



Les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique

Établi sous la coordination de

Marie Laurence Madignier, Guillaume Benoit et Claude Roy

Avec la participation de

**Barbara Bour Desprez, Jean-Pierre Chomienne, Michel de Galbert, Jean Gault,
Max Magrum, Yves Marchal, Yves Riou, Jean-Marie Seillan et Jacques Teyssier d'Orfeuille**

Membres du CGAAER

février 2015

*« L'objectif ultime de la Convention des Nations Unies sur le changement climatique est de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau et dans un délai suffisant pour... que la production alimentaire ne soit pas menacée »
(Article 2 de la Convention)*

Crédit photo :

page 1 : alaingrandjean

page 26 : elsoar.com

page 78 : notreterre.org

Avertissement 1 : les chiffres contenus dans ce rapport sont issus d'études référencées quand elles existent ou, en leur absence, ils sont établis à dire d'experts après avoir été débattus lors de trois séminaires spécialisés tenus en décembre 2014.

Avertissement 2 : La présente version (version 3 ; février 2015), qui fait suite à trois séminaires spécialisés tenus en décembre 2014, se substitue aux précédentes éditions datées de septembre 2014 et d'octobre 2015.

Sommaire

ÉDITO	5
1. LE CONTEXTE	15
2. L'AGRICULTURE ET LA FORÊT FACE AU DÉFI DE L'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE : LA PROBLÉMATIQUE MONDIALE	17
1. Le dérèglement du climat et ses causes	17
2.2. Le « vivant » stocke du carbone et joue un rôle d'amortisseur climatique.....	17
2.3. La part de l'agriculture et de la forêt dans les émissions mondiales de GES.....	21
2.4. L'importance stratégique du secteur des terres pour réussir l'atténuation.....	23
2.5. Deux priorités d'action au niveau mondial : la gestion de la forêt et la restauration des terres dégradées	24
2.6. Les pertes et gaspillages alimentaires, sources conséquentes d'émissions de GES	24
3. LES ÉMISSIONS DE GES DU SECTEUR DES TERRES EN FRANCE	27
3.1. Les chiffres officiels de l'inventaire national	27
3.1.1. Le secteur de l'agriculture	27
3.1.2. Le secteur des forêts et de l'usage des terres	28
3.2. Un bilan intégrant les consommations d'énergie et les effets « absorption », « stockage » et « substitution »	29
3.2.1. L'agriculture, ses filières, les prairies et les sols agricoles	29
3.2.2. La forêt et ses filières.....	31
3.2.3. Bilan global indicatif du secteur des terres en France.....	32
3.3. Les limites des méthodes actuelles de rapportage	32
3.3.1. Le problème de la segmentation	32
3.3.2. Le problème de la comptabilisation forfaitaire des émissions de GES dans le secteur des terres.....	33
4. LES LEVIERS ET POTENTIELS D'ATTÉNUATION DU SECTEUR DES TERRES EN FRANCE	35
4.1. L'utilisation du territoire : donner priorité à la préservation des terres agricoles et des prairies	35
4.1.1. Les principes retenus pour les calculs d'émissions de GES par changements d'utilisation des terres.....	35
4.1.2. L'utilisation du territoire en France et les changements observés.....	36
4.1.3. Les émissions de GES provoquées par les changements d'utilisation des terres	37
4.1.4. Les potentiels de réduction d'émissions et les leviers d'action.....	38
4.2. Une agriculture productive, sobre, résiliente et diversifiée : l'apport de l'agroécologie	40
4.2.1. L'élevage	41
4.2.2. La gestion de la fertilisation dans les systèmes de culture.....	44
4.2.3. La sobriété énergétique pour réduire les émissions de CO ₂	46
4.2.4. L'amélioration de la séquestration de carbone dans le sol et les systèmes de culture.....	47
4.2.5. Quel objectif d'atténuation à l'horizon 2030 dans les systèmes de cultures ?	49
4.2.6. Quels leviers et politiques publiques pour favoriser les évolutions préconisées ?	50

4.3. Forêt, biomasse et bio-produits, un puits de carbone dynamique et en interaction avec les autres secteurs ..	51
4.3.1. La forêt et ses filières.....	51
4.3.2. Biomasse, biofilieres et bioéconomie.....	61
4.4. Pertes et gaspillages	66
4.5. Quel objectif d'atténuation pour le secteur des terres à l'horizon 2030 ?	67
5. LES RISQUES CLIMATIQUES, VOIES D'ADAPTATION ET STRATÉGIES POUR LES FILIÈRES ET LES TERRITOIRES.....	69
5.1. Les risques qui pèsent sur l'avenir de l'agriculture et de la forêt françaises	69
5.2. Réviser nos visions sur l'eau et sur l'adaptation	70
5.3. Faire le choix de trajectoires vertueuses dans les territoires, se donner de nouvelles visions et des projets d'adaptation et/ou atténuation	71
5.4. Maladies animales et végétales : un risque sanitaire accru.....	71
Les mesures d'adaptation et d'atténuation	72
5.5. Face à l'aggravation du risque, quelle assurance ?.....	73
5.5.1 Le risque lié à l'adaptation de l'agriculture à de nouvelles situations climatiques	73
5.5.2. Le risque lié à certaines évolutions de pratiques ou de systèmes de culture favorables à l'atténuation climatique	74
6. LES ASPECTS INTERNATIONAUX : PENSER ENSEMBLE « CLIMAT ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE », « ADAPTATION ET ATTÉNUATION », « NORD ET SUD ».....	75
6.1. Au centre de la question climatique, la question de la sécurité alimentaire	75
6.2. Raisonner « secteur des terres » et comprendre les inter-relations entre agriculture, forêt, bioénergies, émissions de GES et sécurité alimentaire	77
6.3. L'agriculture climato-intelligente (« Climate Smart Agriculture ») : faire converger adaptation, atténuation et sécurité alimentaire	78
7. CONCLUSION	81
ANNEXE	83
Bibliographie sommaire	83

Édito

Le 5^{ème} rapport du GIEC (2013-2014) a montré que le « secteur des terres » (l'agriculture/alimentation, la forêt et les sols) pourrait contribuer de 20 à 60 % au potentiel total d'atténuation des émissions planétaires de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2030. En effet, il est possible d'agir sur plusieurs leviers pour à la fois réduire les émissions du secteur et améliorer les mécanismes naturels faisant des productions des champs et des bois de véritables « pompes à carbone », capables de le stocker puis de substituer des produits bio-sourcés à des énergies et à des matériaux non renouvelables beaucoup plus émissifs de GES. L'agriculture, la forêt et les sols, ainsi que la bio-économie, sont donc clairement parties prenantes des solutions.

Le secteur des terres devra aussi pouvoir nourrir 2 milliards d'habitants en plus d'ici 2050, accroître d'au moins 60% la production alimentaire (FAO) et contribuer à améliorer l'accès de tous à l'alimentation alors qu'il est déjà touché et très menacé par les évolutions climatiques. Les conséquences pourraient être lourdes en termes de migrations et d'instabilités. La « mise en péril des moyens d'existence du fait des ruptures des systèmes alimentaires résultant des sécheresses et de la variabilité des pluies » ou « suite à un accès insuffisant à l'eau d'irrigation et à la baisse de la productivité agricole » sont en effet deux des six grands risques mondiaux identifiés par le GIEC avec une « confiance élevée ». L'Afrique et le Moyen Orient sont notamment concernés mais l'Europe est et sera aussi clairement touchée.

La prise en compte des enjeux de la sécurité alimentaire et la réussite de l'adaptation de l'agriculture et de la forêt, constituent donc, à tous les niveaux de territoires, y compris en Europe, un impératif d'importance cruciale. La réussite de l'adaptation conditionne aussi directement la possibilité, pour le secteur des terres, de contribuer, comme il le doit, à l'effort d'atténuation.

Ces questions relatives au secteur des terres, à la sécurité alimentaire et aux contributions « carbone » d'origine photosynthétique, propres à l'agriculture et à la sylviculture, sont cependant demeurées insuffisamment comprises et mesurées du fait de leur complexité.

Alors que la France s'appête à accueillir au mois de décembre 2015 le prochain sommet climatique et se doit de montrer l'exemple, M. Stéphane Le Foll, Ministre de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt, a demandé au Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER), qu'il préside, un rapport sur les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt française à la lutte contre le changement climatique. Le CGAAER était invité plus précisément à revisiter les chiffres des émissions actuelles du secteur des terres en France et à explorer les marges de progrès possibles à l'horizon 2030 ainsi que les leviers d'action, tout en prenant en considération les aspects internationaux, la question de l'adaptation, et la nécessité de pouvoir satisfaire les besoins alimentaires des populations.

Le présent rapport est le résultat de cette commande. Son originalité tient à son approche transversale, chiffrée, et indépendante des méthodes cloisonnées des négociations climatiques, lesquelles ne permettent pas de rendre compte de la responsabilité réelle et des progrès possibles du secteur des terres. Son élaboration s'est appuyée sur la lecture du rapport du GIEC, sur des travaux nationaux, notamment ceux de l'Institut national de la recherche agronomique et de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, sur les connaissances des auteurs et sur des entretiens. Suite à la publication à l'automne 2014 des versions d'étapes n°1 et 2 du rapport, le CGAAER a organisé en décembre 2014 trois séminaires d'experts dédiés respectivement aux changements d'utilisation du territoire, à l'agriculture/élevage et aux forêts/filière bois et bio-filières. Ces séminaires ont réuni, autour des auteurs du rapport, des membres des administrations en charge de l'agriculture, des forêts et de l'environnement, de leurs établissements publics, d'instituts techniques (institut de l'élevage, centre technique interprofessionnel d'études de la pollution atmosphérique), d'organismes de recherche agronomique et de conseil afin de mettre en débat les résultats et de dégager des pistes d'approfondissement.

L'intérêt de l'approche retenue par le rapport du CGAAER a été unanimement reconnu. Les ordres de grandeur des potentiels d'atténuation avancés ont été globalement validés, pour la plupart. L'approche transversale suivie, à laquelle le rapport du GIEC invitait, correspond en effet à la réalité physique de « ce que voit l'atmosphère » et elle permet de proposer un chiffrage réaliste des gains possibles du secteur des terres en France à l'horizon 2030, tout en prenant en compte les enjeux d'emplois et de sécurité alimentaire.

La présente version du rapport (version 3) tient compte des apports des 3 séminaires. Elle montre qu'en jouant à la fois sur l'évolution des pratiques agricoles, sur la réduction des gaspillages alimentaires, sur la préservation des terres agricoles et des prairies, sur la gestion dynamique de la forêt et sur la production et la bonne valorisation de bio-produits (biomatériaux, bioénergies dont le biogaz, chimie verte...), **le secteur des terres pourra contribuer à plus du quart de l'objectif fixé de réduction des émissions nationales de GES à l'horizon 2030-2050**, avec, à la clef, d'importants co-bénéfices.

L'étude du CGAAER vient conforter le bien-fondé de la politique de transition agro-écologique, tout en montrant la nécessité d'une meilleure mobilisation et d'un meilleur stockage des ressources en eau, ce que le rapport du GIEC a aussi bien mis en avant. Malgré les baisses d'écoulements annoncées, les ressources en eau resteront d'ailleurs encore relativement très abondantes dans notre pays alors que les pénuries dans le Sud et l'Est méditerranéens, déjà fortes, vont, dans le même temps, s'accroître dramatiquement. Les pays à ressources en eau abondantes devront donc produire davantage pour contribuer à sécuriser les approvisionnements des pays en déficit structurel croissant.

Le rapport insiste également sur les atouts de la forêt. Une exploitation sylvicole dynamique, opérée par une meilleure mobilisation du gisement, par un raccourcissement des cycles de production et par une relance du reboisement, favoriseraient le captage de carbone. L'augmentation induite de la production de bois (bois d'œuvre pour la construction, bois-énergie...), venant se substituer à des matériaux ou matières premières non renouvelables, aurait aussi un impact très favorable sur le bilan carbone du pays.

Enfin, au plan international, le rapport recommande de bien penser ensemble « climat et croissance/sécurité alimentaire », « agriculture, forêt, eau et sols », « adaptation et atténuation », « Nord et Sud » ; ce qui pourrait contribuer au rapprochement des positions et au succès des négociations. La mise en place de politiques ambitieuses de mise en mouvement de l'agriculture familiale, à l'exemple de ce que le Maroc, le Brésil ou le Vietnam ont initié, une gestion plus productive et plus durable de l'eau, des sols et des forêts, et le développement de la bio-économie sont autant de nécessités impérieuses. Notre ambition doit aussi être celle de l'innovation et de la promotion d'une agriculture climato-intelligente (« Climate Smart Agriculture »), c'est-à-dire visant à conjuguer adaptation, atténuation et sécurité alimentaire, et de type agro-écologique. Il en va directement de la préservation des biens publics mondiaux (climat, sécurité alimentaire, biodiversité) et du maintien de la stabilité africaine, euro-méditerranéenne et mondiale.

Je tiens à signaler que le document a déjà reçu un accueil très positif au niveau européen et je remercie l'ensemble de ceux qui ont apporté leur contribution à son élaboration.

Le Vice-président du CGAAER

Bertrand Hervieu

Le contexte

La question agricole et forestière, imparfaitement prise en compte depuis l'origine même du Protocole de Kyoto, est probablement appelée à prendre une importance croissante dans la future négociation sur le Changement climatique qui se tiendra à Paris en décembre 2015 (COP 21).



En effet :

- Les deux secteurs agricoles et forestiers sont « crédités » de 24 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES).
- Les productions des champs et des bois, si elles sont effectivement émissives de GES, sont d'abord, grâce à la photosynthèse, de véritables pompes à carbone efficaces, sobres en énergie et créatrices de valeur et d'emplois. Elles constituent ainsi des amortisseurs uniques et efficaces de la dérive climatique de la planète.
- L'agriculture et la forêt sont et seront fortement impactées par le changement climatique, ce qui pourrait réduire leur capacité à capter du carbone atmosphérique et même à mettre en péril la sécurité alimentaire mondiale avec des risques accrus de migrations et d'instabilités régionales. Les stratégies possibles d'atténuation du changement climatique par l'agriculture et la forêt sont donc étroitement liées aux capacités d'adaptation et de résilience des systèmes agricoles et forestiers.

Si l'agriculture et la forêt sont concernées au premier chef par la question climatique, les enjeux de réduction des émissions de gaz à effet de serre ne sont pas les seuls défis pour notre planète : l'agriculture sert ainsi d'abord à nourrir les hommes, et nous serons bientôt 9 milliards. Beaucoup vivront dans des régions contraintes par la pénurie d'eau et qui seront donc dépendantes d'importations alimentaires croissantes.

Comme la forêt, l'agriculture aura de surcroît un rôle important à jouer pour substituer dans nos consommations des bio-produits (matériaux, chimie, énergies...) renouvelables à des produits issus de sources fossiles ou minérales en voie d'épuisement. Il nous faudra donc produire plus et mieux, en agriculture comme en sylviculture. Une intensification agricole et forestière intelligente est d'ailleurs un impératif pour réduire la déforestation, facteur important d'émissions de GES.

Cependant, nos sociétés largement urbanisées ont peu conscience des services vitaux que l'agriculture et la forêt, productives, renouvelables et durables, ainsi que leurs bio-filières à l'aval, rendent et pourraient rendre plus encore à la planète et à l'humanité. L'agriculture et la sylviculture constituent donc un élément majeur de la solution climatique planétaire, tout comme elles permettent d'affronter le défi alimentaire mondial.

Faire face au défi mondial de l'atténuation du changement climatique

L'accélération de l'évolution climatique est due aux émissions de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄ et N₂O principalement) générées par les activités humaines. Les principaux secteurs d'activité responsables de cette accélération sont l'énergie, l'industrie et les transports, sachant que les émissions dues à l'agriculture et à la déforestation sont plus limitées et se sont stabilisées.

Les émissions annuelles mondiales de CO₂ (38 Gt/an¹) sont majoritaires, et elles sont pour l'essentiel la conséquence directe de la combustion d'énergies fossiles. Ces émissions sont cependant compensées pour une part par le stockage additionnel et régulier de carbone dans les océans (8,4 GtCO₂/an), dans les sols et dans la biomasse terrestre (9,5 GtCO₂/an)².

Agriculture, forêt et sols : un nouveau « secteur des terres »

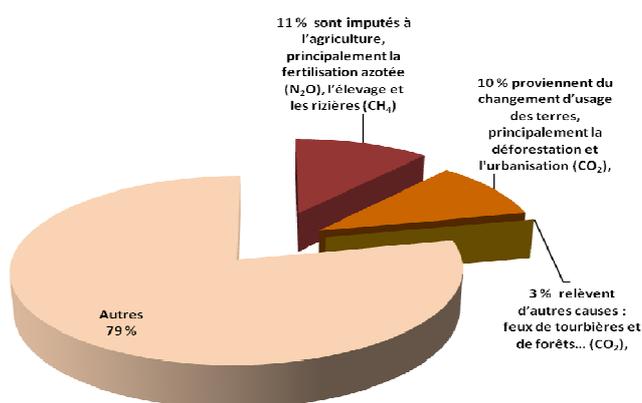
La capacité photo-synthétique de l'agriculture et de la forêt offre donc d'importantes possibilités d'atténuation des émissions nettes de GES. Les bio-filières de l'aval, (bois et fibres, agro-industries, chimie du végétal, néo-matériaux, bioénergies...) viennent encore amplifier ces sources d'atténuation des émissions nettes de GES en prolongeant dans le temps le stockage du carbone d'une part (dans le bois notamment) et en substituant d'autre part des produits bio-sourcés sobres à des produits conventionnels très émissifs de GES (bétons, métaux, hydrocarbures, chimie fossile).

L'agriculture et la forêt de production jouent donc, et joueront plus encore à l'avenir, un rôle notable d'amortisseur efficace du changement climatique.

État des lieux

Le dernier rapport du GIEC³ a d'ailleurs reconnu l'importance globale du « secteur des terres » (AFOLU en anglais ; il regroupe l'agriculture, la forêt, les sols et l'usage des terres), pour une comptabilisation intégrée des GES. Les émissions de GES de ce secteur des terres élargi sont évaluées, sous certaines réserves qui sont développées ci-après, à 24 % des émissions mondiales :

Gaz à effet de serre du « secteur terres »



¹ Gt/an : gigatonnes

² Les chiffres 8,4 et 9,5 sont les flux annuels nets sur la période 2000-2009 ; les 38 Gt/an sont les émissions globales de CO₂ les plus récentes chiffrées par le GIEC 2014 (32,6 sur la période 2000-2009).

³ GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Ces données sont toutefois à relativiser car les critères de calcul présentent encore de très fortes incertitudes. En outre, la substitution de produits biosourcés à des bases fossiles en aval n'y est pas prise en compte, tandis que l'artificialisation des sols, due notamment à l'étalement urbain est à l'origine de déstockage de carbone comptabilisé dans le secteur de l'agriculture, plutôt que dans celui de l'habitat par exemple.

Un réel potentiel

Passer alors de la tendance climatique actuelle de référence (+ 3,7 à + 4,8°C de réchauffement planétaire en 2100) au scénario qui est souhaitable (pas plus de + 2°C) supposerait de pouvoir réduire globalement de 40 à 70 % les émissions de GES d'ici 2050 par rapport à 2010. Le défi à relever est donc considérable. Il passera d'abord par la réussite rapide de la transition énergétique.

Cependant, compte tenu de ses spécificités photosynthétiques, le secteur des terres (agricole et forestier) a, dans le même temps, un rôle stratégique majeur à jouer. En combinant et en optimisant les mesures développées ci-après, il pourrait amortir une part importante (20 à 60 %) des émissions planétaires de GES d'ici 2030, puis 2050 : réduction des émissions agricoles, augmentation de la séquestration de carbone dans les sols et les produits de la biomasse, substitution de produits bio-sourcés à des produits et des hydrocarbures conventionnels, réduction des pertes alimentaires, évolution de la consommation alimentaire et élargissement des usages du bois...

Les progrès qui s'avèrent possibles pour l'atténuation des émissions de GES par le stockage de carbone (dans les sols et les produits de la biomasse), et par la substitution d'usages, sont parmi les plus importants. C'est pourquoi, au-delà de l'amélioration des pratiques agricoles et d'élevage, deux actions importantes vont devoir s'imposer au plan mondial, et en particulier dans les pays en développement : la restauration des terres, des pâturages dégradés et des sols organiques cultivés d'une part, ainsi que, d'autre part, la réduction de la déforestation, la généralisation de bonnes pratiques de gestion forestière et le reboisement.

La France : bilan carbone de l'agriculture et de la forêt

En France, les émissions annuelles de GES du compartiment « agriculture » représentent 18 % des émissions totales du pays, soit 89,7 MtCO₂eq/an⁴, et ce principalement sous forme de CH₄ (lié surtout à l'élevage) et de N₂O (lié surtout à la fertilisation azotée). Ce chiffre est en baisse depuis 1990 du fait de la double réduction du cheptel et de la fertilisation azotée. En ajoutant les émissions liées à la consommation d'énergie fossile (tracteurs, serres...), le total agricole monte à 20 % (101 MtCO₂eq/an).

Mais si l'on adjoint à ce bilan l'effet bénéfique du stockage de carbone dans les forêts et les prairies, et si l'on compte, à l'inverse, le relargage de carbone dû aux mises en cultures (retournement de prairies...) ou à l'artificialisation des terres agricoles, il se trouve que le secteur des terres élargi ne représente plus alors qu'une émission « nette » de GES réduite de moitié, à 46,4 MtCO₂eq/an, soit 10 % du total national des émissions de GES.

Un bilan carbone global difficile à reconstituer et peu lisible

En analysant ces chiffres plus en détail, on constate que l'agriculture, outre les émissions directes citées précédemment, émet des GES parce qu'elle déstocke beaucoup de carbone dans le retournement des prairies (25,6 MtCO₂/an), et ceci plus qu'elle n'en absorbe et n'en stocke en tant que puits (11,8 MtCO₂/an). On mesure donc l'importance majeure du maintien des prairies et de l'élevage à l'herbe. A l'inverse, l'agriculture procure des bioproduits (dont les biocarburants et la chimie du végétal) permettant d'éviter par substitution l'émission de 6 à 8 MtCO₂eq/an.



⁴ MtCO₂/an : million de tonnes de CO₂

La forêt, par homologie, stocke du carbone dans les arbres et dans les produits du bois à l'aval (74 MtCO₂/an). Simultanément elle contribue à substituer des matériaux, des molécules ou des énergies aux produits fossiles (55 MtCO₂/an)⁵. Le rôle majeur du stockage et de la substitution d'usages tout au long de la filière bois est donc remarquable, au delà même de l'importance du stock transitoire initial de carbone en forêt. Et ce rôle climatique de la filière forêt-bois est d'autant plus important que la cascade d'usages successifs de ses produits sera la plus longue possible, recyclage compris, avec si possible une valorisation énergétique durable en fin de vie.

De la comptabilisation des GES au pilotage des politiques

Cependant, le système actuel d'inventaire des GES (source CITEPA) comptabilise encore de façon compartimentée les émissions de GES de l'agriculture, le stockage de carbone et, sans l'identifier, la substitution des usages. Ceci ne permet pas d'exprimer clairement tous les potentiels climatiques des filières de l'agriculture et de la forêt qui viennent d'être examinés. Par ailleurs, cette comptabilisation prend encore peu en compte la diversité des pratiques agronomiques.

En effet, par exemple :

- le N₂O, est encore calculé trop forfaitairement, pour tous les sols et toutes les cultures ;
- les émissions agricoles de CH₄ sont calculées à partir d'un ratio par animal, qui prend peu en compte l'effet des adaptations et des variations du régime alimentaire des ruminants mis en place par les éleveurs ;
- les variations des stocks de carbone dans les sols ne sont prises en compte qu'au seul titre de leur changement d'usage (retournement des prairies, artificialisation) sans valoriser les effets de l'évolution éventuelle des pratiques culturales (par exemple : sans labour).

Les modalités d'inventaire évoluent peu à peu et s'affinent, mais on perçoit qu'il existe un enjeu réel autour de la modernisation du système de comptabilisation des GES, d'abord pour exprimer plus clairement les potentiels climatiques de l'agriculture et de la forêt (émissions/absorption/stockage/substitution), et pour pouvoir ensuite valoriser et encourager des pratiques agronomiques plus vertueuses.

⁵ Chiffres CITEPA pour le stockage, CGAAER pour la substitution

Contrairement au passé, où l'axe énergétique fut toujours dominant dans la démarche « Kyoto », la comptabilisation des GES et l'enjeu de leur réduction devrait désormais devenir une véritable démarche « intégrante et systémique », adaptée aux spécificités des activités d'origine photosynthétique du secteur des terres. Si les modalités d'inventaire ne sont pas construites au niveau international pour donner une vision globale mais pour comptabiliser les émissions des pays sans double compte, il est indispensable de disposer d'un pilotage global des contributions climatiques de l'ensemble « agriculture, forêt et sols » et d'un système de rapportage spécifique, pour pouvoir définir des programmes d'action cohérents.

Potentiels d'atténuation et leviers d'action

Dans ce cadre d'analyse élargi (secteur des terres), il importe de bien situer les principaux potentiels d'atténuation des émissions de GES et les leviers d'action possibles en France contre le changement climatique. Il faut souligner que la plupart des actions, ici préconisées, procurent des co-bénéfices environnementaux (biodiversité, bon fonctionnement du sol, filtration de l'eau...), économiques et sociaux en termes d'emplois verts.

Les changements de pratique et de systèmes de culture

Une étude de l'INRA a sélectionné 26 actions techniques qui seraient « climatiquement » les plus efficaces et qui pourraient notamment répondre pour l'essentiel aux principes de l'agroécologie.

Elles concernent :

- la réduction des émissions de méthane issues des élevages, notamment par la promotion de la méthanisation,
- le stockage additionnel de carbone, notamment par le semis direct et les différentes formes d'agroforesterie,
- la maîtrise de la fertilisation, le recours préférentiel à l'azote organique et le développement des légumineuses.

La mise en œuvre des mesures ainsi préconisées, sans discernement, pourrait cependant accentuer fortement les risques pour les agriculteurs. Le potentiel de réduction des émissions, considéré comme effectivement atteignable à l'horizon 2030, serait de l'ordre de **12 à 15 MtCO₂eq/an**.



L'augmentation du rôle de la forêt

En optimisant la substitution d'usages en aval par les bioproduits et le bois énergie, et grâce à la dynamisation de la récolte forestière, au raccourcissement des cycles forestiers et au reboisement accru (dont résineux), la filière bois pourrait représenter un gain potentiel d'émissions d'environ 25 à 30 MtCO₂/an en substitution⁶ à l'horizon 2030 et de 3 à 5 MtCO₂/an en stockage. A l'inverse, on sait que la prolongation des tendances forestières actuelles se traduirait à terme par une réduction du puits de carbone forestier, et donc par une augmentation nette des émissions...



La stimulation de la sylviculture, du reboisement et de la récolte forestière, avec une dynamique accrue de valorisation des produits et sous-produits de la filière (notamment dans la construction) apparaissent donc comme des leviers climatiques puissants.

⁶ en incluant les bioproduits d'origine agricole (environ 4 MtCO₂/an)

Ce potentiel d'atténuation, que l'on évalue à un niveau plus important que celui des réductions directes de GES dans le secteur agricole, demande néanmoins à être précisé. Il justifie une politique forestière plus volontariste d'exploitation et de reboisement, appuyée par :

- des financements ambitieux du « fonds stratégique forestier » (carbone, fonds chaleur, finance..) potentiellement alimentés notamment par le retour du fonds issu des quotas carbone mis aux enchères ; ils pourraient en outre conforter durablement la compétitivité de notre filière bois et sa capacité d'action climatique ;
- la mise en place d'une gestion groupée et dynamique de la forêt privée la mieux structurée, la plus productive ;
- le développement de la substitution d'usages, à l'aval, grâce aux filières de la bioéconomie forestière et agricole (par exemple : biomatériaux, chimie du végétal, bioénergies et biocarburants), qui sont en forte croissance et porteuses d'innovation.

La réduction du déstockage lié à la perte de prairies et à l'artificialisation des sols

Une diminution rapide et au moins de 50 % à terme du rythme annuel de retournement des prairies et d'artificialisation des terres permettrait un gain de l'ordre de 8 à 10 MtCO₂eq/an en 2030. La réduction de l'étalement urbain permettrait en outre des gains additionnels d'émissions importants dans d'autres secteurs (transport...).



La réduction du gaspillage alimentaire

Ce gaspillage, tant au stade de la production qu'à celui de la consommation, touche environ 30 % de notre production agroalimentaire. Il constitue un levier complémentaire de maîtrise des GES par l'économie des émissions sur toute la chaîne alimentaire. On évalue les économies possibles d'ici 2030 de **8 à 10 MtCO₂eq/an** pour une réduction de 20 % du gaspillage.



Des politiques publiques agricoles et forestières confortées

Elles pourraient être encore amplifiées et articulées avec d'autres lois ou d'autres mesures (transition énergétique, transport, logement...). Ces synergies souhaitables sont nombreuses au sein même du domaine de compétence du Ministre chargé de l'agriculture :

- **l'agroécologie**, avec la loi d'avenir, le 2^{ème} pilier de la PAC, les outils du développement agricole (CASDAR⁷) et la nécessité d'accompagner la transition vers ces nouvelles méthodes de production ;
- **la réduction des pertes de terres agricoles et de prairies**, avec la loi d'avenir, et l'évolution de la PAC en faveur de l'élevage (avec un point de vigilance concernant les prairies) ;
- **la politique forestière**, avec la loi d'avenir (GIEEF⁸), le fonds stratégique bois, et un système d'assurances pour le risque climatique et le reboisement. Dans le même temps, le « Contrat de filière » issu de la négociation entre l'État et les professions au sein du CSF⁹, devrait promouvoir la valorisation du bois à l'aval ;
- **le soutien à la bioéconomie** avec les financements de la recherche et de l'innovation, les différents plans de filière concernés, le paquet énergie climat en renégociation pour 2030, ou les plans précédents : biocarburants ; biocombustibles ; chimie du végétal et biomatériaux ;
- **la lutte contre le gaspillage** enfin, qui fait l'objet d'un plan national dédié, s'inscrit aussi bien dans des objectifs d'atténuation du changement climatique que dans la garantie de la sécurité alimentaire.

⁷ CASDAR : Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural

⁸ GIEEF : Groupement d'intérêt économique et environnemental forestier

⁹ CSF : Comité stratégique de filière bois

Si l'on considère que le secteur des terres en France représente aujourd'hui 46,4 MtCO₂eq/an en émission, les gains potentiels de l'agriculture et de la forêt (réductions d'émissions et stockage) pourraient permettre de réduire de moitié l'impact de ce secteur sur le changement climatique. En outre, la substitution de produits et d'énergie fossiles par des bioproduits chiffrée aujourd'hui de 63 MtCO₂eq/an, pourrait augmenter de 50 % à l'échéance 2030. Ceci ne se ferait bien entendu qu'au prix de politiques volontaristes.

La montée des risques climatiques et la nécessité de nouvelles stratégies filières/territoires conjuguant adaptation, atténuation, gestion des terres et gestion de l'eau

L'agriculture et la forêt, leurs filières et leurs capacités à produire des services climatiques d'atténuation peuvent être fortement menacées par les évolutions en cours (réchauffement climatique ou l'étalement urbain). Les trois risques climatiques identifiés par le GIEC pour l'Europe sont les inondations (liées à des problèmes de « mal-urbanisation »), les canicules (en lien avec les questions de santé et de productivité) et la relation entre l'agriculture et l'eau. Ces risques nous alertent sur la nécessité d'anticiper et d'investir pour satisfaire les nouveaux besoins en eau et pour prévenir les conflits d'usages des ressources.

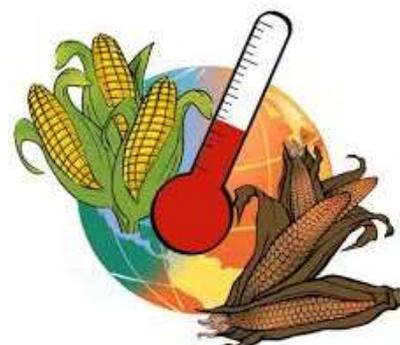


La France a la chance de disposer d'une ressource en eau abondante, encore relativement peu stockée et peu mobilisée. Le développement du stockage de l'eau et de l'irrigation, pour réduire les risques, va donc devenir une impérieuse nécessité qui nous imposera une évolution des visions actuellement dominantes (et souvent réticentes). L'agroécologie (agriculture de conservation, diversification...), comme la sélection variétale, font également partie du panier de mesures d'adaptation face au climat. Dans de nombreux cas, les mesures d'adaptation et d'atténuation pourront de ce fait converger et permettre des co-bénéfices.

La forêt sera également très touchée par le changement climatique et elle devra elle-même s'adapter. Ceci passera notamment par une gestion plus dynamique, un raccourcissement des cycles de production, par la diversification des essences et des modes de sylviculture.

Relever le défi conjoint de l'adaptation et de l'atténuation face au climat, comme celui de la gestion des terres et de l'eau, nécessitera enfin plus globalement la prise en compte de la diversité des situations et des enjeux, y compris ceux de l'emploi et de la sécurité alimentaire, aux différentes échelles des territoires.

Les aspects internationaux : penser et agir ensemble, climat et sécurité alimentaire, adaptation et atténuation, Nord et Sud



Le réchauffement climatique met en péril la sécurité alimentaire et sanitaire, comme il hypothèque notamment l'avenir de l'Afrique et de la région méditerranéenne. Avec les changements dans la pluviométrie, la baisse relative des rendements et la montée des risques agricoles, on doit en effet s'attendre à des impacts lourds sur les prix alimentaires mondiaux, la pauvreté, la croissance économique et la multiplication de « trappes à pauvreté » dans les zones vulnérables. Mais il en résultera aussi des migrations subies, des conflits et des risques pour l'intégrité de certains Etats. Avec + 4°C de réchauffement, ce serait toute la sécurité alimentaire mondiale qui serait mise en péril.

Le défi climatique doit donc être conjugué à celui de la sécurité alimentaire, et, face à ce double défi, le monde se doit de bien comprendre les interconnexions existantes ou possibles entre pays en termes de solutions. La mise en place de politiques agricoles et rurales appropriées (agriculture durable, soutien à l'agriculture familiale...) est donc d'une importance décisive.

Il conviendrait par conséquent de dépasser les approches strictes de négociation « climat » qui se sont jusqu'à présent caractérisées par une sorte de confrontation peu mobilisatrice entre Nord et Sud, comme entre atténuation et adaptation. A cet égard, le concept de « *Climate Smart Agriculture* » (agriculture intelligente face au climat) qui vise à conjuguer adaptation, atténuation, gestion des terres et de l'eau dans un objectif de sécurité alimentaire est des plus pertinents.

Ceci suppose l'émergence de nouveaux regards sur les complémentarités Nord/Sud, pour laquelle la France peut contribuer dans les domaines de l'agriculture et de la forêt.

Les idées fortes, à portée politique, méritent d'être mises en avant par la France

- **Les analyses climatiques des GES sont à mettre systématiquement en perspective et en synergie** avec les enjeux économiques, environnementaux et sociaux des filières et des territoires, en raisonnant ensemble atténuation et adaptation.

- **La comptabilisation normalisée des « GES » de l'agriculture et de la forêt**, du fait de leur particularité photosynthétique complexe, doit être adaptée pour éviter des incohérences. Elle doit être complétée par un pilotage global des contributions de l'ensemble du secteur des terres « agriculture, forêt et sols » à l'atténuation du changement climatique. Les objectifs de progrès n'ont de sens que dans cette vision élargie.

- **L'agriculture** française peut progresser pour être moins émissive en GES. Les choix « agroécologiques » sont à ce titre justifiés et se trouvent confortés. Une attention particulière doit être portée à la gestion de l'azote, aux bio-déchets et à la méthanisation, au semis direct et à l'agroforesterie. L'effet important du stockage de carbone dans les prairies conforte aussi la nécessité d'un élevage à l'herbe performant dont l'avantage climatique par rapport à l'élevage au grain (maïs, soja) est à souligner.

- **Le changement d'usage des terres, le retournement des prairies et l'artificialisation des terres** liée à l'urbanisme, pèsent lourd dans le déstockage de carbone. Leur indispensable réduction justifie des mesures fortes, immédiates et à effet sur le long terme.



- **La forêt** (comme l'agriculture à moindre mesure) peut accroître le stockage de carbone et fournir à l'aval des produits de substitution aux matières fossiles moyennant une politique forestière dynamique de gestion, de reboisement et de mobilisation des bois, dans des conditions écologiques compatibles.



- **Le double défi de la sécurité alimentaire mondiale et du climat** impose de produire efficacement, plus et mieux, en agriculture comme en sylviculture. La réduction de la production agricole et alimentaire européenne serait une absurdité. Elle conduirait en effet à une externalisation hors Union européenne d'une partie de la production alimentaire entraînant un accroissement probable des émissions de GES et des problèmes d'insécurité alimentaire mondiale. L'objectif clé, en agriculture, devrait donc être bien davantage celui de l'efficacité (plus de production et de stockage rapportés aux émissions de GES).

- **La gestion de l'eau**, qui devient cruciale, nécessitera une nouvelle approche simultanée de l'offre (stockage, transfert...) et de la demande (efficacité de l'irrigation, adaptation des systèmes de production). Ceci nécessitera une mise à jour importante de notre vision stratégique vis à vis de l'irrigation et de notre politique de l'eau.

- **La réduction des gaspillages** et des pertes, tout au long de la chaîne alimentaire, est un autre facteur considérable (et mondial) d'atténuation des gaz à effets de serre.

- **Les territoires** doivent se préparer à d'autres lendemains où il faudra conjuguer adaptation et atténuation, gestion des terres et gestion de l'eau. Des plans agricoles et/ou forestiers visant les axes stratégiques précédents dans les territoires/filières, appuyés sur les capacités d'ingénierie nécessaires pour les élaborer aux échelles géographiques appropriées, sont nécessaires.



- **Le volet international.** Un changement de discours reconnaissant l'importance stratégique de l'agriculture, de la forêt et de la sécurité alimentaire est partout indispensable pour mettre en œuvre des politiques d'adaptation, de développement agricole et rural et d'atténuation, à la hauteur des défis. La France, avec notamment ses partenaires du Sud, peut contribuer à favoriser le dialogue pour explorer de telles solutions d'intérêt commun.

Pour en savoir plus :

Les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique. Rapport du CGAAER n°14056, version de février 2015 ;

consultable à l'adresse suivante :
<http://agriculture.gouv.fr/rapports>

Crédit photos :

page 1 : <http://www.paris.fr/en/en-new/p8651>; page 2 : graphique composé par Anick Leblanc Cuvillier, CGAAER ; page 3 : <http://i.imgur.com/WGIavVO> ; page 4 : lh6.ggph (en haut), debroussaillage-foret.ardeche.agriculture.gouv.fr (en bas) ; page 5 : moprairie (à gauche), campusresponsables (à droite) ; page 6 : eau-debat (à gauche), eufic (à droite) ; page 7 : consoglobe (en haut), hubrural (en bas) ; page 8 : globalfoodsecurityforum

1. Le contexte

La 21^{ème} Conférence des Parties de la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique (COP 21) se tiendra à Paris en décembre 2015. Son objectif est d'aboutir à un accord global « post Kyoto », applicable à partir de 2020, afin de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et de se protéger des impacts annoncés. La préparation de la COP 21 se voit accompagnée notamment de l'initiative d'un « Agenda des solutions » qui vise à engager ou mettre en avant des actions concrètes de nature technique ou politique.

Le présent rapport a pour objectif de faire ressortir la contribution possible de l'agriculture et de la forêt françaises, ainsi que de leurs filières à l'aval, à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) tout en prenant en compte la nécessité de répondre aux besoins alimentaires des populations.

La question agricole et forestière, imparfaitement prise en compte dans les débats et les préconisations depuis l'origine même du Protocole de Kyoto, est probablement appelée à prendre désormais une importance croissante dans la négociation. En effet :

- Les deux secteurs agricoles et forestiers sont « crédités » ensemble par le GIEC de 24 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, ceci en tenant compte notamment de la déforestation et de l'artificialisation des terres dont l'agriculture n'est pas responsable¹⁰.
- Les productions « des champs et des bois », si elles sont bien émissives de GES, sont d'abord des « pompes à carbone » photosynthétiques renouvelables, sobres en énergie et créatrices de valeur et d'emplois. Les espaces ruraux, les forêts, les sols et les « bio-filières » qui en transforment les produits (bio-économie) jouent donc un rôle important d'amortisseur de la dérive climatique de la planète.
- L'agriculture et la forêt risquent d'être elles-mêmes fortement impactées par le changement climatique, avec des conséquences prévisibles sur la sécurité alimentaire, mais aussi sur des migrations démographiques et sur des risques accrus d'instabilités géostratégiques, notamment en Méditerranée et Afrique et donc par contrecoup en Europe. Les stratégies possibles d'atténuation du changement climatique, via des mesures agricoles ou forestières, sont donc aussi très étroitement liées aux capacités d'adaptation de nos systèmes agricoles et forestiers.
- La crise de 2007-2008 et ses émeutes dites « de la faim » ont montré que le problème alimentaire redevenait d'actualité alors qu'il nous faudra nourrir deux milliards d'habitants en plus d'ici 2050 et que la production agricole devra croître d'au moins 60 % (FAO). La question de la sécurité alimentaire pourrait donc, selon la place qui lui sera accordée, mettre en difficulté la négociation climatique ou, au contraire, contribuer à sa réussite. Rappelons d'ailleurs qu'un des objectifs ultimes de la Convention des Nations Unies sur le climat (article 2) est bien d'agir pour « éviter que la production alimentaire ne soit menacée ».

Cependant :

- Ces questions et ces enjeux relatifs à la sécurité alimentaire et aux contributions carbone d'origine photosynthétiques propres à l'agriculture et à la sylviculture, sont dans l'ensemble demeurés insuffisamment compris et mal mesurés par les expertises et lors des négociations climatiques passées du fait de leur complexité.
- Nos sociétés, largement urbanisées, ont peu conscience des services vitaux et renouvelables que l'agriculture et la forêt productives et durables, ainsi que leurs bio-filières à l'aval, rendent et pourraient rendre plus encore à la planète et à l'humanité. L'agriculture est souvent perçue comme un problème vis à vis de l'environnement, en ignorant trop souvent qu'elle est en réalité l'un des éléments majeurs de la solution climatique planétaire, et la réponse essentielle au défi alimentaire mondial.

¹⁰ De même qu'elle n'est pas responsable des émissions préanthropiques de GES qui existaient avant le néolithique sur les terres aujourd'hui utilisées pour la production.

Certains pays (pays émergents et pays en développement notamment) entendent limiter autant que possible la négociation agro-climatique à la seule question de l'adaptation de l'agriculture au changement climatique. Ces pays craignent en effet de se voir imposer, au nom du climat, des mesures restrictives contraignantes pour leur agriculture, leur sécurité alimentaire et leurs exportations.

Face à une problématique et à un contexte éminemment complexes, le présent rapport s'attache à expliciter les spécificités du « secteur des terres » (l'agriculture, la forêt, les sols, les bio-filières, l'alimentation, l'utilisation des terres et ses changements) et à mettre en exergue quelques options et des leviers d'action possibles pour en renforcer la contribution à la régulation climatique ainsi qu'à l'adaptation des systèmes, tout en prenant en compte des enjeux de la sécurité alimentaire.

Dans sa première partie, il traite de la question des flux de gaz à effet de serre du secteur (émissions, absorption et stockage) ainsi que de sa contribution possible à l'atténuation du changement climatique, au niveau mondial puis au niveau français (chapitres 2, 3 et 4). La suite du rapport est consacrée à la question des risques et de l'adaptation (chapitre 5) puis à la nécessité de penser et d'agir ensemble et en synergie pour l'atténuation et l'adaptation, pour le climat et pour la sécurité alimentaire, en intégrant les aspects internationaux (chapitre 6).

L'agriculture, problème ou solution ?

L'agriculture, l'aquaculture, l'agro-industrie, la sylviculture, la filière bois et la valorisation des bio-déchets participent tous aujourd'hui à la transformation de l'énergie du soleil en molécules hydrocarbonées, stockables et renouvelables. Beaucoup d'entre elles sont comestibles, mais la plupart sont également à la base de fertilisants organiques, de matériaux évolutifs, de molécules dédiées à la chimie, ainsi que d'énergies variées comme les biocarburants, les gaz, la chaleur ou l'électricité. Toutes ces bio-filières sont dites « sans carbone » par facilité de langage, c'est à dire qu'elles ne nécessitent en fait pas de consommation significative de carbone fossile.

La production, la récolte et la transformation de tous ces « bio-produits » consomment certes un peu d'énergie, mais avec généralement des processus sobres et des éco-bilans très favorables par rapport aux filières traditionnelles de l'ère industrielle. Dans le même temps, ces productions « des champs », comme celles « des bois », captent et stockent le carbone atmosphérique dans les végétaux et dans les sols via la photosynthèse. Du strict point de vue du carbone, ce qu'elles émettent comme gaz carbonique d'un côté (CO₂), elles le réabsorbent ou l'ont déjà réabsorbé de l'autre, et elles stockent en outre ce carbone transitoirement, en contribuant significativement à lutter contre la dérive climatique de notre planète.

Cependant, parallèlement à ces faibles émissions nettes de CO₂, les émissions de CH₄ et de N₂O, très spécifiques à l'agriculture et aux sols, pèsent lourd dans les gaz à effet de serre. Il s'agit notamment des émissions qui sont liées à la fermentation entérique des ruminants, à la gestion des effluents d'élevage et aux émissions des sols agricoles (engrais minéraux, fertilisation organique, déjections au pâturage, mise en culture des sols organiques, riziculture).

La valorisation de la biomasse, sa production efficace et raisonnée, agissent enfin sur les trois seuls volets possibles de l'atténuation de la dérive climatique :

- les économies d'énergie et de matières premières, grâce à des bio-filières renouvelables et peu intensives en énergie, ainsi que la substitution de sources d'énergie et de matières premières fossiles par des solutions « bas-carbone » ;
- la réduction des émissions de CH₄ et de N₂O de l'agriculture et de l'élevage ;
- la séquestration du carbone (avec la production et la valorisation de la biomasse ainsi que la bonne gestion des forêts, des prairies permanentes et des sols) et la préservation des stocks de carbone dans le bois, les sols et les bio-produits utilisés à l'aval des filières.

2. L'agriculture et la forêt face au défi de l'atténuation du changement climatique : la problématique mondiale

1. Le dérèglement du climat et ses causes

La gravité du réchauffement climatique est amplement confirmée (5^{ème} rapport du GIEC, 2013/2014). La température planétaire s'est accrue de 0,85°C au cours de la période 1880-2012, tandis que la dernière décennie s'avère la plus chaude depuis au moins 1 400 ans et que la concentration dans l'atmosphère des trois principaux gaz à effet de serre (GES), [le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O)], est sans précédent depuis 800 000 ans.

La responsabilité des activités humaines dans la dérive climatique est désormais « clairement établie » (GIEC 2014) et les émissions de GES augmentent encore, passant d'un rythme de + 1,3 %/an sur la période 1970-2000 à + 2,2 %/an sur la dernière décennie. Le secteur principalement responsable de cette aggravation des émissions est celui de l'énergie (47 % de l'augmentation, du fait notamment d'un recours fortement accru au charbon au plan mondial), avec celui de l'industrie (30 %) et avec les transports (11 %).

Les émissions anthropiques mondiales de GES s'élèvent à un total de 49 GtCO₂eq/an (giga tonnes de « CO₂ équivalent » par an). La part respective des différents gaz à effet de serre est la suivante : dioxyde de carbone CO₂ (38 GtCO₂/an, soit 78 % du total), méthane CH₄ (16 %), protoxyde d'azote N₂O (6,2 %), gaz fluorés (2 %) (GIEC 2014).

Le « secteur des terres » (l'agriculture, la forêt, l'usage des terres) est concerné à la fois par les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O. Avant de rendre compte de sa responsabilité dans le changement climatique mondial et avant d'explorer les progrès possibles en termes d'atténuation en France, il convient, dans un premier temps, de faire ressortir la spécificité de ce « secteur des terres » par rapport au cycle du carbone. L'agriculture, la sylviculture et l'aquaculture sont en effet les seules activités humaines à jouer, grâce à la photosynthèse, un rôle d'amortisseur climatique.

2.2. Le « vivant » stocke du carbone et joue un rôle d'amortisseur climatique

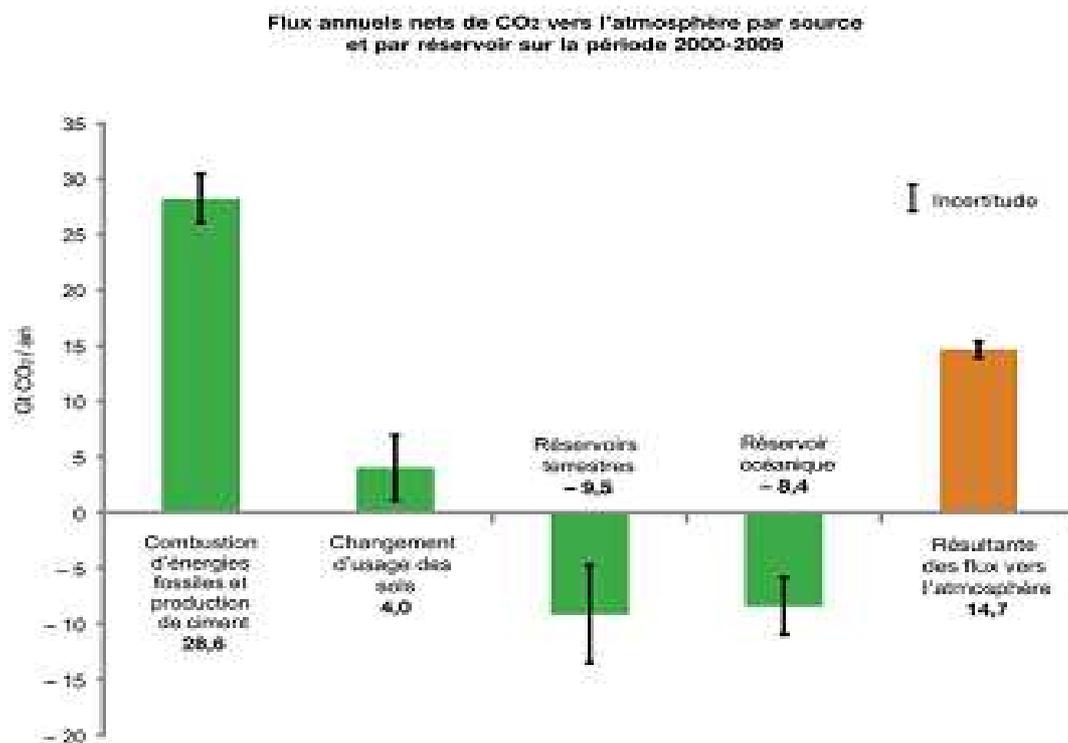
Le dioxyde de carbone (CO₂) est donc le principal gaz à effet de serre et ses émissions, qui sont d'abord le fait de la consommation de combustibles fossiles, sont toujours en très forte croissance (32 GtCO₂/an en 2010).

A ces émissions doivent être soustraits ou ajoutés les flux de carbone qui sont liés au « secteur des terres » et aux océans. Le monde du vivant capture en effet du carbone atmosphérique par la photosynthèse, tant dans les océans (à travers le plancton, les algues, les coraux, les coquillages et la conchyliculture) que dans les écosystèmes terrestres. C'est ce carbone photosynthétique, renouvelable, qui se stocke dans les sols et dans la biomasse ainsi que, par la suite, dans les produits « bio-sourcés » qui sont mis à l'aval à la disposition de la société par les biofilères. Cette capacité à absorber, puis à séquestrer du carbone, vient donc de la photosynthèse, laquelle fonctionne comme une véritable « pompe à carbone ». Les prairies, les zones humides et les forêts sont notamment capables de stocker ainsi du carbone en très grande quantité et souvent sur une longue durée. Et la capacité des sols agricoles à stocker du carbone est encore plus élevée lorsque les pratiques agronomiques sont favorables (par exemple : semis direct, agroforesterie...).

Toutefois, les stocks de carbone ainsi créés ne sont ni illimités ni permanents. Au bout d'un certain temps une forêt ou une prairie ne peut plus stocker davantage. Les stocks de carbone biologique peuvent aussi se trouver en partie perdus ou détruits à terme ; par exemple : en cas de changement d'usage des terres (artificialisation des terres agricoles, déforestation, retournement de prairies, drainage d'une zone humide...). Il en est de même lorsque des forêts ou des tourbières brûlent, en cas de pratiques conduisant à une dégradation de la végétation ou des sols, ou encore en cas de destruction ultime de bio-produits des filières aval, comme le bois par exemple. Ces stocks de carbone végétal sont d'ailleurs également vulnérables à des aléas biophysiques (tempêtes, incendies, canicules, sécheresses, ravageurs...) qui peuvent les réduire, en conduisant alors à un retour rapide du CO₂ « stocké » vers l'atmosphère (relargage).

Le carbone stocké peut ainsi toujours risquer d'être ré-émis dans l'atmosphère, à plus ou moins long terme et pour des causes plus ou moins accidentelles. Ce qui était à l'origine un « puits » stockant du carbone dans ces immenses réservoirs que sont les sols et la biomasse, peut devenir alors une « source d'émissions de GES ». Les changements d'usage des terres, essentiellement par la déforestation, s'avèrent être ainsi une cause historique importante du changement climatique aujourd'hui mesuré¹¹.

Les quantités de carbone ainsi échangées entre l'atmosphère et la biosphère sont importantes. Grâce à elles, par exemple, les flux nets annuels moyens de CO₂ qui ont été émis ou ré-émis par la planète vers l'atmosphère sur la période 2000-2009 ne furent en réalité, au total, que de 14,7 GtCO₂/an (figure ci-après) au lieu des 32,6 GtCO₂/an pour les seuls flux d'émissions carbonées brutes.



Source : Cloc, 1^{er} groupe de travail, 2013

Dans la problématique du changement climatique, le secteur des terres, et donc l'agriculture et la forêt, occupe ainsi une place à part. Là où les filières industrielles, pour l'essentiel, se contentent d'émettre du CO₂ du fait de leurs consommations énergétiques, les bio-filières « des bois et des champs », au-delà de leurs propres émissions, absorbent d'abord massivement du carbone atmosphérique qu'elles peuvent ensuite stocker et valoriser. L'agriculture et la sylviculture sont ainsi les seules activités humaines qui peuvent permettre naturellement d'atténuer et de retarder le changement climatique en absorbant puis en stockant

¹¹ Depuis 1750, en incluant la déforestation et l'ensemble des changements d'usage des sols, on atteint 136 milliards de tonnes de carbone perdus et relargués vers l'atmosphère à partir des continents.

du carbone, et ceci tout en mettant à la disposition de l'économie des produits de substitution pour remplacer sobrement des produits classiques très émissifs d'origine minière.

L'agriculture, les forêts et les sols, s'ils sont gérés de manière appropriée, jouent donc un rôle irremplaçable de régulateur et d'amortisseur du changement climatique.

Carbone minéral, carbone organique / carbone stocké, carbone circulant

Lors de sa création il y a 4,5 mrd d'années, la terre recelait un nombre défini d'atomes de carbone, sous forme minérale exclusivement. L'apparition du « carbone organique » s'est faite bien plus tard grâce à la photosynthèse (fonction végétale initialement amorcée par des algues bleues vers -3,8 mrd d'années), ainsi que, beaucoup plus tard encore, avec l'aptitude de certains planctons, coraux et coquillages marins à fixer le carbone (CaCO_3). Ce carbone devint ainsi « circulant ». Suivant alors qu'il est « stocké ou circulant », le carbone joue désormais un rôle différent dans la régulation climatique.

- Le carbone « fossile » (à l'origine, il fut lui-même du carbone circulant, d'origine photosynthétique, avant d'être fossilisé en hydrocarbures souterrains), stocké géologiquement durant des centaines de millions d'années (charbon, pétrole, gaz, roches sédimentaires), sert depuis deux siècles de réservoir énergétique à l'humanité. Mais il est épuisable à terme, et son exploitation est une source majeure d'émissions nettes de GES (dont le CO_2).

- A l'inverse, le « carbone circulant », d'origine actuelle photosynthétique, se renouvelle en permanence par absorption, en générant la constitution de stocks de carbone transitoires (forêts, matière organique des sols, produits du bois, recyclage...) avant de terminer par un relargage du CO_2 contenu dans ces produits en fin de vie. Les usages énergétiques et comme matériaux de ce carbone génèrent en outre, par substitution et grâce à leur sobriété, des économies indirectes importantes d'énergie et d'émissions de GES.

Le cycle naturel du carbone organique photosynthétique est donc pratiquement neutre sur le plan climatique. En revanche, l'exploitation et la valorisation du carbone fossile (hydrocarbures), ne trouve pas de compensation environnementale et conduit à la dérive climatique que nous subissons. D'où la recherche actuelle et intense de systèmes de valorisation qui puissent être particulièrement sobres pour ces ressources énergétiques fossiles (transition énergétique et maîtrise de l'énergie).

Cette illustration du cycle naturel du carbone trouve sa traduction dans quelques exemples, dont les sols, les prairies, les pâturages et les forêts, mais aussi dans leurs filières de transformation à l'aval.

Les sols constituent, au niveau mondial (océans et roches sédimentaires exclus), le premier stock de carbone biologique. Il est ainsi trois fois plus important que le stock atmosphérique, et quatre fois plus que celui de la biomasse des plantes et des arbres. Avec les labours, la décomposition et la minéralisation aérobies de la matière organique des sols est accélérée en produisant du gaz carbonique atmosphérique (relargage). A l'inverse, l'activité bactériologique et racinaire du sol, ainsi que les apports agronomiques de matière organique (épandage, composts et fumure de fond...), permettent de reconstituer progressivement le stock de matière organique stable des sols.

Les prairies stockent beaucoup de carbone dans les sols, mais avec une grande sensibilité au climat¹². En Europe, ce stock reste toujours fortement croissant. Une étude a montré en effet que cette séquestration pédologique de carbone s'accroissait en moyenne de 76 gC/m^2 et par an. En revanche, la mise en culture ou le retournement des prairies conduisent à d'importantes émissions de GES.

Les terres arables stockent par contre moins de carbone que les prairies. Toutefois, certaines pratiques agro-écologiques (non labour et semis direct, présence de haies et agro-foresterie) permettent à l'inverse d'accroître le stockage. Le stockage de carbone dans les sols agricoles peut ainsi devenir parfois très important lorsque des bonnes pratiques agronomiques et de gestion des prairies comme des troupeaux permettent de restaurer des terres ou des pâturages dégradés. Inversement, l'artificialisation des terres arables et surtout des prairies, qui résulte surtout de l'urbanisation, conduit à d'importantes émissions de

¹² Il faut noter que les aléas climatiques extrêmes peuvent faire chuter les stocks de carbone dans les sols.

GES qui sont, elles, irréversibles.

Si la forêt constitue généralement un puits de carbone efficace (absorption photosynthétique de CO₂) sa capacité d'absorption et de stockage varie au cours du temps : l'absorption par les arbres est maximale dans une forêt jeune, en pleine croissance, et dotée d'une sylviculture dynamique, puis elle se réduit, voire s'annule, lorsque le peuplement devient mature, voire sénescent¹³. Mais pour autant, l'absorption de carbone à l'échelle de la parcelle se poursuit aussi, même après une exploitation, par l'activité photosynthétique du sous bois et des espèces adventices. Le stockage (arbre, sous-étage, sol) est lui-même prolongé à l'aval dans les produits de la filière bois qui sont mis en œuvre (et notamment dans la construction).

Si l'on veut faire jouer pleinement à la forêt son rôle de « pompe à carbone » en faveur de l'atténuation du changement climatique, il importe par conséquent de prendre en compte d'une façon globale la dynamique de la sylviculture et de la filière forêt-bois, et ceci dans une approche d'ensemble. Il est indispensable en effet d'intégrer dans le bilan carbone global l'absorption et le stockage forestiers du carbone d'une part, mais aussi le cycle de vie qui est associé à l'aval à la valorisation « en cascade » du bois en matériaux, en fibres, en xylo-chimie et *in fine* en énergies renouvelables. L'objectif doit donc être d'abord de gérer efficacement les systèmes forestiers avec des essences performantes, (notamment des espèces résineuses, peupliers ou feuillus à croissance rapide pour leurs performances d'absorption et de croissance), le tout en leur fixant une période d'exploitabilité qui soit désignée au plus près de leur accroissement moyen maximum. Il convient, sauf intention environnementale particulière, que les arbres forestiers n'atteignent pas leur stade de sénescence et de mort naturelle, stades auxquels la forêt ne jouerait plus son rôle de pompe à carbone et pourrait même devenir une source nette d'émission par la bio-dégradation du bois.

Les itinéraires de production et de transformation des bio-produits qui sont issus de la photosynthèse (bio-économie tournée notamment vers les marchés des biomatériaux, de la chimie du végétal, des bioénergies et des biofertilisants) accroissent et prolongent la bio-séquestration du carbone en fondant le développement d'une économie biosourcée, renouvelable et sobre. Ces itinéraires doivent donc être encouragés et promus au détriment de l'utilisation des produits concurrents conventionnels, fossiles et épuisables (béton, métaux, hydrocarbures, chimie fossile...).

En conclusion, les filières de l'agriculture et de la forêt, avec l'aquaculture et la valorisation des biodéchets, sont les seules économies planétaires à pouvoir agir simultanément et favorablement sur les trois leviers « anti-effet de serre » possibles :

- la sobriété des systèmes, car elles consomment essentiellement l'énergie du soleil,
- leur caractère renouvelable, du fait de la production continue, par la photosynthèse, de bio-produits et de bioénergies, qui plus est recyclable (économie circulaire),
- les puits de carbone et leurs stocks biologiques de carbone, en tant que « retardateurs » des échéances climatiques.

Mais on ne peut ignorer au demeurant que les filières agricoles et forestières peuvent et doivent elles aussi, parvenir à réduire leurs émissions de CO₂, de N₂O et de CH₄ qui pèsent lourd dans le bilan du secteur. Car prévenir les causes et pallier les effets du changement climatique, c'est à la fois, et sans autres alternatives, parvenir à diviser par deux les émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici 2100 afin de respecter la trajectoire de réchauffement maximum tolérable de + 2°C par rapport à l'ère industrielle¹⁴, et à augmenter au maximum le stock de carbone stable de la planète pour gagner du temps sur la dérive de l'effet de serre.

¹³ Les forêts sans perturbation anthropique directe (comme la forêt primaire en Amazonie) n'atteignent pas forcément un équilibre climatique : comme le montrent les mesures en continu sur le site de Paracou en Guyane française, ces forêts sont actuellement un puits de carbone, sauf lors des années les plus sèches.

¹⁴ En France, pour parvenir à cet objectif mondial, l'engagement a été pris en 2003 devant la communauté internationale par le chef de l'État et le Premier ministre de « diviser par un facteur 4 les émissions nationales de gaz à effet de serre du niveau de 1990 d'ici 2050 ». Cet objectif a été validé par le « Grenelle de l'environnement » en 2007.

2.3. La part de l'agriculture et de la forêt dans les émissions mondiales de GES

Alors que le CO₂ est le GES le plus préoccupant au niveau planétaire, l'examen de l'agriculture et des sols dans leur ensemble nécessite de prendre en compte de surcroît les effets de deux autres GES importants : le N₂O et le CH₄, aux pouvoirs de réchauffement global très élevés¹⁵. Dans ce qui suit, toutes les émissions de GES seront alors exprimées, par convention (GIEC), en « tonnes de CO₂ équivalent ».

Dans le dernier rapport du GIEC de 2014, les secteurs de l'agriculture et de la forêt sont désormais analysés, et c'est une nouveauté, dans un cadre élargi et global (l'agriculture, la forêt, l'usage des terres et ses changements). Le GIEC a ainsi enfin reconnu la spécificité de ce « secteur des terres », et donc la nécessité de regrouper dans un seul ensemble cohérent et systémique, en vue de la comptabilisation des GES, le secteur de « l'agriculture », celui de « l'utilisation des terres et de ses changements ainsi que celui de la foresterie » (UTCF). Ce secteur des terres élargi est dénommé « AFOLU » en anglais¹⁶ et « UTCAF »¹⁷ en français.

AFOLU représente actuellement, selon le GIEC et ses conventions de calcul, un total d'émissions mondiales d'environ **10 à 12 GtCO₂eq/an**¹⁸, soit **approximativement 24 % des émissions mondiales anthropiques de GES**, lesquelles sont évaluées à un total de 49 GtCO₂eq/an. Contrairement aux autres secteurs de l'économie, le secteur AFOLU a stabilisé ses émissions au cours de ces dernières années, en particulier grâce à la réduction de la déforestation et grâce aux baisses d'émissions de GES par l'agriculture dans les pays riches (par exemple : diminution des intrants). La part relative d'AFOLU dans les émissions totales planétaires de GES s'est ainsi réduite pour passer de 30,7 % (GIEC 2007) à 24 % (GIEC 2014).

Les émissions de GES du seul secteur de l'agriculture et de l'élevage (notamment N₂O et CH₄) sont quant à elles passées de 4,7 GtCO₂eq en 2001 à plus de 5,3 GtCO₂eq en 2011, soit une hausse de 14 % qui traduit essentiellement une expansion des productions agricoles dans les pays en développement. Ces émissions agricoles représentent **11 % du total mondial des GES**. Sont principalement en cause la fertilisation azotée et l'élevage, à travers notamment le méthane qui est émis par la fermentation entérique des ruminants et par le stockage des effluents d'élevage. Mais la riziculture est également une source importante d'émission de méthane dans le monde. On pourrait enfin y ajouter les émissions de CO₂ qui résultent de la consommation d'énergie et de carburants fossiles dans les exploitations agricoles, mais ces dernières émissions sont limitées d'une part (0,87 % du total mondial de GES, secteurs de la sylviculture et de la pêche compris), et elles sont d'autre part déjà comptabilisées, par convention, dans les inventaires du secteur d'activité lié à l'énergie.

Les émissions de GES du seul secteur de l'Utilisation des terres, ses changements et la foresterie (UTCF) représentent par ailleurs un total de 4,3 à 5,5 GtCO₂eq/an, soit **10 % du total mondial des GES** qui sont émis. C'est la déforestation qui en est surtout la cause, essentiellement du fait de la conversion agro-industrielle et vivrière des forêts en terres cultivées (laquelle est en partie compensée, ces dernières années, par un reboisement actif au plan mondial, et en particulier en Chine). Mais l'artificialisation des sols, qui résulte en particulier de l'étalement urbain et des infrastructures, est aussi largement en cause avec le retournement des prairies.

¹⁵ Le pouvoir de réchauffement global des autres GES est nettement supérieur à celui du CO₂ : 25 fois plus élevé pour le CH₄, 298 fois pour le N₂O, en considérant un horizon de 100 ans. Ces données restent toutefois conventionnelles et peuvent encore évoluer selon les connaissances acquises.

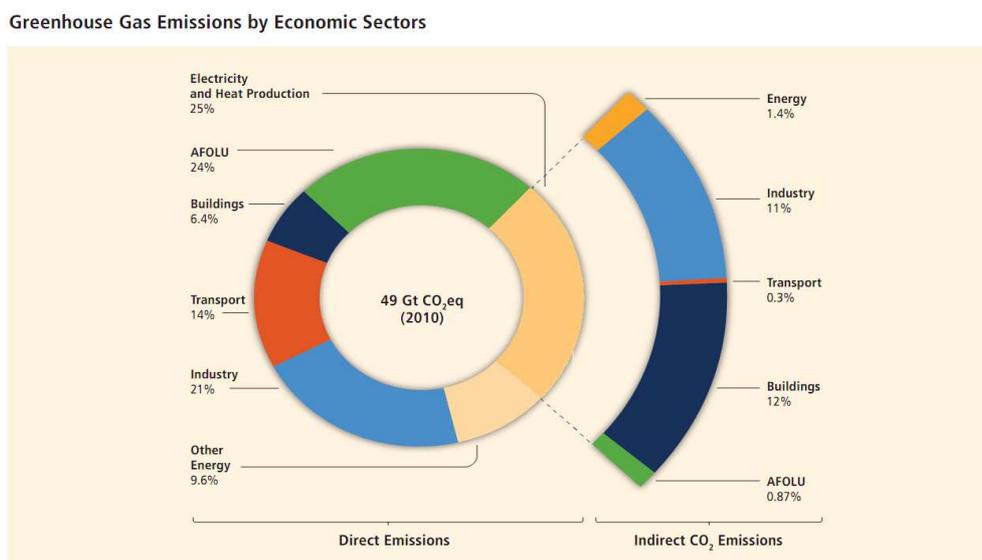
¹⁶ AFOLU : Agriculture, Forestry and Other Land Use

¹⁷ UTCAF : Utilisation des terres, ses changements, l'agriculture et la forêt

¹⁸ Effets de substitution induits et émissions de GES liées à la consommation d'énergie fossile non compris.

D'autres facteurs enfin participent aussi au bilan global des émissions du secteur AFOLU, mais ils ne représentent ensemble que **3 % environ** des émissions mondiales (par exemple : feux de tourbières et de forêts).

Émissions de GES par secteurs dans le monde (Source GIEC 2014)



Les chiffres qui précèdent doivent cependant être interprétés avec la plus grande précaution car :

- les incertitudes sur les émissions de N₂O et CH₄ en particulier restent très grandes,
- ces valeurs d'émissions donnent une idée très déformée de la responsabilité effective des secteurs agricoles et forestiers dans le changement climatique. Les chiffres d'inventaires d'émissions de GES des secteurs agricole et forestier ne représentent pas en fait des flux nets de GES qui seraient réellement émis vers l'atmosphère (« ce que voit l'atmosphère... »). Ils ne correspondent qu'à des modalités de comptabilisation des émissions des pays sans double compte, issues des négociations climatiques successives.

A titre d'exemples :

- Le stockage additionnel de carbone dans les sols, dans les forêts, dans la biomasse et dans les bioproduits est en effet comptabilisé par le GIEC de façon totalement séparée (cas des forêts et des prairies) ou voire non comptabilisé (cas du stockage résultant de l'évolution positive des pratiques agricoles ou de l'usage des produits du bois). L'impact majeur de la sylviculture, de l'agriculture et des biofilères dans l'absorption et le stockage du carbone photosynthétique (leur fonction de « pompe à carbone ») n'est donc pas mis au crédit de l'agriculture et de la forêt en compensation de leurs émissions.
- Le secteur de l'agriculture n'est pas le seul responsable des changements d'usage des terres, de la déforestation et des importantes émissions de CO₂ qui en résultent, lesquelles sont pourtant toutes comptabilisées comme des émissions du secteur AFOLU. Par exemple, l'étalement urbain dont les émissions sont comptées au « débit » du secteur UTCF représente une part importante des émissions, en même temps qu'il réduit le potentiel futur de l'agriculture (disparition de terres agricoles).
- L'effet de « substitution » (économies d'énergie et de GES) n'est pas pris en compte non plus dans les données AFOLU. L'utilisation de la biomasse, des biocombustibles et des bio-produits en remplacement d'hydrocarbures, de ciment, de métaux ou de plastiques... permet pourtant de réduire fortement les consommations énergétiques et les émissions globales planétaires de GES. Ce sont en fait les autres secteurs de l'économie (transports, habitat...) qui bénéficient de cet effet de substitution dans leur comptabilisation de GES.

2.4. L'importance stratégique du secteur des terres pour réussir l'atténuation

Relever le défi du changement climatique, en termes d'atténuation, impose de diminuer les émissions actuelles de GES de 40 à 70 % d'ici 2050 par rapport à 2010 (GIEC 2014). C'est en effet l'objectif à atteindre si l'on veut passer du scénario critique de référence actuel (une concentration en GES de 750 à 1 300 ppm¹⁹ en 2100, soit une température terrestre moyenne accrue de 3,7 à 4,8°C) au scénario du souhaitable (pas plus de 2°C de réchauffement à long terme, ce qui suppose une concentration en CO₂eq inférieure à 450 à 500 ppm en 2100).

Ce scénario impose une évolution à grande échelle de nos systèmes énergétiques (plus d'efficacité, et quatre fois plus de part d'énergies «décarbonées») et de la gestion des terres et des forêts. Corrélativement, ce sont aussi nos visions collectives qui doivent évoluer drastiquement (notamment sur l'eau, l'agriculture, la forêt et la bioéconomie) en même temps que nos comportements (valeurs et modes de vie, modes de consommation et de production, organisation collective et gouvernance des filières et des territoires).

Le GIEC reconnaît dans son dernier rapport de 2014 le caractère « unique » du secteur des terres, compte tenu de son rôle central pour la sécurité alimentaire mondiale et pour le développement durable (emplois, revenus ruraux, développement et équilibre des territoires) en même temps que pour sa capacité originale à produire des services environnementaux multiples, dont, en particulier, l'absorption et le stockage de carbone par la photosynthèse et, par suite, l'atténuation du changement climatique.

Les scénarios qui sont documentés au niveau mondial montrent en effet que :

- le secteur AFOLU, en y comptabilisant aussi l'effet d'absorption et de stockage du carbone, pourrait devenir un puits net de carbone avant même la fin du siècle, y compris dans un scénario climatique tendanciel,
- pour atteindre l'objectif climatique des + 2°C maximum de réchauffement, la valorisation des effets d'absorption et de stockage biologiques du carbone, ainsi que des bilans de la « substitution » par les biofilieres de produits conventionnels fortement émetteurs de GES sont essentiels. Ils sont d'ailleurs à même de réduire significativement les émissions globales de GES des secteurs économiques de l'énergie, des transports et de la construction par exemple.

La bonne gestion des terres, des forêts et de leurs productions constitue donc une des composantes majeure d'un scénario d'atténuation des émissions de GES mondiales. En combinant des mesures de réduction des émissions agricoles de GES (N₂O et CH₄), avec des stratégies qui puissent favoriser l'augmentation de l'absorption et du stockage biologiques du carbone ainsi que le développement de la bioéconomie (substitution), le tout en visant en outre à diminuer les pertes à la production, à la récolte, au stockage et les gaspillages alimentaires, **le secteur des terres pourrait contribuer, selon le GIEC 2014, pour 20 à 60 % au potentiel total d'atténuation des émissions planétaires de GES d'ici 2030.**

L'enjeu consiste donc à pouvoir raisonner et agir dans un secteur des terres au sens large, **incluant la substitution des usages conventionnels par des bio-produits**, en optimisant les mesures possibles et en prenant en compte l'impératif de la sécurité alimentaire.

¹⁹ ppm : parties par million

2.5. Deux priorités d'action au niveau mondial : la gestion de la forêt et la restauration des terres dégradées

A l'échelle mondiale, deux stratégies apparaissent comme particulièrement décisives pour parvenir à réduire les émissions de GES dans le secteur AFOLU, à savoir :

- la restauration des terres dégradées et des sols organiques cultivés,
- la réduction de la déforestation, la bonne gestion forestière et le reboisement.

L'importance relative de la restauration des terres et des pâturages dégradés, ainsi que des sols organiques, s'explique par la gravité actuelle des phénomènes d'érosion et de dégradation qui sont constatés (plus d'un milliard d'hectares de terres sont soumis à une forte érosion). Ces phénomènes graves libèrent notamment des quantités importantes de CO₂ par la destruction des matières organiques des sols, dont ils réduisent la productivité. La maîtrise de l'érosion permettrait par ailleurs de ralentir la vitesse d'envasement des retenues des barrages, qui est parfois inquiétante, et de consolider le cycle de l'eau pour les usages à l'aval.

Par ailleurs, réduire la déforestation permettrait d'éviter un déstockage important de carbone dû à la destruction des matières ligneuses et à la minéralisation des sols forestiers découverts. Cette maîtrise nécessaire de la déforestation suppose d'abord de maîtriser l'extension des terres cultivées aux dépens des forêts, tout en parvenant à satisfaire les besoins alimentaires et non alimentaires d'une population mondiale fortement croissante. L'intensification durable de l'agriculture, la réduction des pertes et des gaspillages (étalement urbain, pertes à la récolte, gaspillages alimentaires), tout comme l'efficacité de l'agriculture (et de la sylviculture) font partie des solutions nécessaires. Cependant, cette intensification durable de l'agriculture se doit d'être intelligente vis à vis du climat, c'est-à-dire sobre et peu émettrice de N₂O et de CH₄ par quantité produite, diversifiée, et capable en outre de séquestrer du carbone dans les sols.

Maîtriser la déforestation et les émissions de GES en tirant parti des effets de stockage et de substitution d'usages à l'aval (bio-produits et bioénergies) suppose enfin de pouvoir donner ou redonner une véritable valeur socio-économique à la forêt, et ceci tout particulièrement dans les zones forestières inter-tropicales où elle est menacée. Il faut y adopter des méthodes de gestion efficaces, durables et économiques en associant localement les populations à leur profit. A ces conditions, le reboisement fait alors partie sans conteste d'une réelle stratégie « sans regrets », comme la Chine en donne l'exemple. Cet impératif de reboisement efficace n'est d'ailleurs pas moins justifié dans nos pays européens, et en France, que dans les zones tropicales pour garantir le renouvellement futur des peuplements et des ressources, et pour stimuler leur mobilisation.

2.6. Les pertes et gaspillages alimentaires, sources conséquentes d'émissions de GES

La FAO estime que, chaque année, près d'un tiers de la production de nourriture pour l'alimentation humaine est perdue ou gaspillée dans le monde. Le montant global des pertes et gaspillages de produits agricoles primaires est ainsi estimé en 2007 à 1,6 milliards de tonnes, dont 1,3 milliards pour la part destinée à l'alimentation, part à rapporter à une production agricole globale de six milliards de tonnes (incluant la part de production à usage non alimentaire).

L'empreinte émissive en GES de la production agricole qui n'est ainsi pas consommée, (incluant l'utilisation énergétique et les émissions non énergétiques), est donc estimée chaque année à 3,3 gigatonnes de CO₂. La production non consommée représente 1,4 milliards d'hectares, soit près de 30 % de la surface agricole mondiale. Ces pertes et gaspillages entraînent également un usage inutile de terres, de l'eau ainsi qu'une atteinte potentielle à la biodiversité. Au final, la FAO estime l'impact économique global des pertes et gaspillages de productions agricoles à un montant annuel variant de 750 milliards à 1 000 milliards de dollars, hors externalités négatives.

L'activité agricole à l'amont, au sens large, (production, traitement post-récolte et stockage) représenterait en valeur 54 % de ces pertes, alors que l'activité des filières à l'aval (transformation, distribution, consommation) en représenterait 46 %. Dans une analyse géographique plus affinée, la perte au niveau de la production à l'amont s'avère en fait plus forte dans les pays en développement, alors qu'inversement, les pertes à l'aval, dans les filières, seraient beaucoup plus importantes dans les pays développés (31 à 40 %) que dans les pays à faible revenu (4 à 16 %).

Tenant compte des potentiels d'émission de chaque nature de production agricole, il s'avère que les émissions dues aux « pertes agricoles » seraient principalement dues à la production céréalière (35 % du total), à la production de viande (21 % du total) et à la production légumière (20 % du total). Ainsi, la production céréalière, et principalement la production rizicole, joue un rôle majeur dans l'importance des pertes et des émissions induites en Asie, alors que la filière élevage est au contraire le facteur dominant des émissions/pertes du continent américain, quand la filière céréalière constitue quant à elle la part la plus importante des émissions/pertes de l'Europe.

Bien évidemment, l'importance des « émissions de pertes » est à relier au stade de la filière où s'effectue la perte/gaspillage. Ainsi, au niveau mondial, la production agricole stricto sensu induit 35 % des pertes totales, mais leur effet en terme d'émission n'est que de 15 %. A l'autre bout de la chaîne, la consommation induit 20 % du total des pertes en volume, mais 36 % des émissions.

Nous nous proposons maintenant d'examiner l'équivalent de toutes ces données pour la France, tout en montrant, à cette échelle, les limites et les insuffisances des systèmes actuels de mesures et de rapportage.



3. Les émissions de GES du secteur des terres en France

En France, comme au niveau mondial, les règles actuelles de rapportage relatives aux GES ne permettent pas de bien rendre compte de la réalité des émissions de l'agriculture, de la forêt et, plus globalement, du « secteur des terres ». Après avoir rendu compte des chiffres de l'inventaire national, ce chapitre s'attachera par conséquent à regrouper des données disparates et à proposer une analyse critique du système actuel de comptabilisation.

3.1. Les chiffres officiels de l'inventaire national

Dans l'inventaire national, les émissions du secteur des terres (AFOLU) sont encore à ce jour scindées en deux parties : le secteur de l'agriculture, d'une part, et le secteur des forêts et de l'utilisation des terres (UTCF) d'autre part.

3.1.1. Le secteur de l'agriculture

En France, les émissions globales du « compartiment agriculture »²⁰ sont chiffrées officiellement en 2012 à **89,7 MtCO₂eq/an** (CITEPA 2014), dont 58 % d'émissions de N₂O et 42 % de CH₄.

L'agriculture représenterait ainsi **18,1 % du total des émissions de GES nationales** (lesquelles sont évaluées à 496 MtCO₂eq/an, secteur UTCF non compris²¹). Ces émissions ont baissé de 11,4 % depuis 1990, en particulier du fait de la diminution du cheptel bovin et de la baisse de la consommation d'engrais azotés.

Analysons, pour chacun des deux grands gaz à effet de serre émis par le secteur agricole, leur problématique spécifique.

Le **N₂O (protoxyde d'azote)** est le seul GES important qui soit véritablement « non énergétique », et il est en principe quasiment spécifique à la mise en valeur agricole des sols, voire à la nature même des sols. Selon la comptabilisation actuelle par défaut des GES, le **N₂O** émis serait essentiellement le reflet du niveau de la fertilisation azotée, mais aussi de la minéralisation de la matière organique.

²⁰ Dans la comptabilité GES, le secteur agriculture n'inclut pas les émissions de CO₂ qui sont liées à la consommation d'énergie, lesquelles relèvent précisément de la comptabilité du secteur énergie.

²¹ Les autres secteurs économiques fortement émetteurs en France sont le transport (27 %), l'industrie et le « résidentiel tertiaire », c'est-à-dire le secteur du bâtiment, qu'il soit à usage résidentiel ou tertiaire (commerces et services).

N₂O, un gaz à l'effet de serre puissant, principalement d'origine agricole

Lors du Grenelle de l'environnement en 2007, la France s'était engagée à se placer, d'ici 2050, sur une trajectoire de division par quatre de ses émissions totales de gaz à effet de serre (GES) par référence au niveau de 1990. Parmi tous les GES qui sont responsables du changement climatique, le protoxyde d'azote (N₂O) possède un très fort pouvoir radiatif, de l'ordre de 300 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (CO₂). Ses émissions provenant des sols agricoles ont pour origine des processus microbiens et sont attribuées pour l'essentiel à la transformation de l'azote minéral des sols.

En France, les émissions de N₂O représentent 13 % de la contribution nationale au réchauffement global, ce qui fait globalement du N₂O le second GES en puissance après le CO₂. Avec plus des trois quarts des émissions de N₂O, l'agriculture constitue le premier secteur producteur de ce gaz. Pour les filières végétales, l'enjeu est particulièrement important puisque le N₂O est en fait le principal GES résultant des productions cultivées. Il représente par exemple 57 % des émissions totales de GES qui sont générées par la culture de colza, du semis à la récolte (ceci n'est pas sans conséquences, par exemple, sur l'application des critères de durabilité liés aux biocarburants).

Le **CH₄**, (**méthane**) est le deuxième gaz à effet de serre qui soit largement spécifique à l'agriculture, et il a lui aussi un pouvoir radiatif élevé, 25 fois supérieur à celui du CO₂. Il est largement lié à l'élevage (fermentation entérique des ruminants et émission des effluents d'élevage stockés), au traitement des biodéchets et des effluents, mais aussi à la fermentation anaérobie de zones humides ou inondées, dont les rizières (ainsi qu'à certains process industriels).

L'agriculture et le méthane

Les émissions de méthane de l'agriculture comptent pour plus de 50 % des émissions totales de méthane planétaire. Le CH₄ possède un fort pouvoir radiatif, de l'ordre de 25 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (CO₂), et ce gaz contribuerait ainsi à hauteur de 15 % aux effets des émissions anthropiques mondiales de gaz à effet de serre.

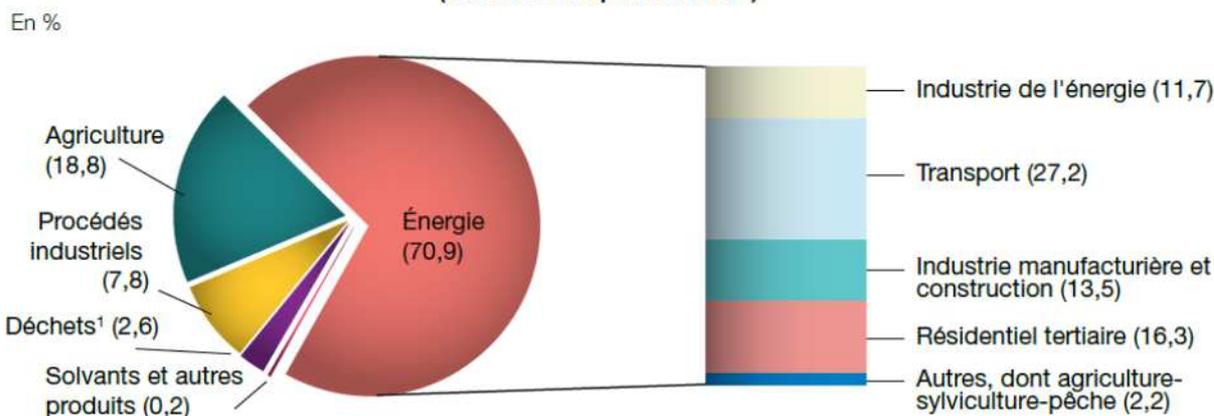
En France, les émissions de méthane par l'agriculture comptent pour plus de 70 % des émissions françaises de méthane. Les deux tiers des émissions totales de méthane agricole (43 MtCO₂eq/an) proviennent de la fermentation entérique des ruminants (29 MtCO₂eq). Le reste provient de la fermentation des déjections animales et des matières organiques des sols humides ou inondés en déficit d'oxygène.

3.1.2. Le secteur des forêts et de l'usage des terres

Les émissions du secteur UTCF (usage des terres, avec ses changements, ainsi que la forêt) sont chiffrées à **-44,3 MtCO₂eq/an** en 2012, et sont donc négatives. Le secteur UTCF constitue en effet un important puits de carbone qui résulte de l'absorption et de la bio-séquestration photosynthétique du carbone (sols, plantes, arbres). Ce stockage net de carbone s'est fortement accru depuis 1990 (+ 55 %) du fait notamment de la croissance des forêts en surfaces et en volumes, croissance due en particulier à la politique antérieure de reboisement et à la déprise rurale.

En 2012, les - 44,3 MtCO₂eq/an qui sont absorbés et stockés sont la résultante de plusieurs postes. L'effet climatique positif est dû principalement, au puits forestier (-69,5 MtCO₂eq/an) et au puits des prairies (- 11,8 MtCO₂eq/an). Ces puits se trouvent cependant atténués par des impacts climatiques négatifs provenant, d'une part, de l'artificialisation des sols (+ 14 MtCO₂eq/an), et d'autre part des mises en cultures (+ 25,6 MtCO₂eq/an).

**Répartition par source des émissions de GES en France en 2011 (DOM inclus)
(486 Mt CO₂eq. hors UTCF²)**



Source : Agence européenne pour l'environnement, juin 2013

1. Hors incinération des déchets avec récupération d'énergie (incluse dans « Industrie de l'énergie »).
2. Utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF).

Le secteur **AFOLU** en France, mesuré comme l'addition des secteurs « agriculture » et « UTCF », représenterait donc ainsi une émission « nette » de GES²² de **46,4 MtCO₂eq/an, soit 10,2 % du total des émissions nationales²³**. La part relevant stricto sensu de l'agriculture et de la forêt se trouverait encore réduite puisque **14 MtCO₂eq/an** sont issus de l'artificialisation des terres par l'urbanisme et les transports.

3.2. Un bilan intégrant les consommations d'énergie et les effets « absorption », « stockage » et « substitution »

Les règles internationales de rapportage sur les émissions de GES, telles qu'appliquées dans l'inventaire national par le CITEPA, ne permettent pas de bien rendre compte des responsabilités réelles de l'agriculture, de la forêt, des sols et des biofilères dans les émissions de GES, ni de leurs contributions positives au stockage de carbone et à la réduction des émissions des autres secteurs économiques. En effet, les bilans de l'agriculture et des forêts sont éclatés entre plusieurs compartiments de comptes d'émissions de GES aux logiques différentes (émissions énergétiques, émissions non énergétiques...) et ils n'intègrent pas les effets d'absorption, de stockage et de substitution d'usages en aval de la production. Ce sont donc autant de comptes qu'il faut tenter de regrouper et de réconcilier dans la logique de la mise en place d'un secteur des terres, que le dernier rapport du GIEC a commencé à aborder.

Avant de proposer un calcul à l'échelle de l'ensemble du secteur des terres (AFOLU), tâchons, pour nos deux grands secteurs que sont l'agriculture et la forêt, d'établir un bilan plus complet.

3.2.1. L'agriculture, ses filières, les prairies et les sols agricoles

Aux émissions du secteur « agriculture » (N₂O et CH₄ notamment), soit **89,7 MtCO₂eq/an**, devraient être ajoutées en fait les émissions de CO₂ (gaz carbonique) qui résultent de la consommation d'énergie fossile utilisée dans les exploitations agricoles, et notamment par les tracteurs et autres machines agricoles. En incluant les trois sous-secteurs que sont l'agriculture, la sylviculture et la pêche, mais sans intégrer en revanche les consommations énergétiques des filières en cause en aval (transformation, distribution et consommation), on estime ces émissions « énergétiques », comptabilisées dans le secteur « énergie », **11,4 MtCO₂eq**.

²² émissions de N₂O et CH₄ de l'agriculture (89,7) + effet UTCF (- 44,3)

²³ Ce décompte est fait hors importations, car les GES sont comptabilisés sur les lieux de production.

Il est intéressant à cet égard de souligner que :

- la consommation énergétique totale du secteur agricole en France ne représente qu'environ 2,3 % de l'énergie totale qui est consommée au plan national,
- l'agriculture française produit approximativement, dix fois plus d'énergie qu'elle n'en consomme²⁴. La photosynthèse en agriculture constitue donc un « moteur énergétique » qui a plus de 1 000 % de rendement...

En ajoutant ces émissions énergétiques « externes » aux émissions agricoles de base (**89,7 MtCO₂eq/an**), le secteur agricole se trouve émettre en fait, au total, annuellement, **101,1 MtCO₂eq**, soit **20 % des émissions françaises de GES**, se répartissant de la façon suivante :

- 50 % de N₂O : par exemple pour la fertilisation,
- 40 % de CH₄ : par exemple dans l'élevage,
- 10 % de CO₂ : par exemple en énergie, pour la mécanisation.

Pour être complet, le bilan net de l'agriculture, devrait aussi intégrer :

- D'une part les effets nets de stockage et déstockage de carbone résultant des prairies et des mises en cultures, émissions et séquestrations comptabilisées dans le secteur UTCF : soit **14 MtCO₂eq/an**.
- D'autre part les effets de substitution des usages de la biomasse agricole aux énergies fossiles, y compris les économies nettes découlant des biocarburants (évaluées à 6 MtCO₂/an)²⁵ et des matériaux biosourcés d'origine agricole (2 MtCO₂/an)²⁶. Ces substitutions permettent de diminuer en fait les émissions d'autres secteurs économiques, et ne sont donc pas comptabilisées dans le secteur « agricole ». Toutes ces émissions évitées par effet de substitution s'évaluent à environ **8 MtCO₂/an**.

On peut ainsi, à partir de ces chiffres globaux, établir un bilan « consolidé » des GES pour le secteur de l'agriculture (encadré), bilan qui ne s'assimile pas à l'inventaire officiel des émissions nationales, et dans lequel nous avons volontairement choisi en outre de ne pas inclure les **14 MtCO₂/an** qui sont émis par l'artificialisation des sols, puisque celle-ci n'est pas le fait de l'agriculture.

Total au bilan de l'agriculture française

Émissions nettes : 101,1 MtCO₂eq/an (89,7 + 11,4)

Émissions nettes résultant du déstockage/stockage : 13,8 MtCO₂/an (25,6 de mises en cultures moins 11,8 de stockage dans les prairies)

Substitution de produits et d'énergies fossiles par des bioproduits : 8 MtCO₂/an (économie d'émissions dans les autres secteurs)

Apparaissent alors ici, au-delà des efforts nécessaires de réduction des émissions dans le secteur agricole :

- l'importance majeure de la **préservation des terres agricoles** (14 MtCO₂/an) **et des prairies** (14 MtCO₂/an), et donc en particulier le **rôle essentiel de l'élevage à l'herbe** ;
- l'effet de la **substitution d'usages** déjà très performante par les filières de la bioéconomie agricole, au détriment de produits fossiles ou coûteux en énergie, et ceci avec des marges de progrès importantes.

²⁴ Toute production agricole peut être mesurée en calorie ou encore en « tonne équivalent pétrole », et pas seulement en kg, quintal ou tonne. Ainsi l'agriculture française produit environ l'équivalent de 40 millions de tep (tonnes équivalent pétrole) par an sous la forme de produits agricoles, alors qu'elle ne consomme que 3,7 millions de tonnes d'énergie fossile. Le « rendement énergétique » de l'agriculture française est bien donc supérieur à 1 000 %.

²⁵ sans prise en compte des effets indirects sur l'usage des terres (ILUC)

²⁶ les estimations sur la substitution ont été faites par le CGAAER

Encore ces chiffres sont-ils très incertains, et ne prennent pas en compte les effets de stockage additionnel de carbone des sols cultivés (hors prairies), permis notamment par le développement de pratiques culturales climato-intelligentes (par exemple : sans labour), pratiques dont on montrera plus loin qu'elles peuvent être très efficaces vis à vis des émissions de GES même si leurs effets ne sont pas mesurés à ce stade dans l'inventaire.

3.2.2. La forêt et ses filières

L'inventaire national ne prend actuellement en compte que le seul stockage annuel additionnel de carbone dans la biomasse forestière (69,5 MtCO₂/an). Or, il apparaît qu'une analyse plus complète devrait aussi prendre en compte :

- les émissions d'origines énergétiques (CO₂), certes relativement réduites et limitées à l'exploitation forestière, au transport et aux industries de transformation²⁷ ;
- le stockage additionnel net annuel de carbone dans les produits de la filière bois, à l'aval (évalué à 4,7 MtCO₂/an), stockage sera comptabilisé dans l'inventaire national des GES à partir de 2015,
- un stockage important supposé dans les sols forestiers, mais il s'agit là d'un « puits » qui est encore mal interprété, mal mesuré et non comptabilisé de fait ;
- une substitution énergétique croissante par le bois énergie, ceci surtout dans les chaufferies collectives, industrielles et domestiques aux performances sans cesse améliorées qui sont désormais équivalentes à celles des chaufferies conventionnelles. Cette substitution est évaluée à environ 9 Mtep/an, soit environ **35 MtCO₂/an**²⁸ ramené à 30 MtCO₂/an pour tenir compte des coûts énergétiques d'exploitation, de mobilisation et de transport.
- une substitution parallèle enfin de la biomasse (voir plus loin) dans l'usage large des matériaux (béton, acier, plastique...), et qui pourrait être évaluée **environ à 25 MtCO₂/an**²⁹ (pour 25 Mm³ de matériaux bois produits et mis en œuvre par an dans la filière).

Total au bilan de la forêt française

Absorption et stockage nets annuels de carbone : 74,2 MtCO₂/an (69,5 en forêt plus 4,7 pour le stockage additionnel annuel dans les produits bois en aval de la filière)

Économies approximatives d'émissions de GES dans les autres secteurs, permises par la substitution de produits et énergies fossiles par des bioproduits et des bioénergies : **environ 55 MtCO₂/an**

On peut estimer qu'il en résulterait un bénéfice climatique net global très important, même si de grosses incertitudes subsistent quant aux évaluations chiffrées.

Ici apparaît, au-delà du potentiel de la séquestration et du stockage photosynthétique en forêt, un effet de levier majeur à travers le **stockage** et la **substitution qui opèrent** tout au long des filières du bois, en matériaux comme en énergie. Ce levier est d'autant plus important d'ailleurs quand la cascade d'usages successifs des produits du bois est la plus longue possible (matériaux, puis sous-produits, puis recyclage, puis valorisation énergétique ultime).

La stimulation de la sylviculture et de la récolte, avec le développement de valorisations complémentaires à l'aval du bois d'œuvre (prioritairement), mais aussi de bois d'industrie et de bois énergie, apparaît donc comme un enchaînement puissant et vertueux de leviers « climatiques »

²⁷ Ces consommations énergétiques sont estimées grossièrement, selon l'ADEME, à 10 % environ du contenu énergétique (et carbone) du bois mobilisé lui-même, soit environ 0,1 tCO₂ émise par tonne substituée.

²⁸ Évaluation CGAAER à dire d'expert. N.B. 1 tep = 4 tCO₂ environ correspondant à la combustion de 4 m³ de bois

²⁹ Évaluation CGAAER en considérant qu'un m³ de produit bois mis en œuvre pourrait éviter par substitution l'émission de 1 à 1,5 MtCO₂/an.

3.2.3. Bilan global indicatif du secteur des terres en France

Le bilan GES global du « secteur des terres » en France, en termes d'émissions, de stockage et de substitution peut donc être consolidé approximativement comme suit pour l'année 2012 :

- **émissions agricoles et énergétiques nettes** (agriculture, forêt, pêche) : + **101 MtCO₂eq/an**,
- **impact positif du double effet d'absorption stockage déstockage** : -**46 MtCO₂**, composé de :
 - absorption et stockage net de la forêt et filière bois : -74 MtCO₂eq/an,
 - émissions nettes résultant du changement d'utilisation des terres en agriculture (prairies/mises en culture) : + 14 MtCO₂eq/an (déstockage)
 - émissions nettes résultant de l'artificialisation des terres agricoles par l'urbanisation et par les infrastructures : + 14 MtCO₂eq/an (déstockage) ;
- **impact positif des substitutions** : -**63 MtCO₂eq/an (émissions évitées dans les autres secteurs de l'économie)** ; dont environ 55 Mt par les produits de la forêt et 8 Mt par les produits de la bioéconomie agricole.

En prenant en compte ces différents postes (y compris les émissions évitées grâce à l'effet de substitution), on pourrait considérer que le secteur AFOLU assurerait en quelque sorte un bénéfice climatique **positif**. Cette consolidation reste « abusive » et doit rester indicative puisqu'elle cumule singulièrement des flux directs de carbone, des flux indirects, et des stocks de durée variable. Elle fait apparaître néanmoins la complexité du sujet et le fait, notamment, que la communication et l'éducation sont bien, pour ces secteurs, un véritable enjeu et une condition de leur développement.

3.3. Les limites des méthodes actuelles de rapportage

L'analyse des chiffres telle que développée ci-dessus montre que le mode actuel de comptabilisation par compartiments des GES de l'agriculture et de la forêt présente de réelles limites, avec même des risques de conclusions faussées en termes de stratégies d'atténuation, dès lors qu'elle est utilisée pour le pilotage des politiques publiques. L'accent doit impérativement être porté à la fois sur les problèmes de la segmentation de cette comptabilisation sur les problèmes liés à la nature forfaitaire de cette comptabilisation, sur la grande incertitude des chiffres et sur la non prise en compte de l'effet positif des bonnes pratiques agronomiques.

3.3.1. Le problème de la segmentation

La segmentation historique de la comptabilisation des GES au niveau international (CNUCC, GIEC) se retrouve aussi opérante au sein du paquet énergie-climat européen, où elle est assortie d'objectifs cloisonnés, puisqu'elle s'exprime dans trois « compartiments » aux logiques indépendantes, voire parfois contradictoires. En effet :

- Le compartiment des industries énergivores (ETS³⁰) concerne notamment les importantes centrales de cogénération à biomasse, pour lesquelles des objectifs ambitieux de substitution d'énergie fossile ont été fixés (par exemple : paquet énergie climat, qui vise près de 50 % d'accroissement de nos énergies renouvelables en France à partir de bioénergies d'ici 2020, puis 2030). Ces objectifs nécessiteront en particulier de mobiliser, et donc de déstocker légitimement du bois supplémentaire des forêts pour mieux le valoriser à l'aval.
- Le compartiment des émissions diffuses (non ETS) : agriculture, transport, résidentiel/tertiaire et déchets (CO₂, N₂O et CH₄). Ce compartiment met notamment en jeu des réductions directes possibles des émissions de l'agriculture, mais il concerne aussi la substitution de produits conventionnels ou d'hydrocarbures fossiles par des bioproduits et des biocarburants, y compris la substitution d'énergie thermique par de la biomasse dans les logements (réseaux de chaleur, chauffage bois individuel)...

³⁰ Marché européen des quotas d'émission industrielle

- Les inventaires de stocks de carbone dans le sol et dans la végétation, ainsi que, à partir de 2015, dans les produits des filières du bois (décision de la conférence de Durban), furent initialement marqués par la priorité mondiale donnée à la réduction de la déforestation. Ces inventaires ont ainsi privilégié, d'abord, et pour tous les continents, des objectifs singuliers d'accroissement du stock forestier sur pied (quitte à promouvoir indirectement le vieillissement des forêts et à en ralentir la croissance et le pouvoir d'absorption du carbone), sans que l'importance stratégique du stock « aval » de carbone dans la filière bois et la puissance de ses effets de substitution ne soient alors explicités, ni mis en balance.

Des prises de décision cloisonnées peuvent alors parfois conduire à des contradictions flagrantes : par exemple, une mobilisation accrue du bois des forêts visant d'une part à conforter les filières de bioénergies renouvelables, et d'autre part à accroître les capacités de substitution à l'aval dans le bois matériau, ne peut se faire, au moins dans un premier temps, que par une réduction (temporaire) du stock de carbone en forêt. Comment alors équilibrer cette compensation si la méthodologie d'inventaire du GIEC ou/et le mode de rapportage ne le permettent pas ?

L'introduction, dans les travaux 2014 du GIEC, d'un secteur des terres appelé « AFOLU », qui permet de raisonner ensemble émission et stockage réunifie néanmoins une partie du bilan en lui donnant plus de cohérence. Mais malheureusement, cette avancée laisse toujours néanmoins, et par construction, les bénéfices de la substitution d'usages apportés par le bois et la bio-économie à l'écart. Pour autant, le rapport GIEC 2014 souligne bien l'importance stratégique du secteur AFOLU (il représente de 20 à 60 % du potentiel d'atténuation mondial des émissions de GES à l'horizon 2030) et il fait référence au bénéfice global possible du secteur, y compris par effet de substitution ; c'est donc bien cette contribution globale du secteur des terres qu'il conviendrait de pouvoir mesurer dans la durée si l'on veut orienter convenablement les politiques agricoles et forestières dans un sens favorable au climat.

Dans la mesure où les modalités d'inventaire n'ont pas été construites pour piloter des politiques de réduction des émissions de GES, la mise en place d'un tableau de bord global et l'élaboration de rapports nationaux spécifiques au secteur AFOLU prenant en compte l'ensemble des aspects en cause, (y compris les effets positifs de substitution en aval dans les secteurs de l'énergie, du bâtiment et des transports), s'avèrent donc nécessaires. Ces rapports « AFOLU » seraient d'autant plus importants si les inventaires nationaux devaient continuer à comptabiliser de façon séparée les émissions de ces secteurs.

3.3.2. Le problème de la comptabilisation forfaitaire des émissions de GES dans le secteur des terres

Les problèmes qui sont liés au mode de comptabilisation forfaitaire des GES du secteur des terres sont de plusieurs niveaux. En effet :

- Les émissions de N₂O (liées principalement à l'usage de fertilisants azotés), ont un poids considérable dans le bilan GES de l'agriculture. Elles sont calculées forfaitairement, par convention, pour tous sols et toutes cultures dans le monde, sur la base de 1 % de l'azote minéral et organique qui est épandu. Or, une étude récente permettrait semble-t-il de mieux adapter la méthodologie au contexte agronomique français, en adoptant notamment un coefficient d'émission sensiblement réduit à 0,9 ou 0,8 %. Cette méthodologie pourrait certainement être utilisée dans les prochains inventaires pour mieux approcher la vérité, sous réserve de la validation des modèles calibrés et testés.
- Les émissions de CH₄ sont calculées par défaut à partir d'un ratio standard d'émission par animal, lequel ne permet donc pas de prendre suffisamment en compte, par exemple, l'effet des modifications du régime alimentaire des ruminants apportées par les éleveurs, ni même les impacts positifs de la méthanisation et de la mise en place de torchères à la sortie des fosses à lisier.

- Enfin, les variations des stocks de carbone dans les sols agricoles ne sont prises en compte par le GIEC qu'au titre des seuls changements d'usages de ses sols (retournement des prairies, artificialisation...). A l'inverse, l'évolution des pratiques agronomiques et des itinéraires culturaux engagés par l'agriculteur n'est pas comptabilisée, alors qu'elle représente pourtant des impacts potentiellement élevés sur le carbone organique des sols (par exemple : cultures sans labour, cultures intercalaires...). Des études sont en cours sur ces questions.

Ainsi, le potentiel d'atténuation maximum des émissions de GES dans le secteur agricole par changements de pratiques, à partir des systèmes actuels, est évalué en France à hauteur de 28,5 MtCO₂eq par l'INRA dans l'hypothèse où toutes les évolutions seraient menées à bonne fin. Or, au vu des contraintes qui précèdent, ce potentiel ne se trouverait être comptabilisé et valorisé en réalité qu'à hauteur de 10 MtCO₂eq seulement par l'utilisation des méthodes d'inventaires actuelles !

En conclusion, il est indispensable de faire évoluer les méthodes de comptabilisation des GES du secteur de terres d'une façon plus cohérente, et donc de se doter d'un système de tableau de bord transversal et systémique. Cet outil d'évaluation et de pilotage apportera notamment une capacité à produire régulièrement des rapports spécifiques à ce secteur des terres, rapports permettant de mesurer les progrès dans une vision nécessairement élargie, incluant les bénéfices produits par effet de substitution.

Il est en effet nécessaire aujourd'hui de pouvoir mieux refléter, tout en les stimulant, les contributions évolutives que l'agriculture et la sylviculture, avec leurs filières aval, apportent à la lutte contre le changement climatique. Il convient donc de mobiliser la recherche agronomique et les milieux professionnels sur ces questions. Et il serait par ailleurs très souhaitable de pouvoir produire ou améliorer les bases statistiques agricoles existantes pour permettre de mesurer les progrès accomplis vers une agriculture climato-intelligente (par exemple : surface valorisée en agroforesterie, surface agricole en semis direct, méthanisation...) et d'en tenir compte dans les futurs calculs des émissions de GES.

4. Les leviers et potentiels d'atténuation du secteur des terres en France

Pour permettre aujourd'hui au secteur AFOLU de jouer pleinement son rôle dans l'atténuation du changement climatique, il convient d'agir aux trois niveaux des exploitations, des filières et des territoires en identifiant des mesures et des leviers d'action qui soient au plus haut potentiel de bénéfice carbone, qu'il s'agisse de réduire les émissions directes de N₂O et CH₄ ou de mieux valoriser les effets de stockage ou/et de substitution. Les axes de travail qui dessinent le plus fort potentiel, développés ci-après, sont :

- **la préservation des terres agricoles et des prairies, notamment permanentes,**
- **les changements de pratique et de systèmes de culture ou d'élevage** (par exemple l'agroécologie),
- **la mobilisation de l'accroissement forestier, le reboisement accru et l'agroforesterie,**
- **le développement des biofilières avec leurs capacités de stockage et de substitution,**
- **la réduction des pertes et des gaspillages alimentaires.**

Pour chacun de ces axes, les gains potentiels d'émissions à l'horizon 2030 s'évaluent entre une et plusieurs dizaines de MtCO₂eq/an évitables, et ils se doublent en outre souvent de bénéfices économiques et d'emplois nouveaux dans les filières.

Ces potentiels restent cependant à évaluer et à hiérarchiser plus complètement. Si une étude récemment finalisée par l'INRA a permis de chiffrer, par actions, le potentiel technique d'atténuation dans les systèmes de production agricole, une analyse scientifique collective sur les impacts « stockage et substitution » améliorés qu'apporterait une gestion plus dynamique de la forêt française et un plus grand dynamisme de la filière bois reste encore largement à produire.

4.1. L'utilisation du territoire : donner priorité à la préservation des terres agricoles et des prairies

Les changements d'utilisation des terres sont une source importante d'émissions de GES, car les stocks de carbone organique dans les sols varient en fonction des usages. Réduire les gaspillages de terres agricoles et les pertes de prairies permanentes aurait ainsi, en particulier, un effet d'atténuation important.

4.1.1. Les principes retenus pour les calculs d'émissions de GES par changements d'utilisation des terres

En moyenne, au niveau national, les chiffres des stocks de carbone des sols, retenus par le CITEPA selon les mises en valeur, sont les suivants :

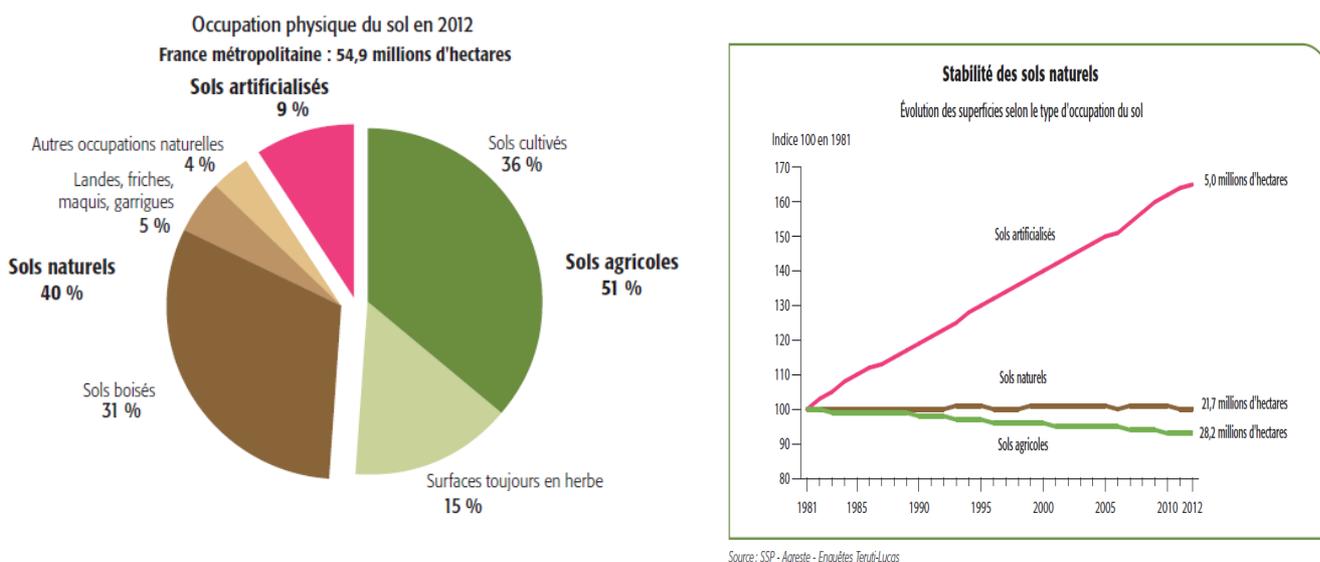
Cultures (cultures, vergers, vignes, prairies temporaires)	49 tC/ha
Prairies (prairies permanentes, haies, bosquets)	78 tC/ha
Zones humides	125 tC/ha
Forêts	73 tC/ha
Sols artificialisés (sol nu, en herbe, arboré)	40 tC/ha

Source : entretien avec le CITEPA

Tout passage d'un état à un autre conduit, soit à un déstockage de carbone par minéralisation de la matière organique stable (et donc à des émissions de GES), soit au contraire à un stockage supplémentaire par l'activité des micro-organismes et des racines, ou par l'apport de fumures de fond (et donc à une réduction des émissions nettes). Les calculs des flux annuels de GES qui en découlent sont mesurés par la différence entre les deux états, en considérant que le passage d'un état à l'autre se fait en vingt années environ (humification et minéralisation), et ce de façon linéaire.

4.1.2. L'utilisation du territoire en France et les changements observés

En France, les sols agricoles représentent 51 % du territoire et les sols boisés 31 % (Agreste 2012). Le grand changement observé sur les trente dernières années est la forte progression des sols artificialisés (dont l'urbanisation) aux dépens des sols agricoles (cf. graphe suivant), alors que la superficie des sols « naturels » est restée au contraire remarquablement stable (+ 0,01 % par an).



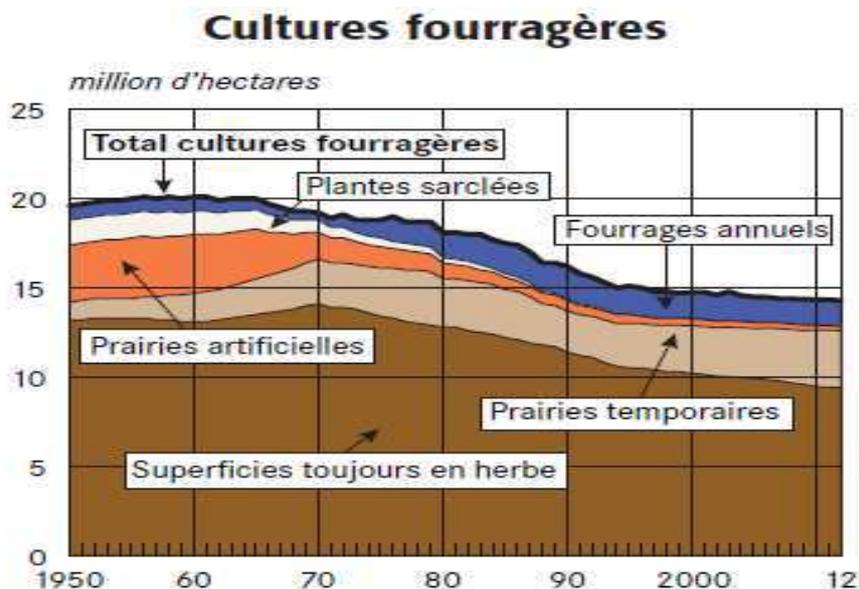
Au total, sur les trente années qui précèdent, **la perte de terres agricoles s'élève en France à 2 millions ha**, ce qui correspond effectivement approximativement à l'accroissement des terres artificialisées qui a été observé sur la période.

Les pertes annuelles de terres agricoles par artificialisation (extension urbaine, infrastructures) ont cependant été plus ou moins fortes selon les périodes. Alors que la perte n'était « que » de 40 000 ha/an dans la décennie 1960, la perte moyenne sur la période récente de six ans (2006-2012) atteindrait **70 000 ha/an**, soit presque le double³¹. C'est-à-dire que la France perdrait aujourd'hui pratiquement l'équivalent d'un département en surface agricole tous les sept ans. Les terres agricoles ainsi « perdues » sont aussi bien des terres cultivées que des surfaces toujours en herbe (STH), dans une proportion à peu près équivalente. Depuis 2005, il semble que ce soient surtout des terres cultivées (plutôt que des prairies) qui disparaissent par artificialisation.

Cependant, les « pertes » réelles de prairies, notamment permanentes (dont le stock de carbone à l'hectare est particulièrement élevé) ont été et restent plus importantes que ce constat limité à l'artificialisation pourrait laisser penser. En effet, de nombreuses prairies ont aussi été retournées sur la même période pour devenir des terres cultivées et des prairies permanentes sont devenues des prairies temporaires. Une surface significative de prairie a également été perdue par déprise, c'est-à-dire transformée en friches puis, progressivement, en « forêts ». Au total, les statistiques agricoles montrent une perte massive de prairies, au seul dépens des superficies toujours en herbe (STH). Dans le même temps, les prairies temporaires et artificielles se stabilisent plus ou moins, ou s'accroissent (cf. figure suivante). La perte totale nette de prairies (y compris les alpages, les prairies temporaires et les prairies artificielles) sur la période 1960-2012 est ainsi chiffrée à 5,1 millions ha.

³¹ Ces chiffres sont donnés avec une grande incertitude. D'autres sources donnent des mesures différentes.

Les pertes, très fortes sur la période 1981-1992 (212.000 ha/an), se sont cependant réduites puisqu'elles n'étaient plus que de 77.000 ha/an en moyenne sur la période 1992-2002 et de 66.400 ha/an sur la période 2002-2014. La perte pour les seules prairies permanentes (surfaces toujours en herbe) est cependant plus élevée : sur la période (2006-2010), **92 000 ha/an** de STH auraient été soumis à artificialisation, mise en culture ou déprise (source : Observatoire national de la consommation des espaces agricoles, données Teruti-Lucas).



4.1.3. Les émissions de GES provoquées par les changements d'utilisation des terres

Les évolutions constatées et décrites ci-avant, c'est-à-dire des pertes de terres agricoles et de prairies permanentes, vont toutes dans le sens d'un déstockage de carbone organique du sol.

L'inventaire national des émissions de GES 2014, établi par le CITEPA à partir des données Teruti-Lucas du Ministère de l'agriculture, chiffre comme suit les émissions et la séquestration relatives au changement d'utilisation des terres en 2012 en France :

- l'artificialisation des terres (urbanisation et infrastructures) représenterait une émission nette de **14 MtCO₂/an**,
- les mises en cultures (notamment de prairies) génèreraient une émission de **25,6 MtCO₂/an**,
- En revanche, les prairies permettraient une absorption et une séquestration annuelle brute de carbone par la photosynthèse (stockage) de **-11,8 MtCO₂/an**.

Globalement l'émission « nette » induite par les changements d'utilisation des terres et des prairies serait donc de **27,8 MtCO₂/an**.

L'**artificialisation des sols** (14 millions de tonnes de CO₂/an en émissions), et les **changements observés au sein des terres agricoles aux dépens des prairies** (mises en cultures moins restockage = 13,8 MtCO₂/an), ont une responsabilité à peu près équivalente dans ce total. Cependant, le phénomène d'artificialisation des sols, qui correspond pour une partie importante à un véritable « gaspillage » d'espace (étalement urbain), a des effets qui sont en réalité bien plus graves au détriment du développement durable par ses effets indirects sur le climat et sur la sécurité alimentaire mondiale.

En réduisant d'autant notre capacité productive en agriculture, l'artificialisation des terres conduit en effet à devoir transférer le soin de la production agricole « perdue » à l'étranger, avec un bilan en émissions de GES certainement encore plus négatif, surtout s'il implique de la déforestation. Cette délocalisation de production potentielle peut être aussi, indirectement, une cause majeure de croissance de la consommation d'énergie et de transports, et donc à nouveau d'émissions accrues de gaz à effet de serre. En outre, le développement de villes étalées (« à l'américaine ») induit un recours massif à l'automobile. **La responsabilité réelle, directe et indirecte, de l'artificialisation des sols sur la dégradation du climat est donc très supérieure au seul chiffre « agronomique » indiqué dans les inventaires de la CNUCC.**

Il convient par ailleurs de souligner la grande **incertitude** qui pèse sur les données, et donc la nécessité d'une grande prudence dans leur utilisation et dans leur interprétation. Des agriculteurs peuvent avoir tendance, pour se garder la possibilité de les retourner, à déclarer comme « temporaires » des prairies permanentes. Les données statistiques ont une valeur discutable dans ce domaine et les méthodes changent créant des « ruptures » difficiles à interpréter. Le stock de carbone dans les sols artificialisés (cette catégorie inclut les jardins et espaces verts) est par ailleurs fort mal connu. Quant aux terres agricoles, on sait bien que selon les pratiques de cultures qui sont mises en œuvre « à la parcelle », la matière organique des sols peut s'accroître ou décroître, autant d'effets qui ne sont pas pris en compte dans la comptabilisation.

Enfin, les méthodes de calcul des flux de carbone qui résultent du changement d'utilisation des terres peuvent être discutées, car le stockage pourrait s'opérer dans la réalité sur des périodes bien plus longues que les vingt années retenues par convention, et ceci selon des évolutions non linéaires, tandis que le déstockage s'opère généralement, quant à lui, plus rapidement que le stockage.

4.1.4. Les potentiels de réduction d'émissions et les leviers d'action

La prise de conscience de la nécessité de mieux préserver les prairies et les terres agricoles a commencé à s'opérer en Europe et en France, moins probablement pour des motifs de lutte contre le changement climatique que pour des impératifs d'économie des filières et de sécurité alimentaire (pertes en terres) ou de préservation des paysages et de la biodiversité (prairies). Mais la nécessité, aujourd'hui reconnue, de s'engager dans une politique d'atténuation des émissions de GES qui soit compatible avec les exigences de sécurité alimentaire mondiale impose désormais de faire bien davantage. Il s'agit en réalité d'une question de « développement durable » au sens le plus large, dont l'importance est aujourd'hui reconnue.

Après avoir mis en œuvre un arsenal de mesures de protection des forêts et des espaces naturels, il est maintenant incontournable et urgent de protéger les meilleures terres agricoles et les prairies. La prise de conscience des grands défis qui sont lancés à la planète invite à une nouvelle hiérarchisation de la politique d'aménagement et de protection des espaces.

a. La préservation des terres agricoles de l'artificialisation

Il est certainement possible de réduire significativement les pertes de terres qui découlent de l'artificialisation des espaces, ainsi que les émissions de gaz à effet de serre induites. L'Allemagne, par exemple, cherche à diviser par trois d'ici 2020 son rythme de consommation d'espace. A l'initiative du Bade-Wurtemberg, elle a ouvert un débat qui pourrait ouvrir à une réforme radicale du droit à urbaniser avec l'introduction de droits à construire négociables. La Suisse entend que les terres d'assolement puissent bénéficier du même niveau de protection que les forêts et que toute perte soit compensée (révision engagée de la loi d'aménagement du territoire). Les surfaces d'assolement devront être traitées systématiquement comme étant « d'intérêt national dans la pesée des intérêts ». Un canton qui ne saurait garantir le maintien de la surface minimale fixée se verra interdire tout nouveau classement en zone à bâtir. En France, la région Réunion y a été également conduite. En effet, l'étalement urbain et la perte de sole cannière, si elle se poursuivait conduirait à la ruine de la filière canne/sucre et donc à une perte massive d'emplois et de services environnementaux, notamment climatiques (stockage de carbone, production de 11% de l'électricité consommée sur l'île). Un schéma d'aménagement régional opposable y a été élaboré. Un objectif régional de réduction des pertes a été fixé avec des quotas d'extension urbaine maximum par commune. Enfin, un pouvoir d'avis conforme a été donné à la commission départementale chargée de

suivre la consommation des espaces agricoles. Des projets d'infrastructures de transports ou de production d'électricité photovoltaïque ont ainsi été revus pour éviter de consommer inutilement de nouvelles terres.

Cet exemple de la Réunion montre une voie possible à suivre pour relever le défi du changement climatique en maîtrisant l'artificialisation des terres. D'autres types de mesures, dont certaines sont déjà partiellement mises en œuvre, sont possibles : coefficients d'occupation des sols favorisant la densification urbaine, outils économiques, ... On constate que la plupart de ces mesures relèvent de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire, les filières agricoles étant malheureusement les premières à subir les conséquences directes et indirectes de l'étalement urbain.

b. La préservation des prairies

La perte de prairies peut aussi être réduite ou maîtrisée. Leur disparition s'explique pour des raisons qui sont d'abord économiques, la mise en culture de pâturages permettant souvent, dans le contexte actuel des marchés, des gains de revenus pour les agriculteurs. Cependant, l'anticipation de modifications réglementaires futures de la politique agricole commune (PAC), plus protectrices pour les prairies, peut aussi inciter certains éleveurs à des reconversions d'activité. La question posée est donc de savoir si les services environnementaux qui sont produits par les prairies (biodiversité, stockage de carbone, qualité des paysages, gestion de l'eau...) pourraient être rémunérés d'une manière ou d'une autre par « la société », comme des véritables « externalités non marchandes ». L'objectif serait bien entendu de redonner un nouvel avantage économique comparatif aux prairies et de maintenir, voire de relancer, les systèmes herbagers et mixtes (agriculture/élevage). Ainsi, par exemple, mieux valoriser par des labels la viande ou le lait produits « à l'herbe » en monétarisant auprès des consommateurs leur valeur environnementale et sociale incomparable, ainsi que leur qualité alimentaire pourrait y contribuer.

La voie la plus pragmatique et la plus accessible aujourd'hui, justifiée par les enjeux en cause, reste cependant de faire financer par le contribuable, c'est-à-dire par la PAC, les services environnementaux qui sont produits par les prairies comme le faisait la PHAE (Prime herbagère agro-environnementale). Un certain nombre de mesures allant dans ce sens ont été prises, et il convient de les mettre en valeur : engagement national vers l'agro-écologie, rééquilibrage des aides au bénéfice de l'élevage, majoration de l'ICHN (Indemnité compensatoire pour handicaps naturels) pour y intégrer l'ancienne PHAE, mise en place de nouvelles Mesures agro-environnementales climatiques (MAEC) pour les systèmes herbagers et mixtes (agriculture/élevage) hors des zones de montagnes difficiles...

Compte tenu des valeurs patrimoniale et environnementale importantes des herbages, la nouvelle PAC a également prévu de limiter la perte communautaire de prairies à un maximum de 5 %, tandis que parallèlement, les agriculteurs opérant en grandes cultures devront justifier, dans leurs exploitations, la mise en place d'au moins 5 % de surfaces d'intérêt écologique au titre du verdissement de la PAC (dont des surfaces en bandes enherbées, haies et bosquets qui figurent dans la catégorie « prairie » du CITEPA). Il conviendra de suivre dans le temps les effets de ces différentes mesures sur les prairies, et de réajuster si nécessaire les politiques en cause. Les services environnementaux qui sont produits par les prairies étant multiples (biodiversité, paysages, climat, eau...), l'objectif devrait être, à notre sens, de parachever un système global de soutien agricole permettant de valoriser l'ensemble des externalités positives produites, plutôt que de se contenter d'établir un simple fonds de soutien par « retour de financement carbone ».

c. Raisonner « secteur des terres » et modifier notre vision de l'aménagement du territoire

Préserver le climat, les terres et les prairies invite dès lors à faire évoluer nos mesures de politique agricole, mais aussi à raisonner le « secteur des terres » (AFOLU) dans une vision élargie qui autorise de nouvelles visions de l'aménagement du territoire.

Ce sont tous les territoires qui vont en effet devoir mieux prendre conscience de l'importance stratégique de cette préservation des terres agricoles et herbagères, mais aussi de leurs propres responsabilités. Ce sont donc tous les territoires qui vont devoir agir, en amont, pour la défense de biens publics d'intérêt mondial (climat et sécurité alimentaire).

Ceci devrait les conduire, à l'exemple déjà ancien du « Pays de Rennes », à accepter de nouvelles visions de la relation ville-campagne, et à les traduire dans des « plans agricoles territoriaux » comme dans les nouvelles générations de SCOT (Schéma de cohérence territoriale) et de PLU (Plan locaux d'urbanisme). Il s'agit aussi, pour l'État, de s'opposer plus fermement aux projets de SCOT et de PLU qui n'intégreraient pas, à la hauteur voulue, ces préoccupations fondamentales attachées à la « terre ». La mobilisation des uns et des autres laisse désormais penser que des progrès importants peuvent être aujourd'hui possibles. La réduction observée des rythmes de pertes de prairies montre rendue possible par l'évolution de la PAC montre que des progrès significatifs sont déjà en cours.

d. Quel potentiel d'atténuation à l'horizon 2030 ?

Compte tenu de ce qui précède, il pourrait être envisageable, au niveau français, de viser à l'horizon 2030 un objectif de réduction de 1/3 des émissions directes actuelles du poste « changement d'utilisation des terres » (soit actuellement un total de 27,8 MtCO₂/an), abattement correspondant à une réduction rapide et volontariste d'au moins 50 % à terme du rythme des surfaces qui sont artificialisées ou des prairies qui sont retournées.

Les données qui seront prochainement publiées par le CITEPA (inventaire 2015) montreront un ralentissement significatif des émissions résultant des mises en cultures.

Il paraît ainsi possible de proposer un **potentiel d'atténuation de l'ordre de 8 à 10 MtCO₂/an à l'horizon 2030**. Il convient cependant de souligner deux points importants :

- **plus tôt l'effort sera engagé, plus grands seront ses impacts positifs** sur le climat à l'horizon 2030 (puisque l'effet de stockage/déstockage est lissé sur une période évaluative de vingt ans),
- **le bénéfice climatique réel global serait en fait très supérieur au chiffre indiqué ci-dessus** si l'on tenait compte des effets positifs, directs et indirects, de la réduction de l'étalement urbain sur les émissions de GES (impacts sur l'habitat, les transports, la consommation d'énergie...), avec en outre des effets cumulatifs dans la durée.

Préserver les terres agricoles et les prairies apparaît donc certainement comme l'une des mesures les plus importantes pour aborder et réussir l'atténuation des émissions agricoles de GES. Cette mesure induit en outre des effets positifs directs et indirects sur la réduction des émissions d'autres secteurs de l'économie, la production agricole, la sécurité alimentaire, l'eau, la biodiversité et l'urbanisme.

4.2. Une agriculture productive, sobre, résiliente et diversifiée : l'apport de l'agroécologie

L'augmentation considérable des rendements agricoles dans l'Union européenne (et particulièrement en France), objectif assigné à la PAC dans ses débuts, s'est traduite par l'utilisation intensive d'intrants, par la simplification des itinéraires culturaux, par la spécialisation des régions de production (marquée notamment par la disjonction entre systèmes de polyculture et d'élevage), ainsi que par une mécanisation très poussée. Cette approche fut à la source de consommations énergétiques accrues et d'émissions croissantes de GES, émissions qui ont commencé cependant à se réduire significativement dans les dernières années.

L'agriculture du 21^{ème} siècle devra donc répondre, tout en restant très productive, à une série de défis environnementaux, sociaux et économiques qui impliqueront une modification en profondeur des pratiques et des itinéraires agronomiques afin d'être performante sur ces différents registres. La nouvelle « loi d'avenir » promulguée en octobre 2014 a ainsi décidé que « *la politique de l'agriculture et de l'alimentation, dans ses dimensions internationale, européenne, nationale et territoriale, a dorénavant pour finalités d'assurer à la population l'accès à une alimentation sûre, saine, diversifiée, de bonne qualité et en quantité suffisante, produite dans des conditions économiquement et socialement acceptables par tous, favorisant l'emploi, la protection de l'environnement et des paysages et contribuant à l'atténuation et à l'adaptation aux effets du changement climatique* ». L'agriculture française se doit par conséquent de devenir « climatiquement intelligente » (c'est à dire capable de conjuguer sécurité alimentaire, adaptation et atténuation), notamment par la promotion de nouvelles pratiques de type « agro-écologique ».

L'étude que l'INRA a récemment publiée sur l'atténuation des gaz à effet de serre émis par l'agriculture en France a permis de sélectionner **26 actions techniques** pouvant être mises en œuvre dans les systèmes d'exploitation actuels. Ces 26 actions pourraient permettre ensemble, en théorie, selon l'INRA, une atténuation globale des émissions de GES par l'agriculture pouvant atteindre un total cumulé de **28,5 MtCO₂eq/an à l'horizon 2030**, soit près de 30 % de réduction des émissions globales agricoles. En outre, des évolutions de « systèmes agricoles » (exemple : passage au pâturage tournant dynamiques, ou émergence de nouveaux systèmes de polyculture-élevage...) pourraient aussi être développés et représenter un potentiel supplémentaire d'atténuation intéressant, qui lui n'a pas été évalué par l'étude de l'INRA. Mais quoiqu'il en soit, toutes ces actions techniques prioritaires ne pourront pas être finalisées, en tout ou partie, d'ici 2030, ne serait-ce que pour des raisons de faisabilité et d'acceptabilité par le monde agricole (voir ci-après). Il s'agit donc là de potentiels maximum théoriques. Et il conviendra donc de s'accorder, pour aller plus loin, sur un objectif de « faisabilité » qui puisse paraître à la fois réaliste et ambitieux, en examinant les différents grands postes d'économies possibles.

Il est intéressant de noter par ailleurs que les actions proposées, pour un grand nombre d'entre elles, présentent d'autres bénéfices environnementaux en matière de fonctionnement du sol, de rétention et de qualité des eaux, de paysage... Elles présentent également des co-bénéfices économiques par la réduction des intrants et les emplois verts induits.

4.2.1. L'élevage

Responsable, selon la FAO, de 14 % des émissions de GES mondiaux³² (dus à 80 % aux ruminants), l'élevage bovin serait responsable de la moitié des GES agricoles émis par la France. Mais, s'il s'agit bien d'une activité fortement émettrice, il faut retenir que les ruminants ont également la capacité unique de valoriser l'herbe dans des zones difficiles (à « handicap naturel »). En outre, cette activité permet aussi de stocker du carbone dans les herbages et les prairies, notamment « permanentes », lesquelles constituent par ailleurs des réservoirs de biodiversité. Le stockage de carbone par les prairies permet ainsi un taux de compensation des émissions de gaz à effet de serre d'environ 5 à 30 % en système laitier et de 25 à 50 % en système allaitant³³.

En prenant en considération les ressources alimentaires mobilisées par l'élevage (prairies et SCOP), plus des 2/3 de la SAU sont concernés par cette activité. Des analyses en cycle de vie permettent d'en faire le bilan. Néanmoins ce chapitre traitera de l'élevage stricto-sensu (régime alimentaire et effluents), les autres facteurs de réduction étant traités avec les cultures. Par ailleurs, l'analyse présentée ci-après est centrée sur l'élevage bovin, compte tenu de son poids majoritaire dans les émissions. Mais plusieurs des mesures proposées s'appliquent également aux autres secteurs d'élevage.

³² Calcul en analyse du cycle de vie, incluant par exemple l'impact en termes d'émissions lié à la déforestation tropicale pour la production de soja.

³³ Institut de l'élevage, « le stockage de carbone par les prairies » 2010

Avec l'accroissement démographique et l'évolution des régimes alimentaires en Afrique et en Asie, la demande mondiale en viande s'accroît inévitablement. Cependant, la FAO montre que la capacité d'amélioration à l'intérieur de chaque système d'élevage est considérable. Elle pourrait être ainsi de 30 % si chaque éleveur adoptait les pratiques des 10 % des éleveurs les plus efficaces.

Pour atteindre les objectifs ambitieux de réduction des GES qui s'appliquent à l'agriculture comme aux autres secteurs économiques, il faut voir loin et large, certes, mais aussi garder le sens pratique. Une prospective « afterres 2050 » envisage par exemple, de renoncer à la vocation exportatrice de l'agriculture française... et de modifier les régimes alimentaires en réduisant les produits carnés et en définissant un nouvel équilibre entre cultures alimentaires et énergétiques. Cette approche est à l'évidence difficilement appropriable par les acteurs agricoles, et peu compatible avec le développement des territoires. En outre, elle engendrerait par contrecoup une « exportation » inévitable des zones de production, de la France vers l'étranger, et avec très certainement un accroissement global prévisible des émissions de GES.

Avec une autre approche plus réaliste, qui a associé les instituts professionnels concernés et qui tient compte des orientations fortes qui sont déjà engagées (agroécologie, loi d'avenir), les analyses de l'INRA proposent quant à elles de viser un potentiel technique de réduction pour l'élevage estimé à 11 MtCO₂eq/an, avec différentes actions à combiner, mais en précisant que certaines améliorations ne se feraient toutefois qu'avec un coût ou avec un changement culturel élevés.

Pour concilier l'objectif de réduction de GES et celui du maintien de la sécurité alimentaire, qui sont tous deux « non négociables », une première approche pourrait alors être celle d'un système agronomique plus « efficace », permettant d'émettre moins par unité alimentaire produite, et en favorisant les exploitations d'élevage très intensives (par exemple hors sol). C'est en particulier ce qui a permis de réduire depuis plusieurs décennies les émissions de GES par la réduction du cheptel sans pour autant réduire la production de lait ou de viande grâce au progrès génétique. Cette piste a toutefois des limites, celle d'une déconnexion au territoire qui aurait des effets indirects qui seraient induits par ces systèmes en termes d'importations d'aliments pour bétail (notamment protéines) et donc d'émissions élevées de GES³⁴.

Il aurait été intéressant d'avoir des scénarios d'évolution du cheptel suite à la disparition des quotas laitiers. Des études sont en cours, des résultats ne sont pas encore disponibles, ce qui nous a conduit à tabler sur un maintien du cheptel au niveau actuel.

Au-delà de la seule question climatique, si l'on raisonne plus largement sur les bénéfices environnementaux que peuvent apporter les ruminants aux territoires et à leur biodiversité, on constate, comme évoqué dans le chapitre traitant de la préservation des prairies, que l'élevage à l'herbe présente dans tous les cas un intérêt majeur. Et même si ce système est par nature plus extensif, il peut néanmoins toujours être intensifié par des méthodes de gestion de l'herbe plus dynamiques et par un chargement renforcé sur les parcours de montagne.

Les mesures techniques envisageables pour atténuer les émissions directes des élevages peuvent se regrouper selon quatre objectifs complémentaires.

³⁴ L'importation de 4,7 Mt de soja mobiliserait 1,6 Mha à l'étranger avec les émissions GES y afférentes.

a. Rechercher plus d'autonomie dans l'alimentation des troupeaux

Cette autonomie est actuellement de 90 %³⁵ globalement, mais elle est seulement de 28 % pour ce qui concerne l'autosuffisance française en aliments concentrés. La recherche d'une plus grande autonomie permettrait :

- d'améliorer la maîtrise des charges et la résilience des exploitations qui sont confrontées aux nombreux aléas économiques et climatiques,
- de réduire les effets indirects supposés des importations, au niveau mondial, sur la déforestation ou le changement d'usage des terres (ILUC), en substituant par exemple à des tourteaux de soja importés, l'incorporation de légumineuses fourragères (trèfle, luzerne..), de protéagineux (pois, féveroles) et de tourteaux de colza produits en France,
- d'optimiser l'utilisation des sols, la productivité des prairies et de renforcer la complémentarité agriculture/élevage au niveau de l'exploitation et des territoires.

Ses effets sont chiffrés avec les leviers pour les cultures. En outre, ces actions de renforcement de l'autonomie protéique et alimentaire en France procurent des avantages environnementaux et en terme d'emplois locaux.

b. Réduire les émissions de méthane par unité de produit d'origine animale (viande et lait)

- **amélioration des pratiques d'alimentation**, en modifiant par exemple la ration afin de réduire les émissions de méthane d'origine entérique (potentiel technique de réduction évalué à 1,9 MtCO₂eq/an),
- amélioration de la productivité du pâturage,
- sélection animale ciblant l'obtention de bétail à haute fertilité (fréquence élevée des lactations), à haute productivité, ou des types génétiques plus robustes pour les zones difficiles.

Le potentiel de réduction retenu par le CGAAER peut être estimé de **1 à 1,7 MtCO₂eq/an**.

c. Promouvoir des modes de gestion des effluents plus économes en émissions de CH₄ et de N₂O

- couverture des fosses de stockage, aération du fumier pendant le stockage, installation de **torchères** destinées à la combustion du méthane en excès (potentiel de réduction évalué à 3,4 MtCO₂eq/an à l'horizon 2030. Le CO₂ a en effet, en tant que GES, un pouvoir radiatif beaucoup plus faible que le C_{H4}). Sur un potentiel technique relativement élevé, les conditions de coût et d'acceptabilité conduisent à proposer une fourchette de **0,5 à 1 MtCO₂eq/an à l'horizon 2030**.
- modalités d'application des épandages avec enfouissement, pendillards...

La gestion des effluents d'élevage, le recyclage des bio-déchets (qui peuvent devenir des bio-ressources valorisables pour la fertilisation organique par exemple) ou le raccourcissement des circuits d'intrants contribuent à une forme d'économie circulaire et sobre en agriculture. L'enjeu en est encore accru du fait de la spécialisation croissante des régions entre céréales et élevage, spécialisation qui rend inopérants les circuits traditionnels de fertilisation organique des cultures sur de vastes zones géographiques. Sachant l'irréversibilité probable de la spécialisation agricole à l'échelle de l'exploitation, il faut donc faciliter d'abord les échanges de matière organique sur un même territoire de proximité, ainsi que le transfert des effluents d'élevage surabondants dans les régions spécialisées vers les zones de culture les plus proches.

A plus longue distance, ces transferts d'effluents ou de biodéchets (boues) à l'état liquide deviendraient en revanche prohibitifs et exigeraient alors un traitement et une déshydratation préalable sous une forme adéquate de compost ou de digestats (homologués ou normalisés), afin d'en permettre une valorisation à plus grande échelle, notamment en fumure de fond ou en substitution à l'engrais.

³⁵ Institut de l'élevage - données réseaux 2012

d. Améliorer l'autonomie énergétique des exploitations, en imaginant la réalisation possible, à terme, d'une « ferme d'élevage à énergie positive »

La consommation agricole directe d'énergie représente l'équivalent de 10,9 MtCO₂eq/an en émissions de GES. Elle concerne, pour un tiers, des filières énergivores d'élevage (isolation et chauffage des bâtiments, fonctionnement et refroidissement des salles de traite, etc.). Mais il est alors souvent possible d'agir conjointement sur la maîtrise de la consommation énergétique et sur la capacité de production d'énergie par deux voies :

- Concevoir des **bâtiments d'élevage** permettant de maîtriser les consommations énergétiques, utilisant des biomatériaux sobres et isolants tels que le bois, ou supportant des panneaux solaires thermiques (eau chaude, chauffage), ou des panneaux photovoltaïques pour lesquels l'électricité peut être revendue. Un gain de 0,4 à 0,7 MtCO₂/an peut en être attendu.
- Développer la **méthanisation agricole** à partir d'effluents d'élevage, ou plutôt la méthanisation « agri-territoriale », complétée par l'apport exogène de substrats carbonés, vu le faible pouvoir méthanogène des effluents d'élevage. L'exploitation agricole se retrouve ainsi au cœur d'un réseau bio-énergétique qui valorise, à son profit, des effluents, des déchets verts et des résidus carbonés agroalimentaires ou urbains. La méthanisation contribue ainsi à l'économie circulaire sur son territoire en valorisant le pouvoir énergétique de ces bio-déchets ainsi que la capacité fertilisante des digestats (dont les problèmes de normalisation et d'homologation restent toutefois à résoudre encore pour en permettre le transport).

La méthanisation, d'après les travaux de l'INRA, est ainsi l'action agricole qui aurait, en théorie, le plus fort potentiel d'atténuation des GES (5,8 MtCO₂eq/an à l'horizon 2030) du fait du pouvoir radiatif élevé du méthane. La méthanisation reste malgré tout une filière coûteuse et complexe, difficile à développer par les agriculteurs. Nous avons retenu à ce titre un potentiel estimé de 2 à 3 MtCO₂/an.

En résumé, un gain d'environ 4 à 6,5 MtCO₂eq/an peut être attendu sur l'élevage stricto-sensu.

4.2.2. La gestion de la fertilisation dans les systèmes de culture

Le CORPEN estimait à 50 % la part d'azote épandu qui n'est pas utilisée par les cultures et qui se traduit donc par d'importantes émissions de N₂O dont le pouvoir radiatif est, rappelons-le, très élevé. C'est donc un gisement potentiel de GES considérable qui pourrait être économisé par une optimisation de la fertilisation azotée. La réduction des pertes d'azote passe notamment, en effet, la recherche d'une mise à disposition d'azote utilisable par la plante au moment où elle l'absorbe véritablement par son système racinaire³⁶.

La réduction des émissions de N₂O passe par des mesures dont certaines sont synergiques ou au contraire substituables entre elles.

³⁶ La plante cultivée utilisant de l'azote sous forme minérale, il faut noter que :

- Les légumineuses qui utilisent directement l'azote de l'air (N₂) grâce aux symbioses avec des bactéries (*Rhizobium*), sous réserve que les conditions de sol soient convenables (non saturé en eau et raisonnablement acide), ne nécessitent aucun apport d'azote et utilisent l'azote de l'air constamment disponible au moment où elles en ont besoin.
- Les apports d'azote minéral doivent être strictement calés sur le besoin de la culture en intégrant au mieux la disponibilité d'azote provenant de la minéralisation de la matière organique et une prévision raisonnable de rendement pour la culture concernée.
- La mise à disposition de la culture de l'azote provenant d'apports sous forme organique est dépendante de la dynamique de minéralisation de l'azote organique. Or cette dynamique est fonction d'une série de mécanismes peu maîtrisables (physique et biologie des sols, température et humidité...). Il n'est donc pas improbable qu'à utilisation donnée par la culture (à même rendement) les « fuites » sous forme minérale (dont N₂O) d'azote provenant d'un apport organique soient significativement supérieures à celles d'un apport sous forme minérale au moment adéquat. Notons que cet écart pourrait avoir tendance à s'accroître avec l'amélioration de la maîtrise des apports azotés.

a. Optimiser les apports d'azote sous forme minérale

Ces méthodes sont bien documentées et connues par les agriculteurs au plan technique. Elles sont efficaces de manière certaine en termes de réduction des émissions de N₂O. Elles seraient susceptibles d'être rapidement mises en œuvre avec un coût négatif pour les producteurs, du fait de la réduction de l'utilisation d'engrais minéraux attendue, mais avec en revanche un effort de vulgarisation.

L'adoption de l'ensemble de ces méthodes pourrait générer à l'horizon 2030 une réduction de 3,6 MtCO₂eq/an d'émissions de GES à l'horizon 2030, en faisant appel aux différentes dispositions qui suivent:

- réduction des doses d'engrais minéral en les ajustant à la réalité des rendements (et non plus au rendement maximum) : 2,6 MtCO₂eq/an,
- suppression du premier apport d'azote minéral quand elle est possible : 0,4 MtCO₂eq/an,
- enfouissement des engrais appliqués aux cultures de printemps : 0,6 MtCO₂eq/an.

L'accroissement inévitable, à l'avenir, des coûts directs ou indirects de production et d'utilisation de l'azote minéral (dont le coût de production est proportionnel à celui du gaz naturel) peut faciliter et accélérer l'adoption de telles mesures, en contribuant à surmonter la réticence des agriculteurs face à la réduction des intrants, toujours perçue aujourd'hui comme un risque pour la bonne fin des récoltes. L'acceptabilité de ces mesures étant élevée, le groupe d'experts réuni par le CGAAER a estimé comme réaliste une réduction d'émission **de 3,2 MtCO₂eq/an** générée à l'horizon 2030.

b. Mieux utiliser l'azote organique pour réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse

Ces mesures, en raison des importantes surfaces susceptibles d'être concernées, présentent un potentiel significatif d'atténuation à l'horizon 2030 (1,9 MtCO₂eq/an). Il ne faudra pas ignorer cependant de réelles difficultés d'application liées à de multiples facteurs :

- incertitudes relatives à la dynamique de minéralisation des composés azotés, très dépendante du sol et des aléas climatiques,
- risque de pertes d'azote plus difficile à maîtriser quand l'apport est fait sous une forme organique,
- coûts de mise à disposition et d'utilisation (transport notamment) de certains gisements fluides d'azote organique (boues, lisiers en zones d'excédent...),
- maîtrise de la question de l'hygiène des productions fertilisées liée à l'utilisation de certains de ces gisements (métaux lourds, germes pathogènes, risque fécal...).

Une meilleure connaissance de la dynamique de la matière organique (et particulièrement de sa fraction azotée) dans les sols cultivés, ainsi que des gisements d'azote organique et de leur mobilisation, devront accompagner le développement de ces techniques agronomiques sobres relevant de l'économie circulaire. De même, une approche pragmatique de la question des territoires pertinents d'épandage et de bio-fertilisation (organisés autour des gisements d'azote organique) est nécessaire pour produire les résultats espérés. Le groupe d'expert réuni par le CGAER a estimé à **1 MtCO₂eq/an** l'atténuation que pourraient effectivement permettre une meilleure utilisation des gisements d'azote minéral à l'horizon 2030.

c. Renforcer l'utilisation de légumineuses dans les rotations en grande culture et dans les prairies

Le remplacement d'autres plantes par des légumineuses, lesquelles utilisent directement l'azote atmosphérique, ou encore leur présence en mélange dans les prairies, permettent d'importants effets d'atténuation des émissions de GES au niveau de la parcelle. En outre, les coûts de telles mesures sont faibles, voire négatifs, pour l'agriculteur et pour la collectivité.

Il faut cependant noter que, pour être efficace en termes de réduction d'émission de N₂O, l'introduction de légumineuses dans une rotation (cas des grandes cultures) doit aussi s'accompagner d'une gestion suivie et rigoureuse de l'azote dans le temps sur l'ensemble des parcelles (ex : risque de libération d'azote sous forme minérale sur la culture qui suit la légumineuse). Cette alternance de légumineuses en assolement accroît aussi sensiblement le risque de l'exploitant du fait de la sensibilité de ces cultures aux aléas climatiques et phytosanitaires, mais aussi du fait de la grande volatilité des cours de ces produits et de la faible structuration de leurs débouchés. Enfin, l'introduction de légumineuses en association dans les prairies rend la conduite de celles-ci plus délicate et complique sensiblement le stockage des fourrages (ensilage notamment).

Au regard de l'intérêt que présentent ces techniques en termes d'atténuation (potentiel de 1,4 MtCO₂eq/an) et de leur coût particulièrement attractif, il est souhaitable que des politiques publiques volontaristes les accompagnent. Ce développement des légumineuses contribuerait par ailleurs à une meilleure couverture des besoins nationaux en protéines végétales. Mais il serait souhaitable, en particulier, de développer des outils ciblés à caractère assurantiel et d'encourager une structuration de l'aval offrant des débouchés stables pour les graines protéagineuses. De façon plus localisée, les créations de filières de proximité associant céréaliculteurs et éleveurs, avec des outils de séchage commun, et en associant les partenaires territoriaux, sont de bons exemples de la pertinence possible des GIEE dans la cadre de la récente loi d'avenir (groupes d'intérêt économique et environnemental).

Le groupe d'expert réuni par le CGAAER a estimé à **0,7 MtCO₂eq/an** l'atténuation réaliste que pourrait générer une utilisation renforcée de légumineuses à l'horizon 2030 ; ce groupe souligne que l'utilisation des légumineuses serait un moteur puissant d'évolution des systèmes d'exploitation vers un modèle agroécologique.

d. L'utilisation de techniques innovantes

L'introduction de techniques nouvelles, comme les inhibiteurs de nitrification, peut permettre des atténuations intéressantes d'émissions de GES (potentiel estimé à 0,6 MtCO₂eq/an), mais ceci a un coût significatif. Par ailleurs les effets à moyen terme de ces nouveaux produits sur la biologie des sols restent encore mal connus, et l'image que pourrait porter une telle technique (faisant appel à la chimie) peut toujours risquer d'être perçue négativement.

Le groupe d'expert réuni par le CGAAER a estimé à **0,2 MtCO₂eq/an** au maximum l'atténuation que pourrait générer l'utilisation d'inhibiteur de nitrification

e. L'amélioration génétique

L'amélioration génétique est une autre voie essentielle à poursuivre pour les espèces végétales, comme pour l'élevage, car elle peut permettre, avec de bonnes marges de progrès, d'améliorer les rendements tout en maîtrisant les intrants (azote, eau, pesticides) et tout en conférant plus de résilience aux productions agricoles. Il est cependant difficile encore, à ce stade, de chiffrer les effets climatiques potentiels, diversifiés et complexes de ce domaine. Le plan semences durable partie intégrante du projet agroécologique vise notamment l'orientation du progrès génétique vers des variétés plus résilientes et moins exigeantes en intrants.

4.2.3. La sobriété énergétique pour réduire les émissions de CO₂

La fabrication des engrais minéraux représente l'essentiel de la consommation indirecte d'énergie par l'agriculture, même si les émissions de GES associées à cette industrie lourde sont comptabilisées dans les secteurs de l'énergie et de l'industrie (règles d'inventaire du GIEC). Ces consommations énergétiques, importantes, ont déjà été réduites. Elles pourront être encore mieux maîtrisées à l'avenir dans les industries de synthèse elles-mêmes, mais aussi et surtout du fait d'un meilleur contrôle raisonné de la fertilisation minérale ainsi que par un développement accru de la fertilisation organique.

Mis à part les bâtiments d'élevage, la déshydratation des fourrages et les serres, les deux tiers des consommations énergétiques directes en agriculture (hors engrais) concernent la mécanisation (conception, puissance et réglage des tracteurs, techniques sans labour...). L'effort est ici à faire porter sur un grand nombre de tracteurs, d'engins et d'exploitations, qui présentent à l'évidence de réelles marges de progrès³⁷. Si les capacités d'économies sont limitées (le potentiel de réduction des émissions directes par les engins agricoles serait estimé à **1,6 MtCO₂eq/an** par l'INRA), l'intérêt d'une telle sobriété énergétique améliorée résidera probablement tout autant (sinon plus) dans les économies financières qui seraient ainsi réalisables par les agriculteurs à l'échelle de chaque exploitation.

4.2.4. L'amélioration de la séquestration de carbone dans le sol et les systèmes de culture

La capacité de séquestration du carbone des sols agricoles est stratégique pour garantir leur équilibre organo-minéral des sols, leur fertilité et leur stabilité, et pour contribuer aux objectifs d'atténuation des GES. Elle suppose le maintien et l'amélioration des taux de carbone stable dans le sol, et elle dépend de nombreux facteurs tels que le type de sol, les conditions d'humidité, de végétation et les pratiques culturales (dont les fumures de fond et les épandages). Il en est de même, sur le principe, pour la sylviculture.

Le potentiel de stockage pédologique du carbone est d'autant plus élevé que, en principe, la perturbation de ce sol est minimale, avec de faibles taux induits de décomposition et de minéralisation de la matière organique. Les travaux disponibles concernant ces sujets³⁸ font apparaître une perte tendancielle globale du stock de carbone pour les terres arables européennes, alors qu'à l'inverse, les sols sous prairies et les forêts permettraient une accumulation globale et croissante de carbone dans le temps.

La fixation de carbone par l'activité agricole est peu documentée, qu'il s'agisse des mécanismes ou de leurs impacts économiques, car, contrairement à l'azote, le carbone n'a pas de valeur économique pour l'agriculteur.

Hormis le cas du changement d'usage des terres, traité précédemment, certaines mesures pourraient permettre d'améliorer la capacité structurelle de stockage de carbone des sols agricoles :

a. Développer des techniques de travail simplifié du sol

Les techniques dites « sans labour » connaissent depuis une dizaine d'années un développement important dans le monde et en France. Si cette expansion bénéficie pour une large part, en Amérique, du couplage désherbant total - plante OGM résistante à ce désherbant, il est toutefois possible de le concevoir sans OGM (comme en France) avec un développement significatif de travaux simplifiés du sol, ou avec du labour occasionnel (1 an sur 5). Un tel itinéraire agronomique serait susceptible, à dire d'experts, de générer un stockage de carbone notable et une réduction considérable d'émission de GES dans notre pays, de l'ordre de 3,7 MtCO₂eq/an, avec d'importantes marges d'incertitudes. Les effets de sur-stockage de carbone et, de manière plus marginale, la réduction des émissions de N₂O sont cependant encore entachés de fortes incertitudes, même s'ils ne sont pas contestables d'un point de vue agronomique. Ils méritent dès lors de faire l'objet d'approfondissements scientifiques et expérimentaux, vu leurs enjeux importants, car ils sont très dépendants des sols et des itinéraires culturaux.

Un autre gain certain, et non contestable, d'émissions de GES qui peut découler des techniques « sans labour » est bien sûr lié aux économies de carburant dans les exploitations et à la réduction en conséquence du CO₂ émis lors des travaux agricoles (la traction des charrues et des engins est en effet une opération particulièrement consommatrice d'énergie, qui se trouve notablement allégée par le « sans labour »).

Le groupe d'expert réuni par le CGAAER a estimé à **1,8 MtCO₂eq/an** l'atténuation que pourrait générer l'utilisation de techniques sans labour, il souligne, si l'on excepte les économies de carburant les fortes marges d'incertitudes qui entourent cette évaluation

³⁷ par référence aux résultats des bancs de contrôle des tracteurs qui sont déjà opérationnels

³⁸ Janssens et al.(2003), Smith et al. (2005)

b. développer des haies en périphérie de parcelles ainsi que les différentes formes d'agroforesterie

Les modalités qui sont envisagées ici, à titre exploratoire, pourraient consister dans des plantations d'arbres à faible densité au sein, ou en périphérie, de parcelles cultivées (ou herbagères), avec l'implantation de 60 à 100 m de haies par hectare. Ces haies viseraient à maximiser la biomasse produite, et le carbone absorbé et stocké dans la végétation et dans le sol, par comparaison avec des plantations séparées (hypothèse d'un facteur multiplicatif de 1,3). Les effets positifs complémentaires de tels aménagements sont également appréciables (abri, pare-vent, ombrage, chasse, etc.).

Les scénarios étudiés par l'INRA d'une diffusion lente, d'ici à 2030, de ces itinéraires « agroforestiers » sont en fait plus optimistes pour des haies qui seraient plantées en grande culture ou en prairies (5 % ou 10 % en taux spatial d'occupation que pour l'agroforesterie au sens strict (1 % ou 3 % comme taux d'occupation). Le potentiel d'atténuation³⁹ cumulé de l'agroforesterie et des haies pour un scénario médian serait en théorie, selon l'INRA, de 2,8 MtCO₂eq/an. Ce potentiel apparaît comme significatif, sous les importantes réserves qui précèdent, et il recèle, outre des incidences environnementales positives sur l'eau et les sols, des effets réducteurs sur les émissions de GES qui comportent peu d'incertitudes, et qui sont confortés par les études menées dans d'autres pays.

En revanche, l'acceptabilité de ces pratiques par les professionnels, qui modifient le potentiel et les techniques de production tout en affectant durablement le paysage, relève d'hypothèses plus incertaines que les professions agricoles devraient avoir à valider et à relayer. Les coûts de plantation agroforestière justifieraient en outre des dispositifs incitatifs simples et bien adaptés. Le groupe d'experts réuni par le CGAAER a estimé à **0,6 MtCO₂eq/an** l'atténuation que pourrait générer le développement d'association d'arbres aux cultures.

D'autres actions qui concernent conjointement l'usage économe de l'azote et l'accroissement du stockage de carbone peuvent aussi être mises en œuvre :

c. Développer des cultures intermédiaires

Les cultures intermédiaires (CIPAN) sont d'ores et déjà obligatoires au titre de la PAC dans les zones vulnérables à la pollution par les nitrates (celles-ci couvriront dorénavant 70 % du territoire agricole français, en correspondant pour une large part aux zones de grandes cultures).

Deux bénéfices de ces cultures intermédiaires sont principalement à souligner :

- le stockage net supplémentaire de carbone dans le sol qui est induit par la culture intermédiaire,
- la réduction des émissions de CO₂ qui est due à l'utilisation moindre d'engrais et à la réduction des interventions sur la culture suivante.

Ce sont surtout ces deux améliorations qui sont en fait comptabilisées parmi les effets bénéfiques de la mesure au titre des émissions de GES. Mais on y prend également en compte, à l'inverse, les « inputs » nécessaires qui sont dus aux interventions agronomiques de mise en place puis de destruction des cultures intermédiaires.

La prise en compte du stockage supplémentaire de carbone dans le sol pour ces cultures intermédiaires s'applique désormais à partir de 2013 selon les modalités définies par le GIEC. Des lors, les options qui précèdent constituent, pour notre agriculture, une disposition particulièrement opérante, et bien ciblée, du fait de l'importance des surfaces qui sont potentiellement concernées en France. L'INRA en évalue l'abattement potentiel de GES en 2030 à 1,1 MtCO₂eq évitées. Le groupe d'expert réuni par le CGAAER, compte tenu du développement actuel de la technique lié au cadre réglementaire, et de son coût élevé estime à **0,3 MtCO₂eq** la contribution réaliste des cultures intermédiaires à l'atténuation.

³⁹ Sont pris en compte le stockage de carbone dans le seul bois d'œuvre, les effets de la substitution du bois à d'autres combustibles et ceux de la réduction des surfaces cultivées sur les émissions de GES. Et sur le plan économique, les différences de coûts liés à la substitution des surfaces consacrées aux ligneux par rapport aux cultures antérieures.

d. Optimiser la gestion des prairies

Parmi les différentes mesures d'amélioration de la gestion des prairies qui sont envisagées, la réduction de la fertilisation azotée qui, dans les pratiques actuelles, dépasserait souvent d'un quart les apports efficaces, apparaît comme la plus évidente et la plus aisée (potentiel d'atténuation de **0,5 MtCO₂eq/an**). Elle a cependant un potentiel encore relativement faible par rapport à ce que pourrait représenter l'allongement de la durée des prairies temporaires. Cet allongement, qui réduit les interventions, réduit par là même le coût pour l'agriculteur. Sous réserve du maintien du niveau de production, son adoption devrait constituer en fait le principal levier de la contribution des prairies à la réduction des émissions de GES (atténuation potentielle de 1,4 MtCO₂eq/an). Cette mesure serait à combiner avec l'augmentation de la durée de pâturage des prairies temporaires (0,2 MtCO₂eq/an) et avec l'intensification de leur chargement (**0,5 MtCO₂eq/an**).

L'effet de toutes ces mesures repose bien entendu sur des hypothèses de sous exploitation actuelle des herbages. De plus, leur mise en œuvre justifierait un accompagnement technique soutenu et adapté aux réalités locales (climat, nature du sol...).

Quoiqu'il en soit, l'absorption de carbone qui est liée à l'exploitation des systèmes prairiaux implique leur maintien durable, le plus souvent pour le pâturage, et donc la présence des activités d'élevage. Cette absorption vient compenser en partie les émissions de GES du secteur de l'élevage que nous avons examinées précédemment (fermentation entérique, effluents...). C'est donc bien ce bilan global absorption/émissions/relargage qui doit être pris en considération, ainsi que les effets des prairies sur d'autres compartiments de l'environnement, tels que la biodiversité, l'érosion des sols ou la gestion de l'eau.

A l'échelle des territoires, ces systèmes agroécologiques mieux équilibrés suggèrent de coupler un élevage à l'herbe performant, en association avec des systèmes de culture diversifiés, comme par exemple avec la production de légumineuses.

Les solutions proposées par les techniques agroécologiques conduisent ainsi à des exploitations plus autonomes et plus résilientes. Elles méritent donc d'être accompagnées par des travaux de recherche opérationnels et ciblés. Le groupe d'expert réuni par le CGAAER, compte tenu du développement actuel de la technique lié au cadre réglementaire, et de son coût élevé estime à **0,3 MtCO₂eq** la contribution réaliste des cultures intermédiaires à l'atténuation.

Au final, concernant les cultures, le potentiel d'atténuation des émissions de GES s'élève environ à 10 MtCO₂eq/an.

4.2.5. Quel objectif d'atténuation à l'horizon 2030 dans les systèmes de cultures ?

Au total, les **26 actions** « techniques » (modifications de pratiques dans les systèmes actuels) identifiées par l'INRA aboutiraient donc, selon un calcul d'experts, à un potentiel théorique de réduction totale de 32,3 MtCO₂/an. Si l'on tient compte des interactions entre mesures au niveau des exploitations, ce potentiel total serait ramené à **environ 28,5 MtCO₂eq/an**, ce qui reste significatif par rapport au total d'émission qui est attribué à l'agriculture (101 MtCO₂eq/an).

Il faut toutefois bien intégrer que l'étude INRA a également montré que les mesures préconisées pouvaient se répartir en trois grands groupes selon leur incidence économique :

- 1/3 d'entre elles seraient à « coût négatif » (leur mise en œuvre devrait rapporter de l'argent à l'exploitation : fertilisation raisonnée, légumineuses, alimentation azotée des animaux, gestion des prairies, et économie d'énergie fossile),
- 1/3 de ces mesures seraient à coût nul ou modéré (< 25 € par tonne CO₂ évitée : travail du sol, agroforesterie, enherbement des vergers et vignobles, méthanisation, investissements dédiés),
- 1/3 enfin de ces mesures présenteraient un coût élevé de mise en œuvre (lipides dans l'alimentation des bovins, bandes enherbées, haies, torchères...).

Si on tient compte de tous ces différents facteurs, des interactions entre mesures et de l'inertie de mise en œuvre du changement, il paraît raisonnable de retenir comme **potentiel réaliste d'atténuation par l'amélioration des pratiques agricoles, une fourchette de 12 à 15 MtCO₂eq/an d'ici 2030**.

4.2.6. Quels leviers et politiques publiques pour favoriser les évolutions préconisées ?

Les analyses de l'INRA, ainsi que celles développées plus haut, montrent par ailleurs que la question des **acteurs du monde agricole et de leurs réseaux** est essentielle. Si les agriculteurs ne mettent pas encore en œuvre des mesures « vertueuses » vis à vis du climat, telles que décrites ci-dessus, et même celles à coût négatif, c'est principalement, parce que ces mesures sont souvent complexes. Mais c'est aussi certainement par crainte des risques, par des effets naturels de résistance au changement, ou même par inertie face aux contraintes des transferts de technologie. Cependant, de nombreux exemples montrent sur le terrain que des progrès significatifs sont amorcés et possibles selon les capacités en jeu chez les professionnels (connaissance, de leadership, action collective...).

Les principaux leviers à mobiliser pour favoriser les évolutions souhaitées seraient les suivants :

a. Mieux comprendre la dynamique de la matière organique des sols cultivés et des prairies et former les conseillers et les agriculteurs aux nouvelles pratiques préconisées

L'accompagnement des mesures visant la réduction des émissions de GES par les terres cultivées passe par une meilleure compréhension et par un chiffrage plus précis des mécanismes biologiques et physico-chimiques qui régissent la dynamique des matières organiques (et du carbone des sols), et en particulier la libération sous forme minérale de l'azote organique du sol. De la même façon, les différents leviers pour une meilleure gestion des prairies nécessitent un approfondissement des effets, tant des pratiques actuelles que des pratiques alternatives. En particulier, la culture plus intensive de l'herbe nécessite une formation et un accompagnement soutenus des éleveurs. Le renforcement des travaux de recherche et de développement, en la matière, est une clef de l'atténuation des émissions de GES, mais c'est aussi un outil précieux d'accompagnement du développement de l'agroécologie. La **formation des agriculteurs et des acteurs du conseil** qui les accompagnent est donc un levier majeur à actionner.

b. Mieux prendre en compte le niveau de décision que constitue l'exploitation agricole et son territoire de proximité

Les travaux de l'INRA sur l'atténuation des émissions de GES projettent la réduction des émissions depuis l'échelon de la parcelle jusqu'à celui de la « ferme France ». Mais la décision « d'innover » dépend quant à elle, pour l'essentiel, de la conduite de l'exploitation agricole et de l'exploitant lui-même. Le rôle collectif d'entraînement, sur un territoire donné, permet alors que les agriculteurs puissent trouver une forme de « réassurance collective » face à l'accroissement de l'incertitude qui est générée par l'évolution du contexte climatique et des pratiques. La question du **leadership** et de l'**action collective** est donc essentielle. A cet égard la reconnaissance et l'appui aux nouveaux GIEE (groupements d'intérêt économique et environnemental), tel qu'introduits par la nouvelle « loi d'avenir » de l'agriculture, pourraient s'avérer un levier précieux.

c. Le ciblage des aides publiques sur les leviers les plus opérants de réduction des émissions de GES

La valorisation des effets (souvent très bénéfiques, et à moindre coût) de leviers tels que la réduction des apports azotés ou la réduction des interventions sur les sols cultivés et les prairies, passe par une incitation inévitable à leur adoption auprès des agriculteurs. Les aides publiques, et notamment les financements qui sont apportés aux MAEC (mesures agro-environnementales et climatiques), sont à mobiliser en ce sens car elles contribuent à une meilleure gestion des biens communs.

Parallèlement, la pérennité des activités d'élevage, qui conditionne l'impact positif des prairies sur les GES, pose aussi la question de l'équilibre économique et social des productions de lait et de viande. Elle interroge aussi le monde agricole, en effet, sur l'acceptabilité sociale de l'élevage en termes d'organisation et de charge de travail, par rapport aux contraintes plus faibles des grandes cultures ou d'autres activités non agricoles. C'est pourquoi ces activités de l'élevage doivent donc être soutenues en agissant sur ces différents registres.

Concernant la PAC enfin, les mesures d'écoconditionnalité et le verdissement des paiements risquent de n'être pas suffisants au regard de l'enjeu des GES, et nécessiteront donc une vigilance accrue, notamment pour le contrôle du retournement des prairies.

Pour appréhender alors, au-delà du potentiel technique d'atténuation, les conséquences du défi climatique sur les coûts et les revenus des agriculteurs, des travaux de recherche ont introduit la notion de « potentiel économique d'atténuation », qui est fonction de la valorisation économique de la tonne de GES évitée⁴⁰.

d. L'implication des filières aval agricoles et forestières, parties prenantes des actions d'atténuation

Au-delà des démarches innovantes d'entreprises, ou territoriales, qui ont été illustrées précédemment, l'agro-industrie a elle aussi la **capacité d'orienter les processus de production agricoles à l'amont, tout en visant parfois à optimiser leurs propres bilans.**

L'aval de la production agricole et forestière, par la valorisation industrielle et économique des produits, et par les cahiers des charges qu'elle impose, a en effet la capacité d'orienter, voire de faciliter, des évolutions à priori souvent coûteuses en agriculture comme en sylviculture. On peut noter ainsi, par exemple :

- l'engagement de certaines filières dans des certifications exigeantes en terme de fertilisation (agriculture) ou de bonne gestion (sylviculture) ;
- la mise en place de feuilles de route carbone dans la filière lait (projet Carbon Dairy piloté par l'Institut de l'élevage et le CNIEL), ou pour les critères de durabilité dans la filière biocarburants ;
- la recherche de débouchés et la mise en place de stockage pour les productions intercalaires ;
- l'organisation de la filière bois (Comité stratégique de filière de la CNI) pour diversifier les débouchés et coupler notamment la valorisation du bois énergie et du bois d'œuvre, en créant ainsi une synergie pour une exploitation plus efficace des coupes et des massifs forestiers (voir ci-après, chapitre 4.3).

Toutes ces initiatives structurent l'amont et sont souvent indispensables pour lui permettre de mettre en place les actions d'atténuation de GES attendues.

4.3. Forêt, biomasse et bio-produits, un puits de carbone dynamique et en interaction avec les autres secteurs

4.3.1. La forêt et ses filières

La photosynthèse, qui permet aux arbres d'absorber du gaz carbonique en quantité supérieure à celle qu'ils rejettent en respirant, et donc de croître, confère à la forêt un caractère de **puits de carbone** et, sous réserve qu'elle ne soit pas plus exploitée que sa croissance biologique ne le permet, celui d'un **réservoir de carbone photosynthétique**.

⁴⁰ Ces travaux abordent les systèmes agricoles dans leur ensemble pour viser, par la gestion publique de l'atténuation, à en minorer le coût total en majorant les efforts demandés aux opérateurs ou aux pays dont les coûts marginaux d'atténuation sont les plus faibles.

Ce réservoir de carbone forestier, avec l'ensemble des produits du bois que l'on peut en tirer, (matériaux, papiers et cartons, produits biosourcés), présentent un double avantage en matière de réduction des GES, et par conséquent pour la lutte contre le changement climatique :

- **le stockage direct du CO₂, donc du carbone** (4 m³ de bois permettent le stockage d'environ 4 tonnes de CO₂, soit approximativement l'équivalent de 1 tonne de carbone). A noter que ce stockage est toujours temporaire car il ne perdure que pendant la durée de vie de ces produits, c'est à dire jusqu'à leur destruction ultime, y compris par valorisation énergétique.
- **la substitution** de produits bois renouvelables à des produits concurrents émissifs (béton, acier, PVC...), ou à des hydrocarbures nécessitant des intrants énergétiques fossiles pour leur élaboration. Contrairement au stockage, cette substitution est définitive et représente un acquis certain en terme de CO₂ « non émis ».

Toutefois, ce double avantage « stockage/substitution » doit être nuancé en fonction de l'évolution de l'espace forestier, de ses modes de gestion ainsi que de la destination des produits ligneux qui sont récoltés.

Il convient donc d'analyser ces différents compartiments au regard des émissions/absorptions de CO₂ qu'ils génèrent :

- Qu'il s'agisse de boisements, de reboisements ou de forêts, les végétaux qui les composent (strate herbacée, sous étage, arbres) absorbent et séquestrent du CO₂ grâce à la photosynthèse, en se comportant généralement comme **des puits capables de constituer un réservoir et un stock de carbone**. Cette absorption est toutefois variable suivant les essences (elle plus élevée en général pour les résineux que pour les feuillus...), selon l'âge des peuplements (elle plus élevée en général pour les forêts adultes que pour les forêts jeunes ou vieillissantes) et selon les choix de la sylviculture qui leur est appliquée (elle est plus élevée en général dans des peuplements gérés et exploités avec dynamisme). Il faut souligner par exemple que des peuplements âgés ou très âgés, non exploités, peuvent émettre en réalité plus de CO₂ qu'ils n'en absorbent, en se comportant ainsi non plus comme des puits mais comme des sources d'émissions. Par ailleurs, si une sylviculture dynamique optimise la croissance des arbres, et donc l'absorption de CO₂, cette absorption peut aussi être impactée par les évolutions du milieu, et en particulier du climat (température, ressources en eau, ...), dont les risques à terme sont précisément élevés avec le changement climatique.
- Les produits-bois qui sont tirés de la forêt ont quant à eux un double rôle. Ils permettent d'abord de **prolonger le stockage initial du carbone** dans les arbres pendant toute la durée de vie de ces produits-bois. De par le développement de l'emploi du bois, en particulier dans le domaine de la construction, ces produits-bois et tous les bioproduits en général, qui peuvent en être tirés, permettent en outre de se **substituer à d'autres matériaux non renouvelables** émetteurs de GES.
- Pour ce qui est enfin du bois énergie proprement dit (bûches, plaquettes, granulés), les règles de comptabilisation du stock de carbone selon le principe de **l'oxydation instantanée** ne lui confèrent pas d'avantage en terme de stockage. En effet, ces produits passent presque directement de la forêt, (ou de l'usine de fabrication pour ce qui est des granulés), aux installations de combustion dans lesquels ils vont être brûlés. En revanche, **l'effet de substitution des hydrocarbures fossiles (fioul ou gaz) y joue de façon absolue**.

Il est donc tout à fait nécessaire d'analyser globalement stockage et substitution dans toutes les dimensions de la filière forêt-bois, car ils sont en étroite inter-relation.

a. La situation en 2014

Le tableau ci-après donne une photographie indicative de la situation en terme de stockage et de substitution en 2014 pour la filière forêt-bois.

2014	Espaces boisés non urbains (forêt, boisements, haies...)		Croissance biologique annuelle		Destination des bois (IGN)		Récolte commercialisée (AGRESTE-EAB)		Le stockage net (IGN-CITEPA)		La substitution
				environ 134 Mm³/an volume aérien total (IGN) = 90 Mm ³ /an de bois fort	Mobilisé et commercialisé	environ 37 Mm³/an	Bois d'œuvre	environ 22 Mm³/an	Construction	environ 4,7 MtCO₂/an	environ 25 MtCO₂/an ? (1)
					Bois d'industrie		environ 12 Mm³/an	Construction panneaux, papier			
					Bois énergie commercial		environ 3 Mm³/an		0	environ 30 MtCO₂/an(2) dont recyclage palettes et déconstruction	
					Autoconsommation (dont bois bûche)	environ 18 Mm³/an		0			
					Pertes d'exploitation	environ 10 Mm³/an			0	0	
					Mortalité				0	0	
				Non exploité (solde)	environ 69 Mm³/an			Puits forestier (solde)	environ 69 MtCO₂/an	0	
	Bois sur pied	environ 3,9 mrds m ³ (IGN)						Total environ 74 MtCO ₂ /an (approximation)		Total environ 55 MtCO ₂ /an (approximation)	
	Sol forestier	stockage carbone inconnu ?									

(1) coefficient de substitution : 1 m³ éviterait, en construction, et par substitution d'usages de matériaux, de l'ordre de 1 MtCO₂/an selon des sources encore non finalisées

(2) coefficient de substitution : 1 m³ éviterait, selon l'ADEME, de l'ordre de 0,9 MtCO₂/an dans les circuits actuels de valorisation bioénergétique

Le stockage

Le stockage en forêt

Les règles comptables qui sont applicables à la forêt pour les inventaires de GES sont définies à l'article 6 de la décision du Parlement européen et du Conseil N°529/2013 du 21 mai 2013. Cet article est relatif aux émissions et aux absorptions de gaz à effet de serre résultant des activités qui sont liées à l'utilisation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie (UTCATF). Par convention, les émissions sont comptabilisées positivement et les absorptions négativement.

La croissance biologique annuelle de la forêt a ensuite plusieurs destinations que l'on peut retrouver dans le tableau précédent :

- 37 millions de m³ sont mobilisés et mis en marché ; c'est la récolte commercialisée,
- 18 millions de m³ sont mobilisés par les particuliers ; c'est l'autoconsommation, et elles concernent essentiellement le bois énergie domestique (bois bûche),
- 10 millions de m³ constituent enfin les pertes d'exploitations et la mortalité naturelle et accidentelle. Ils restent pour l'essentiel dans les forêts et constituent in fine, par décomposition, une source d'émission de CO₂.

Au final, il resterait donc en forêt, de l'ordre de 69 millions de m³ de bois non exploités. Le bilan CO₂ de la forêt française serait donc approximativement de : - 130 (absorption) + 37 + 18 + 6 (exploitations/émissions) = - 69 MtCO₂/an. **Actuellement, la forêt française constituerait donc un « puits forestier » important, stockant annuellement près de 70 MtCO₂ supplémentaires (source CITEPA).**

Ce stockage forestier additionnel annuel est aujourd'hui encore relativement élevé en France car la forêt y est encore assez jeune du fait des plantations résineuses du FFN⁴¹, mais aussi à cause de l'accroissement récent, mais massif au siècle dernier, des surfaces forestières au détriment d'anciens terrains de culture. Les forêts correspondantes arrivant peu à peu à maturité, ce stockage/puits élevé devrait toutefois finir par se réduire, voire même par s'annuler dans les décennies à venir, d'autant plus que les forêts peu ou pas exploitées réduisent aussi progressivement leur capacité d'absorption de carbone. En revanche, toute relance de la sylviculture et des plantations aurait un effet inverse et stimulant pour le puits forestier.

Le stockage dans la récolte commercialisée

L'enquête annuelle de branche (EAB) réalisée par le MAAF mentionne que la récolte de bois commercialisée se ventile en 22 millions de m³ de bois d'œuvre destinés principalement aux sciages, 12 millions de m³ de bois d'industrie pour les panneaux et la pâte à papier et 3 millions de m³ de bois énergie commercialisé (l'essentiel du bois énergie domestique étant, lui, autoconsommé).

Si l'on peut considérer que la durée de vie du bois énergie est nulle (principe de l'oxydation instantanée), et qu'il ne peut donc pas être considéré comme ayant un effet significatif sur le stockage du carbone, il n'en est pas de même pour les produits du bois d'œuvre et du bois d'industrie. Les sciages (durée de vie de l'ordre de vingt ans en moyenne) et les panneaux que l'on retrouve dans la construction, l'agencement et l'ameublement et dans une moindre mesure pour la pâte à papier (de l'ordre de cinq ans) ont des effets-stockage bien plus conséquents. L'article 7 de la décision N°529/2013 a précisé les règles comptables d'inventaire GES pour ces produits ligneux.

⁴¹ FFN : Fonds forestier national

Le CITEPA a ainsi évalué, avec toutes les réserves voulues, à 4,7 MtCO₂/an l'effet stockage net (sur une vingtaine d'années environ) dans les produits des bois qui sont récoltés et commercialisés. Actuellement, l'effet stockage cumulé de la forêt et des produits bois qui en sont issus pourrait donc être évalué aux alentours de 74 MtCO₂/an.

La substitution

Bois de construction, panneaux et papiers

La valorisation des bois d'œuvre et des bois d'industrie sous forme de sciages et de panneaux/pâtes destinés en particulier à la construction engendre un effet de substitution important, largement supérieur à l'effet stockage comme nous allons le voir.

En effet, même si la mobilisation et la fabrication de produits-bois (abattage, façonnage, transport en usine, sciage ou fabrication, séchage, finition, ...) nécessite la consommation d'énergie exogène, (énergie évaluée à 1 tep, ou 4 tonnes de CO₂, pour 40 m³ de produits-bois finis prêts à être mis en œuvre), le matériau de base, le bois, est fabriqué « gratuitement » grâce à la photosynthèse. Ce n'est évidemment pas le cas de la plupart des matériaux de construction conventionnels (ciment, plâtre, acier, aluminium, PVC, ...), qui sont quant à eux très consommateurs d'énergie fossile pour leur fabrication. Dire ainsi qu'en matière de matériaux de construction, l'utilisation de 1 m³ de bois par substitution à des matériaux traditionnels permettrait d'éviter aujourd'hui l'émission de 1 tonne de CO₂ peut constituer un ordre de grandeur admissible et très probablement minoré (mais aucune étude finalisée n'est encore disponible à ce sujet).

Avec les rendements matière de 50 % pour les sciages et 80-90 % pour les panneaux et les pâtes, les 20 à 25 millions de m³ de matériau bois prêt à l'emploi qui sont mis en œuvre annuellement en France, pourraient permettre, la substitution d'environ 25 MtCO₂/an.

Par ailleurs, si la chimie du bois a connu un essor certain au siècle dernier, elle est, sauf exception, presque tombée en désuétude au profit de la chimie de synthèse. Même si un nouvel intérêt lui est porté par certaines sociétés, ce développement, toujours modeste, nécessitera encore de longues recherches et ne marquera sans doute pas de façon significative la filière des produits issus de la forêt d'ici 2030.

Bois énergie

La valorisation des bois d'œuvre et d'industrie génère des produits connexes (dosses, délignures, plaquettes, sciures, écorces), comme la sylviculture d'ailleurs. Ces produits trouvent un débouché naturel dans l'énergie en complément de l'autoconsommation, des plaquettes forestières et du bois bûche. Le volume total de ce bois destiné à l'énergie est de l'ordre de 35 millions de m³ par an (équivalent à 9 millions de tep/an), y compris le recyclage en fin de vie, encore modeste, de bois liés à la « déconstruction ».

Sachant que la « logistique » du bois énergie consomme environ 10% du contenu énergétique de ce biocombustible (exploitation, transport, broyage), et que les rendements énergétiques des chaufferies bois sont désormais équivalents à ceux des chaufferies fioul, **on peut évaluer que l'effet de substitution aux énergies fossiles du bois énergie représenterait ainsi, environ, 30 MtCO₂/an qui ne sont pas émises.**

Au total, l'effet de substitution du bois en tant que matériau d'une part, et source d'énergie d'autre part, peut être approximativement évalué à 55 MtCO₂/an.

Il y a donc lieu de raisonner le niveau objectif du puits forestier français simultanément avec les avantages que procure la substitution de matériaux et d'énergies conventionnels par des produits issus du bois. Or ces deux types de données sont comptabilisées aujourd'hui dans des compartiments d'inventaire séparés, et les objectifs qui leur sont fixés, le sont à des échéances différentes.

Dans le cadre de la stratégie de l'État en matière forestière, pour la filière bois et pour l'atténuation climatique, il importe donc de bien veiller à ce que des engagements sur le stockage de carbone du bois en forêt (au sens du CITEPA) ne viennent pas contredire l'intérêt stratégique grandissant pour une mobilisation et une valorisation accrues du bois et de ses produits, et pour une sylviculture plus dynamique. En effet, si l'augmentation de la mobilisation forestière (recherchée en France) peut effectivement réduire transitoirement le « stock sur pied », elle n'affecte généralement pas chez nous, au contraire, le « puits » réel, c'est à dire l'absorption annuelle de CO₂ de la forêt.

Ces données sont alors à projeter en 2030, avec toutes les incertitudes qui s'attachent à un tel exercice...

b. La situation en 2030

Le tableau ci-après donne une photographie indicative de la situation projetée à l'horizon 2030 en terme de stockage et de substitution, selon les hypothèses telles qu'elles sont précisées dans les prochains paragraphes.

2030	Espaces boisés non urbains (forêt, boisements, haies...)		Croissance biologique annuelle	Destination des bois		Récolte commercialisée (1)		Le stockage net		La substitution (3)
				environ 149 Mm³/an	Mobilisé et commercialisé	environ 57 Mm³/an	Bois d'œuvre	environ 35 Mm³/an	Construction	environ 15 MtCO₂/an (2)
						Bois d'industrie	environ 15 Mm³/an	Construction panneaux, papier		
						Bois énergie commercial	environ 7 Mm³/an		0	environ 40 MtCO ₂ /an dont recyclage palettes et déconstruction + 6 MtCO ₂ /an pour les biocarburants G2
				Autoconsommation (dont bois bûche)	environ 17 Mm³/an				0	
				Pertes d'exploitation	environ 11 Mm³/an				0	0
				Mortalité						
				Non exploité (solde)	environ 64 Mm³/an			Puits forestier (solde)	environ 64 MtCO₂/an	0
	Bois sur pied	environ 23,9 Mds m ³ (IGN)	environ 134 Mm³/an + 10 Mm³/an (plantations FFN encore jeunes)						Total 79 MtCO₂/an	Total 81 MtCO₂/an
	Sols forestiers	Inconnu								
	Plantations nouvelles	50 000 ha/an environ	environ + 5 Mm³/an							
	Agro foresterie		environ + 3 Mm³/an (comptabilisés dans l'agriculture)							

(1) avec 20 Mm³ supplémentaires mobilisés chaque année (travaux du Grenelle-environnement et du paquet énergie climat)

(2) en considérant stocké dans les produits la moitié du supplément de récolte, dans la période de montée en puissance

(3) coefficient de substitution matériau: 1 m³ évite approximativement 1 MtCO₂/an : coefficient de substitution du bois énergie : 1 m³ évite approximativement 0,9 MtCO₂/an

Le stockage

La forêt

En 2030, il peut être supposé que la surface de la forêt française (16 millions d'hectares) et le volume des arbres sur pied qu'elle abrite (3,9 milliards de m³) n'auront globalement pas changé. Toutefois, d'ici 2030, un accroissement de la production biologique totale de la forêt pourrait être envisageable compte tenu de plusieurs facteurs :

- l'augmentation de la température et du taux de CO₂ dans l'atmosphère peuvent avoir, jusqu'à une certaine limite, un impact positif sur la photosynthèse et sur la croissance des arbres,
- la dynamisation de la sylviculture sur des peuplements adultes aura eu aussi un impact positif sur leur croissance,
- des plantations réalisées avec un financement du FFN jusqu'en 2000 arriveront à leur optimum de croissance.

Du fait de la conjonction de ces trois facteurs, un accroissement supplémentaire du puits forestier de + 10 millions de m³ environ par an ne semble pas irréaliste.

Cependant, il faut garder en mémoire que l'évolution climatique des conditions stationnelles, du fait de la température et du régime des précipitations par exemple, risque de faire souffrir significativement la forêt (tempêtes, incendies, perte de croissance...). Ce handicap d'adaptation pourrait alors amputer gravement la capacité du puits forestier. Il importe donc d'anticiper et d'adapter au plus tôt la sylviculture appliquée aux peuplements forestiers (choix des essences, diversification, rajeunissement...).

Boisements et reboisements

Il est possible d'augmenter encore ce puits forestier par des boisements de surfaces qui ne portent plus de forêt de puis au moins cinquante ans, pour l'essentiel des surfaces abandonnées par l'agriculture, en état de déprise, mais surtout par le reboisement de terrains forestiers sans grande valeur sylvicole, tels que des taillis ou des accrues.

Cette relance souhaitable des boisements et reboisements, (majoritairement en essences résineuses, ou à croissance rapide) correspond à une demande des industriels de la transformation du bois et aurait des effets accrus en termes de stockage de carbone et de substitution. L'hypothèse de 500 000 hectares boisés ou reboisés d'ici 2030 correspond à l'objectif visé. Et sur la base d'un différentiel de productivité de + 10 m³ par hectare et par an en moyenne par rapport à la situation actuelle, ces boisements et reboisements pourraient représenter d'ici 2030 une production supplémentaire d'environ 3 à 5 millions de m³ de bois par an, et par conséquent une augmentation du puits forestier de **3 à 5 MtCO₂/an**.

L'agroforesterie

Le développement de l'agroforesterie, qui encouragé dans la nouvelle loi d'avenir sur l'agriculture et la forêt, permettrait aussi d'accroître dans une certaine mesure les surfaces plantées d'arbres, et donc les capacités du puits forestier. Selon les estimations de l'INRA, le développement de l'agroforesterie pourrait générer en 2030 une production ligneuse additionnelle de 3 millions de m³ par an donc un stockage annuel de **3 MtCO₂/an**. Toutefois, ces 3 MtCO₂/an seraient comptabilisés dans le compartiment agriculture et n'entreraient donc pas dans le compte de la forêt, où ils ne figurent que pour mémoire.

Au final, en 2030, la forêt et les boisements et reboisements nouvellement créés pourraient représenter une croissance biologique totale de 149 millions de m³ par an.

Hypothèses de destinations des bois

Par rapport à 2014, on pourrait envisager :

- une augmentation de la récolte forestière totale, avec les sous produits, de + 20 millions de m³ par an⁴². Annuellement, cette récolte passerait donc de 37 millions de m³ à environ 57 millions de m³. Cette augmentation serait notamment tirée par le renforcement de l'utilisation du bois dans la construction, mais aussi par le développement de l'usage du bois dans des produits biosourcés et dans la filière énergie,
- une stagnation, voire un léger repli de l'autoconsommation (bois bûche), du fait d'une part de l'évolution régulière du parc d'appareils de chauffage, plus performants et permettant de moins consommer de bois, et d'autre part, du fait du développement du granulé de bois qui offre des possibilités d'utilisation plus proches de celles du gaz ou du fioul,
- des pertes d'exploitation et une mortalité forestières en légère augmentation, mais pas en proportion identique toutefois avec la croissance biologique (+ 15 Mm³/an) et la mobilisation (+ 20 Mm³/an). En effet, le développement de la mécanisation forestière, avec la récupération à des fins énergétiques de bois jusqu'alors abandonnés, devrait permettre une exploitation plus efficace, avec moins de pertes. Du fait de la dynamisation de la sylviculture enfin, et donc avec la réduction relative de l'âge d'exploitabilité des arbres, la mortalité forestière des arbres devrait aussi baisser.

Le volume total du stock de bois annuel qui resterait en forêt s'élèverait donc à :
 $149 - (57 + 17 + 11) = 64$ millions de m³ (au lieu de 69 Mm³/an actuellement)

Le puits forestier pourrait donc se réduire jusqu'à un niveau de 64 MtCO₂/an, soit une baisse de 5 MtCO₂/an par rapport à 2014.

Le stockage dans la récolte commercialisée

Compte tenu des hypothèses qui ont été formulées plus haut (développement du bois construction et de l'énergie), il est proposé une ventilation des 57 millions de m³ de bois récoltés chaque année de la façon suivante :

- 35 millions de m³ de bois d'œuvre,
- 15 millions de m³ de bois d'industrie,
- 7 millions de m³ de bois énergie commercial.

Avec les mêmes hypothèses de rendement pour le sciage que précédemment (50 %), et pour la valorisation des bois d'industrie (80 à 90 %), et en notant que les parts respectives de marché du bois d'œuvre et du bois d'industrie passeraient de 65 à 70 % pour le bois d'œuvre, et de 35 à 30 % pour le bois d'industrie, les règles comptables applicables aux produits ligneux récoltés (article 7 de la décision n°529/2013) permettent d'évaluer approximativement l'effet stockage prévisionnel de ces bois en 2030 à 15 millions de tonnes de CO₂ par an environ, mais avec des durées moyennes de stockage encore incertaines.

En 2030, l'effet stockage des bois récoltés et commercialisés serait ainsi susceptible d'atteindre 15 MtCO₂/an, ce qui représenterait une augmentation prévisionnelle de + 10 MtCO₂/an à cette échéance.

En 2030, l'effet stockage total de la forêt, des boisements et des reboisements nouveaux, avec les produits bois qui en seront issus, serait alors évaluable à 79 millions de tonnes de CO₂ par an, soit + 5 MtCO₂/an par rapport à 2014.

⁴² (Grenelle; paquet énergie climat)

La substitution

Bois de construction, panneaux, papiers, nouveaux produits bois biosourcés

En 2030, l'évolution dynamique des volumes de bois utilisés dans la construction va essentiellement dépendre du plan de transition énergétique, des progrès techniques et des normes, ainsi que de la dynamique du secteur du BTP et de l'économie globale.

Actuellement, la construction bois en France représente 10 % du marché de la construction. Si, à l'instar des allemands, on visait à développer, d'ici 2030, la construction à hauteur de 15 % du marché total, cela représenterait une augmentation de 50 % des volumes de bois actuellement utilisés.

En appliquant le même coefficient de substitution qu'en 2014 et les rendements matière rappelés plus haut, les 30 millions de m³ de matériau bois prêts à l'emploi imaginables en 2030 permettraient la substitution de 30 MtCO₂/an. Au surplus, si l'on prend en compte le développement de nouveaux matériaux biosourcés à hauteur de 3 millions de m³ de bois consommés, matériaux ayant un rôle de substitution avéré, il y aurait potentiellement lieu d'ajouter + 5 MtCO₂/an.

En 2030, l'effet total de « substitution » des bois destinés à la construction et des nouveaux produits biosourcés à base de bois s'élèverait donc à 35 MtCO₂/an.

L'énergie

Le « paquet énergie climat » 2030, actuellement en négociation, s'appuiera très fortement, comme le paquet 2020, sur la politique et les ressources du bois énergie, pour laquelle le gouvernement vient d'annoncer notamment le doublement du « fonds chaleur » que gère l'ADEME. Malgré le nécessaire équilibre qui est à préserver entre les filières du bois, et surtout entre le bois énergie et le bois matériau, on peut augurer effectivement une très forte croissance du bois énergie d'ici 2030, à l'instar des tendances actuelles (politique énergétique, politique climatique, emploi local, valorisation des déchets). Aussi peut-on envisager d'augmenter de l'ordre de 30 % la quantité de bois énergie qui serait utilisée en 2030, soit de la porter de 35 Mm³ en 2014 à 45 millions de m³ par an à l'horizon 2030. Ces 45 millions de m³ correspondent :

- à une partie des 17,5 millions de m³ de produits connexes des scieries,
- aux 3 millions de m³ de produits connexes des usines de pâte et de panneaux,
- aux 17 millions de m³ d'autoconsommation,
- aux 7 millions de m³ de bois énergie commercial projetés

le solde venant de l'agroforesterie, des déchets verts et de récupération de produits bois en fin de vie (DIB), et le cas échéant de la déconstruction.

En 2030, l'effet « substitution » nette aux énergies fossiles du compartiment énergie de la filière forêt-bois, en tenant compte d'un « rendement logistique et énergétique » de 90 %, représenterait donc approximativement 40 MtCO₂/an évitées.

Concernant les biocarburants de 2^{ème} génération à base de cellulose, ils ne sont actuellement pas sur le marché⁴³. Leur effet de substitution des émissions de GES est donc actuellement nul. Toutefois, on peut envisager peut être d'en disposer vers 2030 à un niveau compétitif, notamment pour l'éthanol de 2^{ème} génération. La consommation française de carburants devrait, à cette date, être de l'ordre de 40 à 50 millions de tep par an. Le gouvernement viserait alors, selon ses dernières annonces, à incorporer au maximum 15 % de tels carburants renouvelables (G1 et G2) dans les essences et gazoles. Envisager donc une hypothèse d'incorporation de 1 à 2 millions de tep de ce type de carburant cellulosiques avancés (G2) peut alors paraître réaliste à l'horizon 2030, en complément des biocarburants de 1^{ère} génération.

⁴³ Les pilotes Futurol (éthanol) et Bio-T-Fioul (Btl / biodiesel) ne sont pas en mesure d'avoir une production commerciale, autre qu'en laboratoire

Cette incorporation de biocarburants cellulosiques de 2^e génération permettrait ainsi d'éviter, par substitution aux énergies fossiles, environ 6 MtCO₂/an d'émissions. En fonction des effets réels des politiques qui seront mises en œuvre dans ce domaine des biocarburants, domaine où la commission européenne et le Parlement ont un poids important, ces chiffres devront certainement être réajustés.

En 2030, l'effet substitution total des produits issus du bois, matériaux et énergie confondus, s'élèverait donc au total, aux alentours de 80 MtCO₂/an évitées.

Conclusions

Avec les modes de calcul actuels et les scénarios retenus, d'ici 2030, la forêt et ses filières pourraient donc être susceptibles de stocker + 5 MtCO₂/an supplémentaires (79 - 74), en soulignant bien que ce stockage est toujours temporaire, et d'éviter la libération dans l'atmosphère de + 26 MtCO₂/an supplémentaires (81 - 55), en se substituant ainsi à une énergie non renouvelable équivalente à près de 10 millions de tep nettes par an.

Ces chiffres supposent que soient mis en œuvre, de façon ambitieuse, un certain nombre de choix stratégiques pour la filière forêt-bois :

- une dynamisation de la sylviculture de façon à maintenir la forêt dans un état de jeunesse indispensable au maintien de sa fonction de puits actif,
- corrélativement, une augmentation de la récolte,
- une relance vigoureuse des boisements et reboisements au sens de la décision n°529/2013, en particulier avec des essences résineuses et des feuillus à croissance rapide (dont les peupliers) dont la performance est supérieure à celle des essences feuillues,
- un développement de l'agroforesterie,
- un renforcement de l'utilisation du bois dans la construction, mais aussi un développement de l'usage du bois dans des produits biosourcés,
- enfin, un développement continu de la filière énergie à partir du bois (bois énergie, biocarburants de G2).

Toutefois, compte tenu du fort enjeu que représente ce secteur de la forêt et de la bioéconomie dans la lutte contre le changement climatique, et compte tenu par ailleurs de la forte incertitude qui demeure quant au calcul des effets nets de stockage et de substitution, des expertises continues englobant ces questions resteront hautement souhaitable.

4.3.2. Biomasse, biofilères et bioéconomie

Après deux siècles de règne des ressources et des énergies fossiles dans l'économie des pays riches, nous devons nous confronter, pour les prochaines décennies, à un contexte nouveau et à des défis sans précédents pour faire face aux besoins fondamentaux, alimentaires et non alimentaires, de nos sociétés. La biomasse et ses multiples filières de transformation sont susceptibles de nous fournir une grande part des solutions envisageables.

La bio-économie et ses bio-filières

La bio-économie est la transformation des produits de la photosynthèse végétale en aliments, matériaux, bases chimiques, fertilisants organiques et bio-énergies. Elle peut remplacer partiellement et sobrement l'usage de ressources et de productions épuisables d'origine fossile (pétrole, gaz, charbon...).

6 types de bio-ressources	8 filières de valorisation
- Bio-déchets « humides »	- Alimentation (une autre forme d'énergie... !)
- Déchets et sous-produits ligno-cellulosiques	- Fertilisants organiques
- Bois et assimilés	- Matériaux renouvelables traditionnels (ex. bois/papier, textiles...)
- Productions cellulosiques dédiées agricoles ou forestières	- Néo-biomatériaux (composites, bio-plastiques)
- Cultures alimentaires	- Chimie du végétal G1 / G2
- Biomasse aquatique	- Biocarburants G1 / G2
	- Bio-chaleur, biogaz, syngaz
	- Bio-électricité, cogénération

Ces « filières vertes », sobres et pourvoyeuses d'emplois et d'innovations, abordent avec performance les différents marchés qui sont décrits ci dessus (compétitivité, bilans énergétiques, bilans CO₂, emplois...).

Des bio-filières anciennes, diversifiées et riches de potentiels

Le terme de biomasse recouvre ici, non seulement les produits végétaux et animaux, mais aussi la fraction organique biodégradable des déchets, résidus, effluents et sous-produits provenant de la sylviculture, de l'agriculture, de la pêche et des écosystèmes naturels, ainsi que des industries aval de transformation et des déchets industriels ou ménagers. Elle répond durablement à nos besoins, via de nombreuses filières, sous forme d'aliments, de fertilisants organiques, de matériaux (dont le bois, les bio-plastiques, les composites...), de molécules dédiées à la chimie ainsi que sous forme d'énergies variées comme les biocarburants, les gaz, la chaleur ou l'électricité.

La France a déjà fait ce pari de la bio-économie, celui d'un développement accru des usages et des marchés de la biomasse pour l'énergie, les matériaux et la chimie : ce choix vise à la fois à réduire l'empreinte carbone de l'économie française, à conforter l'indépendance énergétique du pays, à trouver les voies d'une nouvelle croissance verte et à ouvrir de nouveaux marchés diversifiés tout en favorisant l'innovation, l'emploi et le développement des territoires :

- **Les matériaux « traditionnels » que nous avons déjà évoqués** (bois-matériau, pâtes et papiers, panneaux et bois reconstitués, textile, caoutchouc...) et leurs filières de recyclage (vieux papiers, bois de récupération..) constituent le socle actuel de la valorisation non alimentaire de la biomasse forestière. Ils disposent encore de grandes marges de développement et d'innovation. Les « néo-biomatériaux » (bio-plastiques, bio-composites fibreux...) sont appelés quant à eux à concurrencer à terme des matériaux classiques très consommateurs d'énergie (plastiques, acier, aluminium, fibres minérales, et même béton...).
- **Les « bio-molécules » de la chimie du végétal** (solvants, lubrifiants, tensioactifs, intermédiaires chimiques...) viennent dès à présent élargir et diversifier les filières chimiques traditionnelles du vivant (savonnerie, amidon, pharmacie, chimie fine, parfumerie...) mais ne pourront pleinement se développer et prendre leur place dans le monde de la chimie du pétrole qu'avec un effort intense d'innovation à partir du secteur des grandes cultures⁴⁴.

⁴⁴ Ces filières (hors xylo-chimie) occupent, à la production, 400 000 ha environ de grandes cultures variées (amylacés,

- **Les « bio-carburants »** sont issus de la transformation thermochimique ou bio-technologique de la biomasse agricole (betteraves, céréales, oléagineux), et bientôt de celle de la cellulose voire, à plus long terme, de la culture des algues. Ils offrent des bilans directs énergie-carbone performants (avec des débats contradictoires sur leurs effets indirects...), peuvent entrer significativement dans la composition des carburants pétroliers ou même alimenter certaines filières de la chimie. Ils sont désormais certifiés en regard de critères de durabilité européens et leurs co-produits protéiques sont précieux dans l'alimentation animale. Les technologies de 2^{ème} et 3^{ème} générations (à base de cellulose ou de bio-méthane, puis de micro-algues) ne sont encore qu'au stade de la recherche ou de la démonstration, mais leur potentiel de développement pourrait être hautement significatif dans la prochaine décennie.
- **La chaleur d'origine biomasse** pour les besoins domestiques (bois bûche, plaquettes et granulés), pour les collectivités et l'industrie, est la filière énergétique majoritaire de valorisation de la biomasse (notamment des sous-produits de la forêt). Nous l'avons évoquée précédemment. Elle s'avère de plus en plus efficace en termes de rendement grâce à des labels d'équipements comme « Flamme Verte ». C'est une filière mature en développement massif, qui peut encore progresser par la promotion de bio-combustibles innovants.
- **L'électricité d'origine biomasse** est un sous produit de la vapeur ou du biogaz, obtenue en cogénération grâce à des turbines ou des moteurs. La technologie à base thermique-bois est mature mais, en revanche, la maîtrise de la gazéification ou de la pyrolyse, enjeu technologique d'importance stratégique, justifiera encore d'importants investissements en recherche-innovation.
- **Le gaz de méthanisation (biogaz)**, issu de la fermentation de sous produits et d'effluents organiques, notamment en agriculture, peut être valorisé en chaleur, en électricité, en gaz combustible ou en biocarburant (bio-méthane). Quoique maîtrisées à la base, ces technologies peuvent encore évoluer (ex. biogaz carburant) et nécessitent des recherches technologiques non négligeables justifiées par leur potentiel territorial.
- **Les engrais et les amendements organiques** enfin sont certes connus (composts), mais ils méritent encore d'être améliorés, normalisés et vulgarisés (métha-composts, cendres...) pour révéler pleinement leur valeur fertilisante face à leurs concurrents minéraux et se développer à hauteur des enjeux agronomiques et environnementaux.

Il est fondamental d'organiser dès à présent tous ces besoins et tous ces marchés concurrents de valorisation de la biomasse qui ne font que croître, et qui contribuent, comme nous le verrons ci-après, à la maîtrise du changement climatique.

Performances, bilans et feuilles de route 2030/2050 pour la bio-économie

Les valorisations de la biomasse alimentent ainsi, en France, environ 5 % des marchés globaux de l'énergie, de la chimie et des matériaux, et beaucoup plus encore pour le bois et le papier qui correspondent à, par exemple, 10 % des matériaux de construction et 20 % des emballages.

textiles, oléagineux, betteraves...), pour aboutir à des productions de matières premières utiles et valorisables de 1 à 1,5 Mt/an et pour déboucher à l'aval sur 5 à 7 % de parts de marché en approvisionnement dans les principaux secteurs de la chimie, de la cosmétique, des polymères et des composites

La bio-économie en France

13,4 Mtep/an de bio-énergies, soit 5 % du bouquet énergétique national

Énergies

- * bois-paille énergie # 9,6 Mtep/an (36 Mt/an)
- * bio-carburants # 2,3 Mtep/an (mélangés à 5,5 % en moyenne ; 1,2 M ha)
- * bio-déchets # 1,5 Mtep/an (bio-incinération, méthanisation)

Bio-produits

- * amendements organiques et épandage # 340 Mt/an
- * bois-fibres # 40 Mm³/an (hors importations / dont la moitié pour la construction)
- * chimie, fibres et agro-matériaux # 400 000 ha cultivés, dont les céréales amidonnières, le chanvre et le lin

Outre l'agro-alimentaire (CA de 140 mds €/an et 400000 emplois) et la filière bois traditionnelle (CA de 35 mds €/an et 170 000 emplois), des nouvelles filières de la bio-économie se sont développées il y a trente ans tout au plus (néo-matériaux, chimie, carburants, bio-combustibles). Elles représentent déjà, en France 14 milliards de chiffre d'affaires annuel et 70 000 emplois... avec un grand potentiel d'innovation

Chiffres 2012 source ADEME et CLUB des Bio-économistes

L'Allemagne

Il est intéressant, à titre indicatif, de resituer les chiffres ci dessus par rapport à l'Allemagne, dont on sait qu'elle constitue, avec la France, le pays le plus engagé dans la bio-économie en Europe. L'Allemagne, avec une SAU égale aux deux tiers de celle de la France (17 Mha contre 27 Mha), consacre 2,4 millions d'hectares aux cultures non alimentaires, (contre environ 1,8 Mha en France), dont 40 % sont dédiés aux biocarburants. Mais l'Allemagne affecte surtout 50 % de ces cultures non alimentaires à des cultures dédiées à la méthanisation (chiffre qui n'a pas son équivalent en France, puisque la France considère prioritairement la méthanisation comme une filière de traitement/valorisation de biodéchets).

Si l'on ajoute enfin, à ces données, celles de la filière bois-biomasse allemande (9 Mtep/an, comme en France, dont 2/3 d'origine forestière et 1/3 issus de déchets et sous produits), on constate, hormis la méthanisation, de fortes similitudes stratégiques entre nos deux pays pour le développement des biofilères.

Horizon 2030 : Un objectif global de 10 % des parts de marché du « biosourcé » (soit un doublement) peut être visé pour la France... La biomasse devrait assumer en outre plus de 50 % du chemin à parcourir pour satisfaire nos ambitions énergétiques renouvelables⁴⁵. Toutes ces valorisations de la biomasse présentent enfin un potentiel et des externalités positives très importants, notamment en termes d'emplois.

Même si ce sont les seules bioénergies qui sont mises en avant dans toutes ces prévisions, à la lumière des ambitions européennes et françaises de transition énergétique, cette stratégie doit englober aussi, simultanément, la mise en valeur de solutions efficaces et compétitives pour la chimie du végétal et pour le développement des bio-matériaux sobres et renouvelables (cf. plan chimie du végétal et plan bio-matériaux pour la France).

Horizon 2050 : L'objectif du facteur 4 fixé par l'Union européenne (objectif indicatif pour les États) pourrait porter les objectifs de développement des produits bio-sourcés à 20 ou 25 % de parts de marché dans l'approvisionnement de l'économie française (matériaux, chimie, énergie). Ainsi, la bio-économie pèse à l'évidence très lourd dans ces perspectives futures.

⁴⁵ Feuille de route adoptée dans le cadre du « paquet énergie-climat » européen- 2020- (en cours de révision à l'horizon 2030)

Il faut savoir qu'en matière de bio-ressources valorisées, la feuille de route décrites ci dessus (2030-2050) dépendra en France pour 60 % environ des productions de la filière « forêt-bois » (d'où la nécessité absolue de stratégies productives et compétitives), pour 30 % de celles de la filière « agriculture-IAA » et pour 10 % des bio-déchets. Le tout est considéré pouvoir se développer à partir des gisements nationaux de bio-ressources, gérés et renouvelés efficacement. Ces gisements sont supposés pouvoir répondre durablement à ces besoins et sécuriser prioritairement les approvisionnements des filières alimentaires et des bio-matériaux qui sont préexistantes, et déjà concurrentes sur les marchés des bioressources (d'où la recherche de synergies obligatoires inter-filières). Il s'agit de défis très lourds, à la hauteur des enjeux climatiques. Mais la France n'est pas en retard, pour les affronter car elle se situe, sur tous ces marchés, pour ces technologies et dans ces stratégies de développement, parmi les cinq pays les plus « bio-économiques » au Monde, avec les États Unis, le Brésil, la Chine et l'Allemagne.

Potentiel d'atténuation de GES pour les biofilieres agricoles et forestieres

Si l'on convertit en « équivalent CO₂ » les données actuelles et futures qui viennent d'être présentées pour les biofilieres, et pour le secteur forêt-bois en particulier, on peut parvenir à évaluer avec approximation l'ordre de grandeur possible des impacts et des bilans carbone des filieres bois energie et biogaz, biocarburants, bio-matériaux et chimie biosourcée, ceci aujourd'hui et à l'échéance 2030 (avec leurs effets simultanés, lorsqu'ils existent, de stockage de carbone et de substitution d'émissions de GES). Le résultat indicatif serait le suivant...

Bois énergie⁴⁶ : Réduction, d'ici 2030, des émissions de CO₂ par substitution d'énergie, pouvant permettre de passer de # 30 à 40 MtCO₂/an évitées dans 15 ans.

Bois-fibres-matériaux⁴⁷ : Réduction, d'ici 2030, des émissions de CO₂ par substitution d'usage de matériaux à l'aval, pouvant permettre passer de # 25 MtCO₂ à # 35 MtCO₂/an évitées dans 15 ans.

Biocarburants⁴⁸ : Réduction, d'ici 2030, des émissions de CO₂ par substitution d'usage pouvant permettre passer de 6 MtCO₂ à # 12 MtCO₂/an dans 15 ans

Chimie du végétal, polymères et composites⁴⁹ : Réduction, d'ici 2030, des émissions de CO₂ par substitution d'usages en chimie pouvant passer de # 2 MtCO₂ à # 6 MtCO₂/an dans 15 ans

Il en résulterait, approximativement, un total de réduction des émissions possible par les biofilieres à l'horizon 2030, de l'ordre de # + 30 MtCO₂/an (passage de # 63 MtCO₂/an à # 93 MtCO₂/an), auxquelles pourraient s'ajouter indicativement # + 10 MtCO₂/an supplémentaires d'émissions évitées par stockage dans les produits bois.

On perçoit donc ici l'intérêt des biofilieres et de la bio-économie pour l'atténuation du risque climatique, ainsi que la place importante qui est faite à ces stratégies dans les politiques énergétiques et industrielles européennes et françaises (croissance verte; paquet énergie climat...).

⁴⁶ cf. 4-3-1 tableaux a) et b)

⁴⁷ cf. 3-4-1 tableaux a) et b)

⁴⁸ La filière biocarburants substitue actuellement, et en valeur nette, 1,5 Mtep/an d'hydrocarbures en évitant alors l'émission annuelle d'environ 6 M tonnes de CO₂ (soit environ 5 tCO₂ par hectare de cultures). L'objectif 2030 viserait globalement à doubler ces objectifs énergétiques (soit 15 % des carburants distribués), avec le concours de la 2e génération, soit une perspective probable de substitution d'hydrocarbures pouvant aller jusqu'à l'équivalent de 12 Mt CO₂

⁴⁹ En appliquant à ces filieres de la chimie du végétal, et faute d'ACV, les mêmes coefficients qu'aux biocarburants et en négligeant l'effet-stockage, trop limité en durée, une réduction d'émissions par substitution de l'ordre de 2 MtCO₂ d'émissions de GES peut être comptabilisée aujourd'hui. L'objectif 2020/2030 prévu par le plan chimie du végétal de 2007 était de multiplier par trois ces productions en 10 à 15 ans, soit, vu le dynamisme actuel de ces filieres, une substitution envisageable d'environ 6 MtCO₂

Politiques, instruments et facteurs de développement

Le développement des biofilères⁵⁰ s'appuie en France sur trois grands types de soutiens publics :

- **La fiscalité**, d'abord, qui sert d'instrument de « dissuasion » ou d'encouragement, selon le cas, par rapport à des objectifs ou à des normes rendus obligatoires:
Citons par exemple, pour les biocarburants, la TGAP d'une part (qui pénalise les distributeurs de carburants n'atteignant pas les objectifs d'incorporation de biocarburants) et la « défiscalisation » d'autre part (baisse des droits d'accises pour le biodiesel et le bioéthanol, qui contribuait à compenser partiellement les surcoûts de production. Son application est en voie de suppression).
- **Le système de « quotas carbone » européens**, ETS, qui oblige par la loi les opérateurs économiques consommant plus de 20 MW de puissance énergétique à compenser leurs émissions par des rachats de quotas CO₂, ou par des économies d'émissions, ou encore en s'acquittant de pénalités. Par homologie enfin, les CEE, ou certificats d'économie d'énergie, ont en France un fonctionnement proche sur le principe de celui des quotas carbone. Ils encouragent (sous peine de pénalités) à « monétariser » entre opérateurs des investissements qui sont destinés à réduire les consommations énergétiques.
- **La tarification énergétique** permet à des opérateurs du secteur des énergies renouvelables (EnR) de revendre leur production sur le réseau (production électrique, ou même gazière plus récemment pour la méthanisation en injection) à des tarifs d'achat bonifiés fixes, ou déterminés par appel d'offres
- **Les aides budgétaires** enfin (État, Ademe, Régions et FEDER européen) viennent compléter localement, parfois, les autres systèmes d'encouragement. Le fonds chaleur de l'ADEME en est l'exemple le plus notable (avec les aides territoriales et européennes aux méthaniseurs).

Tous ces dispositifs constituent un levier puissant au profit des filières bioénergétiques. Mais ils ignorent en revanche totalement les besoins en approvisionnement de filières concurrentes tout aussi durables et vertueuses comme celles des biomatériaux, du bois et de la chimie du végétal. Une vigilance particulière est donc indispensable, en particulier pour la filière bois ou pour l'agroalimentaire (biocarburants) dont ces nouvelles biofilères énergétiques consomment les mêmes ressources. Ceci souligne l'urgence, pour nos pays européens producteurs, de pousser ensemble l'UE à adopter une définition plus large et mieux équilibrée du « paquet énergie climat » (pour ce qui concerne les bioénergies), en y adjoignant des objectifs complémentaires et cohérents, avec des garde-fous, dans les domaines des bio-matériaux et de la chimie du végétal.

En conclusion, on voit clairement apparaître (en France comme en Allemagne) l'intérêt de la bio-économie et des biofilères, via la maîtrise du CO₂ et la maîtrise de l'énergie, pour conforter les stratégies agro-sylvicoles de stockage de carbone et de substitution des consommations conventionnelles fortement émissives. En rappelant en outre les externalités attractives et nombreuses de ces biofilères (innovation, créations nettes d'emplois, réductions des importations...), on comprend à quel point la bio-économie constitue désormais une priorité pour l'agriculture, la forêt, leurs filières et les politiques qui s'y rattachent.

4.4. Pertes et gaspillages

Les systèmes alimentaires modernes sont très amplificateurs d'émissions de GES : alors qu'avant l'ère industrielle, le bilan énergétique du système alimentaire était d'une grande sobriété, pour apporter aujourd'hui une calorie dans l'assiette, il faut consommer de 5 à 10 calories dans la production, la transformation, le conditionnement, le transport, et le phénomène est encore amplifié par le gaspillage dû au consommateur.

⁵⁰ Nous parlerons surtout de celui des bioénergies car peu d'outils publics s'appliquent en fait aux bio-produits

De l'amont vers l'aval, la production intègre en effet une consommation croissante de carbone au long de son cycle de vie. Par conséquent, les pertes à l'aval de biens alimentaires « capitalisent » tout une succession de consommations carbonées cumulées qui se trouvent gaspillées. Le niveau ultime de perte est atteint au stade de la consommation finale, quand le produit a été cultivé, récolté, transformé, distribué et préparé pour la consommation, mais sans être consommé... Au-delà de l'approche quantitative des pertes de production agricole, c'est donc dans une approche en « cycle de vie » que la question des pertes et des gaspillages doit être appréhendée. Comme l'écrit la FAO, la France figure au rang des pays où le gaspillage alimentaire est principalement du ressort de l'acte de consommation (ce qui veut dire que les pertes à l'amont, au stade agricole, sont limitées). Le pacte national de lutte contre le gaspillage alimentaire, présenté par le Ministère de l'agriculture en juin 2013, s'inscrit dans ces orientations (il a reçu à ce titre le soutien de la FAO). Fixant comme objectif la diminution significative du gaspillage alimentaire en France, ce pacte postule un consensus sociétal qui reste sans doute encore à consolider. Le ciment de celui-ci peut être la mise en évidence de l'action à conduire à tous les stades du cycle de vie du produit.

Le gaspillage français ayant un impact annuel estimé de **750 KgCO₂eq par habitant**, une réduction volontariste de 20 % de ces pertes, soit de l'ordre de **150 KgCO₂eq par habitant**, conduirait à gain quantitatif de près de 10 MtCO₂eq, à répartir évidemment sur l'ensemble des sources de production, de transformation et de distribution, nationales ou étrangères, alimentant la consommation finale française

Outre la lutte contre le gaspillage alimentaire, il est donc nécessaire d'agir à tous les échelons de la production à la transformation, et jusqu'à la consommation, en regardant globalement le système alimentaire

4.5. Quel objectif d'atténuation pour le secteur des terres à l'horizon 2030 ?

En conclusion de ce chapitre central concernant l'atténuation des GES en France, il conviendrait à l'évidence que les objectifs que nous avons présentés et évalués puissent s'adresser globalement au secteur des terres, AFOLU, dans son ensemble et en intégrant en outre les filières aval, comme leurs sources de stockage et de substitution (et non pas en se limitant aux seuls secteurs agricoles et forestiers pris séparément à l'amont).

La mesure de ces objectifs devra ainsi prendre en compte impérativement, au delà des émissions, les gains possibles par effets de stockage et de substitution qui, même s'ils sont plus difficilement « certifiables », peuvent parfois s'avérer supérieurs aux seules réductions directes possibles d'émissions dans les exploitations agricoles, par exemple.

Le tableau qui suit en présente une synthèse. Les gains potentiels sont présentés avec des fourchettes dont les bornes expriment, au delà des imprécisions des projections, l'écart entre l'ambition des politiques et le réalisme qui s'attache à leur mise en œuvre.

Les leviers les plus efficaces en France pour la prévention climatique à 2030

(chiffrage des gains potentiels indicatifs 2030 v.s. 2015)

l'agroécologie, pour réduire les émissions et favoriser les meilleures conditions de stockage dans le sol et les végétaux : la réalisation de 50 % du potentiel de réduction identifié par l'INRA, à coût négatif ou nul, correspondrait à **# 12 à 15 MtCO₂eq/an évitées en plus**,

la limitation de l'artificialisation des sols et du retournement des prairies : une réduction de 50 % du rythme de changement d'usage des terres et prairies permettrait un gain de **# 8 à 10 MtCO₂eq/an**,

l'augmentation de la capacité productive de la forêt, par une politique dynamique d'exploitation et de reboisement, permettrait néanmoins un **stockage accru dans la forêt et les produits bois de # 3 à 5 MtCO₂/an**,

le développement de la substitution d'usages par les filières de la bioéconomie et du bois est un levier d'action majeur puisqu'il permettrait **d'éviter # 25 à 30 MtCO₂/an d'émissions supplémentaires en 2030**,

la réduction du gaspillage alimentaire, serait un levier complémentaire d'autant plus important qu'il permettrait également d'économiser les émissions sur toute la chaîne alimentaire : **environ 8 à 10 MtCO₂eq/an pour une réduction de 20 % du gaspillage**.

Si l'on considère que le secteur des terres (AFOLU), représente en France 46,4 MtCO₂eq/an d'émissions⁵¹, les gains potentiels de l'agriculture et de la forêt sur les émissions et le stockage, ainsi que la réduction de l'artificialisation et du retournement des prairies, permettent de réduire de 50 % l'impact de ce secteur sur le changement climatique. En outre, la substitution de produits et d'énergie fossiles par des bioproduits, aujourd'hui évaluée à 63 MtCO₂/an environ, augmenterait de 50 % à l'échéance 2030 (99 MtCO₂/an approximativement).

Au total, le secteur des terres pourra donc contribuer à plus du quart de l'objectif fixé de réduction des émissions nationales de GES à l'horizon 2030.

De telles évolutions majeures ne se réaliseront qu'au prix de politiques volontaristes en matière d'agroécologie, de lutte contre le retournement des prairies et l'étalement urbain, mais aussi de dynamisation de la sylviculture, de la filière bois et de la bioéconomie.

⁵¹ mais seulement 32,4 MtCO₂eq/an si l'on en déduit les effets de l'urbanisation, non imputables à l'agriculture

5. Les risques climatiques, voies d'adaptation et stratégies pour les filières et les territoires

5.1. Les risques qui pèsent sur l'avenir de l'agriculture et de la forêt françaises

Les trois risques-clés qui sont identifiés par le GIEC pour l'Europe sont les inondations (en lien avec les problèmes de mal-urbanisation), les canicules (en lien avec la santé) et **la relation entre l'agriculture et l'eau**.

L'agriculture et la forêt sont au premier rang des secteurs économiques qui sont menacés par la « méditerranéisation » annoncée du pays. Le climat dans nos régions méridionales se rapprochera rapidement de celui de l'Andalousie et toutes les régions, y compris au nord de la Loire, connaîtront des évolutions avec des impacts importants sur l'hydrologie, sur les besoins en eau des plantes, sur l'agriculture et sur la forêt. Le réchauffement aura pour conséquence une baisse des précipitations au sud de l'Europe (et une augmentation au nord) et surtout une **modification profonde du régime hydrologique**, ainsi qu'une plus forte fréquence d'**événements climatiques extrêmes** : inondations, sécheresses, canicules.

L'augmentation des températures, au nord comme au sud de la France, aura en effet pour impact premier un fort accroissement de l'évapotranspiration, et donc des besoins en eau des plantes. Dans le même temps, cette augmentation des besoins en eau s'accompagnera d'une forte baisse des écoulements, chiffrée en France de 20 à 30 % à l'horizon 2050. Et la baisse des débits d'étiage sera encore plus forte, du fait de sécheresses à la fois plus fréquentes et plus longues. A l'inverse, le risque de crues devrait augmenter, notamment dans le sud du pays. Les risques induits par les événements climatiques extrêmes vont donc s'accroître.

Ainsi, l'**agriculture** sera très impactée par le réchauffement climatique. Le rapport du GIEC insiste principalement sur le risque, pour l'agriculture européenne, d'une **perte sensible d'aptitude à la production en « pluvial »**. Les impacts du changement climatique sont d'ailleurs déjà bien visibles en France. Ainsi, par exemple, la région de Montpellier, en enregistrant une croissance de la température moyenne estivale de 2,3°C en trente ans (+0,8°C en hiver), est passée de la catégorie climatique « méditerranéen sub-humide » à la catégorie « méditerranéen semi-aride ». En trente ans, l'évapotranspiration en plaine s'est accrue de 240 mm (+ 20 à 30 %) et la perte globale de production agricole a été estimée par l'INRA à 0,9 tonne de matière sèche par ha, soit 11 %.

La **forêt** sera tout aussi fortement impactée par la récurrence accrue et annoncée des sécheresses et des tempêtes. Elle est ainsi menacée de dépérissements, et d'une perte importante de valeur économique avec une aggravation des risques de grands feux, de pathologies ou de dégâts par les tempêtes. Dans les Alpes du Sud, par exemple, on a déjà noté un dépérissement massif de sapins du fait de l'aggravation récente des sécheresses.

Les superficies brûlées en Europe pourraient être multipliées par un facteur 3 à 5, avec à la clef des émissions importantes de GES (déstockage de carbone sans effets de substitution). Compte tenu de la longueur des cycles de croissance de la forêt, des voies d'adaptation doivent être recherchées en matière de sylviculture, comme le raccourcissement des cycles de production, la diversification des essences et des modes de sylviculture, la sélection variétale et, dans certains territoires, la promotion de systèmes sylvo-pastoraux ou/et agro-forestiers.

En outre, les évolutions climatiques vont contribuer à accroître le risque sanitaire relatif aux animaux comme aux végétaux.

5.2. Réviser nos visions sur l'eau et sur l'adaptation

Comme le souligne fortement le rapport 2014 du GIEC, la question de l'eau et de sa gestion va prendre une grande importance et nos visions vont devoir évoluer. Le GIEC souligne notamment l'importance nouvelle du **stockage de l'eau** et de l'**irrigation**. Il chiffre en effet à 225 milliards \$ les investissements nécessaires d'ici 2030 dans 200 pays pour réussir l'adaptation. Son chapitre sur l'Europe souligne la nécessité de créer de nouvelles infrastructures hydrauliques dans certaines régions afin de répondre aux nouveaux besoins en eau et de prévenir les conflits d'usages. La gestion de l'eau va donc devoir évoluer et le stockage devra être considéré comme un moyen à part entière de l'adaptation face au climat, un outil de gestion des risques.

Une vision d'adaptation de type « sobriété » n'est donc plus suffisante. Ainsi, la prospective Garonne 2050, élaborée par l'Agence de l'eau Adour-Garonne, a montré que la mise en œuvre unique d'un scénario « sobriété » (forte réduction de l'allocation en eau pour l'agriculture), aboutirait à un effondrement du nombre d'exploitations agricoles (- 80 à - 90 %), de la surface irriguée (- 50 %) et de la production agricole. Elle a exploré un scénario « stockage de l'eau », et montré qu'il permettrait en revanche de répondre aux besoins et de maintenir le nombre d'exploitations, tout en soutenant les étiages en été au profit du milieu aquatique et de ses usages. Autre démarche, le PRAD (Projet régional d'agriculture durable) du Languedoc Roussillon, adopté par l'État en 2012, a souligné la spécificité du climat méditerranéen qui justifie le stockage d'excédents de pluviométrie hivernale et leur report au printemps pour une utilisation agricole, les besoins de reports se voyant fortement amplifiés par le changement climatique. D'autres mesures sont proposées comme l'intégration de l'indice d'aridité dans les critères de zonage des handicaps naturels, l'adaptation du matériel végétal, la promotion de pratiques culturales économes en eau et la réalisation du projet AquaDomitia (transfert d'eau depuis le Rhône).

La France a la chance de disposer d'une ressource en eau globalement très abondante, et qui le restera malgré le changement climatique. Or, cette ressource est encore très peu stockée et peu mobilisée : la capacité de stockage dans les bassins les plus sollicités ne représente souvent que de 2 à 3 % des écoulements annuels, contre par exemple 50 % sur l'Ebre en Espagne, et 200 % sur l'Oum er Rbia au Maroc. Il sera donc possible, dans une approche durable et équilibrée, de stocker et de mobiliser davantage d'eau pour satisfaire les besoins en eau des plantes, et pour contribuer ainsi à permettre l'adaptation de l'agriculture et à préserver les emplois. En s'adaptant et en réduisant ainsi les risques, l'agriculture française pourra apporter sa contribution à l'effort d'atténuation en même temps qu'à la sécurité alimentaire mondiale. Il convient par conséquent de sortir de la vision actuelle centrée sur la seule « sobriété », pour passer à une vision d'adaptation conjuguant l'offre (stockage, transferts...), la demande (efficience) et l'agro-écologie, tout en prenant bien évidemment en compte les impacts environnementaux des ouvrages de stockage. Ceci supposera la mise en œuvre d'une politique active et pertinente d'infrastructures et d'aménagements hydro-agricoles. Les territoires doivent s'y préparer et notre société devra comprendre et plébisciter cette nécessaire évolution pour réussir à la fois l'adaptation et l'atténuation face au changement climatique.

Si, pour devenir résiliente et pour pouvoir jouer son rôle d'atténuation, l'agriculture nécessite un meilleur accès à l'eau, elle devra aussi mettre en œuvre d'autres moyens d'adaptation comme par exemple des variétés et des systèmes de production plus économes en eau, ainsi qu'une gestion plus efficiente de cette ressource.

Quoi qu'il en soit, l'agriculture française restera très largement une **agriculture pluviale** ; ce qui signifie qu'elle devra pouvoir réussir à s'adapter, même sans possibilité de recours accru au stockage de l'eau et à l'irrigation. Compte tenu de la forte montée annoncée du stress hydrique, ceci signifie la nécessité d'une transition réussie vers l'**agro-écologie**. C'est en effet en adoptant ses pratiques innovantes, comme par exemple le semis direct et les couvertures permanentes, que l'agriculture pourra renforcer sa résilience. La question du « stockage » de l'eau doit être ainsi regardée aussi en terme de stockage dans le sol, et donc de « conservation » des eaux et des sols.

5.3. Faire le choix de trajectoires vertueuses dans les territoires, se donner de nouvelles visions et des projets d'adaptation et/ou atténuation

Sans réussite de l'adaptation, condition de la réduction des risques, l'agriculture et la forêt ne pourront pas jouer leur rôle d'atténuation, et inversement : les questions d'adaptation et d'atténuation dans le secteur des terres doivent donc être considérées de façon conjointe et non séparée.

Les risques, enjeux et voies possibles en termes d'adaptation et d'atténuation sont cependant différents d'un territoire à l'autre. L'agriculture, comme l'environnement, sont en effet d'abord des « sciences de la localité » et chaque territoire a ses propres atouts/ressources, ses contraintes, ses opportunités et ses menaces. Par exemple, certains territoires disposent de ressources en eau abondantes encore non mobilisées alors que d'autres connaissent déjà des problèmes de surexploitation des nappes. Dans d'autres territoires, le plus grand risque qui pèse sur l'avenir de l'agriculture et sur sa capacité à jouer un rôle important d'atténuation peut être est l'étalement urbain, tandis qu'ailleurs, cela peut être la faible mobilisation du gisement forestier qui pose problème.

Relever le défi climatique dans le secteur des terres nécessite par conséquent de trouver des solutions adaptées à chaque territoire, **et d'agir à toutes les échelles pertinentes pour faire le choix de trajectoires de développement durable** qui permettent de rechercher des co-bénéfices, des synergies et des compromis, en prenant en considération également la sécurité alimentaire et l'emploi.

L'importance des facteurs économiques et de la structuration sociale des acteurs dans la mise en œuvre des actions d'adaptation et d'atténuation climatiques qui concernent l'agriculture et la forêt suppose par conséquent des stratégies de type « territoires/filières » adaptées à chaque contexte. Si un nombre croissant de territoires en France, surtout urbains, se mobilisent pour relever le défi climatique sous ses aspects globaux, les aspects agricoles et forestiers sont restés encore peu compris et peu pris en compte. L'émergence de **nouvelles visions** et de **plans d'action territorialisés**, à des échelles pertinentes, est donc un impératif. Elle nécessite des analyses de type prospectif, croisant filières et territoires, et à même de prendre en compte la diversité des situations et des défis.

5.4. Maladies animales et végétales : un risque sanitaire accru

Le lien entre le changement climatique, les productions agricoles et les maladies animales et végétales est à présent devenu une réalité pour les scientifiques et les organisations internationales qui traitent du climat (GIEC), de l'agriculture (FAO), de la santé animale (OIE) et de la santé humaine (OMS).

Deux arguments s'attachent à un renforcement de la prévention et de la lutte contre les maladies animales et végétales au plan mondial :

- Concilier l'objectif de réduction des GES et celui de nourrir la planète, puisque la réduction des pertes de production liées aux maladies animales permet de réduire les émissions de méthane par unité de produit d'origine animale ; en cela la lutte contre les maladies animales ressort à la fois de l'adaptation et de l'atténuation vis à vis du changement climatique. L'optimisation des productions végétales, par la gestion des maladies, entre également dans ces deux démarches ;
- Lutter contre l'extension et l'émergence de maladies infectieuses animales, dont la grande majorité est transmissible à l'homme et qui peuvent entraîner de larges pandémies. La préparation au risque de pandémie de grippe humaine à partir de l'influenza aviaire en 2009, comme la catastrophe sanitaire de la fièvre Ebola qui sévit en Afrique, témoignent des enjeux. En dehors de l'obligation première qui s'attache à la protection de la santé humaine, il est nécessaire de prévenir les situations d'extrême urgence que sont les épidémies qui sont susceptibles de se cumuler, voire de potentialiser les bouleversements d'ordre climatique.

L'organisation mondiale de la santé animale (OIE) chiffre ainsi l'importance de ces deux enjeux :

- entre 20 à 30 % des productions animales sont perdues du fait des maladies animales ; cependant, le changement climatique introduit une modification de plus en plus rapide de l'environnement et une vulnérabilité des cheptels qui pourraient notablement augmenter ce chiffre à l'avenir ;
- 60 % des pathogènes capables de contaminer l'homme, et donc de provoquer des zoonoses, maladies humaines d'origine animale, proviennent de l'animal domestique ou sauvage, et 75 % des maladies émergentes ont une origine animale.

A ces aspects sanitaires, qui constituent des effets indirects du changement climatique, s'ajoutent des pertes de productivité qui sont des effets directs du changement climatique, et dont la prévention entre également dans les mesures d'atténuation :

Les effets directs du changement climatique sur la productivité en élevage ou sur les cultures sont dûs notamment aux phénomènes suivants :

- l'augmentation des températures entraînant un stress climatique ;
- la raréfaction de l'eau d'abreuvement ou d'arrosage ;
- les événements extrêmes (pluies, inondations) entraînant des mortalités accidentelles, une chute de production liée aux conditions d'entretien et la dissémination d'épidémies.

Les effets indirects : le changement climatique s'accompagnant d'un changement environnemental, ils agissent de façon corrélée pour favoriser des modifications de l'écologie des maladies et de leurs dynamiques de transmission. Il s'agit là d'interactions complexes qui font intervenir des facteurs comme l'évolution et l'adaptation microbiennes, la diffusion des vecteurs que sont les insectes vers des latitudes septentrionales, la prolifération de la faune sauvage au contact des animaux d'élevage, les mouvements de population, la densification des cheptels, et la vulnérabilité de certains systèmes d'élevage en voie d'intensification insuffisamment régulée.

La plasticité des bactéries et des virus explique leur adaptation à de nouveaux territoires, l'acquisition de résistances ou de virulence augmentées par modification génétique, la capacité à devenir transmissible à d'autres espèces et ainsi se propager, provoquant l'apparition de maladies dites « émergentes ». Le développement des maladies infectieuses véhiculées par les insectes et des maladies parasitaires est particulièrement lié au réchauffement du climat ; c'est ainsi que la fièvre catarrhale du mouton (2006) et que la maladie de Schmallenberg des bovins et ovins (2011) se sont progressivement répandues sur l'Europe qui, depuis, reste contaminée.

Le changement climatique influe enfin sur le bouleversement des écosystèmes de la faune sauvage qui est un réservoir d'agents pathogènes ; les changements des trajectoires de migration des oiseaux sauvages créent ainsi des risques émergents pour certains pays, selon l'exemple de la dissémination de l'influenza aviaire, qui laisse planer la menace d'une pandémie de grippe humaine par mutation du virus en cause.

Les mesures d'adaptation et d'atténuation

Sur les effets directs : il s'agit là de promouvoir l'adaptation des pratiques et des systèmes de culture et d'élevage selon les orientations de l'agriculture climato-intelligente, afin de renforcer la capacité de production tout en atténuant les effets sur le climat.

Il serait opportun d'approfondir les recherches appliquées dans le domaine de l'élevage : bio-sécurité des bâtiments, aménagements des pâtures (abreuvement, dispositifs de protection des animaux contre les températures extrêmes, conduite des rotations, densité de chargement), contrôle des mouvements d'animaux, nutrition animale, protection contre la faune sauvage, sélection génétique...

Sur les effets indirects : les recommandations de l'OIE et de la Commission européenne en matière de santé humaine, animale et végétale en relation avec le changement climatique, visent le développement coordonné au plan international de stratégies adaptables et résilientes en matière de surveillance, prévention et lutte contre les maladies.

Ces systèmes doivent être mis en place et coordonnés par les autorités gouvernementales, en l'occurrence pour la France, le ministère chargé de l'agriculture en coordination avec le ministère chargé de la santé et celui chargé de l'écologie.

Ils doivent développer et renforcer des plans d'actions spécifiques, notamment dans les domaines suivants :

- la sécurisation des exportations-importations par la certification sanitaire ;
- le recueil et l'échange de données d'épidémiologie entre les pays et entre les services en charge de la santé humaine et animale ;
- le dispositif international de déclaration des maladies animales à l'OIE ;
- la mise en place de réseaux d'épidémiologie comportant des équipes d'experts ;
- le développement des compétences et des structures de diagnostic et de recherche sur l'entomologie et la faune sauvage ;
- le développement de tests de dépistage ;
- l'assurance de disposer de capacités suffisantes de production de vaccins en urgence ;
- le développement d'une recherche interdisciplinaire qui rapprocherait les experts des écosystèmes, du climat, des maladies infectieuses dans le domaine animal et humain, des politiques publiques de sécurité sanitaire.

5.5. Face à l'aggravation du risque, quelle assurance ?

5.5.1 Le risque lié à l'adaptation de l'agriculture à de nouvelles situations climatiques

Les évolutions climatiques annoncées vont non seulement aggraver les conditions de température et d'hygrométrie dans lesquelles les producteurs devront travailler, mais la variabilité du climat va également accroître les événements extrêmes auxquels ils devront faire face. Le risque climatique va donc s'accroître fortement dans les décennies à venir et nécessiter d'en prémunir autant que possible les agriculteurs.

L'assurance contre les risques climatiques s'avère d'autant plus nécessaire dans un contexte de dérégulation des marchés et de baisse des aides. La prise en charge des principaux risques non assurables (sécheresse, tempête, gels excessifs...) sont couverts aujourd'hui par des mécanismes publics de calamités agricoles. De plus, l'Union européenne autorise les États membres à subventionner les primes d'assurances « récoltes » (liées au climat) des agriculteurs dans certaines conditions (prise en charge partielle, limite des risques couverts et franchise). La France a mis en place ce mécanisme dans le bilan de santé et souhaite l'élargir.

Par ailleurs un fonds de mutualisation (cofinancement État et cotisation professionnelle) est destiné à couvrir certains risques sanitaires - végétal et animal -. En revanche, à ce stade, les travaux de mise en place d'une assurance « revenu » ou « exploitation » ne sont pas finalisés pour des questions de coût et de périmètre.

La PAC 2013 a prévu d'engager une réflexion pour le développement des assurances dans la PAC 2020, et le Farm bill américain actuel donne une large part aux mécanismes assurantiels avec soutien public.

5.1.2. Le risque lié à certaines évolutions de pratiques ou de systèmes de culture favorables à l'atténuation climatique

Un certain nombre de pratiques agronomiques ont été identifiées comme favorables à la réduction des émissions, ou bien au stockage de carbone dans les sols ou les bioproduits. C'est l'objet du chapitre précédent, avec la mention fréquente d'une technicité plus exigeante, ainsi qu'une prise de risque plus importante du producteur, notamment dans la phase de transition de ces changements de pratiques. Les agriculteurs qui contrôlent les facteurs de production (foncier agricole, ...) n'ont que peu de motivation individuelle pour modifier leurs itinéraires techniques de « routine » qui peuvent induire des coûts supplémentaires et/ou des pertes de revenus. Il convient alors que des fonds publics viennent au moins compenser ces « manques à gagner ». C'est notamment l'objet des MAEC (Mesures agro-environnementales et climatiques).

Cependant, même si ces pratiques sont analysées comme « doublement performantes » (économique et environnementale), leur adoption suppose une prise de risque technique, et donc de risque et d'incertitude économiques, que devrait supporter l'agriculteur au cours de la phase de transition. Au-delà de la « réassurance » par les pairs et de l'accompagnement technique, la prise en charge du risque économique est donc également posée. Pour encourager l'adoption de ces « pratiques doublement performantes », les innovations doivent être également sociales, collectives et territoriales, toucher la coopération, la formation, l'accompagnement, l'organisation du travail, les modes d'investissement :

- cibler les politiques publiques de soutien aux investissements (bâtiments adaptés PMBE/méthanisation, équipements moins énergivores/PVE⁵², gestion des effluents...),
- étudier des outils assurantiels innovants appréhendant au mieux les risques en phase de transition
- promouvoir sur un territoire défini des expérimentations partagées (producteurs, conseil...), pour répartir le risque entre producteurs,
- développer les dispositifs de conseils collectifs et susciter l'appropriation des solutions techniques par les exploitants, sur la base de références scientifiques reconnues, discutées et adaptées à l'échelon local,
- élaborer de nouvelles « solidarités agricoles » territoriales - reconnexion élevage/cultures et filières, approche collective de projets de transition (GIEE), « filière luzerne »...

En conclusion de ce chapitre, et avant d'aborder la dimension internationale de ce défi, il apparaît que :

- **Les risques climatiques pesant sur l'agriculture et la forêt française sont élevés.**
- **L'adaptation et l'atténuation doivent se raisonner conjointement dans le cadre de projets territoriaux et d'une vision large du secteur des terres (AFOLU).**
- **Notre vision sur l'eau et sur l'adaptation doit évoluer, nécessitant de passer à une politique volontariste de stockage et d'irrigation, avec une large information.**
- **Les aspects sanitaires doivent être considérés avec vigilance.**
- **Des systèmes d'assurance et de ré-assurance sont nécessaires.**

Ce n'est qu'à ces conditions que l'agriculture et la forêt pourront apporter leur indispensable contribution à l'effort d'atténuation.

⁵² PMBE : Plan de modernisation des bâtiments d'élevage
PVE : Plan végétal pour l'environnement

6. Les aspects internationaux : penser ensemble « climat et sécurité alimentaire », « adaptation et atténuation », « Nord et Sud »

Outre l'importance stratégique de l'agriculture et de la forêt en termes d'emplois, de sécurité alimentaire et d'équilibre urbain/rural, ces secteurs se caractérisent aussi par l'importance permanente du « risque » et par leur grande vulnérabilité face au changement climatique. La « crise alimentaire » de 2007-2008, en conduisant à des « émeutes de la faim » dans une quarantaine de pays, est venue nous rappeler cette importance et cette vulnérabilité. Les pays du Sud, dont la population est toujours fortement croissante, seront donc particulièrement sensibles, dans la négociation, à la question de leur sécurité alimentaire.

Par ailleurs, il n'y aura pas de solutions au problème climatique mondial sans meilleure gestion du « secteur des terres » et sans valorisation des possibilités de substitution en aval.

Pour réussir à dépasser les blocages actuels, ou pour prévenir les risques de blocages, il nous faut donc apprendre à raisonner à la fois « climat et croissance/sécurité alimentaire », « adaptation et atténuation », « local et global », « Nord et Sud », dans le périmètre élargi du secteur des terres, et il faut explorer des solutions et options d'intérêt commun.

6.1. Au centre de la question climatique, la question de la sécurité alimentaire

Pour une grande partie du monde, la question du climat est d'abord un problème agricole et de sécurité alimentaire. Le rapport GIEC 2014 le confirme amplement car il alerte sur les points suivants :

- Le réchauffement a déjà pour effet une augmentation des besoins en eau des plantes, une réduction des rendements et un accroissement des risques de pertes de récoltes, de pertes de cheptels et de dépérissements forestiers. Sur la période 1980-2010, la baisse relative de rendements agricoles à l'échelle mondiale a ainsi été estimée à 5,5 % pour le blé et à 3,8 % pour le maïs.
- La « mise en péril des moyens d'existence du fait des ruptures des systèmes alimentaires résultant des sécheresses et de la variabilité des pluies », ainsi que les « pertes de moyens d'existence et de revenus ruraux suite à un accès insuffisant à l'eau d'irrigation et à la baisse de productivité agricole » sont deux des six grandes menaces identifiées avec une « confiance élevée ».
- Tous les aspects de la sécurité alimentaire (disponibilité, accès, stabilité et nutrition) seront affectés par le changement climatique, avec des impacts lourds sur les prix mondiaux des produits, sur la pauvreté et sur la croissance économique. Des « trappes à pauvreté » se multiplieront dans les zones vulnérables, qui devront faire face à des migrations subies, tout en générant des conflits et des risques pour l'intégrité de certains États.
- Toutes les régions seront affectées, mais inégalement. Le continent africain sera particulièrement touché, au point que le défaut d'adaptation de son agriculture hypothéquerait son avenir même. Les deux grands risques identifiés avec un niveau de confiance très élevé sont la montée du stress hydrique en Afrique du nord et l'insécurité alimentaire générale du continent.
- Dans un scénario de réchauffement à + 4°C, c'est toute la sécurité alimentaire mondiale qui serait mise en péril.

Un énorme effort d'adaptation sera nécessaire, notamment en agriculture pluviale, ce qui imposera la réussite de la transition agro-écologique. En Afrique, la priorité devrait consister à agir à la fois « adaptation » et « développement », à travers une politique d'appui à l'agriculture familiale. L'objectif devrait être notamment le développement d'une agriculture écologiquement intensive de conservation, une gestion durable des terres avec recours aux approches agro-écologiques, et une autre gestion de l'eau visant notamment le développement de l'irrigation.⁵³

Or, pour les pays du Sud, mais aussi pour des pays tels que la Chine et l'Inde, la question de l'agriculture et de la sécurité alimentaire est d'importance vitale. En effet, dans de nombreux pays :

- l'agriculture représente plus de 50 % des actifs,
- les ménages consacrent plus de 50 % de leur budget à l'alimentation,
- la hausse des prix alimentaires peut devenir une cause majeure d'instabilités sociales et politiques,
- les besoins supplémentaires à satisfaire d'ici 2030 et 2050, en termes d'emplois et d'alimentation, et donc de production, sont considérables⁵⁴.

Les pays du Sud n'entendent donc pas voir leur secteur agricole contraint par la négociation climatique. Ce serait d'ailleurs paradoxal que la négociation climatique puisse conduire à sa mise en difficulté alors que la Convention des Nations Unies sur le Changement Climatique a précisément pour objectif ultime « d'agir pour éviter que la production alimentaire soit menacée » et que la production agricole mondiale doit augmenter d'au moins 60 % d'ici 2050 pour assurer les seuls besoins alimentaires (FAO). Or, les engagements des pays pourraient être limités compte tenu, d'une part, des craintes légitimes qui peuvent s'exprimer au Sud en termes d'impacts sur l'emploi et sur la sécurité alimentaire, et, d'autre part, des difficultés pour ces pays à préciser ce qu'il est possible ou non de faire concrètement. A contrario, en Europe, le risque d'engagements excessifs, et finalement contre-productifs, pour le climat, est éventuellement possible.

Il convient par conséquent de bien comprendre que le défi climatique ne peut être dissocié de celui de la sécurité alimentaire, et, que, face à ce défi croisé, le monde se doit de réfléchir en termes **d'interconnexions entre pays, en termes de solutions, et pas seulement en termes de problèmes.**

La France, par son lien particulier avec la Méditerranée et l'Afrique et par son rôle international (elle a été notamment à l'origine du « G 20 agricole »), pourrait notamment, avec ses voisins du Sud et la FAO, contribuer à cette nécessaire émergence de regards croisés.

⁵³ On notera que contrairement à l'Afrique du Nord, l'Afrique sub-saharienne dispose de ressources en eau non négligeables et n'a encore réalisé qu'une petite partie de son potentiel irrigable. Or, les faibles taux d'irrigation actuels amplifient considérablement sa vulnérabilité au changement climatique. La réalisation de son potentiel permettrait donc à la fois d'accroître sa résilience et sa production et de créer plus d'emplois tout en réduisant les pressions sur les terres d'agriculture pluviale et les forêts fortement dégradées par la surexploitation. Réduire les pressions sur l'agriculture pluviale pourrait aider à réussir sa nécessaire adaptation, laquelle passera notamment par une promotion à grande échelle de l'agro-écologie/intensification écologique. Cependant, cette ressource en eau est très inégalement répartie et l'extension de l'irrigation restera forcément modeste. Le défi premier sera donc bien de réussir l'adaptation de l'agriculture pluviale qui dispose d'un grand potentiel de progrès encore peu valorisé.

⁵⁴ Le continent africain va par exemple devoir accueillir 330 millions de nouveaux actifs d'ici 2050 (en comparaison, l'Europe ne représente au total que 200 millions d'emplois), dont 2/3 en zones rurales.

6.2. Raisonner « secteur des terres » et comprendre les inter-relations entre agriculture, forêt, bioénergies, émissions de GES et sécurité alimentaire

Si les pays veulent s'engager dans des stratégies d'atténuation pertinentes, il est tout à fait important de raisonner « **secteur des terres** » et non pas seulement, et séparément, « agriculture » ou « forêt ».

Ainsi, l'Afrique se doit absolument d'intensifier son agriculture pour répondre aux nouveaux besoins alimentaires et d'emplois. En le faisant, elle sera sans doute conduite à accroître ses émissions de GES du secteur agricole du fait d'un usage accru d'engrais, une grande part de son agriculture n'ayant pas encore bénéficié de la « révolution verte ». Cependant cette croissance supposée des émissions « agricoles » africaines pourrait être *in fine* très positive pour le climat, si elle permettait par exemple de réduire ailleurs une déforestation beaucoup plus émissive de GES. En raisonnant « secteur des terres », chaque pays pourrait donc rechercher globalement, et en cohérence, comment agir sur les différents leviers afin d'optimiser ce qu'il peut faire d'intelligent, à la fois pour contribuer à l'atténuation et pour améliorer sa sécurité alimentaire.

Le Brésil est un bon exemple de ce type de stratégie puisqu'il s'attache à la fois à augmenter la production agricole et à réduire fortement la déforestation. Si ses émissions de GES en agriculture se sont accrues, la déforestation s'est effectivement fortement réduite en contrepartie. Le pays s'est aussi heureusement engagé dans une politique active d'agriculture familiale et de restauration des terres dégradées (une grande priorité pour le climat et la sécurité alimentaire), avec également un plan « agriculture bas-carbone » (ABC).

Dans un marché largement mondialisé, où les prix mondiaux des denrées de base résultent de l'équation offre/demande mondiale, et où les interdépendances et les échanges alimentaires entre pays importateurs et exportateurs (et notamment entre pays pauvres et riches en eau) ne cessent de s'accroître avec la croissance démographique, ce qui vaut pour les pays du Sud vaut aussi pour l'Europe. Si l'Europe devait réduire sa production agricole pour des raisons de politiques inadaptées d'atténuation ou d'adaptation, les déséquilibres entre offre et demande alimentaire mondiale, à l'origine de la crise de 2007-2008, se verraient à nouveau accentués. En outre, la production perdue en Europe serait de facto externalisée ailleurs, dans d'autres régions du Monde, avec des risques presque certains de générer *in fine* un bilan climatique encore aggravé (ex. impact indirect sur la déforestation). Ce serait donc là un résultat qu'on pourrait qualifier d'« absurdité climatique et alimentaire ». L'objectif devrait donc être bien davantage **un gain d'efficacité**, mesurable en quantité produite/émissions générées/stockage et substitution générés, **et un gain de résilience** (adaptation) plutôt qu'une recherche primaire de réduction nette et à courte vue des émissions de GES dans un territoire donné.

La question des inter-relations vaut aussi pour le développement de la production de **biocarburants**. Son essor dans les pays développés (États-Unis, Union européenne,...) a pu en effet être perçu comme un simple facteur parmi d'autres de la crise alimentaire de 2007-2008. Cependant, vues sous un autre angle, les bioénergies (biogaz, biocarburants, bois énergie...) doivent nécessairement être développées, même si c'est avec une légitime prudence et avec une grande vigilance, car il ne faut pas risquer de mettre en péril, même indirectement, la sécurité alimentaire ou faire disparaître des forêts et des prairies productrices de grands services climatiques et alimentaires. Ce fut la raison de la mise en place en 2009, en Europe, des critères de durabilité pour les biocarburants produits ou importés. Les bioénergies auront en tout état de cause un rôle clef à jouer dans l'ère de l'après pétrole, et pour la résolution partielle du problème climatique, grâce à l'effet puissant de substitution d'hydrocarbures fossiles qu'elles génèrent. Le GIEC le souligne d'ailleurs clairement, tout en relevant également leur intérêt potentiel pour accroître l'emploi et les revenus ruraux des agriculteurs familiaux (comme au Brésil par exemple).

La double question de l'atténuation et de la sécurité alimentaire pose donc de façon cruciale celle de notre capacité collective à **accroître avec efficacité et sobriété la production (agricole et forestière)**, et donc à mettre en place des **politiques de développement agricole, rural et forestier** adaptées aux nouveaux enjeux locaux, nationaux et globaux. L'objectif devrait être d'abord de réussir la **mise en mouvement de l'agriculture familiale dans les pays du Sud**. Dans bien des territoires, les agriculteurs ne disposent en effet encore que d'un accès très limité à la formation, à l'information, au crédit, aux semences de qualité, à l'eau, aux marchés et aux technologies et le potentiel de progrès possible est donc très élevé. Or, cette forme d'agriculture, qui assure 70 % de la production mondiale, a l'avantage de faire barrière aux mouvements d'urbanisation massifs et aux migrations rurales, et son développement est aussi une condition du développement humain. La mise en place de politiques publiques d'appui adaptées est donc d'une importance décisive pour notre avenir à tous.

6.3. L'agriculture climato-intelligente (« Climate Smart Agriculture ») : faire converger adaptation, atténuation et sécurité alimentaire

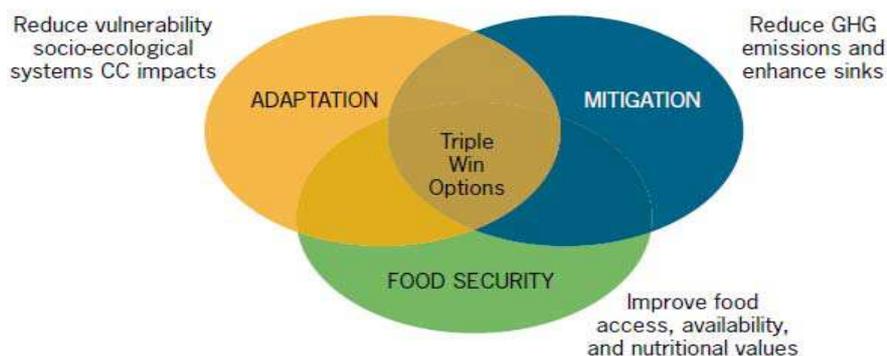
Relever le double défi alimentaire et climatique va donc demander au **secteur des terres** un énorme effort, à la fois de production accrue, d'adaptation et d'atténuation, qu'il conviendra de penser ensemble.

Encore faut-il que les options d'adaptation/atténuation choisies prennent aussi en considération les enjeux de sécurité alimentaire, d'emplois et de bien-être des populations rurales concernées. Il existe en effet de nombreuses options dont la mise en œuvre conduirait à un recul important des productions, des revenus, des emplois et des conditions de vie locales.

Dans certaines zones arides, les changements annoncés de géographie agricole imposeront dans tous les cas l'abandon de l'activité agricole à terme, et le passage à une activité pastorale très extensive. Ce sera le cas par exemple de certaines terres marginales au sud du Maghreb où des dispositifs originaux de paiements pour services environnementaux/filets sociaux, ou de transfert vers des régions moins défavorisées, devront être inventés. Dans bien d'autres cas, des solutions d'adaptation seront possibles avec un gain à la fois de productivité et de réduction des émissions de GES. Cela vaut y compris dans des régions semi-arides sans ressources en eau mobilisables. Si les impacts annoncés du changement climatique s'y annoncent fort lourds, les progrès possibles y sont pourtant très élevés, comme au Maroc par exemple où la pratique du semis direct permet à la fois d'augmenter les rendements en blé et la résilience, de stocker du carbone dans les sols et de réduire la consommation d'énergie et les émissions.

L'objectif doit donc être de raisonner et d'agir en conjuguant intelligemment adaptation, atténuation et gestion des terres et de l'eau ainsi que la sécurité alimentaire et le bien-être des agriculteurs. C'est ce qui a conduit la FAO à proposer le concept d'« **agriculture climato-intelligente** » (ACI) ou de « **Climate Smart Agriculture** » en anglais, lequel est présenté ci-après.

L'agriculture climato-intelligente (Climate Smart Agriculture) adaptation, atténuation et sécurité alimentaire



Pour le CIRAD, l'ACI doit donc être considérée comme un moyen pour aider les pays et les divers acteurs à mettre en place les conditions politiques, techniques et financières qui leur permettront à la fois de :

- augmenter durablement la productivité et les revenus agricoles ;
- renforcer la résilience et la capacité des systèmes agricoles et alimentaires à s'adapter au changement climatique ;
- réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) tout en atteignant les objectifs nationaux de sécurité alimentaire et de développement.

Face au défi climatique, l'ACI devrait d'abord être conçue comme un **processus**, car si nous savons que nous devons changer de pratiques, (et bien que nous disposions de quelques éclairages et de quelques exemples), de nouvelles approches scientifiques sont nécessaires pour aider les responsables politiques et les agriculteurs, dans un contexte incertain et en devant soutenir l'effort sur plusieurs années. En outre, il est nécessaire d'inventer des solutions à l'échelle du **paysage**, en tenant compte des multiples objectifs des activités agricoles, de la qualité de l'environnement et du bien-être social dans toute une mosaïque d'écosystèmes spatialement contigus, mais aux contextes variés.

On retiendra en guise de conclusion que :

- Si la dérive climatique semble constituer à elle seule un véritable défi de survie pour lequel l'agriculture et la forêt seraient une « solution climatique », plutôt qu'un problème, toute approche climatique de l'agriculture, comme de la forêt, n'a de sens que si elle est replacée et relativisée dans une **perspective planétaire beaucoup plus globale**, en évitant toute approche malthusienne de l'adaptation et/ou de l'atténuation.
- Des regards croisés Nord Sud sur les questions liées du climat et de la sécurité alimentaire mériteraient d'être produits pour aider au nécessaire rapprochement des points de vue sur les grandes questions et sur les voies de réussite du « **développement durable** ».
- Les concepts de « *secteur des terres* » et de « *Climate Smart Agriculture* » sont particulièrement pertinents au plan international et national car il s'agit bien : i) de produire plus et mieux, y compris des services environnementaux comme l'atténuation des émissions de GES grâce au double effet de stockage et de substitution en aval permis notamment par les biofilères, ii) de conjuguer adaptation, atténuation et sécurité alimentaire et, iii) d'inviter chaque pays, chaque territoire, à trouver sa propre solution de progrès en jouant de tous les leviers possibles du « secteur des terres », y compris la gestion des forêts, des terres, de l'eau et de l'alimentation.
- La société devrait être informée des enjeux climatiques propres au « secteur des terres » et des progrès réalisés en termes de production, d'adaptation et d'atténuation. Il serait donc important de pouvoir suivre les progrès réalisés, dans chaque pays, y compris en tenant compte des effets de substitution en aval obtenus dans les secteurs de l'énergie, des transports et du bâtiment ; et ce, même si les inventaires nationaux comptabilisent de façon séparée les émissions de ces secteurs. La France, à travers le Ministère chargé de l'agriculture, pourrait montrer l'exemple en s'engageant dans la publication régulière de ce type de rapport.



7. Conclusion

Parmi les éléments de portée stratégique qui sont repris dans cette conclusion, il faut d'abord souligner et rappeler que les équilibres à rechercher relèvent bien d'abord de la politique agricole et forestière, avec bien entendu des enjeux climatiques, économiques, sociaux et de sécurité alimentaire en toile de fond. C'est donc bien ici la responsabilité du Ministère chargé de l'agriculture qui est avant tout en jeu. Le présent rapport conduit à mettre en exergue les points suivants :

- **Les analyses climatiques sont à mettre systématiquement en perspective** avec les enjeux économiques, environnementaux et sociaux des filières agricoles et forestières et des territoires. En particulier, l'agriculture et la forêt ne pourront apporter leur contribution à l'atténuation du changement climatique qu'à condition de pouvoir elles-mêmes s'y adapter.
- **La comptabilisation des bilans de GES de l'agriculture et de la forêt** (limités souvent à leurs seules émissions) est en fait mal adaptée, du fait de la particularité photosynthétique de ces productions, aux méthodes de classements et aux inventaires en vigueur qui sont éclatés entre des comptes d'émissions ou de stockage de GES aux logiques très différentes. Il faut pourtant tenter de les réconcilier.

Le concept d'un secteur unifié « AFOLU » (agriculture, forêts, terres) présenté dans les derniers travaux du GIEC, est ainsi une opportunité à saisir pour pouvoir enfin parvenir à des raisonnements partagés au sein d'un « secteur des terres » traitant simultanément et globalement des émissions et du stockage de carbone. En outre, nul ne doit oublier les effets importants de substitution et d'économie « d'énergie-carbone » qui sont générés par les bio-filières, mais qui sont pourtant « mis au crédit » d'autres secteurs économiques pour leurs réductions d'émissions (notamment les matériaux et la construction, la chimie et l'énergie). Les objectifs à fixer aux niveaux européen ou nationaux n'ont de sens que dans cette vision élargie. Le tout nécessiterait de pouvoir se baser sur un véritable tableau de bord consolidé qui puisse intégrer le cycle naturel du carbone et une vision cohérente et large pour l'agriculture, la forêt, leurs filières et les sols. Un **rapportage régulier sur la contribution globale de ce secteur élargi à la lutte contre l'effet de serre** devient alors indispensable en tant qu'outil de communication et de motivation des acteurs.

Ces bilans GES/GIEC sont en outre à considérer avec mesure et précaution. Ils sont en effet souvent affectés de niveaux d'incertitude très importants, qui sont en outre liés à des conventions forfaitaires de calcul, lesquelles ne prennent pas en compte les pratiques agronomiques réelles et diversifiées, et qui rendent donc trop souvent invisibles les évolutions agricoles potentielles.

- **L'agriculture, accompagnée des filières agroalimentaires**, peut parallèlement progresser dans des pratiques et des systèmes de cultures plus sobres en intrants (fertilisation, énergie, aliments) et moins émissifs en GES, comme elles l'ont d'ailleurs déjà fait ces dernières années. Une **politique « agroécologique »** est à ce titre confortée. Par exemple, l'effet du stockage de carbone dans les prairies conforte la nécessité d'un élevage à l'herbe performant. Parallèlement une attention particulière doit être portée à la gestion de la fertilisation azotée des cultures, en favorisant en particulier l'azote organique quand c'est possible.
- **La gestion de l'eau**, pour fournir les différents types de besoins sans handicaper la pérennité et la qualité de la ressource, devient cruciale avec les évolutions climatiques et nécessitera une approche simultanée de l'offre (stockage, transfert...) et de la demande (efficacité de l'irrigation, adaptation des systèmes de production dans les filières utilisatrices). Ceci nécessitera des évolutions importantes de nos visions, de nos comportements, de l'information et des politiques de l'eau. Le stockage de l'eau et le développement de l'irrigation demandent en effet à être considérés comme de véritables outils d'adaptation/gestion des risques. Relever le défi de l'adaptation en irrigué et surtout en pluvial et pouvoir ainsi relever celui de l'atténuation imposera un recours généralisé à l'**agro-écologie** ; car celle-ci apparaît comme une condition du renforcement de la résilience des systèmes de production notamment par sa capacité à mieux conserver l'eau et les sols.

- **La forêt doit bénéficier d'une politique dynamique de gestion et de mobilisation**, indispensable pour conforter la compétitivité de notre filière bois, mais aussi pour optimiser et accroître la capacité d'absorption de carbone français. Le reboisement, notamment en essences plus productives et adaptées à la demande des marchés et aux conditions écologiques du milieu, est l'un des facteurs importants de la mobilisation des ressources et de leur capacité d'absorption de carbone. La relance du financement du reboisement est alors nécessaire en France, en particulier à travers le « fonds stratégique de la forêt et du bois » qu'il faut alimenter. Mais elle pourrait également bénéficier de nouveaux instruments financiers bancaires à négocier.
- **La forêt et l'agriculture**, leurs produits et sous-produits, fournissent significativement des produits de substitution sobres, en remplacement des matières et hydrocarbures fossiles, en **particulier les biomatériaux, les bioproduits et les bioénergies**. Leur développement, en forte croissance depuis une vingtaine d'années (bio-économie), est en outre porteur d'innovation, de valeur ajoutée, d'efficacité énergétique et d'emplois.
- **Le changement d'usage des terres, le retournement des prairies et l'artificialisation des sols agricoles** liée à l'urbanisme, pèsent lourd dans les bilans de déstockage de carbone. Leur indispensable réduction justifie des mesures fortes, immédiates et à effet sur le long terme.
- **La réduction des gaspillages** et des pertes, tout au long de la chaîne alimentaire, est un autre facteur considérable (et mondial) d'atténuation des gaz à effets de serre.
- **Les territoires** doivent se préparer à d'autres lendemains où il faudra conjuguer adaptation et atténuation face au climat. Les acteurs des filières et des territoires doivent se mobiliser pour anticiper et choisir des trajectoires de développement vertueuses réduisant les risques, tout en permettant des co-bénéfices et des synergies.
- **Le défi croisé de la sécurité alimentaire mondiale et du climat** impose de produire efficacement, plus et mieux. L'hypothèse d'un objectif éventuel de réduction de la production agricole européenne pour des questions d'adaptation ou de régulation climatique serait une absurdité car elle conduirait notamment à externaliser cette production nécessaire (et croissante) hors de l'Union européenne, et très probablement à accroître ainsi les émissions globales de GES au plan mondial.
- **Une approche internationale pour la France** : le changement climatique peut malheureusement hypothéquer assez vite l'avenir de la Méditerranée et de l'Afrique. La France, avec ses partenaires privilégiés du sud, devrait sans doute être en mesure de contribuer à une réflexion croisée et originale pour explorer des solutions communes ou partagées. La négociation internationale sur le climat pourrait gagner à intégrer davantage, au sein de la problématique climatique, la question fortement liée de la sécurité alimentaire et énergétique : un changement de discours paraît nécessaire pour mobiliser des énergies, au Nord comme au Sud, afin de relever ensemble le défi conjoint de l'adaptation, de l'atténuation et du développement, et de reconsidérer ainsi la dimension stratégique majeure de l'agriculture, de l'alimentation, de la forêt et de leurs filières.

Annexe

Bibliographie sommaire

Le 5^{ème} rapport du GIEC (2013-2014) : volumes n°1 « les éléments scientifiques », 2 « impacts, vulnérabilité, adaptation », et 3 « atténuation » ; rapport de synthèse

Quelle France dans dix ans ? France Stratégie 2014

Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? INRA, 2013

Agriculture, forêt, climat (AFCLIM) : vers des stratégies d'adaptation. CEP, Ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt, 2013

Changement climatique et agricultures du monde. AFD et CIRAD, 2015

Préparer les forêts françaises au changement climatique. R. Amat, 2007

GraphAgri France 2013, chiffres et panorama de l'agriculture. Agreste, Ministère de l'agriculture SSP,

L'utilisation du territoire en France métropolitaine – Agreste, Ministère de l'agriculture, mai 2011 et juin 2014

L'agriculture française face au défi climatique : quelles perspectives d'atténuation de ses émissions de gaz à effet de serre ? CEP, Analyse n°73 - octobre 2014

Synthèse sur l'état des sols de France. GIS Sols, 2011

La France et ses campagnes 2025-2050. Regards croisés filières et territoires. Guillaume Benoit, coordinateur. CGAAER. 2013

Panorama de la quantification de l'évolution nationale des espaces agricoles. Rapport ONCEA, Ministère de l'agriculture, 2014

Pertes et gaspillages de nourriture dans un contexte de systèmes alimentaires durables. Rapport du HLPE, juin 2014

Rapport national d'inventaire au titre de la convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto. CITEPA, mars 2014.

Le facteur 4 en France : la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. CGEDD, février 2013

Stratégie agriculture et forêt 2010-2013. ADEME

Atténuer les émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole en France. RAC, 2013

Agriculture, forêt et atténuation climat. AFD, 2014

Plan national d'adaptation au changement climatique 2011-2015 ; MEDDE

L'adaptation de la France au changement climatique mondial ; CESE, mai 2014

Les triples A de la bio-économie ; Claude Roy, coordinateur, L'Harmattan, 2012