

# ANALYSE COMPARATIVE DE SCENARIOS DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR L'AGRICULTURE A L'HORIZON 2035

*HYPOTHESES, EVALUATION ET ENSEIGNEMENTS*

Décembre 2015

Auteurs : Sarah Martin, Thomas Eglin, Marc Bardinal

Direction\Service : Direction Production et Energies Durables - Service Agriculture et Forêt



**NOTE**

## REMERCIEMENTS

Pour leurs avis et relectures :

Héloïse Choquel (MAAF)

Pierre Claquin (MAAF)

Vincent Dameron (MAAF)

Sylvain Doublet (SOLAGRO)

Joseph Lunet (MEDDE - DGEC)

Etienne Mathias (CITEPA)

Edith Martin (CITEPA)

## CITATION DE CE RAPPORT

**Martin S., Eglin T., Bardinal M. 2015. ANALYSE COMPARATIVE DE SCENARIOS DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR L'AGRICULTURE A L'HORIZON 2035 – Rapport final. ADEME. 38p.**

### **En français :**

*Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.*

### **En anglais :**

Any representation or reproduction of the contents herein, in whole or in part, without the consent of the author(s) or their assignees or successors, is illicit under the French Intellectual Property Code (article L 122-4) and constitutes an infringement of copyright subject to penal sanctions. Authorised copying (article 122-5) is restricted to copies or reproductions for private use by the copier alone, excluding collective or group use, and to short citations and analyses integrated into works of a critical, pedagogical or informational nature, subject to compliance with the stipulations of articles L 122-10 – L 122-12 incl. of the Intellectual Property Code as regards reproduction by reprographic means.

## SOMMAIRE

Résumé .....	4
Liste des figures .....	5
Liste des tableaux.....	6
INTRODUCTION .....	7
Pourquoi l'Ademe propose une vision du secteur agricole à l'horizon 2035 ? .....	7
Les principaux enseignements .....	8
PARTIE 1 – Les scénarios : la démarche et les principaux résultats.....	10
La démarche de construction des scénarios .....	10
Les différents scénarios.....	11
La modélisation .....	14
Les principaux résultats .....	15
PARTIE 2 – Les hypothèses en détails .....	22
Occupation du territoire .....	22
Les productions animales .....	24
Les productions végétales (hors forêts).....	29
L'efficacité énergétique et la production d'énergie renouvelable en agriculture.....	32
CONCLUSION.....	35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	36
ANNEXE 1 - L'outil d'évaluation .....	38
L'outil ClimAgri® .....	38
Comparaison des résultats ClimAgri® / CITEPA.....	39

## RESUME

La France est engagée dans la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre (GES) au titre de conventions internationales, de directives et de lignes directrices européennes. Par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique (POPE) du 13 juillet 2005, la France s'est donné des objectifs propres, ayant pour objectif une division par 4 des émissions de GES entre 1990 et 2050 (« facteur 4 »). Cet objectif a été renforcé par la Loi sur la transition énergétique pour la croissance verte adoptée le 22 juillet 2015. De ces différents engagements, découle la nécessité de dessiner des itinéraires possibles et de mettre en place des moyens pour atteindre les objectifs.

La France, par son climat favorable et son histoire, est un pays où l'agriculture joue un rôle important. En 2012, l'agriculture occupe 51% de la surface du territoire métropolitain (Teruti-Agreste 2012). Elle représente près de 20% des émissions nationales de gaz à effet de serre, et constitue donc un secteur à enjeu pour l'atténuation du changement climatique et de ses impacts.

Cette note décrit des scénarios visant à évaluer la contribution possible de l'agriculture à l'enjeu climatique à horizon 2035, soit dans 20 ans. Ces scénarios sont issus de deux travaux différents réalisés en parallèle entre 2014 et 2015 :

- d'une part, les scénarios « ADEME », issus d'une réflexion interne à l'Agence.
- d'autre part, les scénarios « DGEC », issus des réflexions d'un groupe de travail piloté par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat du Ministère en charge de l'écologie et le ministère de l'agriculture intégrant des experts agricoles, ayant pour objectifs de traduire les orientations stratégiques de la France pour alimenter différentes obligations de « reporting » (engagements communautaires et nationaux) et contribuer à l'élaboration de politiques publiques (stratégie nationale bas carbone – SNBC, programmations pluriannuelles de l'énergie – PPE, plan de réduction des pollutions atmosphériques – PREPA).

Dans le cadre de ce travail, l'outil ClimAgri® diffusé par l'ADEME a permis d'accompagner la scénarisation et d'évaluer les performances énergie / GES des différents scénarios. Concernant la ferme France, les travaux ont notamment mis en évidence **l'importance des données d'activité** (par exemple : surface disponible pour l'agriculture, taille des cheptels notamment bovins), dont l'influence, positive ou négative, sur les émissions de gaz à effet de serre, peut s'avérer supérieure aux mesures d'atténuation (par exemple : méthanisation des déjections animales). Au niveau de l'élevage, **le nombre de bovins et leur mode d'alimentation**, constituent des variables de 1<sup>er</sup> ordre pour deux raisons : d'une part, les émissions de GES liées à la fermentation entérique des bovins représentent un poste d'émission majeur ; d'autre part, l'alimentation des animaux représente aujourd'hui une part majoritaire de la surface agricole utile (SAU) française. Au niveau des cultures, la **réduction de la fertilisation minérale azotée et sa substitution par des sources d'azote organique** (ex : légumineuses, effluents d'élevage) est un levier majeur. **L'artificialisation des sols** sous la pression urbaine et le **retournement des prairies** constituent des facteurs clés en raison du déstockage du carbone présent dans les sols.

Au bilan, ces scénarios mettent en évidence la possibilité physique d'atteindre une réduction des émissions de GES de 20% environ en 2035 pour l'agriculture et la forêt, en utilisant l'ensemble des leviers disponibles. Le levier stockage de carbone dans les sols et la biomasse est significatif mais doit être considéré à une échelle plus globale intégrant les forêts et l'artificialisation des sols. Le développement des énergies renouvelables basées sur la biomasse permet de contribuer à l'atténuation des émissions de GES grâce à la substitution de ressources fossiles, tous secteurs d'activités confondus, et elle est une source de diversification des revenus pour les agriculteurs. La substitution ne permet cependant qu'une réduction limitée des émissions du secteur, comme les consommations énergétiques ne représentent que 10% des émissions agricoles.

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Estimation des émissions des consommations d'énergies directes et indirectes pour les différents scénarios à l'aide de Climagri®.....	15
Figure 2 – Estimation des émissions de GES en MtCO <sub>2eq</sub> pour les différents scénarios à l'aide de Climagri®. Les coefficients de pouvoir de réchauffement global (PRG) utilisée correspondent à ceux définis dans le cinquième rapport du GIEC (2013), soit un PRG de 28 pour le méthane et de 265 pour le protoxyde d'azote. ....	16
Figure 3 – Evolution des stocks de carbone suite à un changement d'affectation des sols (ADEME, 2014) ..	17
Figure 4 – Emissions d'ammoniac par les activités agricoles en 2010 et dans les différents scénarios (estimation Climagri®) .....	19
Figure 5 – Potentiel nourricier net (énergie nette, protéines végétales et animales) en 2010 et pour les différents scénarios), calculé sur la base de la demande alimentaire d'un français moyen en 2010 (source : FAO). Les estimations ont été réalisées avec Climagri®.....	21
Figure 6 - Occupation du territoire national en 2010 et évolution des surfaces entre 2010 et 2035 dans les différents scénarios considérés. La tendance historique (2006-2014) est aussi représentée.....	22
Figure 7 - Evolution des surfaces toujours en herbe totales, en exploitation et des prairies artificielles et temporaires en France métropolitaine entre 2000 et 2014. ....	22
Figure 8 - Le stock de carbone organique est élevé dans les forêts, les prairies et les pelouses d'altitude mais faible en viticulture, dans les zones méditerranéennes et de cultures. Les stocks sont mal connus dans les zones artificialisées : des réserves importantes peuvent exister sous les espaces verts. Pour les forêts tempérées, on considère que le stock de carbone dans les sols est du même ordre de grandeur que celui dans la biomasse (source : Ademe – GIS Sol, 2013). ....	23
Figure 9 - (1) Effet du niveau de production de lait (kg/vache/an) sur les émissions de méthane entérique (Doreau et al. 2011). Les pointillés constituent une extrapolation de la courbe. Une augmentation du rendement se traduit ici par une réduction des émissions de méthane par kg de lait avec un effet moins fort pour les niveaux de rendements élevés. Les émissions par animal sont ainsi les plus élevées à haut niveau de rendement. (2) Estimation en analyse de cycle de vie de l'effet du niveau de production de lait (kg/vache/an) sur les émissions globale de GES pour un ensemble de système de production d'après Gerber et al. (2011) et repris dans Dollé et al. (2011). L'effet du niveau de productivité ne s'observe plus que pour des rendements inférieurs à 4 000 – 5000 kg/vache/an. Les auteurs l'expliquent par un moindre recours aux intrants dans les systèmes moins productifs. ....	24
Figure 10 - Evolutions entre 2000 et 2035 : (1) des cheptels de mères en bovins lait et viande entre 2000 et 2035 et (2) du rendement laitier apparent et de la production laitière. Les données historiques sont issues de la statistique agricole et du rapport de l'IDELE (2014). Les données prospectives à l'horizon 2020 sont issues des prévisions de l'IDELE (2014). Les données prospectives à l'horizon 2035 sont issues des scénarios « énergie-climat ».....	25
Figure 11 - Evolutions entre 2000 et 2035 : des cheptels (1) de truies et (2) de l'ensemble des porcins. Les données historiques sont issues de la statistique agricole. Les données prospectives à l'horizon 2035 sont issues des scénarios « énergie-climat ».....	27
Figure 12 - Répartition des productions végétales sur la sole agricole en 2010 (SAA, 2014) et en 2035 pour les différents scénarios. Les scénarios « Energie-GES » se caractérisent par un développement important des légumineuses en cultures pures (protéagineux et prairies artificielles) pour représenter près de 6 à 8% de la SAU en 2035 contre 2% en 2010.....	29
Figure 13 – Evolution des ventes d'azote minéral de synthèse en France entre 1980 et 2012 (source : UNIFA / CITEPA). Entre 1990, où les ventes ont atteint leur niveau maximum, et 2012, les ventes ont baissé de 24%. ....	30
Figure 14 - Consommation d'énergie en agriculture en France : (1) consommation d'énergie directe par usage en 2011 et (2) consommation d'énergie primaire directes et indirectes en 2010 .....	32

Figure 15 - Evolution et perspectives à l'horizon 2020 du parc d'unités de méthanisation à la ferme et centralisées (source : ADEME). La courbe en pointillés correspond à une projection des objectifs du plan Energie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA). .....34

Figure 16 - Comparaison des simulations réalisées par le Citepa selon la méthode de l'inventaire national et des simulations réalisées avec Climagri® pour l'année 2010 et le scénario AMS 2. ....39

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Stocks et densité de carbone organique dans les trente premiers centimètres des sols agricoles en 2010 et pour les différents scénarios (estimation Climagri®) .....17

Tableau 2 - Estimation du gisement énergétique pour la biomasse d'origine agricole (estimation ADEME). .18

Tableau 3-PRG utilisés dans la méthode de l'inventaire national et dans Climagri® .....39

## INTRODUCTION

### POURQUOI L'ADEME PROPOSE UNE VISION DU SECTEUR AGRICOLE A L'HORIZON 2035 ?

La France, par son climat favorable et son histoire, est un pays où l'agriculture et la forêt jouent des rôles importants. Elles se trouvent à l'interface de multiples enjeux concernant la sécurité alimentaire, la préservation de l'environnement, la production de biomasse, le développement de l'activité économique dans les zones rurales... En 2012, l'agriculture occupait 51% de la surface du territoire métropolitain, les sols boisés environ 31% (Teruti-Agreste 2012). Aujourd'hui, les secteurs agricoles et forestiers ont tout à gagner à répondre aux enjeux du développement durable : économique, environnemental et social. D'une part, la mise en compétition des agricultures européennes et mondiales, la dépendance aux ressources fossiles avec la volatilité de leur prix et le changement des climats fragilisent certains systèmes de production et les emplois associés. D'autre part, le rôle primordial de l'agriculture et de la forêt dans la gestion des milieux et la production de biomasse les mettent au cœur des nouvelles attentes de la société pour la préservation de l'environnement et la transition énergétique.

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) est une agence publique, placée sous la tutelle conjointe du Ministère en charge de l'Ecologie et du Ministère en charge de la recherche. Dans son rôle de promotion et d'animation de la transition énergétique et écologique, l'ADEME se doit d'envisager comment cette transition pourra s'intégrer dans les activités économiques. Ce travail de scénarisation permet d'identifier les opportunités à saisir comme leurs limites et les difficultés qu'elles peuvent engendrer. Après avoir conduit différents travaux sectoriels, en 2013, l'ADEME a établi un scénario ambitieux et argumenté d'évolution de la consommation énergétique, des émissions de GES et de la production d'énergies renouvelables à l'horizon 2030. Ce travail a été décliné pour tous les secteurs d'activités dont l'agriculture et la forêt (<http://www.ademe.fr/contribution-lademe-a-lelaboration-vision-energetiques-2030-2050>). La présente note constitue une mise à jour et un approfondissement de cette prospective à l'horizon 2035, pour le secteur agricole.

La France est engagée dans la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre au titre de conventions internationales, de directives et de lignes directrices européennes. La Convention Cadre des Nations unies sur le Changement climatique (CCNUCC) et son protocole de Kyoto de 1997 fondent les engagements internationaux. L'Union européenne s'est donné des obligations à échéance 2030, incluses dans le paquet Energie-Climat : -40 % d'émissions entre 1990 et 2030 et une part d'énergies renouvelables de 27%, ainsi qu'un objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique de 27%. La commission européenne a proposé une feuille de route ambitieuse à l'horizon 2050, avec une réduction de 42 à 49% des émissions d'origines agricoles (hors CO<sub>2</sub>) en 2050 par rapport à 1990<sup>1</sup>. Par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique (POPE) du 13 juillet 2005, la France s'est donné des objectifs propres, ayant pour objectif une division par 4 des émissions de GES entre 1990 et 2050 (« facteur 4 »). Ces objectifs ont été renforcés par la Loi sur la transition énergétique pour la croissance verte adoptée le 22 juillet 2015. Elle fixe comme objectifs de réduire de 40% de nos émissions de gaz à effet de serre en 2030, de porter à 32% la part des énergies renouvelables dans notre consommation énergétique finale, et de réduire de moitié la consommation d'énergie à l'horizon 2050 par rapport à 2012, avec un objectif intermédiaire de moins 20% en 2030.

De ces différents programmes et engagements, découle la nécessité de dessiner des itinéraires possibles et de mettre en place des moyens pour atteindre les objectifs. Une Stratégie Nationale Bas Carbone<sup>2</sup> a ainsi été élaborée. Elle s'appuie sur une large concertation avec les acteurs professionnels, avec notamment un groupe dédié sur l'agriculture, et l'élaboration de plusieurs scénarios à l'horizon 2035 décrits ci-après. Construire un scénario complet avec l'ensemble des acteurs permet de dépasser les visions sectorielles. Cela donne l'opportunité de considérer les contraintes externes et internes au secteur agricole et aux différentes filières qui le composent. Ainsi, la force d'un scénario réside notamment dans le travail de mise en cohérence (1) au sein des systèmes de production agricoles (ex : gestion et disponibilité des fertilisants

<sup>1</sup> COM(2011)-112, Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050

<sup>2</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Strategie-nationale-bas-carbone.html>

organiques pour les rotations biologiques), (2) entre les différentes productions (ex : cultures fourragères vs autres cultures) et (3) entre les différents usages du sol (ex : production agricole, ville, sylviculture).

#### LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

De nombreux exercices de prospectives sur les secteurs agricoles et forestiers ont été conduits ces dernières années, par différentes instances (ministères, ADEME, associations, instituts techniques...), dans différents contextes et avec des objectifs variés. Si les scénarios qui en découlent sont contrastés, ces exercices permettent de progresser collectivement dans la connaissance des chemins possibles et de dégager des enseignements généraux.

Ainsi, les exercices de prospective sont des exercices complexes : ils nécessitent de se projeter dans un futur lointain, alors que l'horizon à 5 ans est déjà fort en incertitudes, et que les paramètres susceptibles d'influer sur la trajectoire agricole de la France sont multiples : économie nationale et mondiale, demande alimentaire et sociétale, crises sanitaires, recherche et innovation etc... Construire un scénario complet est un exercice difficile, et comporte nécessairement certaines limites et certaines simplifications, qu'il faut accepter. Toutefois, ces exercices sont indispensables pour passer de l'approche des pratiques, qui se situent à l'échelle de la parcelle, de la ferme, à celle des systèmes et des territoires, combinant les enjeux agricoles et forestiers avec ceux des autres secteurs économiques. Ainsi, une étude telle que l'étude INRA « Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. » (Pellerin et al. 2013) met en évidence une série de leviers techniques, parfois très ambitieux et innovants, susceptibles d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture sans les intégrer dans un scénario d'évolution de l'activité agricole et des modes de productions. Une approche globale est indispensable pour évaluer les effets des différentes politiques, agricoles ou non, en estimant les effets reports, les transferts de pollution etc... L'objectif d'une prospective n'est pas de prédire l'avenir, mais d'analyser des alternatives, des hypothèses et des évolutions permettant d'atteindre des objectifs fixés.

La scénarisation permet de distinguer les variables de premier et de second ordre. En effet, les acteurs se focalisent parfois sur des mesures, des actions, des postes d'impacts, dont l'importance à l'échelle de la France est assez faible, alors que des variables structurantes ne font pas l'objet de discussion. Concernant la ferme France, les travaux ont notamment mis en évidence **l'importance des données d'activité** (par exemple : surface disponible pour l'agriculture, nombre de bovins), dont l'influence, positive ou négative, sur les émissions de gaz à effet de serre, peut s'avérer supérieure aux mesures d'atténuation (par exemple : méthanisation des déjections animales). Du côté des productions végétales, **l'artificialisation des sols** sous la pression urbaine et le **retournement des prairies** constituent des facteurs clé : outre le fait que ces pratiques déstockent le carbone présent dans les sols, l'artificialisation des sols génère une perte de terres pour la production, ce qui, dans une approche « inventaire », réduit des émissions liées à leur mise en culture (émissions des sols, consommation d'énergie) – mais peut générer des changements d'affectation des sols indirects (les volumes non produits ici devront être produits ailleurs). Au niveau de l'élevage, **l'effectif des cheptels**, et notamment le nombre de bovins, ainsi que **leur mode d'alimentation**, constituent des variables de 1<sup>er</sup> ordre pour deux raisons : d'une part, les émissions de GES liées à la fermentation entérique des bovins représentent un poste d'émission important proportionnel au cheptel ; d'autre part, l'alimentation des animaux représente aujourd'hui une part majoritaire de la SAU française et l'évolution des besoins alimentaires du troupeau détermine l'équilibre entre les productions végétales (hors alimentation animale) et animales de la France, ainsi que le devenir des prairies et des stocks de carbone associés. L'évolution de la **demande alimentaire** (en volume et en nature), ainsi que la manière de répondre à cette demande (production territoriale et stratégies d'import et d'export) interagissent fortement avec ces données d'activités. L'évolution de la **demande en biomasse** à vocation non alimentaire, pour les matériaux et l'énergie notamment, constitue également une donnée clé d'entrée des scénarios.

Concernant les leviers techniques permettant d'atténuer les émissions de GES, ces travaux de prospective permettent de conforter les travaux antérieurs sur le sujet, à savoir :

- Des actions techniques<sup>3</sup> permettant d'atténuer les émissions de GES de l'agriculture sont connues et font l'objet d'un certain consensus ; elles s'intègrent dans les pratiques de l'agro-écologie. Elles portent notamment sur l'optimisation de la fertilisation (réduction de la fertilisation minérale et optimisation de la fertilisation organique ; développement des légumineuses) ; l'amélioration du stockage de carbone dans les sols et la biomasse (travail du sol, couverts végétaux, prairies, haies et agroforesterie) ; l'évolution de la ration alimentaire des animaux ; la gestion des effluents d'élevage.
- Leur application conjointe, sur les échelles de temps considérées (25 ans) et selon une dynamique ambitieuse mais réaliste, ne permettent, toutes choses égales par ailleurs, de diminuer les émissions de GES que de 10 à 15% par rapport à 2010 ; ce qui est insuffisant pour répondre aux feuilles de routes existantes pour le secteur agricole dans le cadre de la lutte contre le changement climatique.

Par conséquent, l'atteinte des objectifs fixés à la France sur ce sujet, passent à la fois par un travail sur les leviers techniques, et par une évolution plus profonde des systèmes agricoles et forestiers. Cette évolution doit s'inscrire dans un contexte plus global intégrant la chaîne alimentaire dans son ensemble (gaspillage, saisonnalité, régimes alimentaires etc.), ainsi que les territoires et leurs habitants (urbanisation, relation ville-campagne...).

Dans le cadre de ce travail, l'outil ClimAgri diffusé par l'ADEME a permis d'accompagner la scénarisation et d'évaluer les performances énergie / GES des différents scénarios. Il met en évidence la possibilité physique d'atteindre une réduction des émissions de GES de 20% environ en 2035 pour l'agriculture et la forêt, en utilisant l'ensemble des leviers disponibles, contribuant à mettre la France sur le chemin du facteur 4. Il évalue également l'amélioration de plusieurs autres impacts environnementaux, même si ceux-ci n'ont pas constitué le cœur de l'exercice.

Les scénarios réalisés ne reposent aujourd'hui que sur des hypothèses physiques et matérielles. L'enjeu désormais consiste à déterminer les conditions économiques et sociales nécessaires pour permettre la réalisation de tels scénarios, dans une volonté de durabilité, et à proposer, le cas échéant, les politiques publiques et les actions privées adéquates. La réflexion devra prendre en compte de nombreux aspects :

- L'évolution du contexte socio-économique mondial (échanges commerciaux, balance agro-alimentaire notamment)
- L'évolution des aides publiques à l'agriculture (PAC notamment), et plus généralement des politiques agricoles
- Les questions d'emplois, de revenus, de temps de travail des agriculteurs notamment
- Les enjeux en terme de formation agricole ; de soutien à l'évolution professionnelle
- La place de l'agriculture et la forêt dans la société, ainsi que les attentes de la société vis-à-vis de l'agriculture et la forêt

Une évaluation socio-économique du scénario ADEME est en cours. Elle met notamment en évidence la difficulté de comparer les impacts socio-économiques de différents modes de production dans le contexte actuel, donc a fortiori à un horizon plus lointain. Elle apportera toutefois un éclairage complémentaire à ces travaux et permettra d'ouvrir la voie d'autres travaux visant à esquisser le chemin de la transition.

---

<sup>3</sup> Pellerin S., Bamière L. et al. 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. » Etude INRA commanditée par l'ADEME et les ministères en charge de l'agriculture et de l'écologie.

## PARTIE 1 – LES SCENARIOS : LA DEMARCHE ET LES PRINCIPAUX RESULTATS

### LA DEMARCHE DE CONSTRUCTION DES SCENARIOS

Pour les secteurs agricoles et forestiers, un scénario engagé vis-à-vis des enjeux énergétiques et climatiques passe par trois principaux leviers :

- La **réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre**
- Le **stockage de carbone** dans les sols et dans la biomasse (aérienne et racinaire)
- La **production d'énergies renouvelables**, principalement à partir de biomasse

Ces leviers ne reposent pas uniquement sur des performances techniques, mais également en grande partie sur des données d'activités dépendant de la place et du rôle attribués à ces secteurs aux horizons envisagés. Ainsi, l'importance de chaque levier est liée :

- ⇒ A la surface disponible pour l'agriculture et la forêt
- ⇒ Au niveau de développement des différentes productions (animales, végétales, forestières) et au déploiement des principaux systèmes de productions (agriculture biologique, production intégrée ou à bas niveaux d'intrants, production conventionnelle) en tenant compte de leurs caractéristiques (productivité, besoins en intrants, occupation de sol, ...) et de leur complémentarité (ex : légumineuses et azote organique dans les rotations bio, débouchés pour les légumineuses dans l'alimentation animale) en fonction de la surface disponible
- ⇒ Aux niveaux de déploiement des leviers techniques de réduction en cohérence avec les différents systèmes de production.

Dans un contexte où la surface agricole se réduit (artificialisation et déprise) et les rendements des principales cultures céréalières stagnent, où les contraintes de sols et de climat (y compris changement climatique) délimitent l'expansion des certaines productions, les deux premiers points mettent en évidence que la mise en œuvre importante de leviers supposant l'introduction de nouvelles productions (ex : fixation naturelle d'azote, production de protéines végétales, biomasse pour l'énergie) ou l'extensification de productions existantes (ex : agriculture biologique en système céréalier) demandent de s'interroger sur les concurrences d'usage et, plus globalement, sur l'équilibre entre les différentes attentes vis-à-vis de l'agriculture et la sylviculture nationales, notamment :

- ⇒ Quelle demande alimentaire ?

Le scénario ADEME propose d'abord de fournir une alimentation saine et de qualité répondant aux besoins énergétiques et protéiques de la population française aux horizons considérés puis de contribuer à hauteur de ses possibilités (exportations) à la production alimentaire mondiale, dans la mesure où la France dispose de sols de bonne qualité.

- ⇒ Quelle demande énergétique?

Le scénario ADEME propose de réduire fortement les consommations énergétiques de l'agriculture et de contribuer de manière très significative à la substitution d'énergie fossile par des énergies renouvelables notamment à partir de biomasse, pour les autres secteurs en France (bois, biocarburants et biogaz).

- ⇒ Quelle demande en matériaux et pour la chimie du végétal?

Le scénario ADEME contribue également à la fourniture de biomasse d'origine renouvelable : matériaux de construction, chimie du végétal notamment.

- ⇒ Quelle contribution à la préservation des milieux (eau, air, sol, biodiversité) ?

Si les enjeux climatiques et énergétiques ont piloté les principales orientations des scénarios, les hypothèses effectuées prennent en compte d'autres enjeux environnementaux clés pour une agriculture et une sylviculture préservant au mieux les milieux naturels.

Dans les exercices de prospective, les scénarios élaborés dépendent des objectifs fixés. Plusieurs exercices récents apportent ainsi chacun leur éclairage : par exemple la « Prospective Agriculture Energie 2030 »<sup>4</sup>, interroge l'avenir sous l'angle des défis énergétiques à l'horizon 2030 ; « Afterres 2050 »<sup>5</sup> propose une voie pour l'agriculture en réponse aux multiples enjeux de la durabilité, basée sur les différents usages des terres disponibles ; « Agriculture et Facteur 4 »<sup>6</sup> propose à l'horizon 2050, trois scénarios contrastés de contribution de l'agriculture à l'enjeu « facteur 4 » pour mettre en évidence les principaux leviers et enjeux. Chacun de ces scénarios contribue, à sa manière, à amener du débat et à envisager différentes options<sup>7</sup>.

## LES DIFFERENTS SCENARIOS

Cette note décrit des scénarios et résultats issus de deux travaux différents réalisés en parallèle entre 2014 et 2015 et évalués avec le même outil (Climagri®) :

- d'une part, les scénarios « ADEME », issus d'une réflexion interne à l'Agence
- d'autre part, les scénarios « DGEC », issus des réflexions d'un groupe de travail piloté par la DGEC<sup>8</sup> et le MAAF intégrant des experts agricoles, ayant pour objectifs de traduire les orientations stratégiques de la France pour alimenter différentes obligations de « reporting » (engagements communautaires et nationaux) et contribuer à l'élaboration de politiques publiques (stratégie nationale bas carbone – SNBC, programmations pluriannuelles de l'énergie – PPE, plan de réduction des pollutions atmosphériques – PREPA).

Contrairement à certaines prospectives, ces scénarios ne sont pas principalement pilotés par l'évolution de variables socio-économiques mais répondent d'abord à des objectifs de réduction des émissions de GES. Les scénarios présentés ci-après se situent à l'échéance 2035. Cette échéance, qui reste proche (20 ans), permet toutefois d'envisager des évolutions fortes des systèmes actuels, voire des ruptures des schémas de pensée tendanciels, sans pour autant imaginer de ruptures technologiques non développées à ce jour.

Deux séries de scénarios ont été évalués :

- **Des scénarios dits « tendanciels ».** Ces scénarios visent à décrire un état possible de l'agriculture et la forêt en 2035, en partant de la situation actuelle et sur la base des mesures existantes ou pressenties sans rupture majeure des cadres économiques et réglementaires. Deux scénarios ont été évalués :
  - o Le scénario « DGEC AME – Avec Mesures Existantes », élaboré par le groupe de travail DGEC-MAAF, qui intègre l'ensemble des mesures ou politiques existantes au 1<sup>er</sup> janvier 2015.
  - o Le scénario « tendanciel ADEME », qui diffère du précédent sur plusieurs données d'activité (et non sur l'adoption de mesures visant à réduire directement la consommation d'énergie ou les émissions de GES, qui sont similaires dans les deux scénarios tendanciels), permettant ainsi d'en évaluer la sensibilité.
- **Des scénarios dits « énergie - GES ».** Ces scénarios proposent une vision ambitieuse, mais réaliste, d'une évolution des secteurs agricoles et forestiers, en lien avec les autres secteurs d'activité, permettant de répondre aux enjeux mentionnés en introduction. La mise en œuvre de ces scénarios repose sur des mesures incitatives fortes, non étudiées à ce stade. Deux scénarios ont été évalués :

<sup>4</sup> « Prospective Agriculture Energie 2030 : l'agriculture face aux défis énergétiques », CEP, MAAF, 2010

<sup>5</sup> « Afterres 2050 : un scénario soutenable pour l'agriculture et l'utilisation des terres en France à l'horizon 2050 », Solagro, 2014

<sup>6</sup> « Agriculture et Facteur 4 », ADEME-MAAF, 2012

<sup>7</sup> L'agriculture française face au défi climatique : quelles perspectives d'atténuation de ses émissions de gaz à effet de serre ? Note d'analyse n°73 du Centre d'études et de prospective du ministère en charge de l'agriculture, Octobre 2014

<sup>8</sup> DGEC : Direction générale de l'Énergie et du Climat, MEDDE

- Le scénario « DGEC AMS 2 – Avec Mesures Supplémentaires » élaboré par le groupe de travail DGEC-MAAF, qui reflète des propositions ambitieuses de la France pour son agriculture et sa forêt à l'horizon 2035. Ce scénario constitue une trajectoire possible sur laquelle s'appuie la Stratégie Nationale Bas Carbone. Il est compatible avec les engagements agro-écologiques du MAAF.
- Le scénario « énergie-GES ADEME », qui diffère du scénario « AMS 2 » principalement dans le niveau de déploiement de certains systèmes de productions plus extensifs, ainsi que sur certaines données d'activité. Il s'inscrit dans la continuité des travaux « Vision 2030-2050 »<sup>9</sup> publiés par l'ADEME, et est compatible avec la vision proposée par l'ADEME sur les autres secteurs d'activité. Il s'inscrit dans une vision globale de la production et de la consommation, cette dernière ayant également fait l'objet de travaux dédiés<sup>10</sup>. Ainsi, certaines hypothèses ont un impact marginal sur les GES mais participent à une alimentation et une agriculture plus durables.

Qu'il s'agisse de scénarios proches ou contrastés, tous présentent un intérêt car ils apportent des enseignements complémentaires et enrichissent la réflexion.

### Hypothèses communes aux scénarios tendanciels

Réforme de la PAC 2014-2020 (verdissement, soutien à l'élevage, aide aux protéagineux, fin des quotas laitiers)  
Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (LAAF) du 13 octobre 2014 et projet agro-écologique pour la France : plan Ecophyto 2, plan Energie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA), plan ambition BIO, plan protéine végétale  
Directive IED « Industrial Emission Directive » et révision des Meilleures Techniques Disponibles (MTD)  
Réglementation Nitrates  
Loi pour l'accès au logement et un urbanisme durable (ALUR) du 24 mars 2014

#### Hypothèses techniques associées :

Hausse importante de la productivité laitière  
Baisse modérée du cheptel porcin dans un contexte concurrentiel international difficile  
Maintien des cheptels de volailles  
Légère réduction du rythme d'artificialisation et poursuite de la déprise agricole  
Plafonnement de la baisse des prairies permanentes ; stabilisation des haies  
Baisse des intrants azotés par amélioration de l'efficacité des apports (-10%)  
Optimisation de l'alimentation animale  
Hausse des légumineuses (graines et fourrages) sans toutefois de modification majeure dans les assolements  
Poursuite du développement de l'agriculture biologique (AB)  
Développement de la méthanisation (plus de 2000 méthaniseurs agricoles en 2035)  
Amélioration de l'efficacité énergétique (5 à 10% selon les secteurs)

### Principales différences tendanciel ADEME par rapport à DGEC AME

Cheptels :  
Tendanciel ADEME : poursuite de la baisse tendancielle des cheptels bovin lait et bovin viande (-13%); moindre hausse de la productivité laitière (8000kg/an contre 8500kg dans DGEC-AME)  
DGEC AME : Stabilisation du cheptel laitier à partir de 2020 et limitation de la baisse du cheptel bovin viande (-5%)  
Cultures :  
Pas de différence significative

<sup>9</sup> « Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050 », ADEME, 2013 (<http://www.ademe.fr/recherche-innovation/construire-visions-prospectives/scenarios-2030-2050-vision-energetique-volontariste>)

<sup>10</sup> « Alléger l'empreinte environnementale de la consommation des français en 2030 – Vers une évolution profonde des modes de production et de consommation », ADEME, décembre 2014

### **Hypothèses communes aux scénarios « Energie-GES »**

Amplification majeure des actions et politiques menées :

- Maîtrise de la perte de terres agricoles et réduction drastique du rythme d'artificialisation
- Préservation des surfaces en prairies permanentes avec une meilleure valorisation de l'herbe dans les troupeaux laitiers
- Evolution vers des modèles de production économes en énergie et en intrants, à plus faibles impacts climatique et environnemental (ex : réduction de l'utilisation d'azote minéral, développement des intercultures, travail du sol simplifié).
- Diversification des assolements avec un déploiement important des cultures fixatrices d'azote dans les rotations, dans les cultures intermédiaires et en mélange dans les prairies.
- Recherche d'une plus grande autonomie azotée à l'échelle de l'exploitation ou du territoire.
- Fort développement de la méthanisation.
- Préservation de la qualité des sols agricoles et forestiers et amélioration de leur capacité à stocker du carbone organique.

#### Hypothèses techniques associées :

Limitation de la hausse de la productivité laitière

Poursuite de la baisse tendancielle du cheptel bovin viande (-12%);

Forte réduction du rythme d'artificialisation

Plafonnement fort de la baisse des prairies permanentes ;

Développement des haies et de l'agroforesterie

Très forte baisse des intrants azotés par amélioration de l'efficacité des apports et développement des légumineuses (-25%)

Forte hausse des légumineuses (graines et fourrages) qui prennent leur place dans les assolements

Développement de l'agriculture biologique (15% de la SAU en grandes cultures) et de la production intégrée (25% de la SAU en grandes cultures)

Optimisation de l'alimentation animale pour réduire la fermentation entérique et l'excrétion d'azote

Fort développement de la méthanisation

Forte amélioration de l'efficacité énergétique

### **Principales différences « Energie-GES » ADEME par rapport à DGEC AMS2**

Cheptels :

« Energie-GES » ADEME : poursuite de la baisse du cheptel bovin lait (moindre par rapport au tendanciel) ; hausse plus limitée de la productivité laitière pour favoriser l'élevage à l'herbe et le pâturage. Production laitière totale proche de celle de 2010.

Développement des productions à forte valeur ajoutée et/ou sous label de qualité pour toutes les productions animales, en réponse à la demande du marché intérieur

30% des déjections captables méthanisées

DGEC AMS 2 : baisse du cheptel laitier plus modérée. Production laitière accrue de 15% par rapport à 2010.

Poursuite des productions animales standards, avec un positionnement fort à l'export et une bonne compétitivité des filières sur le marché international

Développement plus marqué de la méthanisation (40% des déjections captables méthanisées)

Cultures :

ADEME : Développement encore plus élevé des légumineuses, notamment des protéagineux, associé notamment à une hausse de la demande intérieure en alimentation humaine

Les hypothèses associées à chaque scénario sont détaillées plus précisément dans la partie 2 de ce document. Les principaux leviers d'actions techniques intégrés dans les scénarios « Energie-GES » ADEME et DGEC-AMS2 à un niveau significatif pour la réduction des émissions de GES sont ceux identifiées par l'étude INRA « Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. » (Pellerin et al. 2013). Une analyse plus générale de l'impact environnemental de ces leviers est disponible dans le recueil « Agriculture et Environnement – Des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie » disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr).

## LA MODELISATION

Le travail de scénarisation pour les deux exercices s'est appuyée sur une modélisation des différents scénarios dans l'outil Climagri ([www.ademe.fr/climagri](http://www.ademe.fr/climagri)), afin de questionner la cohérence interne des scénarios à l'échelle de l'agriculture française (ex : assolement, bilan azote, bilan fourrager, capacité nourricière). Cet outil permet d'évaluer les consommations d'énergies, les émissions de gaz à effet de serre des scénarios et le stockage de carbone dans les sols et la biomasse, et fournit plusieurs autres indicateurs environnementaux. Pour les scénarios DGEC, une évaluation « officielle » des émissions selon le format « inventaire national » a été réalisée par le CITEPA.

La modélisation dans un outil impose une simplification des hypothèses par le biais de paramètres de productions moyens, qu'il s'agisse des cheptels ou des pratiques culturales. Le raisonnement a été conduit de la manière suivante :

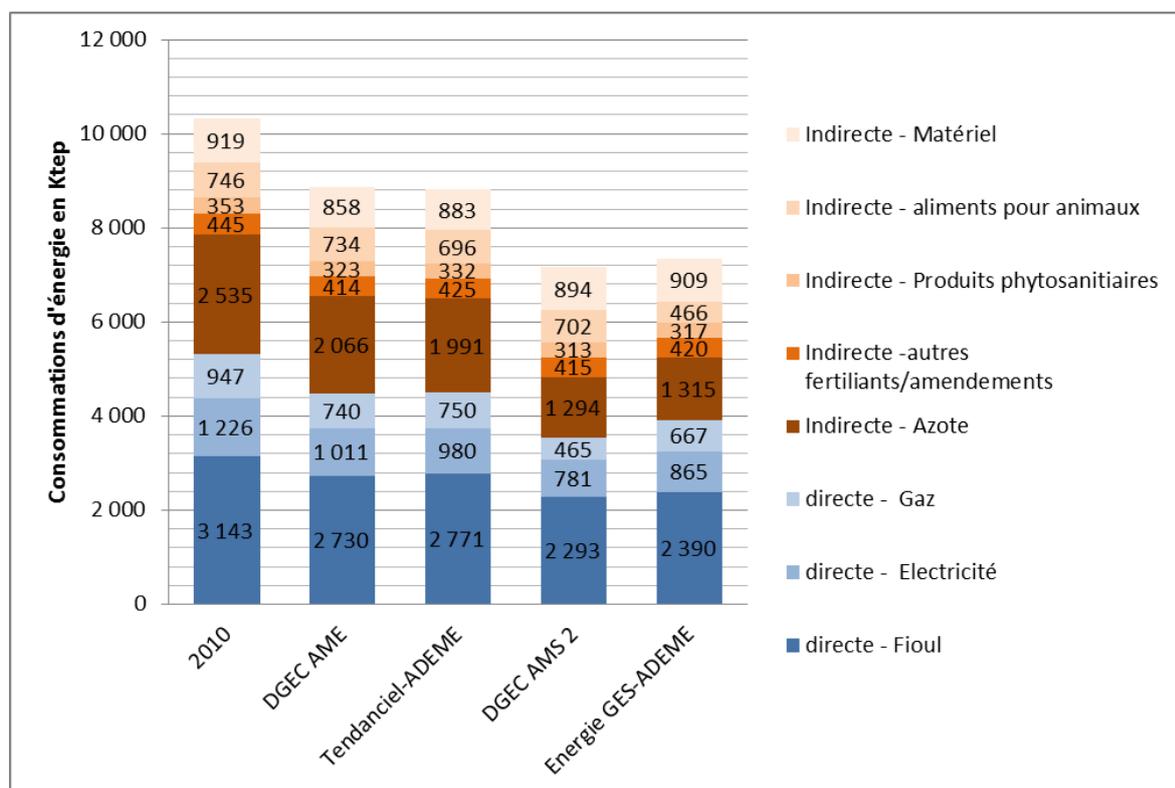
- Modélisation de l'agriculture et la forêt au travers d'itinéraires techniques et de conduites de cheptels types : notamment description de l'agriculture conventionnelle / la production intégrée / l'agriculture biologique de 2035 (fertilisation, rendements, consommations d'énergies...) et de différents cheptels (alimentation / productivité).
- Détermination des surfaces disponibles pour l'agriculture (artificialisation), et de la part de prairies permanentes.
- Description de l'agriculture pour chaque scénario : part des différentes pratiques, des différents cheptels ; analyse des équilibres entre cultures et élevage ; validation du bilan azote national, du bilan fourrager ; valorisation des différentes productions.
- Optimisation des paramètres techniques et autres leviers de réduction (ne remettant pas en cause l'équilibre global du système) : par exemple optimisation de l'alimentation animale ; atténuation des émissions issues des déjections ; méthanisation ; efficacité énergétique...

La modélisation comporte certaines limites, liées à l'état actuel des connaissances (par exemple, l'évolution du stock de carbone dans les sols), ou aux incertitudes élevées des facteurs d'émissions (sur certains facteurs, des moyennes nationales voire mondiales sont retenues, alors que les paramètres présentent une très forte variabilité régionale et climatique). L'impact de l'évolution du climat n'est pas pris en compte : il s'agit d'une limite relative à l'horizon 2035, mais qui pourrait prendre de l'importance pour des scénarios plus éloignés dans le temps. Quelles que soient l'importance de ces limites, elles n'empêchent pas d'évaluer des dynamiques de progression et de mettre le modèle et les simulations au service d'une réflexion plus globale sur la faisabilité de l'atteinte de certains objectifs, les politiques publiques à mettre en œuvre ou les conséquences de certains choix stratégiques.

## LES PRINCIPAUX RESULTATS

Les différents résultats présentés ont été évalués avec l'outil ClimAgri, la situation de référence est l'année 2010. Une comparaison avec les évaluations réalisées par le CITEPA (méthode inventaire) est réalisée en fin d'article, pour les scénarios DGEC.

### Consommations d'énergie directes et indirectes



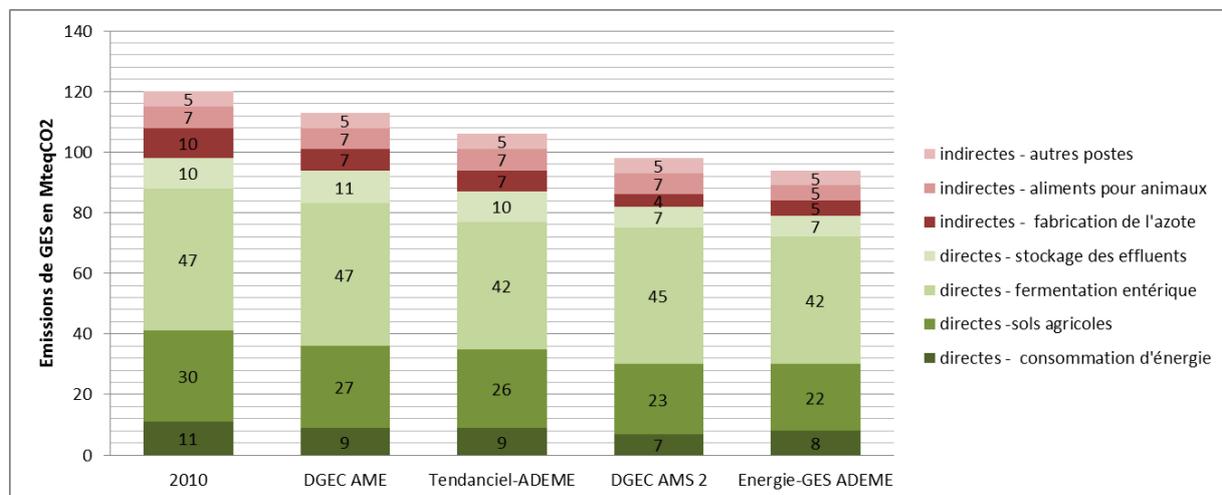
**FIGURE 1 - ESTIMATION DES EMISSIONS DES CONSOMMATIONS D'ENERGIES DIRECTES ET INDIRECTES POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS A L'AIDE DE CLIMAGRI®.**

Pour l'agriculture, les consommations d'énergies directes et indirectes sont à peu près équivalentes. Les postes majeurs de consommation d'énergie sont la consommation de fioul, principalement pour les tracteurs, pour l'énergie directe ; et la production d'engrais azotés, pour l'énergie indirecte.

Les scénarios tendanciels aboutissent à une baisse de 15 à 16 % des consommations d'énergie directe, et de 12 à 13% des consommations d'énergie indirecte. Ces baisses sont liées aux actions sur l'énergie et à la baisse du niveau d'activité.

Les scénarios Energie-GES aboutissent à une baisse de 26 à 34% des consommations d'énergie directe, et de 30% environ sur l'énergie indirecte. Ces baisses résultent principalement de politiques très ambitieuses sur l'énergie et la substitution des intrants azotés de synthèse par de l'azote d'origine organique (effluents d'élevage, légumineuses dans les rotations de culture et les prairies).

## Emissions de gaz à effet de serre (GES)



**FIGURE 2 – ESTIMATION DES EMISSIONS DE GES EN MTCO<sub>2EQ</sub> POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS A L'AIDE DE CLIMAGRI®. LES COEFFICIENTS DE POUVOIR DE RECHAUFFEMENT GLOBAL (PRG) UTILISEE CORRESPONDENT A CEUX DEFINIS DANS LE CINQUIEME RAPPORT DU GIEC (2013), SOIT UN PRG DE 28 POUR LE METHANE ET DE 265 POUR LE PROTOXYDE D'AZOTE.**

Quel que soit le scénario, les émissions directes représentent environ 80% des émissions totales. Les principales émissions sont liées à la fermentation entérique des animaux (CH<sub>4</sub>) et aux émissions des sols (N<sub>2</sub>O) en lien avec la fertilisation azotée. Ces deux postes représentent près de 80% des émissions directes et 64% du total des émissions en Teq CO<sub>2</sub> en 2010. Les autres postes significatifs sont la consommation d'énergie (CO<sub>2</sub>), le stockage des effluents, la fabrication des engrais azotés et l'alimentation animale (6 à 10% des émissions totales pour chacun de ces postes en 2010).

Les scénarios « Tendanciels » réduisent de 4 à 11% les émissions directes par rapport à 2010, et de 17% les émissions indirectes. Les scénarios « Energie-GES » mettent en évidence un potentiel de réduction de 18 à 19% sur les émissions directes, et de 26 à 35% sur les émissions indirectes. Dans ces deux scénarios, la part des émissions liées à la fermentation entérique dans les élevages de ruminants, en particulier bovins, devient le poste prioritaire pour atteindre des réductions supplémentaires d'émissions après 2035, en particulier en raison des fortes réductions sur les émissions des sols agricoles.

Dans le scénario « DGEC AME », ce sont principalement les émissions des cultures qui sont réduites, en lien avec l'artificialisation de sols dédiés aux cultures (baisse de la surface en culture donc des intrants associés) et un moindre recours aux fertilisants azotés de synthèse (développement du bio et progrès sur l'efficacité de leur utilisation). Dans le scénario « Tendanciel ADEME », les émissions de l'élevage décroissent aussi principalement en raison d'une contraction plus forte des cheptels bovins allaitants et laitiers. Le cheptel allaitant décroît dans le « DGEC AME », mais la réduction des émissions de GES associées est ici compensée par une augmentation des émissions de méthane liées à l'accroissement fort de la productivité laitière par animal du cheptel laitier.

Dans les deux scénarios « Energie-GES », l'artificialisation des sols est maîtrisée. La réduction des émissions agricoles provient donc d'une substitution importante des fertilisants azotés de synthèse par des sources organiques (principalement effluents d'élevage et légumineuses) et une réduction des apports (ex : précision du pilotage et augmentation des surfaces en légumineuses, non fertilisées). Les émissions de l'élevage connaissent aussi une diminution significative en lien avec une réduction modérée des cheptels bovins, principalement le cheptel allaitant. La productivité laitière connaît un accroissement moindre que dans les scénarios « Tendanciels », en raison d'un maintien important des systèmes valorisant les prairies, notamment au pâturage. Un développement très important de la méthanisation permet de limiter les

émissions des déjections animales, sous réserve d'une gestion appropriée des digestats (valorisation agronomique, pratiques et techniques d'épandage adéquates).

### Stocks de carbone organique dans les sols et la biomasse

Les sols et la biomasse constituent les principaux réservoirs de carbone organique continental. Ces stocks peuvent être accrus ou réduits selon les évolutions d'usage des sols (ex : afforestation, retournement de prairies, artificialisation des sols) et de pratiques agricoles (ex : développement des couverts végétaux, agroforesterie)<sup>11</sup>. Le niveau de stocks de carbone dans la biomasse et les sols résulte du bilan entre les entrées (ex : photosynthèse, apports organiques) et les sorties (ex : respiration des végétaux et des organismes du sol, prélèvements de biomasse). Ces stocks ont ainsi tendance à se stabiliser pour une occupation et un usage donnés, à conditions environnementales stables (figure 3). La France a fortement mis en avant l'enjeu climatique de la séquestration de carbone dans les sols mondiaux dans le cadre de la COP21 en initiant un programme de recherche international visant à accroître de « 4 pour mille » par an les stocks de carbone dans les sols mondiaux<sup>12</sup>.

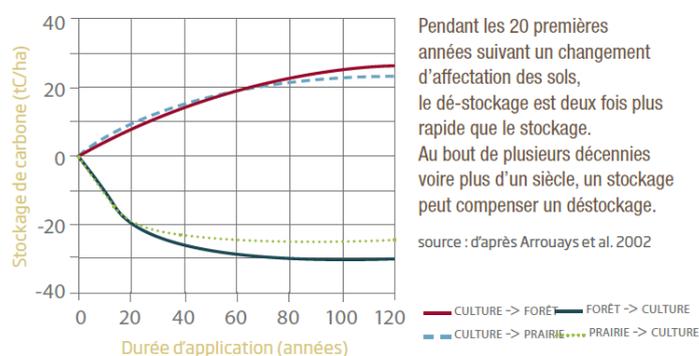


FIGURE 3 – EVOLUTION DES STOCKS DE CARBONE SUITE A UN CHANGEMENT D'AFFECTION DES SOLS (ADEME, 2014)

Dans le modèle Climagri®, l'effet des scénarios sur les stocks de carbone organique dans la biomasse est considéré comme une variation de stocks entre deux états d'équilibre. Les évolutions de stocks qui peuvent être évaluées par Climagri® intègrent les changements d'occupation des sols (ex : artificialisation, afforestation, retournement de prairies) sur la base des données du GIS Sol ([www.gissol.fr](http://www.gissol.fr)) et l'effet de pratiques agricoles (ex : implantation de haies, couverts en interculture, agroforesterie). Les effets du changement climatique et de l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ne sont pas pris en compte.

TABLEAU 1 – STOCKS ET DENSITE DE CARBONE ORGANIQUE DANS LES TRENTE PREMIERS CENTIMETRES DES SOLS AGRICOLES EN 2010 ET POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS (ESTIMATION CLIMAGRI®)

	2010	Tendanciel		Energie-GES	
		DGEC AME	ADEME	DGEC AMS 2	ADEME
Stocks (GtC)	1,77	1,62	1,63	1,70	1,72
Densité (tC/ha)	64,5	63,9	63,9	65,7	65,8

Quelques soient les scénarios, les stocks gérées par l'agriculture se réduisent en raison de l'artificialisation subie par le monde agricole (qui conduit généralement à un déstockage) et la poursuite de l'afforestation (les stocks entrent alors dans la rubrique « forêt »). Cette baisse est moins importante dans les scénarios Energie – GES, où l'artificialisation est maîtrisée. Dans les scénarios « tendanciel », les stocks par hectare

<sup>11</sup> ADEME, GISSOL, 2014. Carbone organique des sols : l'énergie de l'agroécologie, une solution pour le climat (disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))

<sup>12</sup> <http://agriculture.gouv.fr/cop21-4-pour-1000-un-programme-de-recherche-international-sur-la-sequestration-du-carbone-dans-les>

sont plus faibles qu'en 2010 principalement en raison du retournement de prairies permanentes, plus important dans le tendancieriel « ADEME » que dans le scénario DGEC AME. Dans les scénarios « Energie – GES », le stock moyen par hectare augmente d'environ 2% sur 25 ans en raison du plafonnement fort de la baisse des prairies permanentes et le développement des pratiques stockantes en grandes cultures favorisant le retour au sol de matières organiques et l'implantation d'arbres autour et dans les parcelles.

Ces résultats mettent en évidence l'importance du devenir des stocks de carbone dans les sols agricoles devenus forestiers ou artificialisés (imperméabilisés ou espaces verts).

### Energies renouvelables produites et autres usages de la biomasse

Le secteur agricole a la particularité de pouvoir produire plusieurs sources de biomasse (cultures et résidus de cultures, effluents d'élevage et bois) pour la production de biocarburants, de chaleur ou d'électricité directement par combustion, et de biogaz par méthanisation (estimation du gisement dans le tableau ci-dessous). En 2035, la biomasse agricole va jouer un rôle important pour la production d'énergies renouvelables. Dans les scénarios « énergie-GES » ADEME et DGEC AMS 2, les politiques de soutien à la méthanisation permettent un développement très important des installations, avec, respectivement 30% et 40% des déjections traitées en 2035 et une production de 42 à 50TWh d'énergie. Pour les deux scénarios, la part des surfaces en biocarburants dans la sole agricole est stabilisée.

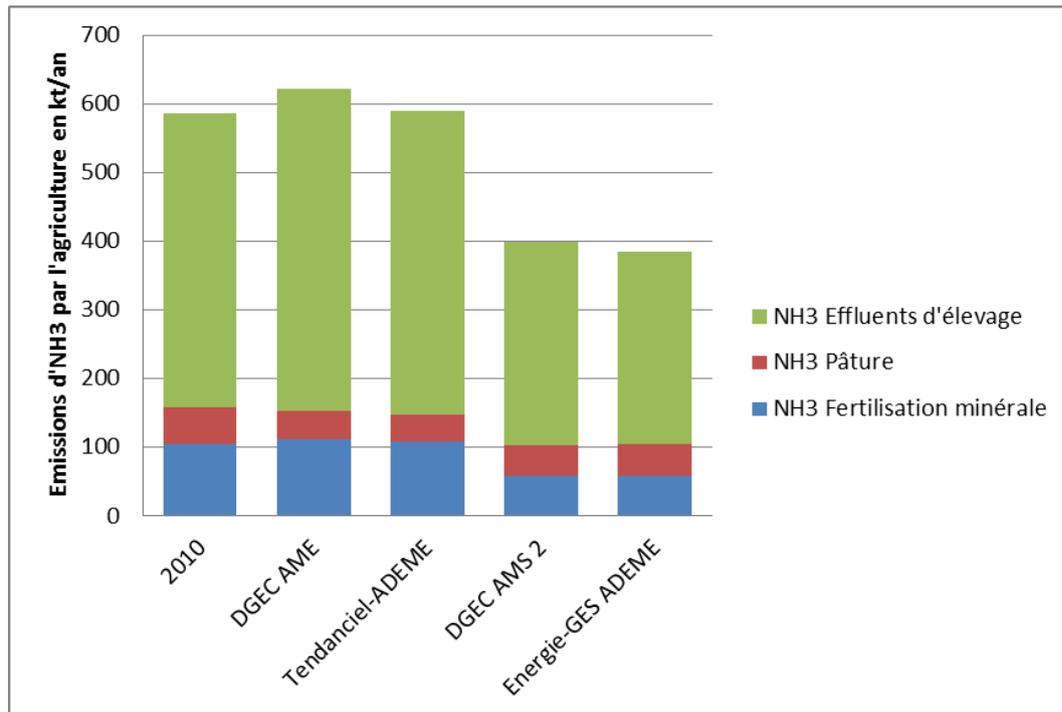
TABLEAU 2 - ESTIMATION DU GISEMENT ENERGETIQUE POUR LA BIOMASSE D'ORIGINE AGRICOLE EN MTEP(ESTIMATION ADEME).

		<i>Mtep</i>
<b>Haies, bocages, agroforesterie</b>	<b>Combustion</b>	<b>0,8</b>
<b>Cultures ligno-cellulosiques</b>	<b>Combustion</b>	
<b>Résidus cultures pérennes</b>	<b>Combustion</b>	<b>1,0</b>
Vigne	Combustion	0,3
Arboriculture	Combustion	0,7
<b>Résidus de cultures</b>	<b>Combustion</b>	<b>1,0</b>
<b>Résidus de cultures</b>	<b>Méthanisation</b>	<b>1,4</b>
<b>Cultures et herbe</b>	<b>Méthanisation</b>	<b>1,3</b>
Cultures dédiées	Méthanisation	
Cultures intermédiaires	Méthanisation	0,4
Herbe	Méthanisation	0,9
<b>Effluents d'élevage</b>	<b>Méthanisation</b>	<b>1,0</b>
<b>Cultures</b>	<b>Biocarburants</b>	<b>1,7</b>
	Ethanol 1G	0,4
	Ethanol 2G	
	Biodiesel 1G	1,3
	Biodiesel 2G	
		<b>8,2</b>
		<b>8,2</b>
<b>Dont</b>	<b>Combustion</b>	<b>2,8</b>
	<b>Méthanisation</b>	<b>3,7</b>
	<b>Biocarburants</b>	<b>1,7</b>

Il est à noter que l'atteinte des objectifs fixés pour les énergies renouvelables aux horizons 2020 et 2030 repose largement sur la valorisation énergétique de la biomasse forestière, qui n'a pas été traité ici.

## Emissions d'ammoniac

Les zones agricoles et les forêts sont à la fois des sources et des puits de polluants atmosphériques<sup>13</sup>. L'agriculture participe aux émissions vers l'atmosphère de composés azotés, notamment l'ammoniac et les oxydes d'azote, de particules et de pesticides. Ces émissions sont liées aux pratiques d'élevage (ex : bâtiments, stockage et épandage des déjections animales) et aux pratiques culturales (préparation du sol, fertilisation, protection des végétaux). Dans le cadre de ces scénarios, seules les émissions d'ammoniac ont été modélisées. Les principaux leviers d'action intégrés dans les scénarios sont décrits dans le document « ADEME, 2012. Les émissions agricoles de particules dans l'air – Etat des lieux et leviers d'actions »<sup>14</sup>.



**FIGURE 4 – EMISSIONS D'AMMONIAC PAR LES ACTIVITES AGRICOLES EN 2010 ET DANS LES DIFFERENTS SCENARIOS (ESTIMATION CLIMAGRI®)**

L'agriculture représente près de 97% des émissions nationales d'ammoniac (NH<sub>3</sub>). Leur niveau est stable depuis plus de 20 ans. En 2010, ces émissions se répartissaient pour ¼ au niveau de la fertilisation minérale des cultures et pour ¾ au niveau de la gestion des effluents d'élevage. Seuls, les scénarios Energie-GES permettent une réduction significative des émissions à l'échelle nationale, via l'amélioration de l'efficacité de la fertilisation minérale et organique, la diffusion de techniques de réduction des émissions au bâtiment d'élevage (laveurs d'air, évacuation rapide des effluents), au stockage des effluents (couverture des fosses, pré-traitement des effluents) et à l'épandage (enfouissement rapide, injection, pendillards). Le maintien d'un niveau important de pâturage permet aussi de limiter les émissions liées à la gestion des effluents.

## Autres impacts environnementaux

L'agriculture est au carrefour d'autres enjeux environnementaux, tels que la préservation de l'eau, des sols et de la biodiversité. Ainsi, les activités agricoles sont responsables de plus de 60% des pollutions azotées vers les eaux et d'une part importante des pollutions aux produits phytosanitaires et aux phosphates. La consommation d'eau par l'agriculture, notamment en période estivale, peut générer une tension sur la

<sup>13</sup> Ademe-Medde, 2015. *Agriculture et pollution de l'air – Impacts, contributions et perspectives*. PRIMEQUAL, disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

<sup>14</sup> « ADEME, 2012. Les émissions agricoles de particules dans l'air – Etat des lieux et leviers d'actions » disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) ou <http://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/production-agricole/chiffres-cles-observations/qualite-lair>

ressource. L'impact, positif ou négatif, de l'agriculture sur la biodiversité est difficile à évaluer : le maintien d'infrastructures agro-écologiques constitue toutefois un outil sa faveur.

L'outil ClimAgri permet d'évaluer quelques indicateurs, sans que cela constitue une analyse environnementale multicritères :

- Pour la qualité de l'eau :
  - o Solde azoté (indicateur de pression sur la ressource eau)
  - o Part de surface en agriculture biologique (absence de produits phytosanitaires sur ces surfaces)
- Pour la consommation d'eau : la question de l'irrigation n'a pas été travaillée dans les scénarios
- Pour la biodiversité :
  - o Indicateur de diversité des assolements, au travers du développement de l'agriculture biologique et la production intégrée telles que définies dans les scénarios : Part de ces surfaces dans la SAU
  - o Indicateurs de présence d'infrastructures agro-écologiques : prairies permanentes, haies et agroforesterie

L'analyse de ces indicateurs met en évidence :

- Une amélioration de la pression azotée dans tous les scénarios, et en particulier les scénarios Energie-GES ADEME et DGEC – AMS2 : le solde azoté initial de 30kg/N/ha passe à 28 en DGEC-AME, 22 pour le tendanciel ADEME, 8 et 7 kg/N/ha pour les deux scénarios les plus ambitieux
- Une hausse de la surface en agriculture biologique et en production intégrée (hypothèses des scénarios) : de moins de 2% aujourd'hui à 15% d'agriculture biologique et 20% de production intégrée en 2035
- Une moindre baisse des prairies permanentes et une hausse des haies et de l'agroforesterie dans les scénarios Energie-GES ADEME et DGEC – AMS2

### **Potentiel nourricier (énergie et protéines)**

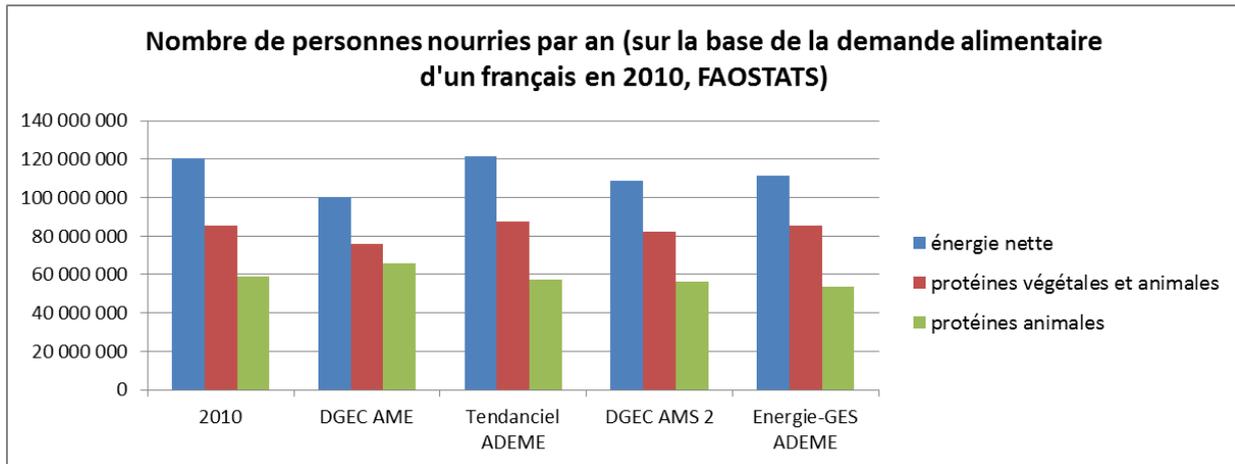
L'alimentation représente aujourd'hui la destination première des produits agricoles. Il est donc essentiel d'évaluer la capacité de l'agriculture à répondre à la demande alimentaire, laquelle évolue notamment en fonction de la population (croissante), de l'évolution des régimes alimentaires, des pertes et gaspillages, mais également de la part de denrées alimentaires importées et exportées.

En effet, si une baisse de l'activité agricole (par perte de surface type artificialisation par exemple) engendre mécaniquement une baisse des impacts environnementaux sur le territoire national, elle peut conduire à un simple report de la production (et des impacts) dans d'autres pays, ce qui n'est souhaitable ni pour l'environnement, ni pour l'économie agricole française.

La capacité théorique de l'agriculture française à nourrir un certain nombre de personnes a donc été évaluée sur la base d'un indicateur agrégé de production, appelé indicateur de potentiel nourricier. Celui-ci additionne l'ensemble des productions agricoles théoriquement consommables par l'homme (en tenant compte des rendements de transformation notamment), et les divise par la quantité nécessaire pour nourrir un français<sup>15</sup> en 2010 exprimée en énergie, en protéines totales et en protéines animales. Le potentiel nourricier représente donc un nombre de personnes dont les besoins alimentaires sont susceptibles d'être couverts par une production donnée.

---

<sup>15</sup> La « quantité nécessaire » pour nourrir un français retenue dans ClimAgri correspond à la disponibilité alimentaire pour un français moyen, évaluée par la FAO. Il s'agit de la quantité d'aliments mis à disposition de la filière alimentaire pour nourrir un français, qui intègre donc les pertes et gaspillages liées à la transformation, à la distribution, à la consommation et les surconsommations. Les valeurs 2010 sont de en énergie 3550Kcal/j/pers ; en protéines totales 114g/j/pers ; en protéines animales 69g/j/pers.



**FIGURE 5 – POTENTIEL NOURRICIER NET (ENERGIE NETTE, PROTEINES VEGETALES ET ANIMALES) EN 2010 ET POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS), CALCULE SUR LA BASE DE LA DEMANDE ALIMENTAIRE D'UN FRANÇAIS MOYEN EN 2010 (SOURCE : FAO). LES ESTIMATIONS ONT ETE REALISEES AVEC CLIMAGRI®.**

Le potentiel nourricier traduit de manière assez claire les orientations agricoles des différents scénarios. Le scénario tendancier ADEME maintient la performance nourricière, sur les 3 indicateurs : la perte de SAU est compensée par une intensification des pratiques en grandes cultures et en élevage (notamment retournement des prairies et intensification laitière). Le scénario DGEC AME met en évidence un essor des productions animales, avec une hausse du potentiel nourricier exprimé en protéines animales (+ 11%), principalement associé à la hausse de la production laitière. L'artificialisation des terres et les besoins pour l'alimentation animale impactent les surfaces disponibles pour la culture de céréales pour l'alimentation humaine, d'où une perte de 17% sur le potentiel nourricier en énergie : la capacité exportatrice de la France en céréales diminue. Les deux scénarios Energie-Climat limitent la dégradation du potentiel nourricier (10% ou moins), quelle que soit l'unité retenue, grâce à la limitation de l'artificialisation et la reconversion de terres destinées à l'alimentation animale en cultures utilisables en alimentation humaine.

Ces indicateurs sont tous calculés par rapport à la demande alimentaire de 2010, et n'intègrent donc pas les évolutions possibles de la demande individuelle. Une approche plus fine des enjeux liés à la consommation alimentaire des français, ainsi que des propositions d'évolutions, a été réalisée dans le cadre d'une prospective réalisée par l'ADEME en 2014 et publiée sous le titre « Alléger l'empreinte environnementale de la consommation des français en 2030 »<sup>16</sup>. Ce travail intègre notamment les questions de régimes alimentaires et de gaspillage, ainsi que l'amélioration de l'offre sur l'ensemble de la chaîne alimentaire (en cohérence avec le scénario Energie-GES présenté ici).

<sup>16</sup> « Alléger l'empreinte environnementale de la consommation des français en 2030, vers une évolution profonde des modes de production et de consommation », ADEME 2014. Synthèse et rapport de synthèse disponibles sur <http://www.ademe.fr/alléger-lempreinte-environnementale-consommation-francais-2030>. Rapport technique complet sur demande.

## PARTIE 2 – LES HYPOTHESES EN DETAILS

### OCCUPATION DU TERRITOIRE

En 2010, les sols agricoles et forestiers représentent plus de 80% du territoire métropolitain (Teruti-Agreste), les sols artificialisés et les sols naturels (hors forêts) environ 9% chacun. Depuis plusieurs décennies, les sols artificialisés sont la principale occupation en progression et les sols agricoles la principale occupation en régression. Ce recul s'observe en particulier pour les surfaces toujours en herbe (Figure 7). Entre 2006 et 2014, l'artificialisation concerne pour les 2/3 des surfaces agricoles (Agreste, 2015). Les sols imperméabilisés représentent 2/3 des sols artificialisés, le tiers restant étant principalement enherbé.

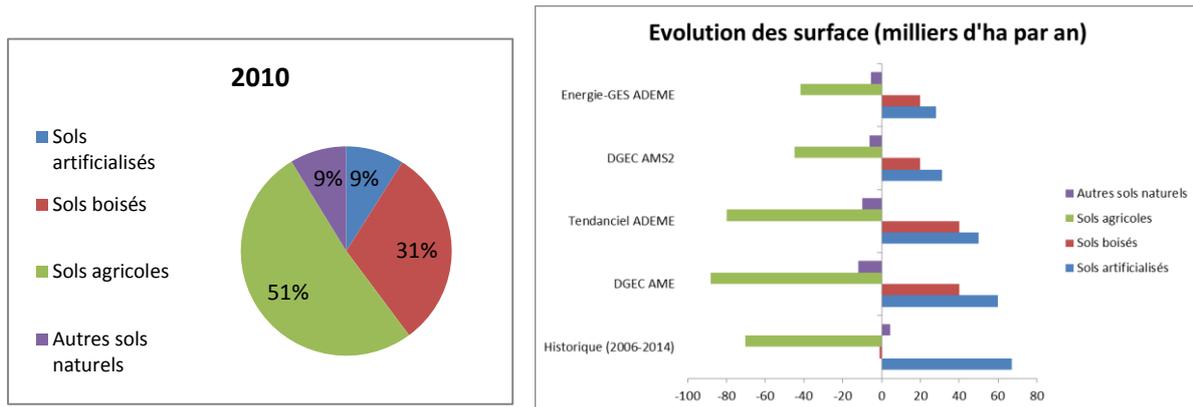


FIGURE 6 - OCCUPATION DU TERRITOIRE NATIONAL EN 2010 ET EVOLUTION DES SURFACES ENTRE 2010 ET 2035 DANS LES DIFFERENTS SCENARIOS CONSIDERES. LA TENDANCE HISTORIQUE (2006-2014) EST AUSSI REPRESENTEE.

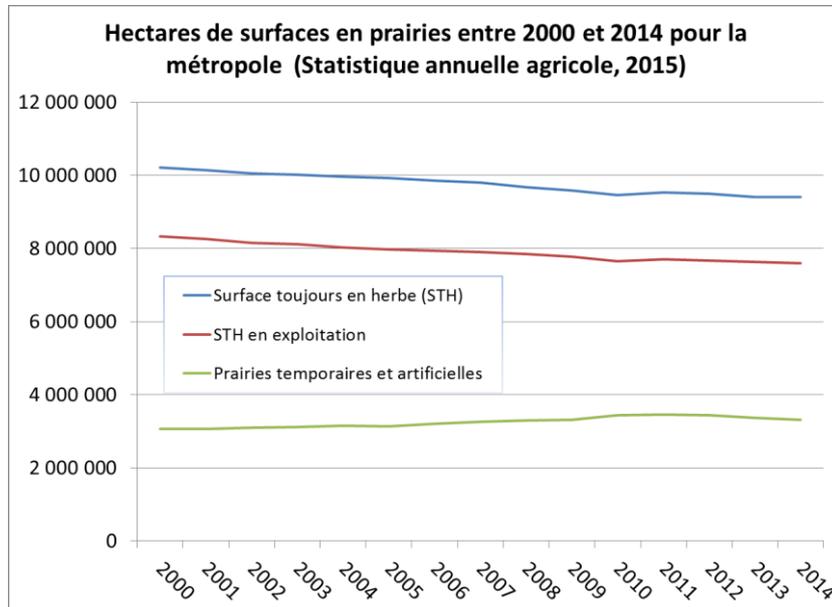
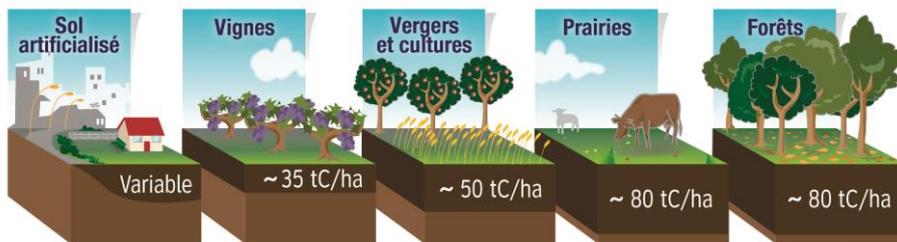


FIGURE 7 - EVOLUTION DES SURFACES TOUJOURS EN HERBE TOTALES, EN EXPLOITATION ET DES PRAIRIES ARTIFICIELLES ET TEMPORAIRES EN FRANCE METROPOLITAINE ENTRE 2000 ET 2014.

**Impact sur les émissions de GES :** Les changements d'occupation des sols peuvent générer du stockage ou du déstockage de C contenu dans la biomasse (forêts, haies, arbres épars) et dans la matière organique du sol (figure 8). Ainsi le retournement des prairies ou l'imperméabilisation de sols cultivés aboutit généralement à une émission de CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère tandis que l'afforestation et la croissance forestière permettent d'en capter. A cela s'ajoutent les émissions spécifiques des activités associées aux différentes occupations.



XX Estimation du stock de carbone dans les 30 premiers centimètres du sol

**FIGURE 8 - LE STOCK DE CARBONE ORGANIQUE EST ELEVE DANS LES FORETS, LES PRAIRIES ET LES PELOUSES D'ALTITUDE MAIS FAIBLE EN VITICULTURE, DANS LES ZONES MEDITERRANEENNES ET DE CULTURES. LES STOCKS SONT MAL CONNUS DANS LES ZONES ARTIFICIALISEES : DES RESERVES IMPORTANTES PEUVENT EXISTER SOUS LES ESPACES VERTS. POUR LES FORETS TEMPEREES, ON CONSIDERE QUE LE STOCK DE CARBONE DANS LES SOLS EST DU MEME ORDRE DE GRANDEUR QUE CELUI DANS LA BIOMASSE (SOURCE : ADEME – GIS SOL, 2013).**

**Scénarios « Tendanciel » :** La dynamique d'artificialisation se poursuit à un rythme de 50 000 à 60 000 hectares par an proche de la tendance observée sur la période 2006-2014. Cette artificialisation se fait principalement sur les sols agricoles : prairies permanentes et grandes cultures. Les boisements progressent en marge de zones agricoles qui ne sont plus valorisées par l'élevage. Le scénario Tendanciel ADEME considère une répartition de l'artificialisation égale entre prairies et grandes cultures tandis que le scénario DGEC AME affecte l'artificialisation à 80% aux cultures. Les prairies non valorisées deviennent boisées.

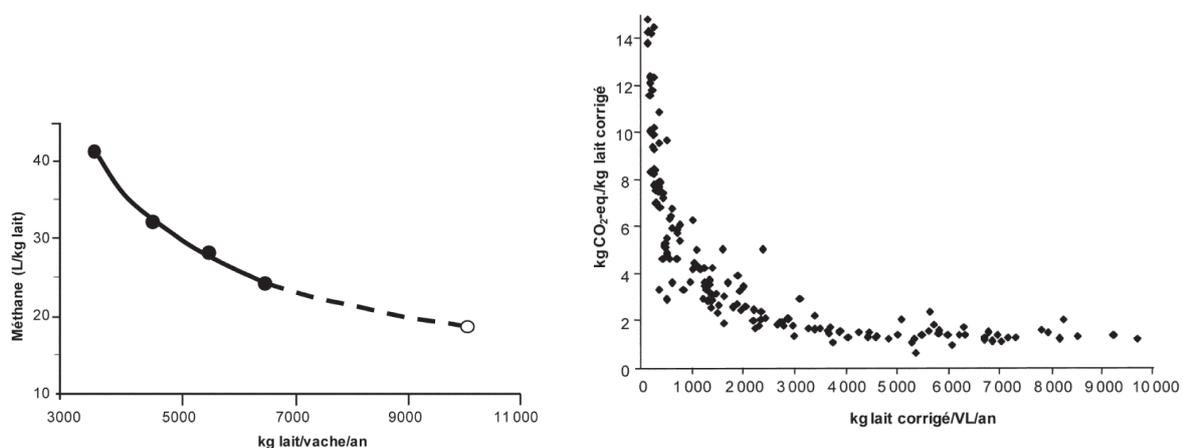
**Scénarios « Energie-GES » :** L'évolution des politiques publiques d'urbanisme aboutissent à une maîtrise progressive de l'artificialisation nette à l'horizon 2035, à un rythme résiduel de 10 000ha/an (DGEC AMS 2) ou quasi-nul (ADEME). Les politiques agricoles favorisent le maintien voire un accroissement de l'herbe dans l'alimentation des ruminants et l'identification de nouvelles stratégies de valorisation de l'herbe par les éleveurs (méthanisation, bio-matériaux) permettent de limiter la réduction des surfaces en prairies permanentes (rythme de 1,5% entre 2012 et 2020, poursuivi linéairement ensuite). Les zones artificialisées sur la période sont principalement des zones céréalières ou diversifiées à la périphérie des centres urbains.

## LES PRODUCTIONS ANIMALES

En 2013, les productions animales étaient responsables de 67% des émissions nationales de CH<sub>4</sub>, provenant de la fermentation entérique et de la gestion des déjections (Citepa, 2015). Près de 6% des émissions nationales de N<sub>2</sub>O sont liées à la gestion des déjections. 2/3 des émissions d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) sont attribuées aux élevages, hors production de leur alimentation. De plus, environ 70% de la SAU française est utilisée pour alimenter les animaux d'élevage : les impacts de ces productions végétales (notamment : émissions de N<sub>2</sub>O et NH<sub>3</sub>) seraient donc à ajouter aux impacts de l'élevage. Les productions animales représentent donc un enjeu clé en termes d'émissions de GES. A l'échelle nationale, les élevages bovins, porcins et avicoles représentent la grande majorité des émissions de l'élevage (hors alimentation) : c'est pourquoi nous concentrerons notre analyse sur ces cheptels, les autres n'ayant que peu d'influence sur les émissions globales à l'échelle nationale dans leurs volumes de production actuels.

### Les productions bovines

En 2010, le cheptel bovin représentait 19,4 millions de têtes, dont 3,7 millions de mères laitières et 4,1 millions de mères allaitantes. Depuis les années 70, le cheptel bovin français a décliné lentement, avec un fort recul du cheptel laitier accentué par la mise en place des quotas laitiers, et avec une augmentation du cheptel allaitant. Le nombre d'exploitation détenant des bovins a diminué de 80% en 40 ans, s'établissant à 195 000 exploitations en 2010. En parallèle, le rendement laitier moyen et le nombre de bovins par exploitation a augmenté, avec, par exemple, des accroissements respectifs de +10% et +37,5% entre 2000 et 2010 (Agreste, 2011). Depuis les années 90, la production et la consommation de viande bovine sont en recul, tandis que la collecte laitière est stabilisée. Les perspectives réalisées par l'IDELE ou sur la consommation de viande suggèrent une poursuite du recul du cheptel allaitant à moyen terme (IDELE 2014, figure 10). La fin des quotas laitiers pourrait quant à elle, toujours selon l'IDELE, favoriser un maintien voire un accroissement temporaire du cheptel d'ici 2020 tout en conservant la dynamique actuelle sur les rendements laitiers et le nombre de vaches laitières par exploitation.

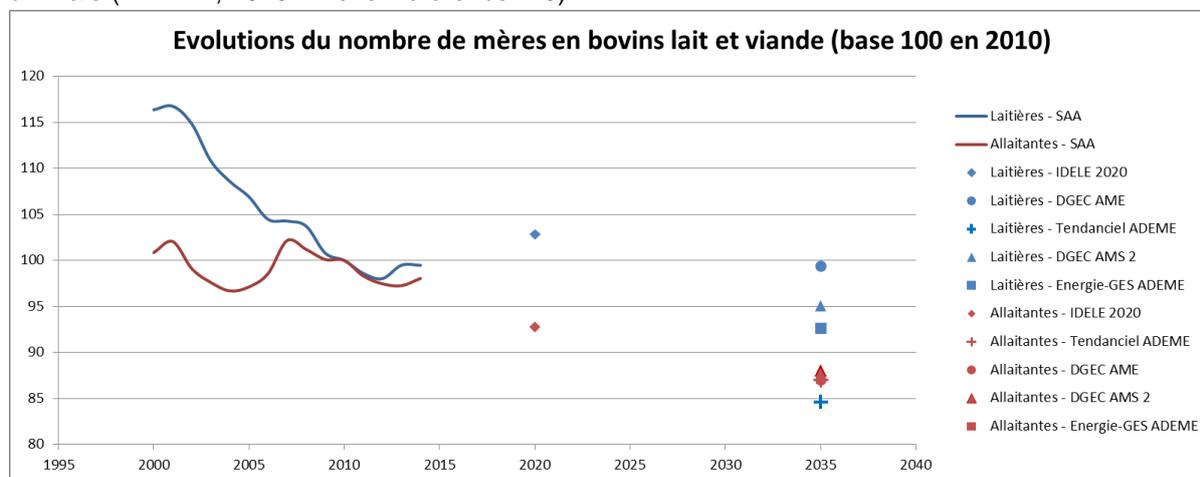


**FIGURE 9 - (1) EFFET DU NIVEAU DE PRODUCTION DE LAIT (KG/VACHE/AN) SUR LES EMISSIONS DE METHANE ENTERIQUE (DOREAU ET AL. 2011). LES POINTILLES CONSTITUENT UNE EXTRAPOLATION DE LA COURBE. UNE AUGMENTATION DU RENDEMENT SE TRADUIT ICI PAR UNE REDUCTION DES EMISSIONS DE METHANE PAR KG DE LAIT AVEC UN EFFET MOINS FORT POUR LES NIVEAUX DE RENDEMENTS ELEVES. LES EMISSIONS PAR ANIMAL SONT AINSI LES PLUS ELEVEES A HAUT NIVEAU DE RENDEMENT. (2) ESTIMATION EN ANALYSE DE CYCLE DE VIE DE L'EFFET DU NIVEAU DE PRODUCTION DE LAIT (KG/VACHE/AN) SUR LES EMISSIONS GLOBALE DE GES POUR UN ENSEMBLE DE SYSTEME DE PRODUCTION D'APRES GERBER ET AL. (2011) ET REPRIS DANS DOLLE ET AL. (2011). L'EFFET DU NIVEAU DE PRODUCTIVITE NE S'OBSERVE PLUS QUE POUR DES RENDEMENTS INFÉRIEURS A 4 000 – 5000 KG/VACHE/AN. LES AUTEURS L'EXPLIQUENT PAR UN MOINDRE RECOURS AUX INTRANTS DANS LES SYSTEMES MOINS PRODUCTIFS.**

**Impact sur les émissions de GES et leviers d'action :** En 2013, l'élevage de bovins représenterait environ 50 à 60% des émissions directes de GES (eq. CO<sub>2</sub>) liés à l'agriculture, hors alimentation animale<sup>17</sup>. Comme

<sup>17</sup> IDELE, 2015. *Elevage de ruminants et changement climatique*. 24p.

pour les autres productions animales, du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O sont émis à partir des déjections. Les bovins ont aussi la particularité d'émettre en quantité importante du CH<sub>4</sub> lors de la digestion de leur alimentation (fermentation entérique). Ces émissions représentaient près de 70% des émissions de l'élevage bovin, contre 30% pour les émissions liées à la gestion des effluents et au pâturage. Les émissions nationales sont ainsi fortement influencées par la taille du cheptel bovin. Par exemple, la réduction des émissions de l'élevage bovin entre 1990 et 2010 s'explique par la réduction du cheptel laitier liée à la forte augmentation de la productivité laitière. Des techniques peuvent aussi être mises en œuvre dans les exploitations pour réduire les émissions de GES. L'adaptation des rations alimentaires peut ainsi permettre de réduire les émissions entériques et les quantités d'azote excrétées (ADEME, 2015 - fiche Référence n°7<sup>18</sup>), tout en permettant une meilleure valorisation des protéines et de l'énergie ingérées. Des techniques maîtrisées de gestion des effluents comme la méthanisation et leur valorisation dans la fertilisation des cultures permettent aussi d'agir sur les émissions de GES (ADEME, 2015 - Fiche Références n°8), via notamment la substitution d'énergies. Dans le cas des systèmes valorisant l'herbe et le retour au sol des matières organiques, une partie des émissions peut être compensée par du stockage accru de carbone dans les sols de prairies en particulier permanentes, et la réduction de l'usage d'intrants pour les cultures dédiées à l'alimentation animale (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°9).



	2000	2010	2020 - IDELE	Tendanciels		Energie-GES	
				ADEME	DGEC AME	DGEC AMS 2	ADEME
Rendement laitier apparent (kg/VL/an)	5 813	6 441	7 435	8 600	8 563	7 800	7 400
Production laitière (millions de litres par an)		23,3	27,5	25,1	31,4	27	24

**FIGURE 10 - EVOLUTIONS ENTRE 2000 ET 2035 : (1) DES CHEPTELS DE MERES EN BOVINS LAIT ET VIANDE ENTRE 2000 ET 2035 ET (2) DU RENDEMENT LAITIER APPARENT ET DE LA PRODUCTION LAITIERE. LES DONNEES HISTORIQUES SONT ISSUES DE LA STATISTIQUE AGRICOLE ET DU RAPPORT DE L'IDELE (2014). LES DONNEES PROSPECTIVES A L'HORIZON 2020 SONT ISSUES DES PREVISIONS DE L'IDELE (2014). LES DONNEES PROSPECTIVES A L'HORIZON 2035 SONT ISSUES DES SCENARIOS « ENERGIE-CLIMAT ».**

**Scénarios « Tendanciels » :** Avec la fin des quotas laitiers, la production laitière croît en lien avec une augmentation du rendement laitier apparent de l'ordre de 30% à l'horizon 2035 par rapport à 2010. En parallèle, la taille moyenne des exploitations laitières s'accroît avec un recul fort des systèmes pâturants. Dans le scénario « tendanciel ADEME », l'effet d'opportunité lié à la baisse des quotas reste temporaire et ne parvient pas à enrayer l'érosion du cheptel laitier sur le long terme en raison de la concurrence internationale, la production était toutefois en croissance par rapport à 2010 avec la hausse de la productivité moyenne. Pour le scénario « DGEC AME », la demande de lait à l'export soutient un maintien

<sup>18</sup> ADEME, 2015, 10 fiches pour accompagner la transition agro-écologique

du cheptel laitier et un niveau de production supérieur de près de 35% à celui de 2010. Le cheptel allaitant poursuit sa diminution en lien avec la réduction de la consommation de viande bovine.

**Scénarios « Energie-GES » :** Comme pour les scénarios précédents, la fin des quotas laitiers stimule sensiblement la production nationale via un accroissement du rendement apparent de l'ordre de 15 à 20% par rapport à 2010. La diminution du cheptel laitier est limitée dans le scénario DGEC AMS 2 par rapport au scénario ADEME, notamment avec l'ouverture de marchés à l'international. Les deux scénarios proposent un renforcement de l'utilisation de l'herbe dans l'alimentation du cheptel laitier et une amélioration de l'autonomie protéique, via l'utilisation de légumineuses produites sur le territoire national dans les rations. Les leviers de réductions des émissions de GES, comme la formulation de rations moins émettrices de méthane entérique, connaissent un fort développement. Deux dynamiques principales sont à l'œuvre :

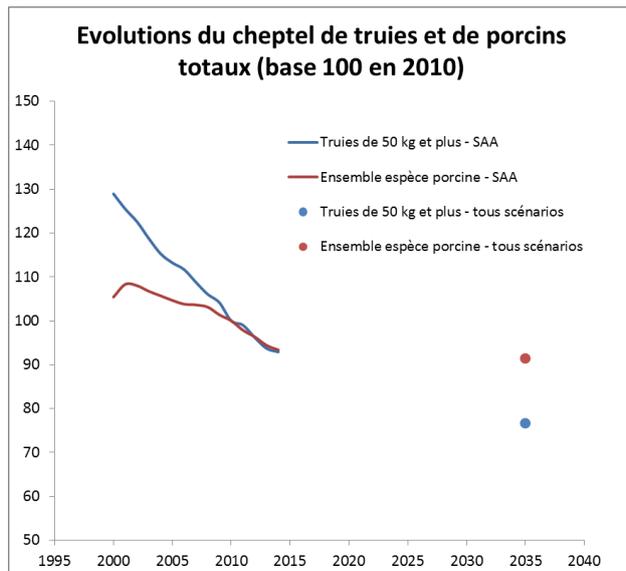
- une intensification d'une partie du troupeau laitier visant les marchés internationaux, avec des systèmes de production intégrant des normes environnementales renforcées, notamment dans le scénario DGEC AMS 2.
- un développement des systèmes plus extensifs à l'herbe soutenus par les politiques publiques, les acteurs de la recherche et du développement, et une valorisation sur le marché de la qualité. Ceux-ci peuvent notamment s'orienter sur une production mixte (viande-lait).

Le cheptel allaitant poursuit sa diminution en lien avec la réduction de la consommation de viande. Les politiques agricoles ciblant les élevages à l'herbe et les initiatives des filières relatives à la qualité des productions, notamment environnementale, contribuent à limiter l'érosion du cheptel.

#### Les productions porcines

Le cheptel porcin français est le quatrième cheptel européen. En 2010, il comptait 13,9 millions de têtes dont 1,1 millions de truies, majoritairement localisées dans le Grand Ouest. Contrairement aux principaux pays européens concurrents (ex : Allemagne et Espagne), il connaît un recul depuis plus de dix ans. La taille moyenne des exploitations augmente avec aujourd'hui des exploitations à plus de 2 000 porcs charcutiers détenant près de la moitié du cheptel. Ces exploitations sont soumises à la réglementation IED « Industrial Emissions Directive » qui impose la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles (MTD), mises à jour régulièrement en intégrant les actions de réductions des émissions de GES et de polluants atmosphérique. La productivité par truie connaît une hausse continue via l'amélioration de la prolificité et la diminution des pertes entre naissance et sevrage.

**Impact sur les émissions de GES et leviers d'action :** La production porcine représentait en 2013 moins de 5% des émissions de GES de l'agriculture française (hors alimentation animale), très majoritairement via l'émission de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> lors de la gestion des déjections. Des techniques efficaces de réduction des émissions peuvent être mises en œuvre comme l'optimisation des apports protéiques (fiche références n°7) et la gestion des effluents de manière intégrée du bâtiment à l'épandage (fiche références n°8). Ces techniques contribuent à réduire les pertes d'azote vers les eaux (nitrate) et l'air (ammoniac).



**FIGURE 11 - EVOLUTIONS ENTRE 2000 ET 2035 : DES CHEPTELS (1) DE TRUIES ET (2) DE L'ENSEMBLE DES PORCINS. LES DONNEES HISTORIQUES SONT ISSUES DE LA STATISTIQUE AGRICOLE. LES DONNEES PROSPECTIVES A L'HORIZON 2035 SONT ISSUES DES SCENARIOS « ENERGIE-CLIMAT ».**

**Scénarios « Tendanciels » :** Le recul de la production française est limité par l'amélioration de la productivité. La taille moyenne des élevages poursuit son augmentation. Des techniques d'économie d'énergie, de réduction des émissions de GES et de polluants atmosphériques se généralisent dans les élevages relevant de la directive (Industrial IED. Les politiques publiques accompagnent les éleveurs dans la modernisation de leurs installations (ex : Plan pour la Compétitivité et de l'Adaptation des Exploitations Agricoles).

**Scénarios « Energie-GES » :** L'évolution du cheptel est similaire aux scénarios « Tendanciels ». On observe une diffusion plus importante des techniques de réduction des pertes vers l'environnement, notamment via le développement d'une gestion plus intégrée des effluents comme ressource énergétique et de fertilité (ex : azote). Le scénario ADEME se caractérise par le développement d'élevages de porcs « labels » (ex : porcs plein air et porcs sur paille), qui représentent en 2035 près de 15% du nombre de truies, en réponse à une évolution de la demande nationale.

### Les productions avicoles

Les effectifs de volailles sont en progression depuis 2006 principalement portés par l'accroissement du nombre de volailles de chair avec en 2013 plus de 240 millions de têtes (places) dont 157 millions de poulets de chair, en lien notamment avec l'évolution de la consommation française. L'effectif de poules pondeuses est aujourd'hui similaire à celui de 2010 avec près de 50 millions de têtes. La principale production en recul est la production de dindes. La production d'œufs se fait principalement dans des élevages intensifs (Agreste, 2010) tandis que les poulets « labels rouges » ont connu une forte progression depuis l'introduction du label en 1965 et représentaient près de 107 millions de volailles de chair labellisées en 2014, dont 94 millions de poulets.

**Impact sur les émissions de GES et leviers d'action :** Les émissions de GES liés à la production avicole sont des émissions de  $N_2O$  et de  $CH_4$  liés aux déjections et des émissions de  $CO_2$  à la combustion de gaz pour le chauffage des bâtiments d'élevage. L'optimisation de l'alimentation est déjà fortement diffusé dans les élevages (ADEME, 2015 - fiche références n°7). Des réductions importantes peuvent être obtenues en travaillant sur la gestion des effluents (ADEME, 2015 - fiche références n°8) et la réduction de la consommation d'énergies fossiles (ADEME, 2015 - fiche références n°1).

**Tous scénarios :** Les scénarios ne considèrent pas d'évolution forte des effectifs et des systèmes d'élevage : compte tenu des impacts relatifs limités de cette production, leur évolution n'a pas fait l'objet

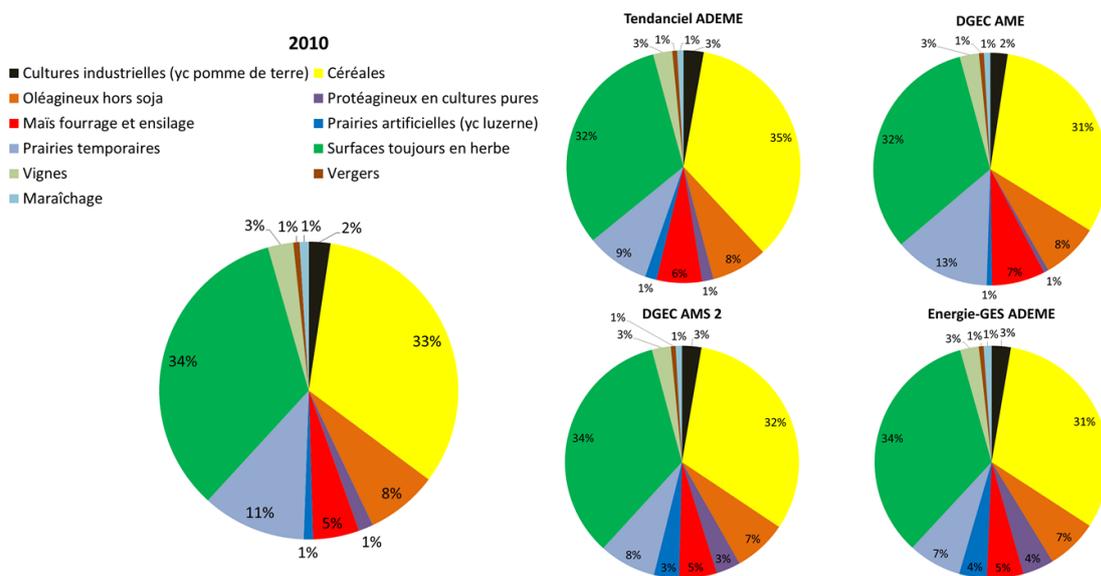
d'une étude approfondie. Les productions de poulets de chair et d'œufs se stabilisent. Le nombre de place de poules pondeuses se réduit traduisant une poursuite d'intensification de la production (sauf Energie-GES ADEME).

Le scénario « Energie-GES ADEME » propose une poursuite de la progression de la part de label dans la production de volailles de chair et en poules pondeuses (25% des places). Surtout, ces labels intègrent des critères sur la réduction des émissions de GES dans leur cahier des charges.

Pour toutes les productions animales, le fort développement des légumineuses autorise une substitution partielle de tourteaux de soja importés par des protéines produites en France.

## LES PRODUCTIONS VEGETALES (HORS FORETS)

En 2010, les surfaces dédiées à la production agricole (sols cultivés et toujours en herbe) occupaient plus de 29 millions d'ha, soit près de 51% du territoire métropolitain. Les surfaces toujours en herbe en représentaient 9,7 Mha, les surfaces en grandes cultures (céréales, oléagineux, protéagineux, betteraves et autres cultures industrielles) 12,3 millions d'ha, les cultures fourragères, dont le maïs fourrage, et les prairies temporaires 3,2 millions d'ha et les cultures permanentes (vignes et vergers) 1 millions d'ha. Les principales évolutions des dernières décennies ont été le recul important des surfaces en prairies et des cultures de légumineuses pures. Depuis les années 2000, les cultures non alimentaires ont connu un fort développement. Selon France-Agrimer (2012-2013), environ 1,8 millions d'ha sont aujourd'hui dédiés à des utilisations non alimentaires, dont 1,1 million d'ha à la production de biodiesel (ex : colza, tournesol) et de bioéthanol (ex : betterave). Les surfaces en agriculture biologique représentaient environ 175 000 ha en 2010, soit 1,3% de la SAU en grandes cultures.



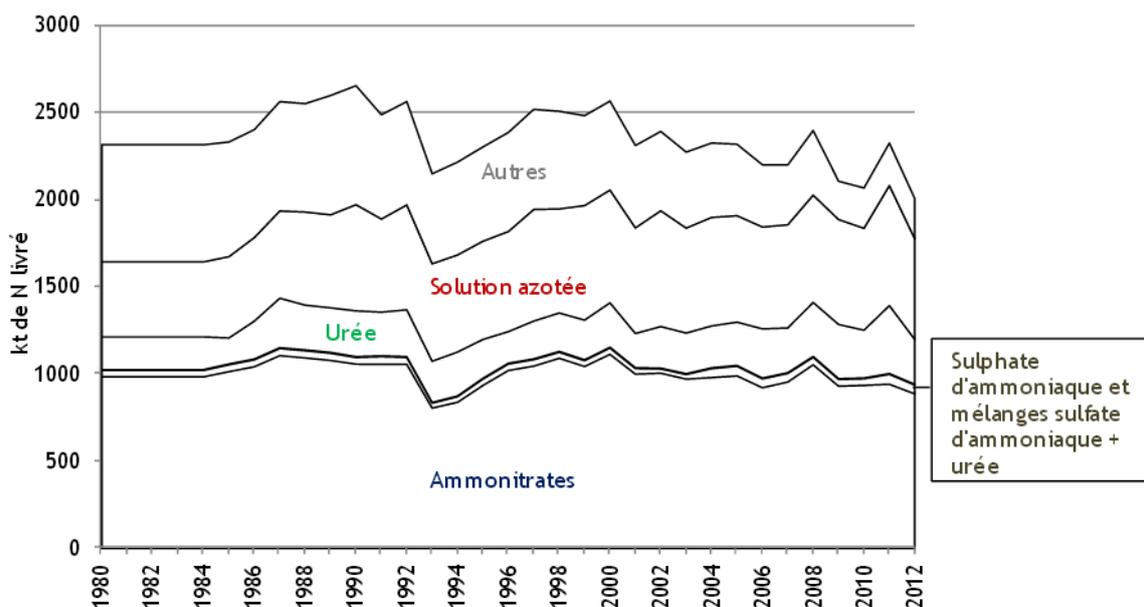
**FIGURE 12 - REPARTITION DES PRODUCTIONS VEGETALES SUR LA SOLE AGRICOLE EN 2010 (SAA, 2014) ET EN 2035 POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS. LES SCENARIOS « ENERGIE-GES » SE CARACTERISENT PAR UN DEVELOPPEMENT IMPORTANT DES LEGUMINEUSES EN CULTURES PURES (PROTEAGINEUX ET PRAIRIES ARTIFICIELLES) POUR REPRESENTER PRES DE 6 A 8% DE LA SAU EN 2035 CONTRE 2% EN 2010.**

**Impact sur les émissions de GES et leviers d'action :** A l'échelle nationale, les émissions de N<sub>2</sub>O des sols agricoles représentent le principal poste d'émissions des cultures avec près de 45% des émissions agricoles en lien avec l'utilisation de fertilisants azotés minéraux et organiques (Pellerin et al., 2013). A cela s'ajoutent, les consommations de fuel pour les travaux au champ, principalement le labour, le chauffage des serres et le séchage des récoltes. La mise en cultures de prairies permanentes est aussi à l'origine de déstockage d'une partie du carbone stocké dans le sol (cf. plus haut). Des actions peuvent être engagées aux niveaux des itinéraires techniques et des rotations pour réduire les consommations de fuel, les émissions de N<sub>2</sub>O, stocker du carbone dans les sols et la biomasse, et produire des énergies renouvelables en substitution des énergies fossiles. Parmi celles identifiées à fort potentiel national par l'ADEME, on peut noter : la réduction des apports de fertilisants azotés de synthèse (ADEME, 2015 - Fiche Références n°2) via notamment leur substitution par des engrais organiques (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°8), le développement des techniques culturales simplifiées (ADEME, 2015 - Fiche Références n°1 et 3), la mise en place de couverts végétaux pendant les périodes d'interculture (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°4), l'intégration de légumineuses fixatrices d'azote dans les rotations en cultures pures ou en association (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°5), la préservation des linéaires de haies et le développement de l'agroforesterie (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°6). Certaines de ces pratiques sont considérées comme structurantes car leur mise en œuvre implique des modifications importantes des stratégies de fertilisation et

de protection de cultures, et des productions. C'est particulièrement le cas des techniques culturales simplifiées et de l'agroforesterie.

Afin de simplifier la lecture des scénarios, trois systèmes de production végétale ont été définis : conventionnel, production intégrée et biologique. Ces systèmes permettent d'intégrer de manière plus ou moins importante les différents leviers d'atténuation, et ceci de manière plus ou moins combinée. Ainsi, dans nos scénarios :

- l'agriculture conventionnelle se focalise sur la poursuite de l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des intrants, sans modification forte des rotations de cultures et de la logique de leur conduite. Dans un contexte de changement climatique et d'évolution des stratégies de protection des cultures (plan Ecophyto), les rendements des principales cultures céréalières n'évoluent pas à l'horizon 2035.
- l'agriculture biologique se caractérise principalement dans nos scénarios par l'absence d'apport d'azote minéral de synthèse, la valorisation de fertilisants organiques et une part importante de légumineuses dans les rotations (environ 1/3 de la sole en grandes cultures biologiques). L'absence de produits phytosanitaires a très peu d'impact sur les émissions de GES. En 2035, le niveau de rendement retenu, dans une hypothèse relativement prudente, correspond à 50 ou 65% de celui de l'agriculture conventionnelle selon le niveau de diffusion de l'AB, et donc du scénario.
- la production intégrée cherche à réduire l'utilisation d'intrants extérieurs à l'exploitation, en valorisant mieux les ressources naturelles (sol et biodiversité) et les processus biologiques associés. Elle développe notamment des pratiques associées à l'agriculture biologique mais à un degré moindre (ex : 1/5 de la sole est en légumineuses). Elle autorise l'utilisation de produits phytosanitaires. Sur la base des travaux de l'INRA (Pellerin et al. 2013), il est supposé des économies d'azote minéral de synthèse allant de 35 à 50 kg N par ha en grandes cultures (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°2, n°4 et n°5). La production intégrée favorise aussi la couverture des sols et le développement des techniques culturales simplifiées, en particulier le semis direct. En 2035, le niveau de rendement correspond à 95% de celui de l'agriculture conventionnelle. Cette réduction n'est pas à considérer comme systématique mais traduit la non-recherche du rendement maximum et la prise de risque dans les stratégies de fertilisation et de protection des cultures.



Source CITEPA / format OMNEA - février 2014

Graph\_OMNEA\_4.xls/Fertilisants

**FIGURE 13 – EVOLUTION DES VENTES D'AZOTE MINERAL DE SYNTHESE EN FRANCE ENTRE 1980 ET 2012 (SOURCE : UNIFA / CITEPA). ENTRE 1990, OU LES VENTES ONT ATTEINT LEUR NIVEAU MAXIMUM, ET 2012, LES VENTES ONT BAISSÉ DE 24%.**

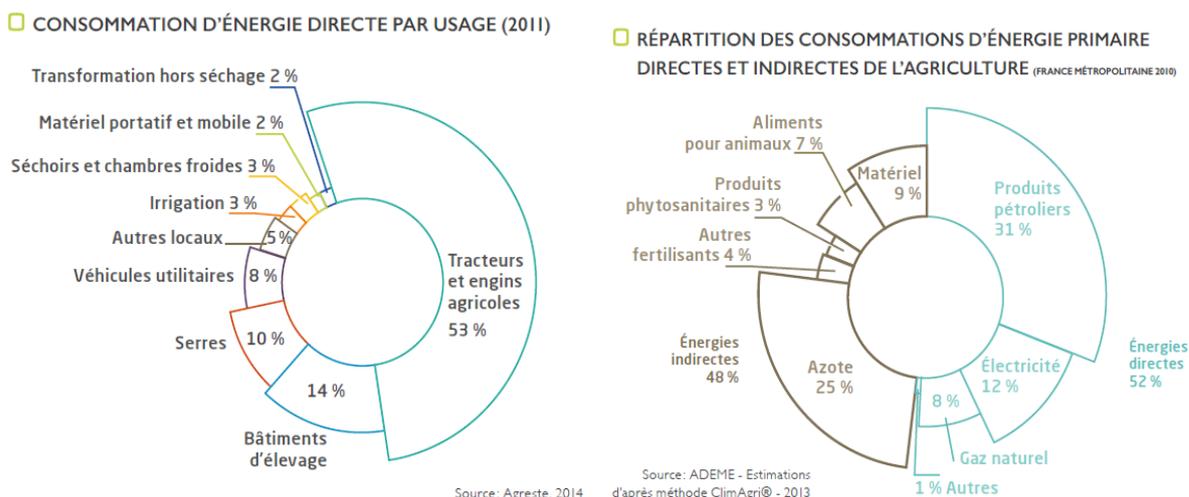
**Scénarios « Tendanciels » :** Ces scénarios se traduisent par une baisse de l'utilisation de l'azote minéral de synthèse à l'échelle nationale (entre 12 et 15%) via principalement la poursuite des gains en efficacité des apports (10%), l'artificialisation de surfaces agricoles et la poursuite du développement de l'agriculture biologique qui atteint 5 et 6% de la SAU en grandes cultures dans les scénarios tendanciels « ADEME » et « DGEC AME », respectivement. Les surfaces en légumineuses progressent en conséquence, principalement les prairies artificielles (ex : luzerne), en particulier dans le scénario DGEC AME. L'agroforesterie « en plein champ » se développe mais reste très marginale, entre 28 000 et 65 000 ha en 2035. Les linéaires de haies poursuivent leur diminution dans le scénario ADEME tandis qu'ils sont stabilisés pour le scénario DGEC AME autour de 500 000 ha. Par ailleurs, les industries de la fertilisation européenne parviennent à des réductions de 80% des émissions de N<sub>2</sub>O à la production (source : UNIFA) sur la base d'une réglementation européenne incitative.

**Scénarios « Energie-GES » :** L'utilisation d'azote minéral de synthèse est réduite plus fortement (-40% par rapport à 2010) en raison d'un plus fort développement de l'agriculture biologique (notamment 15% de la SAU en grandes cultures) et de la production intégrée (25% des surfaces en grandes cultures). Les surfaces en cultures de légumineuses progressent très fortement que ce soit les légumineuses à graines ou fourragères, pour atteindre près de entre 6 et 8% de la SAU. En parallèle, les progrès de la R&D permettent une amélioration de leurs rendements et de leur stabilité. 80% des cultures de printemps sont précédées d'un couvert intermédiaire. 122 000 ha de cultures sont conduits en agroforesterie. Les linéaires de haies progressent de 50 000 ha pour le scénario DGEC AMS 2 et de 80 000ha pour le scénario ADEME. La part des surfaces dédiées à la production de biocarburants est stabilisée.

## L'EFFICACITE ENERGETIQUE ET LA PRODUCTION D'ENERGIE RENOUELABLE EN AGRICULTURE

### La consommation d'énergie

En 30 ans, la consommation énergétique de l'agriculture française a augmenté régulièrement. Elle est passée de 3,9 Mtep<sup>19</sup> en 1981 à 4,6 Mtep en 2013<sup>20</sup>. Cependant, sur ces dernières années (2005-2013), cette consommation en énergie directe s'est stabilisée en moyenne à 4,4 millions de tep soit moins de 3% de la consommation énergétique nationale. Les produits pétroliers représentent 78% des sources d'énergies. Ils servent de carburants pour les machines agricoles, pour chauffer les bâtiments d'élevage et les serres. Viennent ensuite l'électricité (16%) utilisée notamment dans les salles de traites et en élevage porcin et le gaz naturel (5%) pour le chauffage des serres. La biomasse tend à se développer mais ne représente encore que 1% de l'énergie consommée. Elle s'est notamment développée dans le domaine des serres pour représenter 18% des surfaces chauffées en 2011<sup>21</sup>. Par usage, l'alimentation des tracteurs<sup>22</sup> et engins automoteurs représente 53% de la consommation totale de l'agriculture. Viennent ensuite les bâtiments d'élevage (14%) et les serres (10%). Les autres secteurs consommateurs d'énergie (irrigation, séchage et transformation,...), représentant une faible part des consommations, n'ont pas fait l'objet d'une approche détaillée. Il est à noter que l'agriculture consomme aussi de l'énergie indirectement pour la production des intrants (alimentation animale, fertilisants, produits phytosanitaires) et des matériels qu'elle utilise.



**FIGURE 14 - CONSOMMATION D'ENERGIE EN AGRICULTURE EN FRANCE : (1) CONSOMMATION D'ENERGIE DIRECTE PAR USAGE EN 2011 ET (2) CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE DIRECTES ET INDIRECTES EN 2010**

**Impact sur les émissions de GES et leviers d'action :** La consommation énergétique de l'agriculture représente environ 10% des émissions de GES du secteur (Pellerin et al. 2013), principalement par la combustion d'énergies fossiles (pétrole, gaz). Divers leviers d'actions existent afin d'améliorer le bilan énergétique et de réduire la consommation d'énergie fossiles pour les systèmes de production agricoles (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°1). Pour les engins agricoles, on peut citer la mise en œuvre des techniques culturales simplifiées (TCS) (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°3), l'entretien et le réglage des tracteurs, l'éco-conduite. On estime que les TCS sont le principal gisement d'économie d'énergie avec des gains moyens compris entre 20 à 40% à l'hectare. Au niveau des bâtiments d'élevage et des serres, les leviers se situent au niveau de l'isolation des bâtiments, l'optimisation de la gestion de l'ambiance, la

<sup>19</sup> Ministère de l'agriculture, Agreste, 1992, *Les consommations d'énergie en 1992 dans les exploitations agricoles, les CUMA et les ETA*

<sup>20</sup> ADEME, 2014, *Climat, air et énergie, Chiffres-clés, édition 2014*

<sup>21</sup> Brajeul E., Grisey A., 2013, *L'énergie chez les serristes en tomate et concombre : évolution du parc de serres et des équipements de chauffage*, CTIFL, Infos CTIFL, mars 2013, n°289.

<sup>22</sup> Ministère de l'écologie, CGDD, 2013, *En matière d'énergie, les exploitations agricoles consomment majoritairement des produits pétroliers*, Chiffres et statistiques, mai 2014, n°517

récupération de chaleur, ... Les chiffres actuels vont jusqu'à 50% d'économies d'énergie. En septembre 2015, 14 actions et équipements sont éligibles aux certificats d'économies d'énergie<sup>23</sup>.

### La production d'énergies renouvelables

En produisant des énergies renouvelables, l'agriculture participe à la substitution des énergies fossiles par des énergies moins émettrices de gaz à effet de serre. Tout d'abord, elle possède surtout la capacité de produire de l'énergie à partir de la biomasse (cultures et résidus de cultures, effluents d'élevage et production de bois) pour la fabrication de biocarburants, par la combustion pour la production de chaleur ou d'électricité, et par la méthanisation pour la production de biogaz valorisable en électricité, chaleur et carburant.

Ainsi la surface de cultures dédiées à la production de biocarburants représenterait environ 1.1 millions d'hectares en 2013 dont près de 80% pour le biodiesel.

Par l'entretien des haies et du bocage, les exploitations agricoles produisent un volume important de bois destiné à l'énergie. Cependant, depuis 2000, les plans d'approvisionnement des projets de production de chaleur supérieurs à 100 tep font apparaître un tonnage très limité aux alentours de 100 000 tonnes sur 3 000 000 de tonnes pour les sous-produits agricoles et industriels. Essentiellement utilisé pour l'autoconsommation ou en circuit court, les quantités de bois issus des exploitations agricoles sont difficiles à estimer.

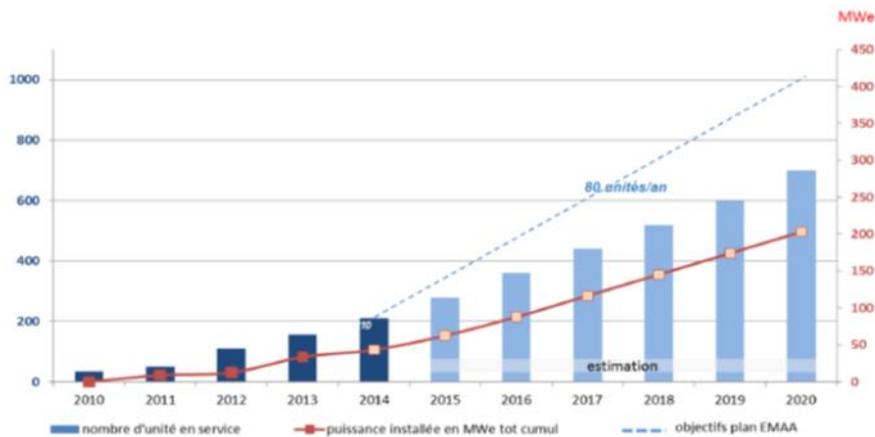
Depuis quelques années, la méthanisation se développe rapidement. Fin 2014, 208 installations de méthanisation agricoles (individuelles ou collectives) étaient en fonctionnement produisant électricité, chaleur, ou en injectant du biogaz dans le réseau. Il est à noter que la méthanisation des effluents d'élevage est aussi un levier identifié pour limiter les émissions de méthane qui leur sont associées (ADEME, 2015 - Fiche Référence n°8).

L'agriculture gère également une surface importante susceptible d'accueillir des unités de production d'énergie renouvelable comme les éoliennes et les centrales photovoltaïques sur bâtiment ou au sol. Dans des scénarios prospectifs, pour atteindre un mix électrique 100% renouvelable en 2050<sup>24</sup>, les bâtiments agricoles représenteraient 17% des puissances installées.

**Scénarios tendanciels :** Les gains en efficacité énergétique (5 à 10%) sont principalement liés à des investissements dans l'isolation des bâtiments et des serres, la récupération de chaleur et à la généralisation des bonnes pratiques notamment dans le machinisme agricole dans le cadre de la mise en œuvre des certificats d'économie d'énergies et le plan pour la compétitivité et l'adaptation des exploitations agricoles (PCEA). Les installations de méthanisation à la ferme et centralisées connaissent un développement de 70 à 80 nouvelles installations par an comparable aux objectifs du plan EMAA (figure 15), avec 1700 à 2000 installations en 2035, traitant 10 à 12% des déjections animales maîtrisables. La part des surfaces en biocarburants est stabilisée.

<sup>23</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Fiches-d-operations-standardisees-.html>

<sup>24</sup> ADEME, 2015, *Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050*.



**FIGURE 15 - EVOLUTION ET PERSPECTIVES A L'HORIZON 2020 DU PARC D'UNITES DE METHANISATION A LA FERME ET CENTRALISEES (SOURCE : ADEME). LA COURBE EN POINTILLES CORRESPOND A UNE PROJECTION DES OBJECTIFS DU PLAN ENERGIE METHANISATION AUTONOMIE AZOTE (EMAA).**

**Scénarios « énergie – GES » :** Les gains en efficacité énergétique sont ici amplifiés par rapport aux scénarios tendanciels avec des investissements soutenus au niveau des bâtiments d'élevage, la mise en œuvre d'innovations techniques (ex : dans la gestion climatique des serres, la sélection variétale, les bâtiments d'élevage à énergie positive) et le développement des techniques culturales simplifiées.

En 2035, la biomasse agricole va jouer un rôle important pour la production d'énergies renouvelables. Dans les scénarios « énergie-GES » ADEME et DGEC AMS 2, les politiques de soutien à la méthanisation permettent un développement très important des installations, avec, respectivement 30% et 40% des déjections traitées en 2035. Cela se traduit par 4500 à 6000 installations liées à l'activité agricole et produisant 42 à 50TWh d'énergie. Avec le recul des cheptels bovins, des fauches de prairies peuvent être valorisées en méthanisation, en particulier dans des systèmes d'élevage à l'herbe et des zones à enjeux pour la protection des eaux. Pour les deux scénarios, la part des surfaces en biocarburants est stabilisée.

Le groupe de travail « Agriculture » n'a pas étudié les autres sources de biomasse pouvant être valorisées énergétiquement. Néanmoins, quelques éléments peuvent être donnés. Actuellement, le gisement mobilisable global est estimé est de 8,2 Mtep valorisées par la combustion, la méthanisation ou la production de biocarburants (estimation ADEME). Le développement de la valorisation des haies et des résidus de cultures pérennes représente 1,8 Mtep. Il nécessiterait néanmoins le déploiement de filières spécifiques. Les résidus de culture représentent le gisement le plus important avec 2,4 Mtep, en tenant compte d'un maintien d'un retour significatif au sol. La valorisation des cultures intermédiaires offre un potentiel de 0,4 Mtep.

## CONCLUSION

La comparaison des scénarios, construits et évalués à l'aide de l'outil ClimAgri®, a mis en évidence **l'importance des données d'activité** (par exemple : surface disponible pour l'agriculture, taille des cheptels notamment bovins), dont l'influence, positive ou négative, sur les émissions de gaz à effet de serre, peut s'avérer supérieure aux mesures d'atténuation (par exemple : méthanisation des déjections animales). Au niveau de l'élevage, **le nombre de bovins et leur mode d'alimentation**, constituent des variables de 1<sup>er</sup> ordre pour deux raisons : d'une part, les émissions de GES liées à la fermentation entérique des bovins représentent un poste d'émission majeur; d'autre part, l'alimentation des animaux représente aujourd'hui une part majoritaire de la SAU française. Au niveau des cultures, la **réduction de la fertilisation minérale azotée et sa substitution par des sources d'azote organique** (ex : légumineuses, effluents d'élevage) est un levier majeur. L'**artificialisation des sols** sous la pression urbaine et le **retournement des prairies** constituent des facteurs clés en raison du déstockage du carbone présent dans les sols. Au bilan, ces scénarios mettent en évidence la possibilité physique d'atteindre une réduction des émissions de GES de 20% environ en 2035 pour l'agriculture et la forêt, en utilisant l'ensemble des leviers disponibles. Le levier stockage de carbone dans les sols et la biomasse est significatif mais doit être considéré à une échelle plus globale intégrant les forêts et l'artificialisation des sols. Le développement des énergies renouvelables basées sur la biomasse permet de contribuer à l'atténuation des émissions de GES grâce à la substitution de ressources fossiles, tous secteurs d'activités confondus, et elle est une source de diversification des revenus pour les agriculteurs. La substitution ne permet cependant qu'une réduction limitée des émissions du secteur, comme les consommations énergétiques ne représentent que 10% des émissions agricoles.

Plusieurs perspectives à ce travail sont à considérer :

- les scénarios ont été construits pour l'échelle nationale (métropole) et ne permettent pas de décrire la diversité des situations locales. Un travail de régionalisation/territorialisation des scénarios s'avère donc essentiel. Ce travail a déjà été engagé par plusieurs territoires s'appuyant sur la démarche ClimAgri® ou la démarche Afterres. Les régions et territoires ultramarins sont aussi à considérer.
- les scénarios ne reposent aujourd'hui que sur des hypothèses physiques et matérielles. L'enjeu désormais consiste à déterminer les conditions économiques et sociales nécessaires pour permettre la réalisation de tels scénarios, dans une volonté de durabilité, et à proposer, le cas échéant, les politiques publiques et les actions privées adéquates. Une évaluation socio-économique du scénario « énergie-GES » ADEME a été initiée en 2015.
- la connaissance des émissions de GES liées à l'agriculture et des moyens de les réduire progresse fortement depuis plusieurs années et ont permis d'identifier des leviers d'actions importants (Pellerin et al. 2013). Les travaux de recherche se poursuivent, notamment dans le cadre du programme de R&D REACTIF « REcherche sur l'Atténuation du Changement Climatique par l'agriculture et la Forêt » de l'ADEME. Les nouveaux résultats permettront d'affiner les scénarios et leur évaluation, par exemple pour le stockage de carbone dans les sols ou avec les progrès sur l'alimentation des bovins visant à réduire les émissions de méthane entérique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEME-MAAF, 2012. « Agriculture et Facteur 4 ». Etude réalisée par Solagro. (disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- ADEME, 2012. Les émissions agricoles de particules dans l'air – Etat des lieux et leviers d'actions » (disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- ADEME, 2013. « Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050 » (<http://www.ademe.fr/recherche-innovation/construire-visions-prospectives/scenarios-2030-2050-vision-energetique-volontariste>)
- ADEME, 2014. « Alléger l'empreinte environnementale de la consommation des français en 2030 – Vers une évolution profonde des modes de production et de consommation » (disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- ADEME, GISSOL, 2014. Carbone organique des sols : l'énergie de l'agroécologie, une solution pour le climat (disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- ADEME, 2014. Agriculture & Environnement. Des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie. Collection « Connaître pour agir » (disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- ADEME, 2014, Climat, air et énergie, Chiffres-clés, édition 2014
- ADEME-MEDDE-INRA, 2015. Agriculture et pollution de l'air – Impacts, contributions et perspectives. PRIMEQUAL (disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- ADEME, 2015, Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050.
- Agreste, 2014. Graphagri : l'agriculture, la forêt et les industries agro-alimentaires.
- Agreste, 2015. L'artificialisation des terres de 2006 à 2014 : pour deux tiers sur des espaces agricoles. Agreste Primeur n°326.
- Brajeul E., Grisey A., 2013, L'énergie chez les serristes en tomate et concombre : évolution du parc de serres et des équipements de chauffage, CTIFL, Infos CTIFL, mars 2013, n°289.
- CEP, MAAF. « Prospective Agriculture Energie 2030 : l'agriculture face aux défis énergétiques », , 2010.
- CGAAER, 2014. Les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique. 51p.
- Citepa 2015. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France : séries sectorielles et analyses étendues.
- COM(2011)-112, Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050.
- Delgoulet E., Schaller N., Claquin P., 2014. L'agriculture française face au défi climatique : quelles perspectives d'atténuation de ses émissions de gaz à effet de serre ? Note d'analyse n°73 du Centre d'études et de prospective du ministère en charge de l'agriculture.
- Dollé J.B., Agabriel J., Peyraud J.L., Faverdin P., Manneville V., Raison C., Gac A., Le Gall A., 2011. Les gaz à effet de serre en élevage bovin : évaluation et leviers d'action. In : Gaz à effet de serre en élevage bovin : le méthane. Doreau M., Baumont R., Perez J.M. (Eds). Dossier, INRA Prod. Anim. 24, 415-432.
- Doreau M. Martin C. Eugène M., Popova M., Morgavi DP. 2011. Leviers d'action pour réduire la production de méthane entérique par les ruminants. INRA Prod. Anim., 2011, 24 (5), 461-474
- Eugène, M., Doreau, M., Lherm, M., Viallard, D., Oueslati, K., Faverdin, P., Sauvart, D. (2012). Projet « MONDFERENT » - Emissions de méthane par les bovins en France (Rapport N° Programme 154 Action 14 Sous action 12).
- GIEC, 2013. Cinquième rapport d'évaluation (AR5) - Contribution du Groupe de travail I "Les éléments scientifiques.
- IDELE, 2014. Quelle production française de viande bovine à l'horizon 2020 ? Economie de l'élevage n°450.
- IDELE, 2015. Elevage de ruminants et changement climatique. 24p.

- Ministère de l'agriculture, Agreste, 1992, Les consommations d'énergie en 1992 dans les exploitations agricoles, les CUMA et les ETA.
- Ministère de l'écologie, CGDD, 2013, En matière d'énergie, les exploitations agricoles consomment majoritairement des produits pétroliers, Chiffres et statistiques, mai 2014, n°517
- MEDDE, 2015. Projet de stratégie nationale bas carbone (SNBC), 199p.
- Pellerin S, Bamière L. et al. 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. » INRA, ADEME, Ministères en charge de l'agriculture et de l'écologie. (disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- Solagro, 2014. « Afterres 2050 : un scénario soutenable pour l'agriculture et l'utilisation des terres en France à l'horizon 2050 ».

## ANNEXE 1 - L'OUTIL D'ÉVALUATION

### L'OUTIL CLIMAGRI®

L'outil ClimAgri® a initialement été développé en 2009 par Solagro et Bio Intelligence Service pour le compte de l'ADEME. Des évolutions et améliorations sont régulièrement apportées en fonction des besoins identifiés ou de l'amélioration des connaissances. L'outil ClimAgri® est un tableur permettant, à partir de la saisie de données relatives à un territoire, d'estimer pour l'agriculture et la forêt :

- les consommations d'énergie (directes et indirectes) ;
- les émissions de gaz à effet de serre (directes et indirectes) ;
- le stock de carbone lié aux sols agricoles et forestiers, ainsi qu'à la biomasse forestière ;
- la production de matière première agricole et forestière, ainsi que la performance nourricière du territoire.

La première étape consiste à renseigner les caractéristiques des productions végétales : description des productions, des intrants, des pratiques et itinéraires techniques, des rendements. La seconde étape consiste à décrire les bioconversions, c'est-à-dire les transformations des fourrages et concentrés en production d'œufs, de lait et de viande, en décrivant les cheptels, les intrants et les pratiques d'élevage. A l'issue d'une étape de consolidation à partir du bilan azote et alimentation animale, le tableur produit une estimation des consommations d'énergie et gaz à effet de serre du territoire, par poste de production, par type d'énergie et de gaz, de la phase amont (ex : production des fertilisants et produits phytosanitaires) jusqu'aux portes de la ferme. Plusieurs indicateurs environnementaux complémentaires sont également produits.

Au-delà de l'outil de calcul, ClimAgri® est une démarche de projet comprenant :

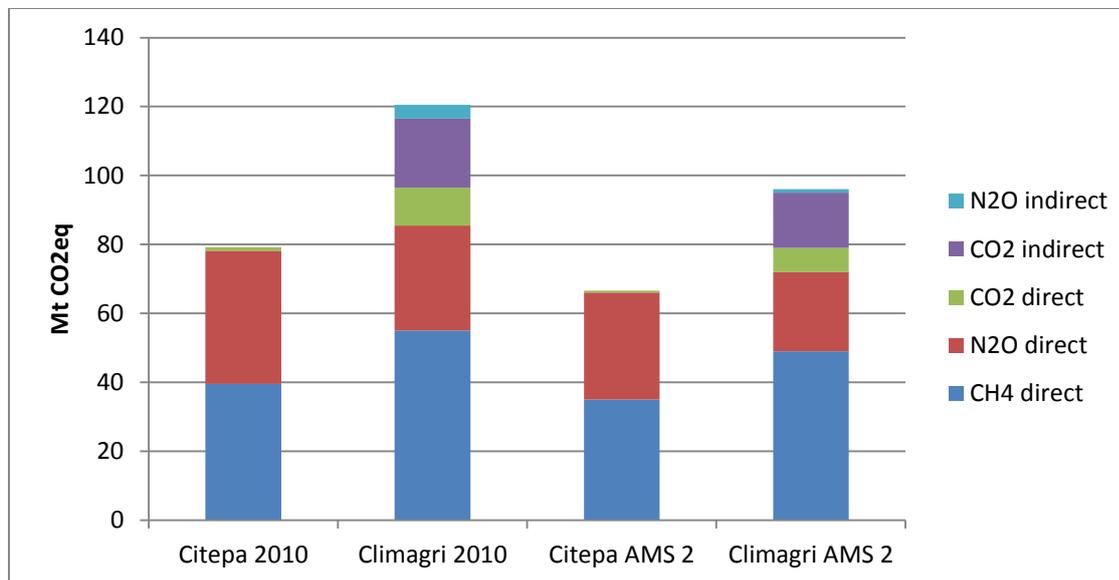
- la mobilisation d'un comité de pilotage et la sensibilisation des acteurs impliqués ;
- la collecte des données ;
- l'élaboration du diagnostic et les simulations ;
- la valorisation des résultats et la mise en place d'un plan d'action.

La mise en œuvre d'une démarche ClimAgri® concourt donc à la création d'une dynamique de territoire. ClimAgri® se positionne ainsi comme un outil d'animation, autour des enjeux énergie et GES pour l'agriculture et la forêt, à l'échelle d'un territoire. La diffusion de ClimAgri® s'intègre dans le cadre des Plans Climat-Energie Territoriaux.

Une version « expert » de ClimAgri adaptée à la réalisation de scénarios a été développée en 2015 dans le cadre de ce projet.

### COMPARAISON DES RESULTATS CLIMAGRI® / CITEPA

L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre par ClimAgri et par les outils d'inventaire du CITEPA donne des résultats différents (figure 16).



**FIGURE 16 - COMPARAISON DES SIMULATIONS REALISEES PAR LE CITEPA SELON LA METHODE DE L'INVENTAIRE NATIONAL ET DES SIMULATIONS REALISEES AVEC CLIMAGRI® POUR L'ANNEE 2010 ET LE SCENARIO AMS 2.**

Ces écarts, qui ne remettent pas en cause les principaux postes d'émissions ni l'intérêt des différentes mesures d'atténuation, s'expliquent par plusieurs paramètres :

- le périmètre : ClimAgri® intègre les émissions de GES indirectes (liées à la fabrication des intrants azotés, à l'alimentation animale importée...) alors que la méthode de l'inventaire national se concentre sur les émissions directes uniquement. De plus, les émissions liées aux consommations d'énergie (ex : travail du sol) y sont reportées dans la rubrique (SNAPs 02 et 08) de l'inventaire, et non sous la rubrique agriculture (SNAP 10).
- les PRG (Potentiel de Rechauffement Global) associés au gaz à effet de serre : ClimAgri® utilise les PRG issus du dernier rapport du GIEC (2014), le CITEPA utilise les PRG issus du quatrième rapport du GIEC (2006). Le poids du méthane est donc renforcé par rapport à celui du N<sub>2</sub>O dans les valeurs les plus récentes (tableau 3).

**TABLEAU 3 - PRG UTILISES DANS LA METHODE DE L'INVENTAIRE NATIONAL ET DANS CLIMAGRI®**

PRG	Inventaire (GIEC, 2006)	Climagri® (GIEC, 2014)
CO <sub>2</sub>	1	1
CH <sub>4</sub>	25	28
N <sub>2</sub> O	298	265

- Les méthodes de calcul sont toutes les deux basées sur les lignes directrices de 2006, avec quelques différences d'interprétations. Par exemple, les émissions de méthane de la fermentation entérique sont calculées depuis 2013 dans l'inventaire avec une équation paramétrée avec des données nationales (Eugène et al. 2012) alors que Climagri® utilise une équation plus générique mais qui permet de tenir compte de la digestibilité des rations.

La méthode utilisée pour l'inventaire est décrite dans le guide OMINEA disponible sur le site du Citepa, celle utilisée dans Climagri® dans le guide méthodologique disponible auprès de l'ADEME.