles ont été formés pour accompagner les agriculteurs sur la problématique du climat. 600 exploitations ont réalisé un diagnostic d'évaluation environnementale CAP'2ER[®], et 200 exploitations se sont engagées dans le cadre du Label Bas Carbone.

Les instituts techniques accompagnant les agriculteurs, comme Arvalis, travaillent pour leur part au développement de solutions techniques composites intégrant les objectifs agro-écologiques, dont l'atténuation des émissions de GES est une composante.

Le Ministère de l'agriculture note que l'appropriation par les agriculteurs des pratiques identifiées dans l'étude résulte de la prise en compte du contexte et des contraintes des exploitants agricoles, et ce dès le début des analyses. Les leviers identifiés sont ainsi facilement mobilisables dans les exploitations puisqu'ils ne changent pas radicalement leur système et qu'ils intègrent la notion de coût. Les effets de l'étude sont actuellement visibles dans les fermes en termes de modification des pratiques (Sébastien Bouvatier, 2022, Table ronde Impacts du Colloque anniversaire du département EcoSocio).

Politique

Utilisation pour la SNBC, les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques et le Label Bas Carbone

Le ministère de l'agriculture a demandé à l'INRA un complément d'étude en vue des négociations de la COP21 qui ont eu lieu en France en 2015, et pour alimenter les projections du MEDDE dans le cadre

du reporting biennal à l'Union Européenne. Ainsi, les potentiels d'atténuation de GES des actions identifiées dans l'étude Agri-GES ont été décomposés selon trois niveaux d'intégration possibles dans l'inventaire national des émissions effectué chaque année par le CITEPA : ce qui était déjà pris en compte dans l'inventaire actuel, ce qui pouvait facilement et rapidement être intégré (méthodologies d'inventaires avec références connues), ce qui nécessitait de faire évoluer la méthode d'inventaire actuelle (et qui correspondait à l'estimation la plus précise possible dans l'état actuel des connaissances et des références disponibles dans l'étude). Un rapport a été remis au MAA en 2015 et les résultats ont été utilisés pour les travaux de planification stratégique, et notamment l'élaboration de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) dont la première version a été établie en 2015 avant d'être révisée en 2020.

Le chiffrage a été indispensable pour le travail de quantification et de scénarisation de la SNBC et a permis de fixer le potentiel d'atténuation qui pouvait être atteint grâce aux modifications de pratiques.

Les résultats de l'étude Agri-GES ont par ailleurs permis d'alimenter les travaux visant à définir les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC, créées en 2014) et en particulier les MAEC systèmes. Ils sont encore utilisés aujourd'hui dans le cadre des réflexions sur l'évolution de la PAC comprenant la mise en œuvre d'Eco-régimes généralisés. L'objectif est de mettre en place des actions à vocation environnementale touchant tous les agriculteurs et donc particulièrement adaptées au traitement d'enjeux globaux sur le climat et la biodiversité.

Au niveau européen, l'étude a été utilisée pour évaluer dans quelle mesure la nouvelle PAC permettait ou non de favoriser les mesures d'atténuation identifiées par l'étude française. A cette fin, un document complémentaire a été produit et transmis au Parlement européen.

- ⇒ Pellerin S., Bamière L., Pardon L., 2014. *Measures at farm level to reduce greenhouse gas emissions from EU agriculture*. Note for the European parliament's Committee on Agriculture and Rural Development (COMAGRI). 29 p.
- ⇒ Pellerin, S. (2017). How can French agriculture contribute to reducing greenhouse gas emissions? Presented at Workshop "Developing policy recommendations to address the challenge of climate change in agriculture", Bruxelles, BEL (2017-11-27 - 2017-11-27).

Enfin, l'étude Agri-GES a été largement utilisée pour la mise en œuvre et le développement du Label Bas Carbone. Les méthodes Carbone-Agri pour la polyculture-élevage et les grandes cultures utilisent les résultats de l'étude de manière très pratique dans un objectif de déploiement de pratiques favorables au climat de la part des agriculteurs. La méthode Label Bas Carbone pour les grandes cultures a été élaborée de manière consensuelle avec un comité d'experts et un comité d'utilisateurs avant d'être agréée par l'Etat en 2021. Elle est utilisée pour proposer aux agriculteurs en grandes cultures des pratiques intéressantes qui lui permettront de générer des crédits carbone.

Utilisation pour les travaux de la Commission Quinet

En 2018, la Commission Quinet a été mandatée par le gouvernement pour réviser la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone – ou « valeur d'action pour le climat » (VAC) – nécessaire pour atteindre l'objectif national de « zéro émissions nettes » à horizon 2050. La commission a utilisé les résultats de l'étude Agri-GES et d'autres travaux du département SAE2, pour évaluer le rôle des émissions agricoles de GES (potentiel et coût d'atténuation) dans l'atteinte de cet objectif. La VAC aide l'État et les différentes parties prenantes à définir les actions sectorielles et les investissements les plus pertinents pour atteindre l'objectif climatique – et les lancer au bon moment.

Utilisation pour les Plans Climat-Air-Energie Territoriaux (PCAET)

Les pratiques de l'étude Agri-GES ont été intégrées dans l'outil Climagri développé par Solagro pour l'ADEME. Cet outil a été utilisé pour effectuer le premier chiffrage de la SNBC. Il est également utilisé par le réseau Climagri et des bureaux d'étude, notamment pour les diagnostics et les propositions d'action dans de nombreux PCAET (Plan Climat-Air-Energie Territorial, mis en œuvre par les intercommunalités depuis 2015). Par ailleurs, plusieurs collectivités ont explicitement intégré les résultats de l'étude dans leur PCAET. Ainsi, la communauté de communes de Lyon St Exupéry en Dauphiné a estimé qu'elle pouvait réduire ses émissions agricoles de 36% (68% en comptant le stockage de carbone dans le sol et la biomasse) sur la base des pratiques et potentiels d'atténuation unitaires issus de l'étude Agri-GES. Le Pays Grand Briançonnais prévoit quant à lui dans son plan d'action de développer de la culture sans labour, les cultures intermédiaires et l'agroforesterie, et se base sur l'étude pour les coûts prévisionnels par hectare. Plusieurs PCAET utilisent les résultats de l'étude Agri-GES pour identifier les pratiques agricoles pertinentes pour réduire les émissions de GES agricoles sur leur territoire (ex : Provence Alpes Agglomération, Grand Lyon, Pays des Vallons de Vilaine).

Références :

Communauté de communes de Lyon St Exupéry en Dauphiné (p 137 et p 145-146) :

https://www.lysed.fr/wp-content/uploads/2021/07/PCAET_Diagnostic_LYSED_COPIE.pdf

Pays Grand Briançonnais (p 21, p 108) : https://paysgrandbrianconnais.fr/fileadmin/user_upload/Energie-Climat/PCAET/2020_120_annexe4_PCAET_PETR_partie_4_Plan_d_action_CCB_VF-1.pdf

Provence Alpes Agglomération (p 14) : https://www.provencealpesagglo.fr/wp-content/uploads/2018/06/2_Strat%C3%A9gie_PCAET_PAA_mai19.pdf

Grand Lyon (p 91) :

https://www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/media/pdf/grands-projets/concertation-reglementaire/20190524_projet-pcaet.pdf

Pays des Vallons de Vilaine (pp 61-65) :

<https://www.paysdesvallonsdevilaine.fr/medias/sites/20/2019/06/PCAET-I-Diagnostic-VF.pdf>

Utilisation pour la sensibilisation des acteurs institutionnels, du monde agricole, de l'enseignement et de la recherche

L'ADEME considère que l'étude Agri-GES a fait évoluer les discours des têtes de réseaux et dans les ministères, qui manquaient auparavant de connaissances pour traiter des questions d'émissions de GES en agriculture et promeuvent à présent les pratiques identifiées et reconnues comme efficaces par l'étude. L'utilité de ces pratiques n'est plus remise en cause, et les éléments chiffrés sur le coût et le potentiel d'atténuation sont largement utilisés.

L'ensemble des outils politiques comme la Stratégie Nationale Bas Carbone ou le Label Bas Carbone a également permis de faire évoluer les visions des agriculteurs de manière à ce qu'ils intègrent la notion de carbone dans leurs réflexions. Les outils mis en œuvre par certains acteurs du monde agricole – coopératives agricoles, chambres d'agriculture, instituts techniques – sont également perçus comme de formidables outils de sensibilisation et de communication autour des enjeux liés au dérèglement climatique en agriculture. L'institut I4CE note pour sa part qu'il y a « un avant et un après l'étude ». Le discours est devenu positif, et la mise en œuvre d'actions pour réduire les émissions de GES est devenue positive pour l'agriculture. Des groupements d'agriculteurs communiquent d'ailleurs sur leur action en faveur du climat en utilisant les données de l'étude, à l'instar du groupement des Agriculteurs bio des Pays de la Loire.

La structuration de la communauté de recherche française autour de l'atténuation des émissions de GES en agriculture, résultat de l'étude, a par ailleurs permis de mettre en avant des besoins de

recherche complémentaires, par exemple sur l'agroforesterie, les haies, la digestion anaérobie ou le levier génétique pour réduire les émissions de méthane entérique. L'ADEME a ainsi pu intégrer ces besoins dans les nouveaux appels à projets, rendus ainsi plus pertinents. L'étude a par ailleurs permis de mettre en place un cadre d'analyse qui a pu être repris pour d'autres enjeux comme les émissions d'ammoniac, et elle a servi de base pour la réalisation d'autres travaux comme l'étude 4 pour 1000 France sur le stockage de carbone dans les sols, conduite de 2017 à 2019, également par la DEPE et le même binôme de pilotes scientifiques.

Économique

Les impacts économiques pour les agriculteurs qui mettent en place les actions identifiées dans l'étude peuvent aussi bien être positifs que négatifs, selon le coût des pratiques et si ces coûts sont compensés ou non par la vente de crédits carbone ou un paiement pour le service environnemental rendu.

Pour certains acteurs du monde agricole comme la coopérative agricole Terrena avec son dispositif AgriCO2, l'intégration des résultats de l'étude Agri-GES a été l'opportunité d'une très forte visibilité qui a pu être valorisée vis-à-vis de leur clientèle.

Enfin, des bureaux d'étude et de conseil ont utilisé les résultats de l'étude Agri-GES dans le cadre de leurs activités, ce qui représente un impact économique. Le CEREOPA a ainsi utilisé certains résultats de l'étude sur les pratiques permettant de réduire les émissions de GES dans l'outil [PERFAGRO P3](#), qu'il a développé pour évaluer la triple performance (économique, environnementale et nourricière) des exploitations agricoles et proposer des pistes d'amélioration. Cet outil est utilisé par exemple dans le cadre d'études réalisées à la demande de coopératives. Le CEREOPA a également repris des résultats de l'étude Agri-GES dans le cadre d'une prestation pour La Coopération Agricole sur « Construction d'un scénario Ambition Carbone 2035 ».

Impacts potentiels

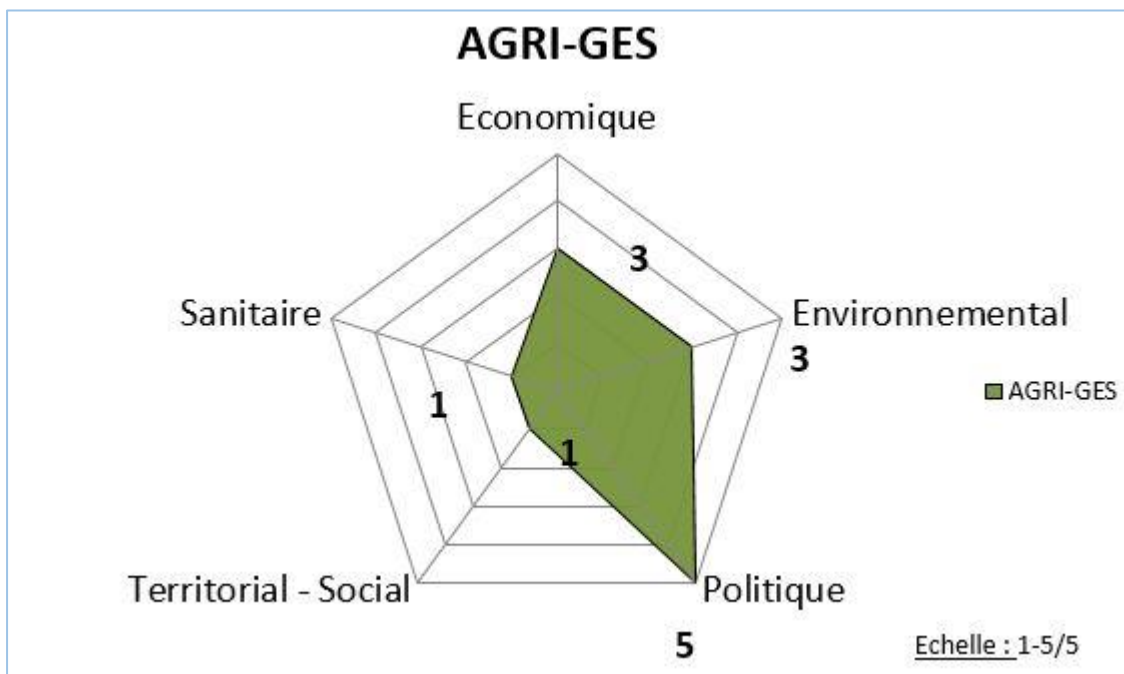
Identification des impacts potentiels, susceptibles de se matérialiser ultérieurement. Tenir compte d'éventuels impacts négatifs.

Certaines pratiques ont donné lieu à un approfondissement suite à l'étude, comme l'optimisation de l'apport protéique dans l'alimentation des vaches laitières et son suivi via le taux d'urée du lait. L'IDELE a accompagné l'équipe de P. Faverdin (expert de l'étude, département PHASE) pour normaliser la méthode de suivi de l'urée du lait lors du contrôle laitier et fournir un modèle. Cet outil facilitera la mise en œuvre de cette pratique et la valorisation de la réduction potentielle des émissions de N₂O du troupeau laitier. Plus généralement, un renforcement des recherches a été entrepris sur les leviers d'atténuation identifiés par l'étude comme présentant un fort potentiel mais pour lesquels de fortes incertitudes demeurent (agroforesterie, digestion anaérobie, maîtrise des émissions de N₂O...). Au niveau de l'INRA (devenu INRAE) le métaprogramme ACCAF dédié à l'adaptation au changement climatique a été étendu aux enjeux d'adaptation et d'atténuation (CLIMAE).

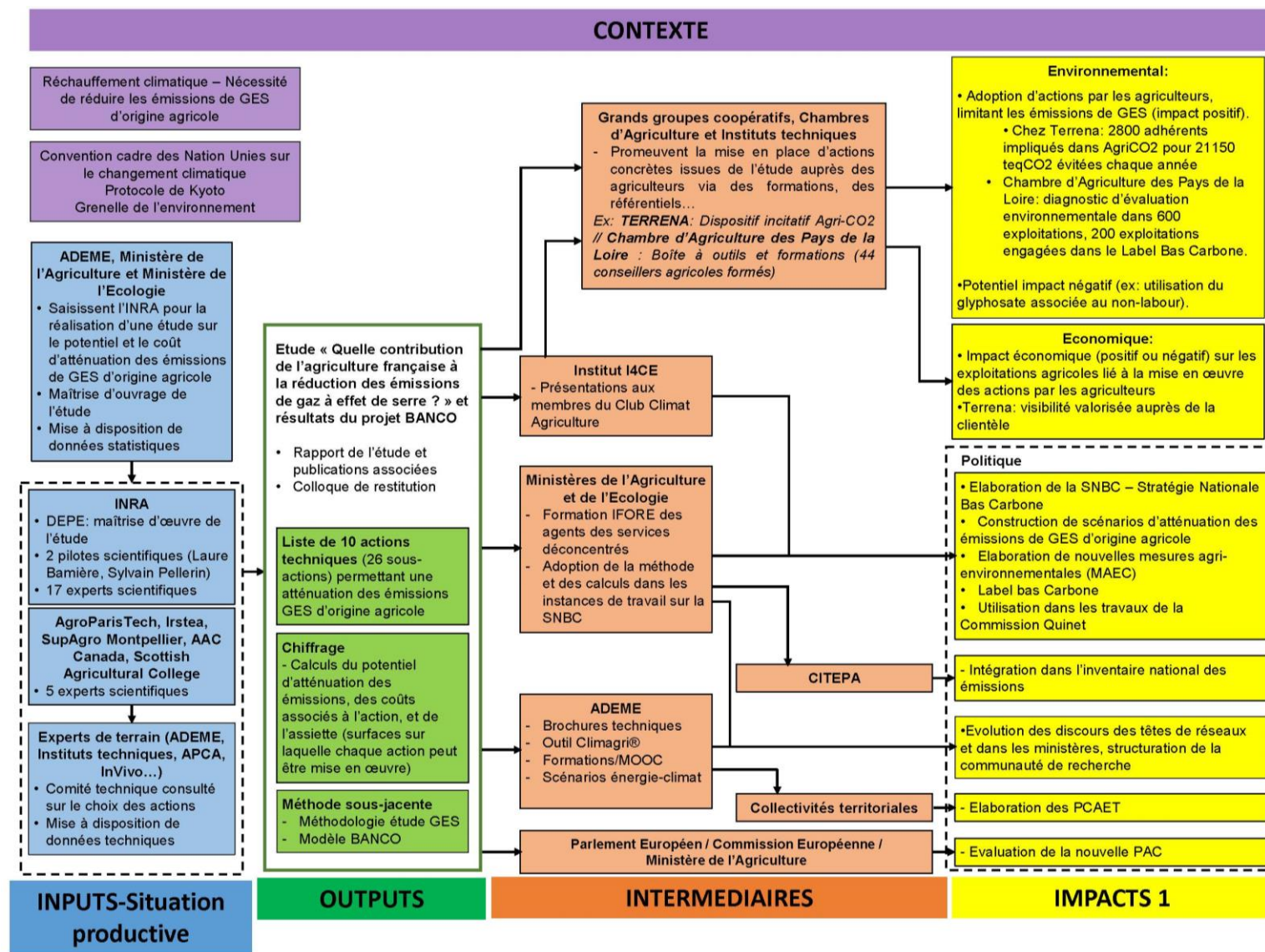
Les impacts environnementaux associés à la mise en œuvre des pratiques peuvent être positifs, comme la limitation de l'érosion (pour le non-labour, les haies, l'agroforesterie, la couverture des sols), l'amélioration de la qualité des eaux (par la réduction et ajustement de la fertilisation azotée, la limitation des rejets azotés dans les effluents des troupeaux laitiers, la couverture des sols pendant les intercultures), la préservation de la biodiversité avec la création de trames vertes par exemple (maintien des prairies, haies...). Mais l'adoption des pratiques peut également générer des impacts environnementaux négatifs, par exemple si l'extension du non-labour se fait avec un désherbage chimique utilisant du glyphosate.

L'étude a mis en évidence l'importance de certaines pratiques pour réduire les émissions du secteur agricole français et la nécessité d'accompagner l'évolution des méthodes d'inventaire pour qu'elles puissent rendre compte des effets de ces pratiques, notamment celles portant sur l'alimentation animale, la gestion des effluents d'élevage et le travail du sol. Certains facteurs d'émission utilisés par le CITEPA ont évolué depuis, sur la base de travaux auxquels des experts scientifiques de l'étude ont été associés (ex : projet MONDFERENT).

Le radar des impacts sociétaux



Impact pathway



2023

Les impacts en résumé

Dimension d'impact	Notation de l'importance de l'impact sur 3 niveaux : faible, moyen ou fort	Résumé de chacun des impacts
Economique	<i>moyen</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Impact positif ou négatif pour les agriculteurs qui mettent en place les mesures dans leurs exploitations, en fonction du coût des pratiques - Visibilité vis-à-vis de la clientèle (Terrena) - Utilisation par des bureaux d'études
Environnemental	<i>moyen</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Adoption par les agriculteurs des pratiques identifiées dans l'étude. Ex : 21 150 tonnes équivalent CO₂ évitées chaque année par les adhérents de Terrena (soit 156 000 tonnes équivalent CO₂ évitées depuis 2014).
Sanitaire	<i>Non mesurable</i>	
Territorial-social	<i>Non mesurable</i>	
Politique	<i>fort</i>	Utilisation pour : <ul style="list-style-type: none"> - la SNBC, les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques et certaines méthodes du Label Bas Carbone - les travaux de la Commission Quinet - les Plans Climat-Air-Energie Territoriaux (PCAET) - la sensibilisation des acteurs institutionnels, du monde agricole, de l'enseignement et de la recherche

Source des données – Références

Liste des entretiens réalisés

- Sébastien BOUVATIER, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation – Adjoint au sous-directeur de la performance environnementale
- Sarah COLOMBIE, Chambre d'agriculture Pays de Loire
- Thomas EGLIN, ADEME, Service Forêts, Alimentation, Bio-économie, Direction Productions et Energies Durables.
- Claudine FOUCHEROT, I4CE, Club Climat Agriculture
- Sébastien FOURMONT, TERRENA

- Thomas GUILBAUD, CEREOPA (cabinet de conseil au service de la compétitivité durable des agro-activités), Responsable du pôle Performance et durabilité des filières agricoles.
- Stéphane JEZEQUEL, Directeur Scientifique ARVALIS Institut du Végétal.
- Isabelle PION, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation - Chargée de mission atténuation du changement climatique et transition énergétique.

Liste des documents et sites web consultés

CITEPA (2012). Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. CITEPA - Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Paris, France. 1364 p

GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A.]

[Livret pédagogique Cest-bon climat-Kit-climat APCA.pdf \(chambres-agriculture.fr\)](#)

Pellerin S., Bamière L., Pardon L., 2014. Measures at farm level to reduce greenhouse gas emissions from EU agriculture. Note for the European parliament's Committee on Agriculture and Rural Development (COMAGRI). 29 p.

Pellerin, S. & Bamière, L. (scientific coordinators), Launay, C., Martin, R., Schiavo, M., Angers, D., Augusto, L., Balesdent, J., Basile-Doelsch, I., Bellassen, V., Cardinael, R., Cécillon, L., Ceschia, E., Chenu, C., Constantin, J., Darroussin, J., Delacote, P., Delame, N., Gastal, F., Gilbert, D., Graux, A-I., Guenet, B., Houot, S., Klumpp, K., Letort, E., Litrico, I., Martin, M., Menasseri, S., Mézière, D., Morvan, T., Mosnier, C., Roger-Estrade, J., Saint-André, L., Sierra, J., Thérond, O., Viaud, V., Gâteau, R., Le Perhec, S., Réchauchère, O., 2020. Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Rapport scientifique de l'étude, INRA (France), 540 p.

Quinet, A. et al. (2019). The Value for Climate Action: A shadow price of carbon for evaluation of investments and public policies. Report by the Commission chaired by Alain Quinet, France Stratégie. <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-the-value-for-climate-action-final-web.pdf>

Quinet, A. et al. (2019). La valeur de l'action pour le climat : Compléments au Rapport. https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2019-rapport-quinet-complements_18fevrier.pdf

GLOSSAIRE :

ADEME : Agence de la Transition Ecologique (ex- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie). <https://www.ademe.fr/>

CITEPA : Centre technique de référence en matière de pollution atmosphérique et de changement climatique, le CITEPA contribue à lutter contre la pollution atmosphérique et le changement climatique, par le calcul, l'interprétation et la communication de données d'émissions fiables à l'attention de décideurs et de spécialistes, en France et à l'étranger. <https://www.citepa.org/fr/>

DEPE (INRAE) : Direction de l'Expertise scientifique collective, de la Prospective et des Études.

Emissions nettes : elles correspondent au bilan des émissions de GES moins la séquestration dans les puits de carbone (ex : stockage de carbone dans le sol, dans la biomasse des arbres).

FAO : L'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization, FAO) <https://www.fao.org/home/fr/>

I4CE : L'Institut de l'économie pour le climat (I4CE – Institute for climate economics) est une association experte de l'économie et de la finance dont la mission est de faire avancer l'action contre les changements climatiques. I4CE est une association d'intérêt général, à but non lucratif, fondée par la Caisse des Dépôts et l'Agence Française de Développement. <https://www.i4ce.org/>

IDELE : Institut de l'Élevage <https://idele.fr/>

IGN (IFN) : Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN) <https://inventaire-forestier.ign.fr/>

ITAVI : L'institut technique des filières avicole, cunicole et piscicole. <https://www.itavi.asso.fr/>

IFIP : Institut du Porc. <https://ifip.asso.fr/>

CLIMAGRI (Outil/Réseau) : ClimAgri® est un outil et une démarche de diagnostic énergie-gaz à effet de serre pour l'agriculture et la forêt, à l'échelle des territoires, diffusé par l'ADEME. A l'échelle nationale, l'ADEME a constitué un réseau restreint d'experts capables d'analyser les enjeux agricoles énergie-GES-pollution de l'air à l'échelle des territoires et d'aider les acteurs locaux à mieux comprendre et intégrer ce secteur dans les stratégies locales.

Club Climat Agriculture et Alimentation : I4CE coordonne et anime des réseaux d'expertise consacrés aux enjeux climatiques des secteurs agricole, forestier et de la finance. Les Clubs se réunissent régulièrement pour mettre en commun leurs connaissances et leurs retours d'expérience dans l'objectif de faciliter la mise en œuvre de la transition écologique. Concrètement, le Club mutualise les expertises scientifiques, politiques et économiques sur les enjeux climatiques liés à l'agriculture ; et contribue à développer des outils communs stimulant la mise en œuvre de projets bas carbone.

IFORE : Institut de Formation de l'Environnement. Service à compétence nationale du ministère chargé de l'Environnement, cet institut était notamment chargé d'assurer la formation continue des personnels du service public de l'environnement.

MAA (MAAF) : Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. <https://agriculture.gouv.fr/>

MTEs (MEDDE) : Ministère de la Transition Ecologique. <https://www.ecologie.gouv.fr/>

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques. <https://www.oecd.org/fr/>

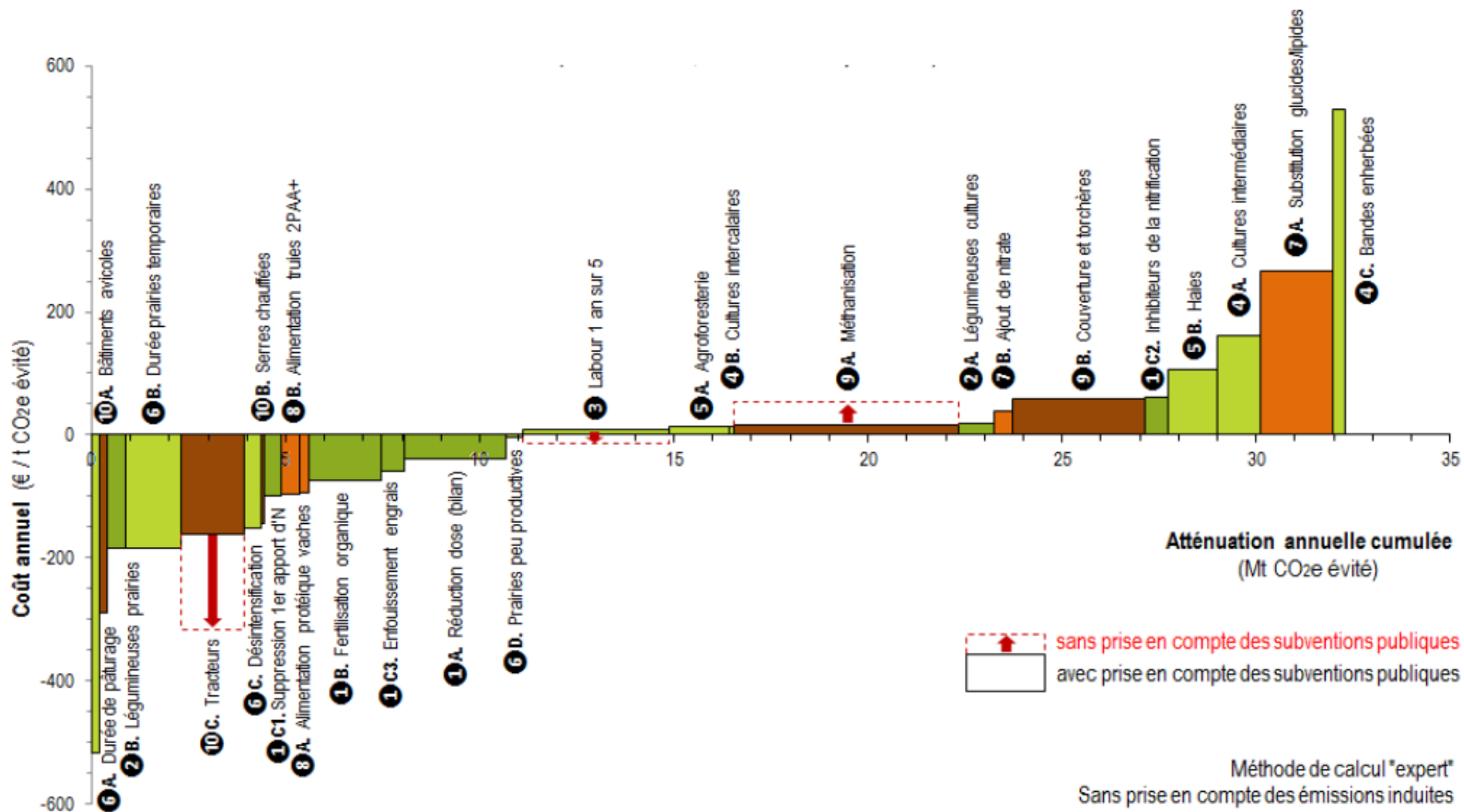
PCAET : Plans climat-air-énergie territoriaux. <https://www.territoires-climat.ademe.fr/>

SNBC : Stratégie Nationale Bas Carbone. Introduite par la Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV), la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique.

Annexe 1 : Liste des actions et sous-actions d'atténuation des émissions de GES agricoles prises en compte (source Pellerin, Bamière et al., 2013, INRA)

Actions	Sous-actions
Diminuer les apports de fertilisants minéraux azotés	
<p>① Réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse, en les utilisant mieux et en valorisant plus les ressources organiques, pour réduire les émissions de N₂O</p>	<p>A. Réduire la dose d'engrais minéral en ajustant mieux l'objectif de rendement</p> <p>B. Mieux substituer l'azote minéral de synthèse par l'azote des produits organiques</p> <p>C1. Retarder la date du premier apport d'engrais au printemps C2. Utiliser des inhibiteurs de la nitrification C3. Enfourir dans le sol et localiser les engrais</p>
<p>② Accroître la part de légumineuses en grande culture et dans les prairies temporaires, pour réduire les émissions de N₂O</p>	<p>A. Accroître la surface en légumineuses à graines en grande culture</p> <p>B. Augmenter et maintenir des légumineuses dans les prairies temporaires</p>
Stocker du carbone dans le sol et la biomasse	
<p>③ Développer les techniques culturales sans labour pour stocker du C dans le sol</p>	<p>3 options techniques : passer au semis direct continu, passer au labour occasionnel, passer au travail superficiel du sol</p>
<p>④ Introduire davantage de cultures intermédiaires, de cultures intercalaires et de bandes enherbées dans les systèmes de culture pour stocker du carbone dans le sol et limiter les émissions de N₂O</p>	<p>A. Développer les cultures intermédiaires semées entre deux cultures de vente dans les systèmes de grande culture</p> <p>B. Introduire des cultures intercalaires en vignes et en vergers</p> <p>C. Introduire des bandes enherbées en bordure de cours d'eau ou en périphérie de parcelles</p>
<p>⑤ Développer l'agroforesterie et les haies pour favoriser le stockage de carbone dans le sol et la biomasse végétale</p>	<p>A. Développer l'agroforesterie à faible densité d'arbres</p> <p>B. Développer les haies en périphérie des parcelles agricoles</p>
<p>⑥ Optimiser la gestion des prairies pour favoriser le stockage de carbone et réduire les émissions de N₂O</p>	<p>A. Allonger la période de pâturage</p> <p>B. Accroître la durée de vie des prairies temporaires</p> <p>C. Réduire la fertilisation azotée des prairies permanentes et temporaires les plus intensives</p> <p>D. Intensifier modérément les prairies permanentes peu productives par augmentation du chargement animal</p>
Modifier la ration des animaux	
<p>⑦ Substituer des glucides par des lipides insaturés et utiliser un additif dans les rations des ruminants pour réduire la production de CH₄ entérique</p>	<p>A. Substituer des glucides par des lipides insaturés dans les rations</p> <p>B. Ajouter un additif (nitrate) dans les rations</p>
<p>⑧ Réduire les apports protéiques dans les rations animales pour limiter les teneurs en azote des effluents et les émissions de N₂O</p>	<p>A. Réduire la teneur en protéines des rations des vaches laitières</p> <p>B. Réduire la teneur en protéines des rations des porcs et des truies</p>
Valoriser les effluents pour produire de l'énergie, réduire la consommation d'énergie fossile	
<p>⑨ Développer la méthanisation et installer des torchères, pour réduire les émissions de CH₄ liées au stockage des effluents d'élevage</p>	<p>A. Développer la méthanisation</p> <p>B. Couvrir les fosses de stockage et installer des torchères</p>
<p>⑩ Réduire, sur l'exploitation, la consommation d'énergie fossile des bâtiments et équipements agricoles pour limiter les émissions directes de CO₂</p>	<p>A. Réduire la consommation d'énergie fossile pour le chauffage des bâtiments d'élevage</p> <p>B. Réduire la consommation d'énergie fossile pour le chauffage des serres</p> <p>C. Réduire la consommation d'énergie fossile des engins agricoles</p>

Annexe 2 : Courbe de coût marginal d'abattement (source : Pellerin, Bamière et al., 2013, INRA)



2023

Cette étude de cas du département EcoSocio a été réalisée selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche) mise au point par INRAE.

Pour en savoir plus sur la méthode : <https://www6.inrae.fr/asirpa/>

Auteurs principaux : Laure Bamière, Aline Fugerey-Scarbel, Stéphane De Cara

Avec la participation de : Sylvie Colleu, Sylvain Pellerin, Isabelle Savini

Photo de couverture : crédit Patricia Perrot, INRAE

Ce document est sous licence Creative Commons BY NC SA : Attribution – Utilisation non commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions.



> Pour citer ce document : Bamière L., Fugerey-Scarbel A., De Cara S., 2023. *Etude Agri-GES. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre : potentiel d'atténuation et coûts de 10 actions techniques.*, Rapport ASIRPA, INRAE, 25 pages.

HAL hal-03852986

> Contact : asirpa@inrae.fr