



CGAAER
CONSEIL GÉNÉRAL
DE L'ALIMENTATION
DE L'AGRICULTURE
ET DES ESPACES RURAUX

Rapport n° 14056

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

Etabli sous la coordination de

Marie Laurence Madignier, Guillaume Benoit et Claude Roy

Avec la participation de

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

Membres du CGAAER

Version 2 : Octobre 2014

**« 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)**

Avertissement 1 : les chiffrages contenus dans ce rapport sont issus d'études quand elles existent ou, en leur absence, sont faits à dire d'expert. A ce titre, ce rapport constitue la première étape d'un travail amené à être poursuivi par le CGAAER.

Avertissement 2. La présente version (version 2 ; Octobre 2014) se substitue à celle datée de Septembre 2014.

Sommaire

1. Introduction et contexte	4
2. L’agriculture et la forêt face au défi de l’atténuation du changement climatique : la problématique mondiale	6
2-1. Le dérèglement du climat et ses causes	6
2.2. Le « vivant » stocke du carbone et joue un rôle d’amortisseur climatique	6
2.3. La part de l’agriculture et de la forêt dans les émissions mondiales de GES.....	9
2.4. L’importance stratégique du secteur des terres pour réussir l’atténuation	10
2.5. Deux priorités d’action au niveau mondial : la gestion de la forêt et la restauration des terres dégradées	11
2.6. les pertes et gaspillages alimentaires, sources conséquentes d’émissions de GES	12
3. Les émissions de GES du secteur des terres en France	13
3.1. Les chiffres officiels de l’inventaire national	13
3.2. Un bilan intégrant les consommations d’énergie et les effets « absorption », « stockage » et « substitution »	15
3.3. Les limites des méthodes actuelles de rapportage	17
4. Les leviers et potentiels d’atténuation du secteur des terres en France	19
4.1. L’utilisation du territoire : donner priorité à la préservation des terres agricoles et des prairies	19
4.2. Une agriculture productive, sobre, résiliente et diversifiée : l’apport de l’agroécologie	23
4.3. Forêt, biomasse et bio-produits, un puits de carbone dynamique et en interaction avec les autres secteurs.....	32
4.4. Pertes et gaspillages.....	43
4.5. Conclusion : quel objectif d’atténuation pour le secteur des terres à l’horizon 2030 ?.....	44
5. Risques climatiques, voies d’adaptation et stratégies pour les filières et les territoires	45
5.1. Les risques qui pèsent sur l’avenir de l’agriculture et de la forêt françaises.....	45
5.2. Réviser nos visions sur l’eau et sur l’adaptation.....	45
5.3. Faire le choix de trajectoires vertueuses dans les territoires, se donner de nouvelles visions et des projets d’adaptation et/ou atténuation.....	46
5.4. Maladies animales et végétales : un risque sanitaire accru.....	47
5.5. Face à l’aggravation du risque, quelle assurance ?	48
6. Les aspects internationaux : penser ensemble «climat et sécurité alimentaire », « adaptation et atténuation », « Nord et Sud »	50
6.1. Au centre de la question climatique, la question de la sécurité alimentaire.....	50
6.2. Raisonner « secteur des terres » et comprendre les inter-relations entre agriculture, forêt, bioénergies, émissions de GES et sécurité alimentaire.....	51
6.3. L’agriculture climato-intelligente (« climate smart agriculture ») : faire converger adaptation, atténuation et sécurité alimentaire.....	52
7. Conclusion	55

1. Introduction et 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 et pour se protéger des impacts annoncés. La préparation de la COP 21 se voit accompagnée notamment de l'initiative d'« 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 à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) tout en prenant en compte la nécessité de pouvoir répondre aux besoins alimentaires des populations.

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 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, ou GES, mais ceci en tenant compte de la déforestation des forêts tropicales ainsi que des feux de forêts et tourbières et de l'artificialisation des terres dont l'agriculture n'est pas responsable¹.
- Les productions « des champs et des bois », si elles sont 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) peuvent donc jouer 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 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 en Europe par contrecoup. Les stratégies possibles d'atténuation du changement climatique via des mesures agricoles ou forestières sont donc 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 2 milliards d'habitants en plus d'ici 2050, et accroître la production agricole d'au moins 60% (FAO). La question de la sécurité alimentaire pourrait donc, selon la place qui lui sera accordée, mettre en difficulté ou au contraire contribuer à faire réussir la négociation climatique. Rappelons d'ailleurs qu'un des objectifs ultimes de la Convention des Nations Unies sur le climat (article 2) est d'agir pour « éviter que la production alimentaire ne soit menacée ».

Cependant :

- Ces questions et ces enjeux relatifs à la sécurité alimentaire, et au carbone d'origine photosynthétique propre à l'agriculture et à la sylviculture, sont dans l'ensemble demeurés insuffisamment compris et mal mesurés par les expertises et dans les 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 pour l'environnement, en ignorant qu'elle peut être en réalité l'un des éléments majeurs de la solution climatique planétaire, tout en permettant d'affronter le défi alimentaire mondial.
- Certains pays (pays émergents et 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, question de résilience certes importante, et étroitement liée aux mesures d'atténuation, mais à l'évidence aussi, question insuffisante à elle seule pour relever le défi 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.

¹ 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.

Face à une problématique et 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 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 les 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 « atténuation et adaptation, climat et 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 en fait qu'elles ne nécessitent 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 (CO_2), 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 CO_2 , les émissions de CH_4 et de N_2O , 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, peuvent enfin agir 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 « sans carbone » ;*
- la réduction des émissions de CH_4 et de N_2O de l'agriculture et de l'élevage ;*
- la séquestration du carbone (production et valorisation de la biomasse et bonne gestion des forêts, des prairies permanentes, 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

2-1. 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 des 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 le CO₂, par le CH₄ et par le N₂O. Avant de rendre compte de sa responsabilité dans le changement climatique mondial et d'explorer les progrès possibles en termes d'atténuation en France, il convient, dans un premier temps, de faire ressortir la spécificité du « secteur des terres » par rapport au cycle du carbone. L'agriculture, la sylviculture et l'aquaculture sont en effet les seules activités humaines capables de jouer, grâce à la photosynthèse, un rôle d'amortisseur climatique.

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

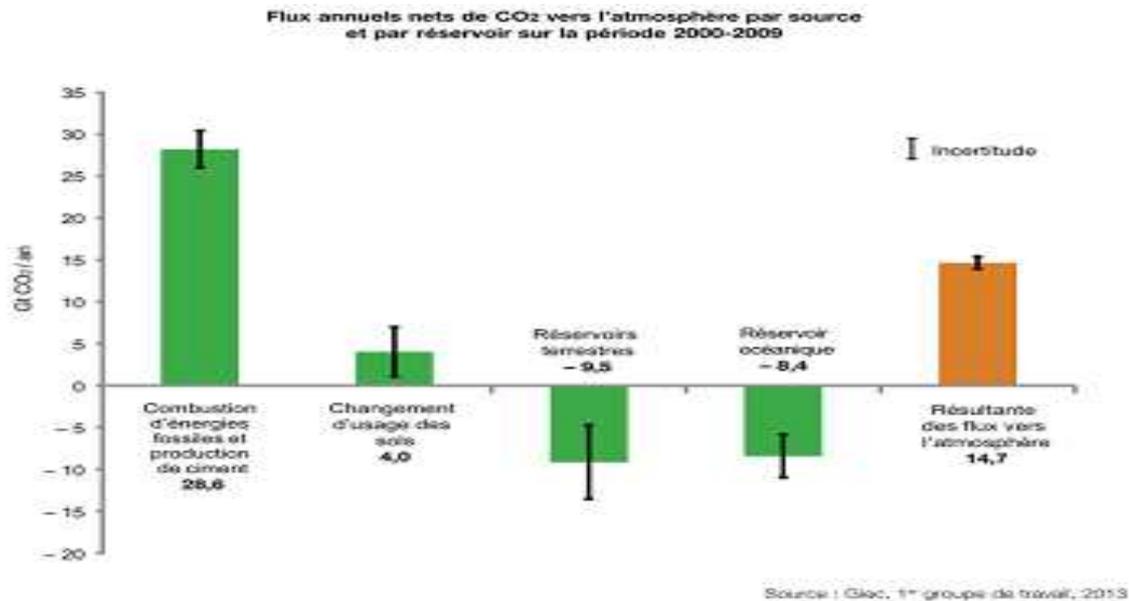
Le dioxyde de carbone (CO₂) est donc le principal gaz à effet de serre et ses émissions, d'abord le fait de la consommation de combustibles fossiles, sont toujours en très forte croissance (32 GtCO₂/an en 2010).

A ces émissions doivent être soustraits ou ajoutés les flux de carbone liés au « *secteur des terres* » et aux *océans*. Le monde du vivant capture en effet du carbone atmosphérique, tant dans les océans (à travers le plancton, les algues, les coraux, les coquillages et la conchyliculture) que dans les écosystèmes terrestres, carbone qu'il vient stocker dans les sols et la biomasse et, par la suite, dans les produits « bio-sourcés » qui sont mis à la disposition de la société par les biofilères. Cette capacité à absorber puis à séquestrer du carbone vient de la photosynthèse qui fonctionne comme une véritable « pompe à carbone ». Les prairies, les zones humides et les forêts sont notamment capables de stocker du carbone en très grande quantité et souvent sur une longue durée. La capacité des sols agricoles à stocker du carbone est encore plus élevée lorsque les pratiques sont favorables (ex : 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 peuvent aussi être 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...), 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. Ces stocks de carbone végétal sont également vulnérables à des aléas biophysiques (tempêtes, incendies, canicules, sécheresses, ravageurs...) qui peuvent les réduire, en conduisant alors au retour rapide du CO₂ vers l'atmosphère (relargage).

Le carbone stocké peut ainsi à son tour être ré-émis dans l'atmosphère : ce qui était à l'origine un « puits » stockant du carbone dans ces immenses réservoirs que sont les sols et la biomasse, devient alors une « source ». Les changements d'usage des terres, essentiellement par la déforestation, sont d'ailleurs une cause historique importante du changement climatique qui est aujourd'hui mesuré².

Les quantités de carbone ainsi échangées entre l'atmosphère et la biosphère sont importantes. Grâce à elles, 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 que de 14,7 Gt CO₂/an (figure ci après) au lieu de 32,6 Gt CO₂/an (niveau des seuls flux d'émissions carbonées).



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, émettent du CO₂ du fait de leurs consommations énergétiques, les bio-filières des bois et des champs absorbent d'abord quant à elles du carbone atmosphérique qu'elles peuvent ensuite stocker et valoriser. L'agriculture et la sylviculture sont ainsi les seules activités qui peuvent permettre naturellement d'atténuer et de retarder le changement climatique en absorbant puis en stockant du carbone et en mettant à disposition de l'économie des produits de substitution à des produits classiques très émissifs d'origine minière. L'agriculture, les forêts et les sols, s'ils sont gérés de manière appropriée, peuvent donc jouer un rôle irremplaçable de régulateur et d'amortisseur du changement climatique.

Carbone minéral, carbone organique / carbone stocké, carbone circulant

Lors de sa création, la Terre recelait un nombre défini d'atomes de carbone, sous forme minérale exclusivement. L'apparition du « carbone organique » s'est faite ensuite grâce à la photosynthèse (fonction végétale initialement amorcée par des algues bleues vers - 3,8 Mds d'années), ainsi que beaucoup plus tard avec l'aptitude de certains planctons, coraux et coquillages marins à fixer le carbone (CaCO₃). Ce carbone devint ainsi, dès lors, « 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, photosynthétique, avant d'être fossilisé en hydrocarbures), 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 CO₂).

- A l'inverse, le « carbone circulant », photosynthétique, se renouvelle en permanence par absorption, en générant la constitution de stocks transitoires (forêts, matière organique des sols, produits du bois...) avant un relargage du CO₂ en fin de vie des produits. Ses usages énergétiques et comme matériaux génèrent en outre, par substitution et grâce à leur sobriété, des économies indirectes importantes d'émissions de GES.

² Depuis 1750, en incluant la déforestation et l'ensemble des changements d'usage des sols, on atteint 136 milliards de tonnes de carbone perdus à partir des continents

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 et conduit à la dérive climatique que nous subissons. D'où la recherche actuelle de systèmes de valorisation particulièrement sobres de ces ressources énergétiques (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. Il est trois fois plus important que le stock atmosphérique, et quatre fois plus que celui de la biomasse des plantes et des arbres. Par le labourage, la décomposition de la matière organique des sols est accélérée en produisant du gaz carbonique atmosphérique (relargage). En contrepartie, l'activité bactériologique et racinaire du sol, ainsi que les apports agronomiques de matière organique (épandage, 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 climat³. En Europe, ce stock est toujours fortement croissant. Une étude a en effet montré qu'il s'accroissait en moyenne de 76gC/m² et par an. Les terres arables stockent en revanche moins de carbone. Ainsi, la mise en culture ou le retournement des prairies conduisent à d'importantes émissions de GES. Si les terres arables stockent moins de carbone que les prairies, certaines pratiques agro-écologiques (non labour et semis direct, présence de haies et agro-foresterie) permettent cependant d'accroître le stockage. Le stockage peut devenir surtout très important lorsque les bonnes pratiques agronomiques et de gestion des prairies et 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 GES.

Si **la forêt** constitue généralement un puits de carbone (absorption 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, puis elle se réduit lorsque le peuplement devient mature⁴. Mais l'absorption à l'échelle de la parcelle se poursuit néanmoins par le sous bois et les espèces adventices, alors que le stockage (arbre, sous-étage, sol) est lui-même prolongé à l'aval dans les produits de la filière bois. 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 dans son ensemble. Il est indispensable en effet d'intégrer dans le bilan carbone global l'absorption et le stockage forestiers du carbone mais aussi le cycle de vie associé à l'aval à la valorisation du bois en matériaux, en fibres, en xylo-chimie et en énergies renouvelables. L'objectif doit donc être d'abord de gérer efficacement les systèmes forestiers avec des essences performantes, notamment résineuses pour leurs performances d'absorption et de croissance, en visant leur période d'exploitabilité au plus près de leur accroissement moyen maximum, et de valoriser ensuite le bois récolté à l'optimum dans les filières de transformation. Il convient quoiqu'il en soit que les arbres forestiers n'atteignent pas le 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 de bio-produits issus de la photosynthèse (économie tournée vers les marchés des bioénergies, des biomatériaux et de la chimie du végétal) accroissent et prolongent la bio-séquestration du carbone en fondant le développement d'une bio-économie 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, etc...).

En conclusion, les filières de l'agriculture et de la forêt, avec l'aquaculture, sont les seules 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, recyclables (économie circulaire),

³ Il faut noter que les aléas climatiques extrêmes peuvent faire chuter les stocks de carbone

⁴ 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

- les puits de carbone et leurs stocks biologiques de carbone en tant que retardateurs des échéances climatiques.

Mais on ne peut ignorer, en outre, que les filières agricoles peuvent et doivent aussi, en parallèle, parvenir à réduire leurs émissions 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 effets de serre d'ici 2100 afin de respecter la trajectoire de +2°C par rapport à l'ère industrielle⁵ et à augmenter le stock de carbone stable de la planète pour gagner du temps sur la dérive de l'effet de serre.

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 d'introduire les effets de deux autres GES importants : le N₂O et le CH₄, aux pouvoirs de réchauffement global très élevés⁶. Dans ce qui suit, toutes les émissions seront exprimées, par convention (GIEC), en « tonnes de CO₂ équivalent ».

Comme nouveauté dans le dernier rapport du GIEC, les secteurs de l'agriculture et de la forêt y sont désormais analysés 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, en vue de la comptabilisation des GES, le secteur de « l'agriculture » et celui de « l'utilisation des terres, ses changements et la foresterie » (UTCF). Ce secteur élargi est dénommé « AFOLU » en anglais⁷ et « UTCAF »⁸ en français.

Ce secteur élargi (AFOLU) représente actuellement, selon le GIEC et ses conventions de calcul, un total d'émissions mondiales d'environ **10 à 12 Gt CO₂eq/an⁹, soit 24% des émissions mondiales anthropiques de GES**, lesquelles sont évaluées à un total de 49 Gt CO₂eq/an. Contrairement aux autres secteurs de l'économie, le secteur AFOLU a stabilisé ses émissions au cours de ces dernières années, grâce à la réduction de la déforestation et grâce aux baisses d'émissions de GES par l'agriculture dans les pays riches (ex. diminution des intrants). Sa part relative 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 (N₂O et CH₄) sont 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 le méthane qui est émis par la fermentation entérique des ruminants, et le stockage des effluents d'élevage. 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 (0,87% du total mondial de GES, secteurs de la sylviculture et de la pêche compris), et elles sont comptabilisées, par convention, dans le secteur des activités liées à l'énergie.

Les émissions de GES du seul secteur de l'utilisation des terres, ses changements et la foresterie (UTCF) représentent un total de 4,3 à 5,5 GtCO₂eq/an, soit **10%** du total mondial des GES émis. C'est la déforestation qui est surtout en 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 le reboisement au plan mondial et en particulier en Chine). L'artificialisation des sols, notamment du fait de l'étalement urbain, et le recul des prairies sont aussi en cause.

⁵ 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

⁶ 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.

⁷ AFOLU : Agriculture, Forestry and Other Land Use.

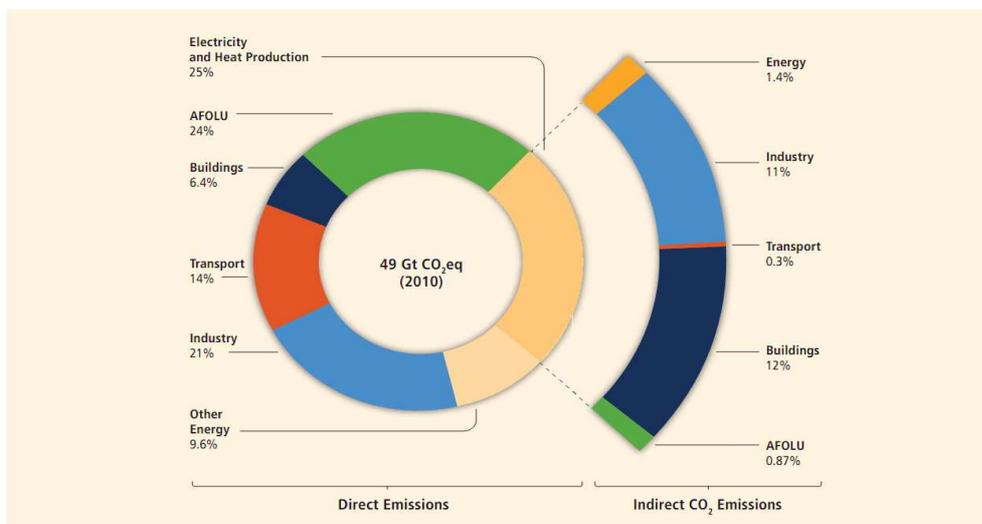
⁸ UTCAF : l'utilisation des terres, ses changements, l'agriculture et la forêt

⁹ Effets de substitution induits et émissions de GES liées à la consommation d'énergie fossile non compris.

D'autres facteurs (ex : feux de tourbières et de forêts) participent aussi au bilan global des émissions du secteur AFOLU, et représentent **3%** des émissions mondiales.

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

Greenhouse Gas Emissions by Economic Sectors



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

- les incertitudes sur les émissions de N₂O et CH₄ restent très grandes,
- ces chiffres donnent une idée très déformée de la responsabilité effective des secteurs agricoles et forestiers dans le changement climatique.

En effet, à titre d'exemples :

- Les chiffres officiels d'émissions de GES des secteurs agricole et forestier ne représentent pas des flux nets de GES réellement émis vers l'atmosphère, car le stockage additionnel de carbone dans les sols, dans les forêts et dans la biomasse n'est pas déduit dans les bilans de l'agriculture et des forêts. Ce stockage additionnel est en effet comptabilisé par le GIEC de façon totalement séparée (cas des forêts et des prairies) ou même non comptabilisé (cas du stockage résultant de l'évolution positive des pratiques agricoles ou de l'usage en aval des produits du bois). L'impact majeur de la sylviculture et de l'agriculture 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 retenues comme des émissions du secteur AFOLU. Par exemple, l'étalement urbain, dont les émissions sont comptées au « débit » du secteur UTEF, 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 dans les données AFOLU. L'utilisation de la biomasse et des bio-produits en remplacement d'hydrocarbures, de ciment, de métaux ou de plastiques, etc... permet pourtant de réduire fortement les consommations énergétiques et les émissions globales planétaires de GES. Ce sont donc les autres secteurs de l'économie (transports, habitat...) qui en bénéficient dans leur comptabilisation alors que c'est pourtant l'agriculture et la forêt qui en sont à l'origine.

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 1300 ppm 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 < 450 à 500 ppm en 2100).

Ceci impose une évolution à grande échelle de nos systèmes énergétiques (plus d'efficacité, quatre fois plus de part d'énergies bas-carbone) 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 territoires).

Le GIEC reconnaît dans son dernier rapport, 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 à produire des services environnementaux dont, en particulier, l'absorption et le stockage de carbone et, par suite, l'atténuation du changement climatique.

Les scénarios documentés au niveau mondial montrent en effet que :

- le secteur AFOLU, en comptabilisant aussi l'effet d'absorption et de stockage du carbone, pourrait devenir un puits net de carbone avant la fin du siècle, et ceci même 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 du carbone, ainsi que des bilans de la « **substitution** » de produits conventionnels fortement émetteurs de GES sont essentiels. Ils sont à même de réduire significativement les émissions globales de GES des secteurs de l'énergie, des transports et de la construction.

La bonne gestion des terres, des forêts et de leurs productions constitue donc une composante majeure d'un scénario d'atténuation. En combinant des mesures de réduction des émissions agricoles de GES (N₂O et CH₄), avec des stratégies favorisant l'augmentation de l'absorption et du stockage du carbone ainsi que la substitution de bio-produits, 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, (y compris avec les bioénergies), 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 bio-produits**, en optimisant les mesures possibles et en prenant en compte l'impératif de la sécurité alimentaire.

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 actions apparaissent comme particulièrement importantes 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 (plus de 1 milliard d'hectares de terres sont soumis à une forte érosion), qui libèrent notamment des quantités importantes de CO₂, et réduisent la productivité. En outre, la réduction de l'érosion permettrait de ralentir la vitesse d'envasement des retenues des barrages, parfois inquiétante, et de consolider le cycle de l'eau pour les usages à l'aval.

Par ailleurs, réduire la déforestation pour éviter un déstockage important de carbone suppose d'abord de maîtriser l'extension des terres cultivées aux dépens des forêts tout en satisfaisant 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), et l'efficacité de l'agriculture (et de la sylviculture) font partie des solutions nécessaires. Cependant, l'intensification durable de l'agriculture se doit d'être intelligente face au climat, c'est-à-dire sobre et peu émettrice de N₂O et de CH₄ par quantité produite, 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 à l'aval (bio-produits) suppose enfin de pouvoir donner ou redonner une vraie valeur socio-économique à la forêt, et tout particulièrement dans les zones forestières inter-tropicales où la forêt est menacée. Il faut y

adopter des méthodes de gestion efficaces, durables et économiques en associant les populations à leur profit. Le reboisement fait alors partie sans conteste d'une telle stratégie « sans regrets », comme la Chine le montre. Mais cet impératif de reboisement efficace n'est pas moins justifié dans nos pays européens que dans les zones tropicales pour garantir le renouvellement des peuplements et stimuler la mobilisation des ressources.

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 estimé en 2007 à 1.6 milliards de tonnes, soit 1.3 milliards pour la part disponible pour l'alimentation, à rapporter à une production globale de 6 milliards de tonnes (incluant la part de production à usage non alimentaire).

L'empreinte émissive de GES de la production agricole non consommée, incluant l'utilisation énergétique et les émissions non énergétiques, est estimée à 3,3 GigaTonnes de CO₂. La production non consommée représente 1,4 milliards d'hectares, près de 30% de la surface agricole mondiale. Ces pertes et gaspillages entraînent également un usage inutile des terres, de l'eau et une atteinte à la biodiversité. Au final, la FAO estime l'impact économique global des pertes et gaspillages à un montant variant de 750 milliards à 1000 milliards de dollars hors externalités négatives.

Sur ces pertes, selon une étude de la FAO, l'activité amont agricole au sens large (production, traitement post-récolte et stockage) représente 54% des pertes, alors que l'activité aval (transformation, distribution, consommation) représente 46%. Dans une analyse géographique plus affinée, la perte au niveau amont est plus forte dans les pays en développement, alors que les pertes à l'aval sont beaucoup plus importantes dans les pays développés (31 à 40%) que dans les pays à faible revenu (4 à 16%).

Tenant compte de l'activité d'émission de chaque nature de production agricole, les émissions de « pertes agricoles » sont 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 asiatiques, alors que la filière élevage est le facteur dominant des émissions/pertes du continent américain, quand la filière céréalière constitue la part la plus importante des émissions/pertes de l'Europe.

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

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

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

Au niveau français, comme au niveau mondial, les règles actuelles de rapportage 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 produire une analyse critique du système actuel de comptabilisation.

3.1. Les chiffres officiels de l'inventaire national

Les émissions du secteur des terres (AFOLU) sont encore scindées dans l'inventaire national en 2 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 »¹⁰ sont chiffrées officiellement en 2012 à **89,7 Mt CO₂eq/an** (CITEPA 2014), dont 58% d'émissions de N₂O et 42% de CH₄.

L'agriculture représenterait ainsi **18,1% du total des émissions nationales** ; lesquelles sont évaluées à 496 MtCO₂eq/an, secteur UTCTF non compris¹¹. 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 GES émis par le secteur agricole leur problématique spécifique.

Le **N₂O (le protoxyde d'azote)** est le seul véritable GES « 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.

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 de gaz à effet de serre (GES) du niveau de 1990. Parmi tous les GES 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 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 incarne 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 de la production agricole. Il représente par exemple 57% des émissions totales de GES de la culture de colza, du semis à la récolte, ce qui n'est pas sans conséquences non plus, par exemple, sur l'application des critères de durabilité liés aux biocarburants.

Le **CH₄ (le 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 bio-déchets, mais aussi à la fermentation anaérobie de zones humides ou inondées, dont les rizières (ainsi qu'à certains process industriels) .

¹⁰ Dans la comptabilité GES, le secteur agriculture n'inclut pas les émissions de CO₂ qui relèvent du secteur énergie.

¹¹ 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).

L'agriculture et le méthane

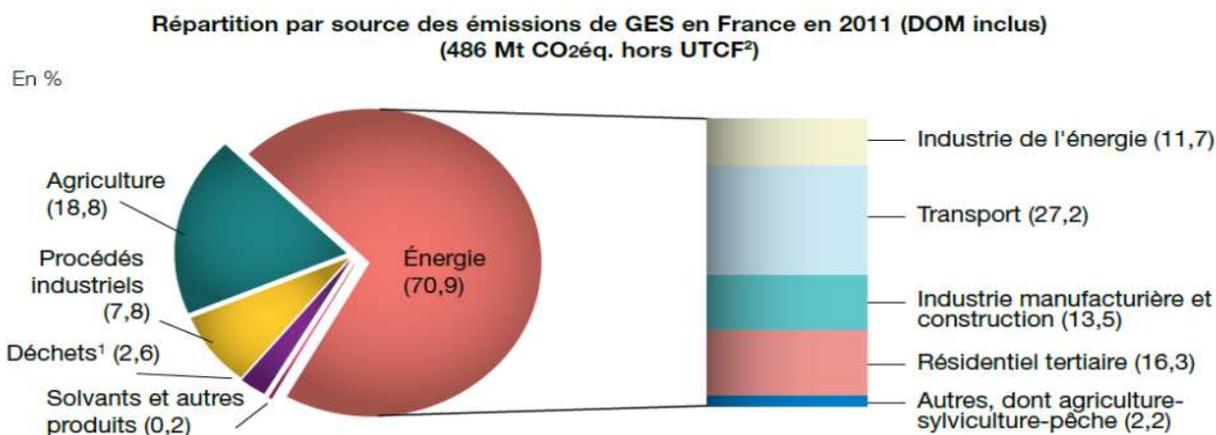
Les émissions de méthane de l'agriculture comptent pour plus de 50% des émissions totales de méthane planétaire. Le CH₄ possède un fort pouvoir radiatif, de l'ordre de 25 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (CO₂), et ce gaz contribuerait ainsi à hauteur de 15 % aux effets des émissions anthropiques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

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

En 2012, les –44,3 MtCO₂eq/an sont la résultante de plusieurs postes. L'effet climatique positif est dû au puits des forêts (-69, 5) et au puits des prairies (-11,8). Il est cependant réduit, en contrepartie, par les impacts climatiques négatifs, d'une part, de l'artificialisation des sols (+14), et, d'autre part, des mises en cultures (+25,6).



Source : Agence européenne pour l'environnement, juin 2013

1. Hors incinération des déchets avec récupération d'énergie (incluse dans « Industrie de l'énergie »). Détail page 32.

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 ainsi une émission « nette » de GES (émissions de N₂O et CH₄ de l'agriculture [89,7] + effet UTCF [- 44,3]) de **46,4 MtCO₂eq/an, soit 10,2% du total national**¹². La part relevant de l'agriculture et de la forêt est encore réduite puisque **14 MtCO₂eq/an** sont issus de l'artificialisation des terres par l'urbanisme et les transports.

¹² Ce décompte est fait hors importations, car les GES sont comptabilisés sur les lieux de production

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 à la réduction des émissions des autres secteurs. 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, UTTF...) et ils n'intègrent pas les effets d'absorption, de stockage et de substitution 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), tachons, pour nos deux grands secteurs, l'agriculture et la forêt, d'établir un bilan plus complet et plus exact.

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

Aux émissions du secteur « agriculture » (N_2O et CH_4), **89,7 MtCO₂eq/an**, devraient être ajoutées les émissions de CO_2 (le gaz carbonique) résultant de la consommation d'énergie fossile utilisée par les tracteurs et autres machines agricoles. En incluant les 3 sous-secteurs agriculture, sylviculture et pêche mais sans intégrer les consommations des filières en aval (transformation, distribution et consommation), ces émissions « énergétiques », comptabilisées dans le secteur « énergie », sont estimées à **11,4 MtCO₂eq**.

Il est intéressant à cet égard de souligner que :

- la consommation énergétique du secteur agricole en France ne représente qu'environ 2,3% de l'énergie totale consommée au plan national,
- l'agriculture française produit 10 fois plus d'énergie qu'elle n'en consomme¹³. La photosynthèse en agriculture est donc un « moteur énergétique » à plus de 1000% de rendement.

En incluant ces émissions énergétiques, le secteur agricole émet donc au total **101,1 MtCO₂eq, soit 20% des émissions françaises de GES**, se répartissant de la façon suivante :

- 50% N_2O : e.g. fertilisation
- 40% CH_4 : e.g. élevage
- 10% CO_2 : e.g. énergie, mécanisation.

Cependant, le bilan de l'agriculture, pour être complet, devrait aussi intégrer :

- les effets de stockage et déstockage de carbone résultant des prairies et des mises en cultures, émissions et séquestrations comptabilisées dans le secteur UTCF. : **14 MtCO₂eq/an**
- les effets de substitution des usages de la biomasse agricole aux énergies fossiles, ou économies découlant des biocarburants (évaluée à 6MtCO₂/an)¹⁴ et des matériaux biosourcés d'origine agricole (2 MtCO₂/an)¹⁵ qui permettent de diminuer les émissions d'autres secteurs et ne sont donc pas comptabilisés dans le secteur « agricole ». Ces émissions évitées par effet de substitution s'élèvent donc à environ **8 MtCO₂/an**.

On peut ainsi, à partir de ces chiffres, établir un autre bilan GES du secteur de l'agriculture (encadré), un bilan dans lequel nous avons volontairement choisi de ne pas y inclure les **14 MtCO₂/an** émis résultant de l'artificialisation des sols, puisque celle-ci n'est pas le fait de l'agriculture.

¹³ 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 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 1000%.

¹⁴ sans prise en compte des effets indirects sur l'usage des terres (ILUC)

¹⁵ les estimations sur la substitution ont été faites par le CGAAER

Total au bilan de l'agriculture française

- **Emissions nettes : 101,1MtCO₂eq/an** (89,7 + 11,4)
- **Emissions nettes résultant du déstockage/stockage : 13,8 MtCO₂/an** (25,6 de mises en cultures – 11,8 de stockage dans les prairies)
- **Substitution de produits et énergies fossiles par des bioproduits : 8 MtCO₂/an** (économie d'émissions dans les autres secteurs).

Apparaissent 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 le **rôle essentiel de l'élevage à l'herbe**.
- la **substitution** déjà très performante de produits fossiles ou coûteux en énergie par les filières de la bioéconomie agricole, avec des marges de progrès importantes.

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 par le développement de pratiques culturales climato-intelligentes (ex. sans labour), dont on montrera plus loin qu'ils peuvent être importants même si ils ne sont pas mesurés 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, on devrait aussi prendre en compte :

- les émissions d'origines énergétiques (CO₂), relativement réduites et limitées à l'exploitation forestière, au transport et aux industries de transformation¹⁶.
- le stockage additionnel annuel dans les produits de la filière bois, à l'aval (évalué à 4,7 MtCO₂/an), qui n'est pas encore comptabilisé dans l'inventaire national des GES (il devrait l'être à partir de 2015),
- un stockage important dans les sols forestiers, mais il s'agit là d'un puits encore mal interprété, mal mesuré et non comptabilisé de fait.
- une substitution énergétique croissante dans les chaufferies collectives, industrielles et domestiques aux performances sans cesse améliorées. Celle-ci est évaluée à environ 9Mtep/an correspondant à **35MtCO₂/an**¹⁷
- une substitution parallèle de la biomasse dans l'usage des matériaux (béton, acier, plastique...), évaluée à **35 MtCO₂/an**¹⁸ (pour 25Mm³ de matériaux bois produits 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 + 4,7 pour le stockage additionnel annuel dans les produits bois en aval de la filière)
- **économies d'émissions de GES dans les autres secteurs permise par la substitution de produits et énergies fossiles par des bioproduits et des bioénergies : 70MtCO₂/an.**

Soit un bénéfice climatique net global très important.

Ici apparaît, au delà de la séquestration et du stockage photosynthétique en forêt, le rôle majeur du **stockage** et de la **substitution** tout au long des filières du bois, énergie comprise. Ce rôle est d'autant plus important quand la cascade d'usages successifs est la plus longue possible (matériaux, puis recyclage, puis valorisation énergétique ultime). La stimulation de la sylviculture et de la récolte, avec des valorisations complémentaires à l'aval du bois d'œuvre (prioritairement), ainsi que du bois d'industrie et du bois énergie, apparaît donc comme un des leviers « climatiques » les plus puissants à notre disposition.

¹⁶ estimé selon l'ADEME à 10% environ du contenu carbone du bois lui-même, soit 0,1 tCO₂ émise par t substituée

¹⁷ Evaluation CGAAER à dire d'expert. N.B. 1 tep= 4 tCO₂ environ correspondant à la combustion de 4m³ de bois

¹⁸ Evaluation CGAAER en considérant qu'un m³ de produit bois mis en œuvre pourrait éviter par substitution l'émission de 1,5 MtCO₂/an.

3.2.3. Bilan global du secteur des terres France

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

- **émissions agricoles et énergétiques nettes (agriculture, forêt, pêche) : + 101 MtCO₂eq/an**
- **impact positif du double effet de 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) : + 14MtCO₂eq/an (déstockage)
 - émissions nettes résultant de l'artificialisation des terres agricoles par l'urbanisation et par les infrastructures : + 14MtCO₂eq/an (déstockage).
- **impact positif des substitutions : - 78 MtCO₂eq/an (émissions évitées dans les autres secteurs de l'économie) ;** dont 70 par les produits de la forêt et 18 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), le secteur AFOLU assurerait donc un bénéfice climatique **positif**.

Cette consolidation, même approximative, mais suffisante, des bilans globaux de flux et de stocks de GES en agriculture et en forêt fait apparaître la complexité du sujet et le fait, notamment, que la communication et l'éducation sont, pour ces secteurs, un véritable enjeu de développement.

3.3. Les limites des méthodes actuelles de rapportage

L'analyse des chiffres développée ci-dessus montre que le mode actuel de comptabilisation des GES de l'agriculture et de la forêt présente de réelles limites avec des risques de conclusions faussées en termes de stratégies d'atténuation. L'accent doit être à la fois être porté sur les problèmes : i) de la segmentation de la comptabilisation et ii) de la comptabilisation forfaitaire, de la grande incertitude des chiffres et de 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 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 (ETS¹⁹) concerne notamment les importantes centrales à biomasse pour lequel des objectifs ambitieux de substitution d'énergie fossile ont été fixés (e.g. paquet énergie climat visant près de 50% de la croissance de nos énergies renouvelables en France à assurer par des bioénergies d'ici 2020, puis 2030). Ces objectifs nécessiteront en particulier 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) met en jeu des réductions directes possibles des émissions de l'agriculture, mais concerne aussi, pour les secteurs concernés, la substitution de produits conventionnels ou d'hydrocarbures fossiles par des bioproduits et des biocarburants, y compris la substitution d'énergie par de la biomasse dans les logements (réseaux de chaleur, chauffage bois individuel)...
- Les inventaires de stocks de carbone dans le sol et 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. Ils ont ainsi privilégié, d'abord, dans tous les continents, des objectifs singuliers d'accroissement du stock forestier sur pied (quitte à promouvoir 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 explicités et mis en balance.

¹⁹ Marché européen des quotas d'émission industrielle

Des prises de décision ainsi cloisonnées peuvent ainsi parfois conduire à des contradictions flagrantes : par exemple, une mobilisation accrue du bois des forêts pour conforter les filières de bioénergies renouvelables et pour accroître les capacités de substitution à l'aval 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 permet pas ?

L'introduction, dans les travaux 2014 du GIEC, d'un secteur des terres « AFOLU » qui permet de raisonner ensemble émission et stockage réunifie une partie du bilan en lui donnant plus de cohérence, mais en laissant toujours néanmoins, et par construction, les bénéfices de la substitution d'usages apportés par la bio-économie à l'écart. Le rapport GIEC 2014 souligne bien l'importance stratégique du secteur AFOLU (il représente de 20 à 60% du potentiel d'atténuation mondial à l'horizon 2030) en faisant référence au bénéfice possible du secteur, y compris par effet de substitution ; c'est donc bien cette contribution globale du secteur des terres qu'il convient de pouvoir mesurer dans la durée si l'on veut orienter convenablement sa gestion dans un sens favorable au climat. 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. Ceci est d'autant plus important si les inventaires nationaux continuent 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 liés au mode de comptabilisation forfaitaire des GES du secteur des terres sont de plusieurs niveaux. En effet :

- Les émissions de N₂O, dont le poids est considérable dans le bilan GES de l'agriculture, 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 d'adapter la méthodologie au contexte agronomique français, avec un coefficient d'émission sensiblement réduit à 0,9 ou 0,8%, et pourrait certainement être utilisée dans les prochains inventaires pour mieux approcher la vérité, sous réserve de validation des modèles calibrés et testés.
- Les émissions de CH₄ sont calculées par défaut à partir d'un ratio standard par animal, qui ne permet donc pas de prendre en compte, par exemple, l'effet des modifications du régime alimentaire des ruminants apportées par les éleveurs ou les impacts positifs de la méthanisation et de la mise en place de torchères.
- Enfin, les variations des stocks de carbone dans les sols ne sont prises en compte par le GIEC qu'au titre des seuls changements d'usages (retournement des prairies, artificialisation...) et non pas dans le cadre de l'évolution des pratiques et des itinéraires culturels engagés par l'agriculteur. Des études sont en cours pour ces questions.

Ainsi, le potentiel d'atténuation maximum dans le secteur agricole par changements de pratiques dans les systèmes actuels, évalué en France à hauteur de 28,5MtCO₂eq par l'INRA, s'il était réalisé complètement, ne se trouverait être comptabilisé et valorisé en réalité qu'à hauteur de 10MtCO₂eq 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 des terres d'une façon plus cohérente et donc de se doter d'un système de tableau de bord et d'une capacité à produire régulièrement des rapports spécifiques au secteur permettant de mesurer les progrès dans une vision nécessairement élargie, incluant les bénéfices produits par effet de substitution. Il est en effet indispensable 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 est donc nécessaire de mobiliser la recherche agronomique et les milieux professionnels sur ces questions. Il serait par ailleurs très souhaitable de pouvoir produire ou améliorer les bases statistiques agricoles permettant de mesurer les progrès vers une agriculture climato-intelligente (par exemple : surface en agroforesterie, surface agricole en semis direct, méthanisation, etc.) 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 à 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 au plus fort potentiel, développés ci après, sont :

- **La préservation des terres agricoles et des prairies**
- **Les changements de pratique et de systèmes de culture ou d'élevage (e.g. agroécologie)**
- **La mobilisation de l'accroissement forestier, le reboisement accru et l'agroforesterie**
- **Le développement des biofiliales 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'élèvent de une à plusieurs dizaines de MtCO₂eq/an et se doublent souvent de bénéfices économiques et d'emplois dans les filières.

Les potentiels restent cependant à évaluer et à hiérarchiser plus complètement. Si une étude récemment finalisée par l'INRA a permis de chiffrer le potentiel technique d'atténuation dans les systèmes de production agricole actuels, une analyse scientifique collective sur les impacts « stockage et substitution » d'une gestion plus dynamique de la forêt française serait 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 dans les sols varient en fonction des usages. Réduire les gaspillages de terres agricoles et les pertes de prairies aurait ainsi 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 de stocks de carbone de sols, retenus par le CITEPA, sont les suivants :

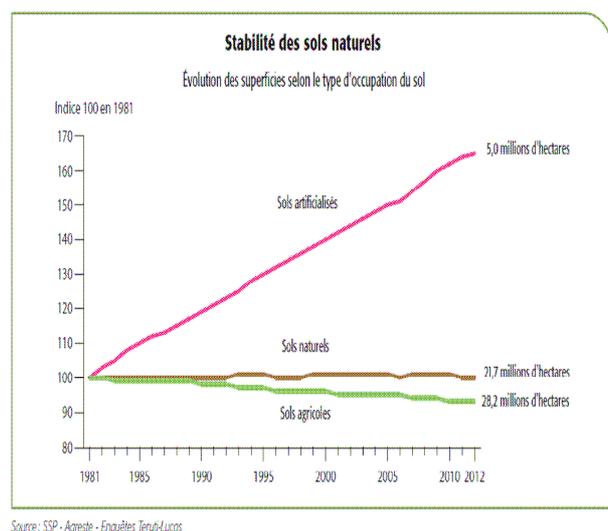
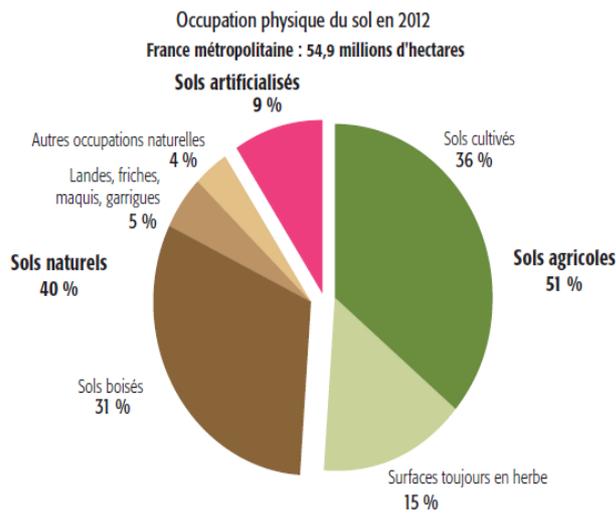
Cultures (cultures, vergers, vignes)	49 tC/ha
Prairies (prairies, haies, bosquets)	78 tC/ha
Zones humides	125 tC/ha
Forêts	73 tC/ha
Sols artificialisés (sol nu, en herbe, arboré)	40 tC/ha

Source : entretien avec le CITEPA

Tout passage d'un état à un autre conduit donc soit à un déstockage de carbone (et donc à des émissions de GES), soit à un stockage supplémentaire (et donc à une réduction des émissions nettes). Les calculs de flux annuels sont mesurés par la différence entre les deux états, en considérant que le passage d'un état à l'autre se fait en 20 années environ (humification et minéralisation), et ce de façon linéaire.

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

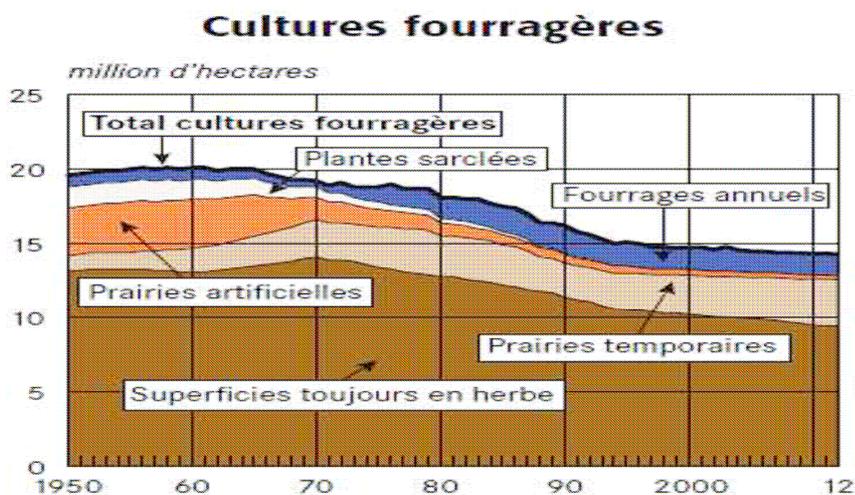
En France, les sols agricoles représentent 51% du territoire et les sols boisés 31% (Agreste 2012). Le grand changement observé sur les 30 dernières années est la forte progression des sols artificialisés aux dépens des sols agricoles (cf graphe suivant) ; alors que la superficie des sols « naturels » est restée au contraire remarquablement stable (+0,01% par an).



Au total, sur les 30 années, **la perte de terres agricoles s'élève en France à 2 millions ha**, ce qui correspond effectivement au croît des terres artificialisées 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 6 ans (2006-2012) est de **70.000 ha/an**, soit presque le double²⁰. C'est-à-dire que la France perd aujourd'hui pratiquement l'équivalent d'un département en surface agricole tous les 7 ans. Les terres agricoles perdues sont aussi bien des terres cultivées que des surfaces toujours en herbe (STH), dans une proportion à peu près équivalente. Depuis 2005, ce sont surtout des terres cultivées, plutôt que des prairies, qui disparaissent par artificialisation.

Cependant, les pertes réelles de prairies ont été et sont bien plus importantes que ce que ce constat limité à l'artificialisation pourrait le laisser penser. En effet, de nombreuses prairies ont aussi été retournées sur la même période pour devenir des terres cultivées. Une surface significative de prairie a également été perdue par déprise, c'est-à-dire transformée en friches puis en « forêts ». Au total, les statistiques agricoles montrent une perte massive de prairies, au seul dépens des superficies toujours en herbe (STH), les prairies temporaires et artificielles se maintenant ou s'accroissant (cf figure suivante). La perte totale nette de prairies (y compris les alpages, prairies temporaires et artificielles) sur la période 1960-2012 est chiffrée à 5,1 millions ha. Sur la période récente (2006-2010), ce sont environ **92.000 ha/an** de STH qui ont été perdus chaque année par artificialisation des sols, mise en culture ou déprise (source Observatoire national de la consommation des espaces agricoles », données Teruti Lucas).



²⁰ Ces chiffres sont donnés avec une grande incertitude. D'autres sources donnent des mesures différentes.

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 massives de terres agricoles et de prairies permanentes, vont toutes dans le sens d'un déstockage massif 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 suit²¹ les émissions et la séquestration relatives au changement d'utilisation des terres en 2012 en France :

- l'artificialisation des terres (urbanisation et infrastructures) représente une émission de 14 Mt CO₂/an
- les mises en cultures génèrent une émission de 25,6 Mt CO₂/an
- En revanche, les prairies permettent une absorption et séquestration annuelle brute de carbone par la photosynthèse (stockage) de -11,8 Mt CO₂/an.

Globalement l'émission « nette » induite par les changements d'utilisation des terres est de **27,8 MtCO₂/an**

Si l'**artificialisation des sols** (14 millions t CO₂/an), et des **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., 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 sur les biens publics mondiaux par ses effets indirects sur le climat et sur la sécurité alimentaire.

En réduisant d'autant notre capacité productive en agriculture, l'artificialisation des terres conduit en effet à devoir transférer la production agricole « perdue » à l'étranger avec un bilan en émissions de GES certainement plus négatif, surtout s'il implique de la déforestation. Elle est aussi, indirectement, une cause majeure de croissance de la consommation d'énergie et de transports et donc d'émissions importantes de gaz à effet de serre, le développement de villes très étalées (« à l'américaine »), rendant obligatoire 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 chiffre 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. Le stock de carbone dans les sols artificialisés (*la catégorie inclut les jardins et espaces verts*) est notamment fort mal connue. Quant aux terres agricoles, on sait bien que selon les pratiques de cultures mises en œuvre, la matière organique des sols peut s'accroître ou décroître, effets qui ne sont pas pris en compte dans la comptabilisation. Enfin, les méthodes de calcul des flux de carbone résultant du changement d'utilisation des terres peuvent évidemment être discutées car le stockage peut s'opérer sur des périodes bien plus longues que 20 années, tandis que les évolutions ne sont pas linéaires et que le déstockage s'opère généralement 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 pour des motifs de lutte contre le changement climatique que de sécurité alimentaire (pertes en terres) ou de préservation des paysages et de la biodiversité (prairies). La nécessité, aujourd'hui absolue, de s'engager fortement dans une politique d'atténuation compatible avec l'impératif de sécurité alimentaire mondiale, impose de faire bien davantage. Il s'agit donc en réalité d'une question majeure de « développement durable » au sens le plus large.

Après avoir mis en œuvre un arsenal impressionnant de mesures de protection des forêts et des espaces naturels, il est donc urgent de protéger désormais les meilleures terres et les prairies. La prise de conscience

²¹ Il faut à cet égard noter que le CITEPA regroupe dans la catégories « prairie » non seulement la STH mais aussi les prairies temporaires et artificielles et les bosquets (forêts de moins de 0,5 ha). Par ailleurs, il mesure les flux en valeur brute, en prenant en compte les changements d'utilisation des terres dans les différents sens

des grands défis lancés désormais au monde invite donc à une nouvelle hiérarchisation de la politique de protection des espaces.

- *La préservation des terres agricoles de l'artificialisation*

Il est certainement possible de réduire significativement les pertes de terres par artificialisation et les émissions de gaz à effet de serre induites. Plusieurs länders allemands, la Suisse et d'autres pays ont déjà pris les mesures nécessaires dans ce sens. En France, la région Réunion y a été également conduite car, face à la croissance démographique et au gaspillage d'espace induit par l'étalement urbain, c'est toute la filière canne/sucre et ses emplois et services climatiques qui étaient menacés. 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 réel d'avis conforme a été donné à la commission chargée de suivre la consommation des espaces agricoles. Grâce à elle, 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 la voie à suivre si l'on veut relever le défi du changement climatique en maîtrisant l'artificialisation. D'autres types de mesures, dont certaines sont déjà pour partie en œuvre, pourraient jouer un rôle important pour réduire le gaspillage d'espace. Il s'agit par exemple des outils économiques favorisant la densification urbaine ou encore de la fixation de coefficients d'occupation des sols « minimum » et non plus « maximum » comme on l'a fait depuis des décennies pour limiter la densification. On constate que ces mesures relèvent de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire ; les filières agricoles étant les premières à subir la conséquence de l'étalement urbain.

- *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 des gains de revenus pour les agriculteurs. Cependant, l'anticipation de modifications réglementaires futures de la politique agricole commune (PAC), plus protectrice 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 par la société comme des « externalités » afin de redonner un avantage économique comparatif aux prairies et de maintenir, voire de relancer, les systèmes herbagers et mixtes (agriculture/élevage). Ainsi, mieux valoriser par des labels la viande ou le lait produits à l'herbe en valorisant auprès des consommateurs leur valeur environnementale incomparable et leur qualité alimentaire pourrait y contribuer.

La voie la plus efficace, justifiée par les enjeux en cause, est cependant de faire financer par le contribuable, c'est-à-dire par la PAC, les services environnementaux qui sont produits par la prairie comme le faisait la PHAE (prime herbagère agro-environnementale). Un certain nombre de mesures, allant dans ce sens ont été prises: 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 de ces 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 les agriculteurs en grandes cultures devront justifier, dans leurs exploitations, 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 ou d'innover. Les services environnementaux 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 prendre en compte l'ensemble des externalités positives produites plutôt que d'établir un simple fonds de soutien par « retour de financement carbone ».

- *Raisonnement « secteur des terres » et modifier notre vision de l'aménagement du territoire*

Préserver le climat, les terres et les prairies invite à faire évoluer nos mesures de politique agricole mais aussi à raisonner le « secteur des terres » (AFOLU) dans une vision élargie en se donnant 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 et de leurs responsabilités propres. Ce sont donc tous les territoires qui vont devoir agir, en amont, pour la défense des biens publics mondiaux (climat et sécurité alimentaire). Ceci devrait les conduire, à l'exemple déjà ancien du « Pays de Rennes », à se donner de nouvelles visions de la relation ville-campagne et à les traduire dans des « plans agricoles territoriaux » ainsi que dans les nouvelles générations de SCOT (schémas de cohérence territoriale) et de PLU (plans locaux d'urbanisme). Il s'agit aussi pour l'Etat de s'opposer plus fermement aux projets de SCOT et de PLU qui n'intégreraient pas, à la hauteur voulue, ces préoccupations attachées à la « terre ». La mobilisation des uns et des autres laisse penser que des progrès importants sont aujourd'hui possibles.

- *Quel potentiel d'atténuation à l'horizon 2030 ?*

Compte tenu de ce qui précède, il serait envisageable, au niveau français, de viser 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 au moins de 50% à terme, du rythme des surfaces qui sont artificialisées ou des prairies qui sont retournées.

On pourrait donc proposer un **potentiel d'atténuation de l'ordre de 8 à 10 MtCO₂/an à l'horizon 2030**. Il convient à cet égard 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 de 20 ans),
- **le bénéfice climatique réel sera en fait très supérieur au chiffre indiqué ci-dessus** compte tenu des effets positifs, directs et indirects, de la réduction de l'étalement urbain sur les émissions de GES (impacts sur les transports, la consommation d'énergie...), avec des effets cumulatifs dans la durée.

Préserver les terres agricoles et les prairies apparaît donc ainsi certainement comme l'une des mesures les plus importantes pour la réussite de l'atténuation des émissions de GES, avec en outre un effet positif certain sur la production agricole, la sécurité alimentaire 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'UE (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^e 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 » (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 prioritaires** pouvant être mises en oeuvre dans les systèmes de culture actuels. Elles pourraient permettre en théorie, selon l'INRA, une atténuation des émissions de GES par l'agriculture qui pourrait aller jusqu'à un total cumulé de **28,5 MtCO₂eq/an à l'horizon 2030**, soit près de 30% de réduction des émissions globales agricoles. Des évolutions de « systèmes » (exemple: passage à des systèmes de « pâturages tournants dynamiques », retour à des systèmes de polyculture-élevage...) pourraient en outre représenter un potentiel supplémentaire d'atténuation intéressant qui n'a pas été évalué par l'étude de l'INRA. Cependant, il s'agit là d'un potentiel maximum théorique. Il convient donc de s'accorder sur un objectif qui pourrait paraître à la fois réaliste et ambitieux en examinant les différents grands postes d'économies possibles.

4.2.1. L'élevage

Responsable selon la FAO de 14% des émissions de GES mondiaux²² (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, les ruminants ont également la capacité unique de valoriser l'herbe dans des zones difficiles (à « handicap naturel »). En outre, cette activité permet de stocker du carbone dans les herbages et les prairies, notamment « permanentes », qui 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 allaitant²³. L'analyse présentée ci-après est centrée sur l'élevage bovin, compte tenu de son poids majoritaire dans les émissions, mais les mesures proposées s'appliquent également aux autres secteurs d'élevage.

Avec l'accroissement démographique et l'évolution des régimes alimentaires en Afrique et en Asie, la demande 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 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, une prospective « after2050 » 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 difficilement appropriable par les acteurs agricoles et peu compatible avec le développement des territoires. En outre, elle engendrerait une « exportation » des zones de production, avec très certainement un accroissement global des émissions de GES.

Avec une autre approche plus réaliste et qui tient compte des orientations fortes déjà engagées (agroécologie, loi d'avenir), les analyses de l'INRA proposent un **potentiel 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 un changement culturel fort élevé.

Pour concilier l'objectif de réduction de GES et celui du maintien de la sécurité alimentaire, une première approche pourrait alors être celle d'un système plus « efficace » permettant d'émettre moins par unité alimentaire produite, en favorisant les exploitations d'élevage très intensives (par exemple hors sol). Mais cette piste ne peut être évoquée sans oublier de citer les effets indirects induits par ces systèmes en termes d'importations d'aliments pour bétail et des émissions de GES induites, qui sont très élevées²⁴.

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 un intérêt majeur. Et même si ce système est plus extensif, il peut néanmoins être intensifié par des méthodes de gestion de l'herbe plus dynamiques et par un chargement renforcé sur les parcours de montagne.

²² Calcul en analyse du cycle de vie, incluant par exemple l'impact en termes d'émissions liés à la déforestation tropicale pour la production de soja.

²³ Institut de l'élevage, « le stockage de carbone par les prairies » 2010

²⁴ l'importation de 4,7Mt de soja mobiliserait 1,6Mha à l'étranger avec les émissions GES y afférentes

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

a/ rechercher plus d'autonomie dans l'alimentation des troupeaux

Cette autonomie est de 90%²⁵ globalement, mais 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, en substituant par exemple des tourteaux de soja importés par 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.

En outre, ces actions de renforcement de l'autonomie protéique et alimentaire en France procurent des avantages environnementaux locaux.

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

- **amélioration des pratiques d'alimentation** en modifiant la ration afin de réduire les émissions d'origine entérique (potentiel de réduction évalué à **1,9MtCO₂eq/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.

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 **3,4MtCO₂eq/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 (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 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 à l'état liquide deviendraient prohibitifs et exigeraient alors un traitement préalable des effluents sous une forme adéquate de compost ou de digestats (si possible normalisés), afin d'en permettre une valorisation à plus grande échelle, notamment en fumure de fond ou en substitution à l'engrais.

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 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 tels que le bois, ou supportant des panneaux photovoltaïques pour lesquels l'électricité est revendue.

²⁵ Institut de l'élevage- données réseaux 2012

- 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 valorisant, à son profit, des effluents, des déchets verts et des résidus carbonés agroalimentaires ou urbains, en contribuant ainsi à l'économie circulaire sur son territoire et 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 a le plus fort potentiel d'atténuation des GES (**5,8MtCO₂eq/an à l'horizon 2030**) du fait du pouvoir radiatif élevé du méthane, mais elle reste malgré tout une filière difficile à développer pour les agriculteurs.

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

Le CORPEN et les travaux plus récents de l'INRA estiment 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, afin de réduire les pertes d'azote, en recherchant une mise à disposition d'azote utilisable par la plante au moment où elle l'absorbe véritablement par son système racinaire²⁶.

La réduction des émissions de N₂O passe par les mesures principales suivantes :

a/ Optimiser les apports d'azote sous forme minérale

Ces méthodes sont bien documentées au plan technique, et 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, mais avec un effort de vulgarisation.

L'adoption de l'ensemble de ces méthodes pourrait générer à l'horizon 2030 une **réduction de 3,6MtCO₂eq/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 facilitera et accélèrera l'adoption de telles mesures, en contribuant à surmonter la réticence des agriculteurs à la réduction des intrants, toujours perçue aujourd'hui comme un risque pour la bonne fin des productions.

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

²⁶ 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.

Ces mesures, en raison des importantes surfaces susceptibles d'être concernées, présentent un potentiel significatif d'atténuation à l'horizon 2030 (**1,9 MtCO₂éq/an**). Il ne faudra pas ignorer cependant de réelles difficultés d'application. Ces difficultés sont 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 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.

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 (plantes autotrophes), ou encore leur présence en mélange dans les prairies, permet 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 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 accroît aussi sensiblement le risque de l'exploitant du fait de la sensibilité de ces cultures aux aléas climatique et phytosanitaire mais aussi 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 (**1,4 MtCO₂éq/an**) et de leur coût particulièrement attractif, il est souhaitable que des politiques publiques volontaristes les accompagnent. Elles contribueraient 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 outils de séchage commun, associant les partenaires territoriaux sont de bons exemples de la pertinence des GIEE (groupes d'intérêt économique et environnemental).

d/ L'utilisation de techniques innovantes

L'introduction de techniques nouvelles comme les inhibiteurs de nitrification permet des atténuations intéressantes de émissions de GES (**0,6 MtCO₂éq/an**) mais ceci a des coûts significatifs. Par ailleurs les effets à moyen terme de ces produits sur la biologie des sols restent encore mal connus et l'image que pourrait porter une technique faisant appel à la chimie peut toujours être perçue négativement.

e/ L'amélioration génétique

L'amélioration génétique est une autre voie à poursuivre pour les espèces végétales comme pour l'élevage car elle peut permettre, avec de bonnes marges de progrès, d'améliorer les rendements en maîtrisant les intrants (azote, eau, pesticides) et en conférant plus de résilience aux productions agricoles. Il est cependant difficile encore de chiffrer les effets climatiques potentiels de ce domaine.

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 sont comptabilisées dans les secteurs de l'énergie et de l'industrie. Ces consommations ont d'ores et déjà été réduites, et pourront encore être mieux maîtrisées à l'avenir dans les industries de synthèse elles mêmes, mais surtout du fait d'un meilleur contrôle de la fertilisation minérale ainsi 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 concernent la mécanisation (conception, puissance et réglage des tracteurs, techniques sans labour...). L'effort est à faire porter ici sur un grand nombre de tracteurs, d'engins et d'exploitations, présentant de réelles marges de progrès. Si les capacités d'économies sont limitées (le potentiel de réduction des émissions directes par les engins agricoles est estimé à **1,6MtCO₂eq/an** par l'INRA), l'intérêt de cette sobriété énergétique améliorée résidera probablement tout autant (sinon plus) dans les économies budgétaires qui seraient ainsi rendues réalisables à l'échelle de chaque exploitation par ces pratiques plus sobres.

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 l'équilibre organo-minéral des sols 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 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), donc globalement du type de gestion agricole pratiquée (il en est de même, sur le principe, pour la sylviculture).

Le potentiel de stockage est d'autant plus élevé que, en principe, la perturbation du sol est minimale, avec de faibles taux induits de décomposition et de minéralisation de la matière organique du sol. Les travaux disponibles concernant ces sujets²⁷ font apparaître une perte globale du stock de carbone pour les terres arables européennes, alors qu'à l'inverse, les sols sous prairies, tout comme les forêts, permettraient une accumulation globale et croissante de carbone dans le temps.

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 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 **3,7MtCO₂eq/an**. Les effets de sur-stockage de carbone et, de manière plus marginale, de réduction des émissions de N₂O sont cependant 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 car ils sont très dépendants des sols, des dynamiques de leur compartiment organique et des itinéraires culturaux.

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

²⁷ 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 la plantation de 80 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 rapport à 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 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%) que pour l'agroforesterie au sens strict (1% ou 3%). Le potentiel d'atténuation²⁸ cumulé de l'agroforesterie et des haies pour un scénario médian serait, selon l'INRA, de **2,8 MtCO₂éq/an**. Il apparaît comme significatif, sous les réserves qui précèdent et avec alors des effets réducteurs sur les émissions de GES comportant peu d'incertitudes et confortés par les études menées dans d'autres pays, ainsi qu'avec des incidences environnementales positives sur l'eau et les sols.

En revanche, l'acceptabilité de ces pratiques, 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 justifieraient en outre des dispositifs incitatifs simples et bien adaptés.

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

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 en correspondant pour une large part aux zones de grandes cultures).

Deux bénéfices de ces cultures 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 comptabilisées dans les effets bénéfiques de la mesure au titre des émissions de GES. Mais on y prend également en compte les « inputs » nécessaires qui sont dus aux interventions 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'appliquant désormais à partir de 2013 selon les modalités définies par le GIEC, les options qui précèdent constituent pour notre agriculture une disposition particulièrement opérante du fait de l'importance des surfaces potentiellement concernées en France . L'INRA en évalue l'abattement potentiel de GES en 2030 à **1,1 MtCO₂éq évitées**.

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 (**0,5 MtCO₂éq/an**). Elle a cependant un potentiel d'atténuation relativement faible par rapport à 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 (**1,4 MtCO₂éq/an**). Cette mesure est à combiner avec

²⁸ 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.

l'augmentation de la durée de pâturage des prairies temporaires (**0,2 MtCO₂éq/an**) et avec l'intensification de leur chargement (**0,5 MtCO₂éq/an**). L'effet de ces mesures repose bien entendu sur des hypothèses de sous exploitation actuelle des herbages. Leur mise en œuvre justifie un accompagnement technique soutenu et adapté aux réalités locales (climat, nature du sol...).

Quoiqu'il en soit, l'absorption de carbone 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 nécessitent 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 à des exploitations plus autonomes et plus résilientes. Elles méritent donc d'être accompagnées par des travaux de recherche opérationnels et ciblés.

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 comme prioritaires par l'INRA aboutiraient donc, selon un calcul d'experts, à un potentiel théorique de réduction totale de 32,3 MtCO₂/an. Si on tient compte des interactions entre mesures au niveau des exploitations, ce potentiel total est ramené à **environ 28,5 MtCO₂éq/an**, ce qui est quand même significatif par rapport au total d'émission attribué à l'agriculture (101 MtCO₂éq/an). Cependant, l'étude INRA a également montré que les mesures préconisées pouvaient se répartir en 3 grands groupes puisque 1/3 d'entre elles sont à coût négatif (leur mise en œuvre devrait rapporter à l'exploitation : fertilisation raisonnée, légumineuses, alimentation azotée des animaux, gestion des prairies, et économie d'énergie fossile), 1/3 à coût nul ou modéré (< 25€ par tonne CO₂ évitée : travail du sol, agro-foresterie, enherbement des vergers et vignobles, méthanisation, investissements dédiés) et 1/3 à coût élevé (lipides dans l'alimentation des bovins, bandes enherbées, haies, torchères...).

Les analyses de l'INRA ainsi que celles développées plus haut montrent par ailleurs que la question des **acteurs** est essentielle. Si les agriculteurs ne mettent pas déjà en œuvre les mesures à coût négatif c'est pour une bonne part à cause de leur **aversion au risque**. Or, le changement climatique va accroître fortement les risques et l'engagement nécessaire de l'agriculture dans l'atténuation ne sera donc possible que si l'agriculture a, elle-même, la possibilité de s'adapter à la nouvelle donne climatique. La réussite climatique de l'agriculture impose par conséquent de traiter *ensemble* les questions d'adaptation et d'atténuation.

Enfin, la mise en œuvre des mesures préconisées entraînera d'importants coûts de transaction.

Si on tient compte de ces différents facteurs, il paraît donc raisonnable de retenir un **potentiel réaliste d'atténuation par l'amélioration des pratiques agricoles de 10 à 15 MtCO₂éq/an d'ici 2030**.

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

Si les agriculteurs ne mettent pas déjà en œuvre des mesures même à coût négatif, c'est donc probablement, et principalement parce que ces mesures sont souvent complexes, ou encore à cause de leur crainte des risques, de leur résistance au changement, ou même du fait de l'inertie dans le transfert de technologie. Cependant, de nombreux exemples sur le terrain montrent que des progrès significatifs sont possibles selon notamment les capacités qui se font jour en termes de connaissance, de leadership et d'action collective.

Les principaux leviers à mobiliser pour favoriser les évolutions souhaitées sont 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, en particulier la libération sous forme minérale de l'azote

organique du sol. De la même façon, les différents leviers de 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. Le renforcement des travaux de recherche et de développement en la matière est une clef de l'atténuation des émissions de GES, et 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 indispensable 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 étendent la réduction des émissions de l'échelon de la parcelle à celui de la « ferme France ». Mais la décision d'adoption de l'innovation 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 mutuel sur un territoire est toutefois à favoriser afin que les agriculteurs puissent y 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 très utile.

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. 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.

La pérennité des activités d'élevage qui conditionne l'impact positif des prairies sur les GES pose la question de l'équilibre économique des productions de lait et de viande. Elle interroge aussi sur leur acceptabilité sociale en termes d'organisation et de charge de travail, par rapport aux grandes cultures ou à d'autres activités non agricoles. Ces activités doivent donc être soutenues en agissant sur ces différents registres.

Concernant la PAC, 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, 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 », fonction de la valorisation économique de la tonne de GES évitée. 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.

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 amont tout en visant parfois à optimiser leurs propres bilans**.

L'aval de la production agricole et forestière, par la valorisation économique des produits et par les cahiers des charges qu'elle impose, a en effet la capacité d'orienter, voire de faciliter, des évolutions souvent coûteuses (surcoût de production ou coût réel et psychologique du changement). On peut noter ainsi par exemple:

- l'engagement de certaines filières dans des certifications exigeantes en terme de fertilisation ;
- 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 pour diversifier les débouchés et coupler la valorisation du bois énergie et du bois d'œuvre, en créant ainsi une synergie dans l'exploitation plus efficace des coupes et des massifs forestiers. (voir ci après, chapitre 4.3).

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** et, sous réserve qu'elle ne soit pas plus exploitée que sa croissance biologique ne le permet, celui d'un **réservoir de carbone**.

Ce réservoir de carbone, mais aussi l'ensemble des produits bois que l'on peut en tirer, matériaux, 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 de 4 tonnes de CO₂ et 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 (béton, acier, PVC...) ou à des hydrocarbures nécessitant des intrants énergétiques souvent d'origine fossile 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 doit être nuancé en fonction de l'évolution de l'espace forestier, ses modes de gestion ainsi que de la destination des produits ligneux récoltés.

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

- Qu'il s'agisse de boisements, reboisements ou de forêts, les végétaux qui les composent (strate herbacée, sous étage, arbres) séquestrent du **CO₂** grâce à la photosynthèse, se comportant généralement comme **des puits constituant un réservoir et un stock de carbone**. Cette absorption est toutefois variable suivant les essences, l'âge des peuplements et selon les choix de la sylviculture qui leur est appliquée. Ainsi, la fixation du carbone est plus faible pour les essences feuillues que les essences résineuses. Elle est aussi plus faible dans des peuplements très jeunes puis passe par une phase optimale avant de diminuer lorsqu'ils vieillissent. Des peuplements très âgés non exploités émettent même plus de CO₂ qu'ils n'en absorbent, se comportant ainsi non plus comme des puits mais des sources. Enfin, une sylviculture dynamique optimise la croissance des arbres et donc l'absorption de CO₂. Cette absorption du CO₂ est aussi impactée par les évolutions du milieu, en particulier du climat (température, ressources en eau, ...), évolutions qu'il convient donc d'apprécier et de prendre en compte.
- Les produits bois 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 leur emploi, en particulier dans le domaine de la construction, ces produits bois et tous les bioproduits qui peuvent en être tirés permettent aussi de se **substituer à d'autres matériaux non renouvelables** nécessitant de l'énergie souvent fossile pour leur élaboration donc émetteurs de GES.
- Pour ce qui est 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 confère pas cet avantage**. 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. Par contre,

l'effet substitution joue de façon absolue puisque dans la plupart des cas, ils se substituent au gaz naturel ou au fioul.

Il est donc tout à fait nécessaire d'analyser globalement stockage et substitution car ils sont en étroite inter-relation.

Que représentent alors ces stockages et ces substitutions pour chaque compartiment de la filière forêt-bois ?

a) LA SITUATION EN 2014

Le tableau ci-après donne une photographie de la situation en terme de stockage et de substitution en 2014.

2014	Espaces boisés non urbains (forêt, boisements, haies,...)		Croissance biologique annuelle	Destination des bois (IGN)		Récolte commercialisée (AGRESTE-EAB)		Le stockage (IGN-CITEPA)		La substitution	
	Bois sur pied	2,4 Mds m3 (IGN)		Mobilisé	37 Mm3/an	Bois d'œuvre	22 Mm3/an	Construction	4,7 Mt CO ₂ /an		
						Bois d'industrie	12 Mm3/an	Construction panneaux, papier			35MtCO ₂ /an (1)
						Bois énergie	3 Mm3/an		0		
				Autoconsommation	18 Mm3/an				0	35 MtCO ₂ /an(2) dont recyclage palettes et déconstruction	
				Pertes d'exploitation	6 Mm3/an				0	0	
				Mortalité							
				Non exploité	69 Mm3/an			Puits forestier	69Mt CO ₂ /an	0	
								TOTAL	74 MtCO ₂ /an	TOTAL	70 MtCO ₂ /an
	Sol forestier	?									

(1)coeff de substitution: 1m3 évite 1,5MtCO₂/an

(2)coeff de substitution : 1m3 évite 1MtCO₂/an

LE STOCKAGE

Le stockage en forêt

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

Les résultats actuels de l'IGN (inventaire forestier national) font état d'un volume total des arbres sur pied de 2,4 milliards de m³, soit un réservoir de 2,4 milliards de tonnes équivalent CO₂. Ces espaces forestiers, toujours d'après l'IGN, ont une croissance biologique annuelle de 130 millions de m³.

La croissance biologique annuelle de la forêt a plusieurs destinations :

- 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,
- 6 millions de m³ constituent les pertes d'exploitations et la mortalité. Ils restent dans les forêts et constituent une source d'émission de CO₂.

Au final, il reste donc en forêt 69 millions de m³ de bois non exploités. Le bilan CO₂ de la forêt française est donc approximativement de : -130 (absorption) + 37+18+6 (émissions) = - 69 MtCO₂/an. **Actuellement, la forêt est donc un « puits forestier » stockant annuellement 69,5 MtCO₂ supplémentaire** (source CITEPA).

Ce stockage est aujourd'hui relativement élevé en France car la forêt est encore assez jeune du fait des plantations résineuses du FFN²⁹ et de l'accroissement récent de la forêt sur les terres agricoles. Les forêts correspondantes arrivant peu à peu à maturité, ce stockage/puits élevé dans notre pays devrait finir par se réduire, voire même par s'annuler, dans les décennies à venir, d'autant plus que les forêts non exploitées réduisent progressivement leur capacité d'absorption. 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 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.

S'il est considéré que la durée de vie du bois énergie est nulle (principe de l'oxydation instantanée), et qu'il ne peut donc être considéré comme un réservoir stockant du carbone, il n'en est pas de même pour les sciages (durée de vie de l'ordre de 20 ans) 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 5 ans). Encore faut-il noter que le rendement matière des bois récoltés est de l'ordre de 50% pour les sciages et de 80 à 90% pour les panneaux et la pâte à papier. L'article 7 de la décision N° 529/2013 a précisé les règles comptables pour ces produits ligneux.

Le CITEPA a évalué à 4,7 MtCO₂/an l'effet stockage dans les produits des bois récoltés et commercialisés. Actuellement, l'effet stockage de la forêt et des produits bois qui en sont issus est donc évalué à 74,2 MtCO₂/an.

LA SUBSTITUTION

Bois de construction, panneaux et papiers

La valorisation des bois d'œuvre et d'industrie sous forme de sciages et de panneaux destinés à la construction engendre un effet de substitution important, largement supérieur à l'effet stockage.

En effet, même si la mobilisation et la fabrication de produits bois (abattage, façonnage, transport en usine, sciage ou fabrication, séchage, finition, ...) nécessite de l'énergie, de l'ordre de 1 TEP correspondant à 4 tonnes de CO₂, pour 40 m³ de produits finis prêts à être mis en œuvre, le matériau de base, le bois, est fabriqué « gratuitement » grâce à la photosynthèse. Ce n'est pas le cas de la plupart des matériaux de construction traditionnels (ciment, plâtre, acier, aluminium, PVC, ...) très consommateurs d'énergie fossile pour leur fabrication. Dire qu'en matière de matériaux de construction, l'utilisation de 1 m³ de bois par substitution à des matériaux traditionnels permet d'éviter aujourd'hui l'émission de 1,5 tonne de CO₂ constitue un ordre de grandeur admissible et probablement minoré.

Avec les rendements matière rappelés plus haut, **les 20 à 25 millions de m³ de matériau bois prêt à l'emploi mis en oeuvre annuellement en France, permettent ainsi la substitution de 35 MtCO₂/an.**

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

²⁹ FFN : Fonds Forestier National

Bois énergie

La valorisation des bois d'œuvre et d'industrie génère des produits connexes (dosses, délignures, plaquettes, sciures, écorces). Ces produits trouvent actuellement un débouché naturel dans l'énergie en complément du bois commercialisé en tant que tel et de l'autoconsommation. 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 de bois liés à la « déconstruction ».

L'effet substitution aux énergies fossiles du bois énergie représente ainsi environ 35 MtCO₂/an qui ne sont pas émises.

Au total, l'effet substitution du matériau issu du bois ou du bois énergie s'élève par conséquent à près de 70 MtCO₂/an.

Il y a donc lieu de raisonner simultanément le niveau objectif du puits forestier français et les avantages que procure la substitution de matériaux et énergies conventionnels par des produits issus du bois, sachant que ces deux types de données sont comptabilisées dans des compartiments séparés, et que les objectifs sont fixés à des échéances différentes. **Dans le cadre de la stratégie de l'Etat en matière de forêt, de filière bois et d'atténuation climatique, il importe donc de 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 grandissant pour une bonne valorisation accrue du bois et de ses produits, et pour une sylviculture dynamique.**

b) LA SITUATION EN 2030

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

2030	Espaces boisés non urbains (forêt, boisements, haies,...)		Croissance biologique annuelle	Destination des bois		Récolte commercialisée (1)		Le stockage		La substitution (3)
				145Mm ³ /an	Mobilisé	57 Mm ³ /an	Bois d'œuvre	35 Mm ³ /an	Construction	
						Bois d'industrie	15 Mm ³ /an	Construction panneaux, papier	15 Mt CO ₂ /an (2)	
				Autoconsommation	17 Mm ³ /an	Bois énergie	7 Mm ³ /an		0	56 MtCO ₂ /an (4) (dont recyclage palettes et déconstruction)
				Pertes d'exploitation	7 Mm ³ /an				0	0
				Mortalité						
				Non exploité	64 Mm ³ /an			Puits forestier	64 Mt CO ₂ /an	0
	Bois sur pied	2,4 Mds m ³ (IGN)	130 Mm ³ /an + 10 Mm ³ /an (plantations FFN encore jeunes)					TOTAL		TOTAL
								79 Mt CO ₂ /an		106MtCO ₂ /an
	Sols forestiers									
	Plantations nouvelles	50000 ha/an	+ 5 Mm ³ /an							
	Agro foresterie		+ 3 Mm ³ /an (comptabilisés dans l'agriculture)							
				(1) avec 20Mm ³ supplémentaires mobilisés						

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

(3) coeff de substitution matériau: 1m³ évite 1,5 MtCO₂/an; coeff de substitution énergie: 1m³ évite 1MtCO₂/an
(4) y compris 6 MtCO₂/an biocarburant

LE STOCKAGE

La forêt

En 2030, il est supposé que la surface de la forêt française (16 millions d'hectares) et le volume des arbres sur pied qu'elle représente (2,4 milliards de m³) n'aura pas changé. Toutefois, d'ici 2030, un accroissement de la production biologique totale de la forêt est envisageable compte tenu de plusieurs facteurs :

- l'augmentation de la température et du taux de CO₂ dans l'atmosphère ont, jusqu'à une certaine limite, un impact positif sur la croissance des arbres,
- la dynamisation de la sylviculture sur des peuplements adultes aura 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 3 facteurs, un accroissement supplémentaire du puits forestier de + 10 millions de m³ par an est réaliste

Cependant, l'évolution climatique des conditions stationnelles du fait de la température et du régime des précipitations par exemple, risque de faire souffrir la forêt (tempêtes, incendies, perte de croissance...) d'une façon qui amputerait gravement la capacité du puits forestier. Il importe donc d'anticiper et d'adapter 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 50 ans, ce sont pour l'essentiel des surfaces occupées par l'agriculture en état de déprise, mais surtout le reboisement de terrains forestiers sans grande valeur sylvicole tels que les accrues forestières. Cette relance des boisements et reboisements, majoritairement en essences résineuses, correspond à une demande des industriels de la transformation du bois et aurait des effets accrus en termes de stockage et de substitution. Ceci devrait trouver sa concrétisation dans le contrat de filière actuellement en cours de finalisation par le Comité stratégique de filière. L'hypothèse de 500 000 hectares boisés ou reboisés d'ici 2030 correspond à l'objectif visé. Sur la base d'un différentiel de productivité de + 10 m³ par hectare et par an par rapport à la situation actuelle, ces boisements et reboisements représenteraient en 2030 une production de 5 millions de m³ de bois par an et par conséquent une augmentation du puits forestier de **5 MtCO₂/an**.

L'agroforesterie

Le développement de l'agroforesterie, encouragé dans la nouvelle loi d'avenir sur l'agriculture et la forêt, permettrait aussi d'accroître 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 de 3 millions de m³ par an donc un stockage annuel de **3 MtCO₂/an** Toutefois, ces 3 MtCO₂/an sont comptabilisés dans le compartiment agriculture et n'entrent 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 créés représenteront une croissance biologique totale de 145 millions de m³ par an.

Hypothèses de destinations des bois :

Par rapport à 2014, il est prévu :

- une augmentation de la récolte de + 20 millions de m³ par an. Annuellement, elle passerait donc de 37 millions de m³ à 57 millions de m³. Cette augmentation serait tirée par le renforcement de l'utilisation du bois dans la construction mais aussi le développement de l'usage du bois dans des produits biosourcés ainsi que le développement de la filière énergie à partir du bois,

- une stagnation, voire un léger repli de l'autoconsommation (bois bûche) du fait d'une part de l'évolution du parc d'appareil de chauffage plus performants permettant de moins consommer de bois et d'autre part, du développement du granulé de bois qui offre des possibilités d'utilisation proches de celles du gaz ou du fioul,
- des pertes d'exploitation et une mortalité en légère augmentation mais pas en proportion identique aux évolutions de la croissance biologique (+ 15 Mm³/an) et de la mobilisation (+20 Mm³/an). En effet, le développement de la mécanisation forestière, avec récupération à des fins énergie de bois jusqu'à maintenant abandonnés, devrait réduire les pertes d'exploitation. Du fait de la dynamisation de la sylviculture, et donc la réduction de l'âge d'exploitabilité des arbres, la mortalité devrait aussi baisser.

Le volume total du stock de bois annuel qui resterait en forêt s'élèverait donc à $145 - (57 + 17 + 7) = 64$ millions de m³.

Le puits forestier serait donc en 2030 de 64 MtCO₂/an, en baisse de 5 MtCO₂/an par rapport à 2014.

Le stockage dans la récolte commercialisée

Compte tenu des hypothèses 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.

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

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

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

LA SUBSTITUTION

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

En 2030, l'évolution 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.

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 (1m³ de bois permet la substitution de 1,5 tonne de CO₂) et les rendements matière rappelés plus haut, les 30 millions de m³ de matériau bois prêt à l'emploi permettraient la substitution de 45 MtCO₂/an. Au surplus, si on prend en compte le développement de nouveaux matériaux biosourcés à hauteur de 3 millions de m³ de bois consommés, et ayant un rôle de substitution avéré, il y a lieu d'ajouter + 5 MtCO₂/an substituées au 45 précédents.

En 2030, l'effet total « substitution » des bois destinés à la construction et des nouveaux produits biosourcés à base de bois s'élèverait donc à 50 MtCO₂/an.

L'énergie

Le « paquet énergie climat » 2030, actuellement en négociation, s'appuiera très fortement sur la politique du bois énergie pour laquelle le gouvernement vient d'annoncer le doublement du « fonds chaleur » que gère l'ADEME. Malgré le nécessaire équilibre à préserver entre les filières du bois, surtout entre le bois énergie et le bois matériau, on peut augurer 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, on peut envisager d'augmenter de l'ordre de 50% la quantité de bois énergie qui sera utilisée en 2030, soit la porter à 50 millions de m³ par an. Ces 50 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 déclarés dans l'EAB,

le solde venant de l'agroforesterie, des déchets verts et de récupération de produits bois en fin de vie, en particulier de la déconstruction..

En 2030, l'effet « substitution » aux énergies fossiles du compartiment énergie de la filière forêt-bois représenterait donc 50 MtCO₂/an évitées.

Concernant les biocarburants de 2^{ème} génération à base de cellulose, ils ne sont actuellement pas sur le marché. Leur effet substitution est donc actuellement nul. Toutefois, on peut envisager 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 à incorporer au maximum 15% de tels carburants renouvelables dans ces essences et gazole. Envisager une hypothèse d'incorporation de 1 à 2 millions de tep de ce type de carburant paraît donc réaliste à horizon 2030, en complément des biocarburants de 1^o génération.

Cette incorporation 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, ces chiffres devront être ajustés.

En 2030, l'effet substitution des produits issus du bois, soit matériaux soit énergie, s'élèverait donc à 56 MtCO₂/an évitées.

CONCLUSIONS

Avec les modes de calcul actuels et les scénarios retenus, d'ici 2030, la forêt et ses filières sont donc susceptibles de stocker 5 MtCO₂/an supplémentaires, en soulignant bien que ce stockage est temporaire, et d'éviter la libération dans l'atmosphère de 36 MtCO₂/an supplémentaires, se substituant ainsi à une énergie non renouvelable équivalente à 10 millions de tep 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,
- 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 dont la croissance 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,
- un développement de la filière énergie à partir du bois (bois énergie, biocarburants).

Toutefois, compte tenu du fort enjeu de ce secteur de la forêt et de la bioéconomie dans la lutte contre le changement climatique, et compte tenu de la forte incertitude demeurant sur le calcul des effets de stockage et de substitution, une expertise collective englobant ces questions est hautement souhaitable.

4.3.2. Biomasse, biofilières 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 celluloses 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 CO ₂ . 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 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-bio-matériaux » (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 cultures³⁰.

* **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 alimenter certaines filières de la chimie. Ils sont désormais certifiés en regard de critères de durabilité européens et leurs co-produits sont précieux dans l'alimentation animale. Les technologies de 2ème et 3ème 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 agro-pellets), 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 co-génération 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 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, d'ores et déjà, 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.

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 % ; 1,2 M ha)

*bio-déchets # 1,5 Mtep/an (bio-incinération, méthanisation)

³⁰ Ces filières (hors xylo-chimie) occupent, à la production, 400 000 ha environ de grandes cultures variées (amylacés, textiles, oléagineux, betteraves, etc...), 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

>>>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

Outre l'agro-alimentaire (CA de 140 mds €/an et 400 000 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 30 ans tout au plus (neo-matériaux, chimie, carburants, bio-combustibles). Elles « pèsent » déjà, en France 14 milliards de chiffre d'affaires annuel et 70 000 emplois...

Chiffres 2012 source ADEME et CLUB des Bio-économistes

Il est intéressant, à titre indicatif, de resituer ces chiffres 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 (17Mha contre 27Mha), consacre 2,4 millions d'hectares aux cultures non alimentaires, (env. 1,8 Mha en France), dont 40% pour les biocarburants, mais avec surtout 50% consacrés à des cultures dédiées à la méthanisation (chiffre qui n'a pas son équivalent en France et que la nouvelle loi énergétique allemande devrait stabiliser) et avec 10% seulement pour les bio-produits (c'est plus du double en France). La stratégie de l'Allemagne est donc clairement orientée en priorité par son besoin de produire surtout des biocarburants d'une part (comme en France), et de la bioélectricité en base d'autre part (méthanisation et bio-cogénération) pour pallier son retrait du nucléaire.

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 comme déchets et sous produits), on constate bien de fortes similitudes stratégiques entre nos deux pays pour le développement des biofilères. Seules la méthanisation et la chimie du végétal différencient nos stratégies, et une « coopération climatique » entre France et Allemagne serait donc particulièrement souhaitable.

Un objectif global de 10% de ces mêmes parts de marchés « bio-sourcées » (soit un doublement) est visé en France à l'horizon 2030. La biomasse devrait assumer en outre plus de 50% du chemin à parcourir pour satisfaire nos ambitions énergétiques renouvelables³¹. 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 toujours mises en avant dans toutes ces prévisions, à la lumière des ambitions européennes et françaises de transition énergétique, cette stratégie doit englober aussi la mise en valeur simultanée 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 bio-matériaux pour la France).

A l'horizon 2050, l'objectif du facteur 4 fixé par l'Union Européenne (indicatif pour les Etats qui le traduisent plutôt en engagements volontaires) pourrait porter les objectifs de développement des produits bio-sourcés à 20 à 25% de parts de marché dans l'approvisionnement de l'économie (matériaux, chimie, énergie). Ainsi, la bio-économie pèse à l'évidence très lourd dans ces perspectives futures.

Il faut savoir qu'en matière de bio-ressources valorisées, la feuille de route 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 pour la forêt), pour 30% de celles de la filière « agriculture-IAA » et pour 10% des bio-déchets. Le tout est considéré à partir des gisements nationaux de bio-ressources, qui sont supposés pouvoir répondre durablement à ces besoins et sécuriser prioritairement les approvisionnements des filières alimentaires et des bio-matériaux qui sont préexistantes et concurrentes sur les marchés des bioressources (d'où la recherche de synergies inter-filières). Il s'agit effectivement de défis très lourds, à la hauteur des enjeux climatiques. Mais la France n'est pas en retard, 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 Etats Unis, le Brésil, la Chine et l'Allemagne.

Potentiel d'atténuation de GES pour les biofilères agricoles et forestières

³¹ Feuille de route adoptée dans le cadre du « paquet énergie-climat » européen- 2020- (en cours de révision à l'horizon 2030)

Si l'on convertit en « équivalent CO₂ » les données actuelles et futures qui viennent d'être présentées pour les biofilères, et pour le secteur forêt-bois, on peut parvenir à évaluer avec approximation les impacts et les bilans carbone des filières bois énergie et biogaz, biocarburants, bio-matériaux et chimie biosourcée, aujourd'hui et à échéance 2030 (avec leurs effets stockage de carbone et substitution de GES):

***Bois énergie³²:**

> réductions des émissions par substitution pouvant passer de **35 MtCO₂ à 50 MtCO₂/an**

***Biocarburants³³:**

> réductions des émissions par substitution pouvant passer de **6 MtCO₂ à 12 MtCO₂/an**

***Bois-fibres-matériaux³⁴:**

> réductions des émissions par substitution pouvant passer de **35 MtCO₂ à 50 MtCO₂/an**
> effet stockage simultané augmenté de **10MtCO₂/an**

***Chimie du végétal, polymères et composites³⁵:**

> réductions des émissions par substitution pouvant passer de **2 MtCO₂ à 6 MtCO₂/an**

Il en résulte un total de réduction des émissions possible à l'horizon 2030, par substitution, de l'ordre de 40 MtCO₂/an (passage de 78 à 118 MtCO₂/an), auxquelles s'ajoutent + 10 MtCO₂/an supplémentaires d'émissions évitées par stockage dans les produits bois.

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

Politiques, instruments et facteurs de développement

Le développement des biofilères³⁶ 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 20MW 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 énergétiques du secteur des énergies renouvelables (EnR) de revendre leur production sur le réseau (production électrique, ou 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 (Etat, 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 pour soutenir les investissements dans le bois énergie collectif et industriel.

³² cf 3-4-1

³³ La filière biocarburants substitue actuellement, et en valeur nette, 1,5Mtep/an d'hydrocarbures en évitant alors l'émission annuelle d'environ 6 M tonnes de CO₂ (soit environ 5tCO₂ par hectare de cultures). L'objectif 2030 viserait globalement à doubler ces objectifs énergétiques (soit 15% des carburants distribués), avec la 2e génération, soit, une perspective probable de substitution d'hydrocarbures pouvant aller jusqu'à l'équivalent de 12 Mt CO₂

³⁴ cf 3-4-1

³⁵ En appliquant à ces filières, 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 5tCO₂/ha, soit un total de 2MtCO₂ d'émissions de GES. l'objectif 2020/2030 prévu le plan chimie du végétal de 2007 était de multiplier par trois ces productions en 10 à 15 ans, soit, vu le dynamisme de ces filières, une substitution d'environ 6 MtCO₂

³⁶ Nous parlerons surtout de celui des bioénergies car peu d'outils publics s'appliquent en fait aux bio-produits

Tous ces dispositifs font un levier maximum au profit des filières bioénergétiques et ignorent totalement de fait les filières concurrentes (en approvisionnement) comme celles des biomatériaux, du bois et de la chimie du végétal. Une vigilance particulière est donc indispensable pour la filière bois ou pour l'agroalimentaire (biocarburants) dont ces nouvelles biofilières énergétiques consomment les mêmes ressources³⁷. D'où 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, 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 biofilières, 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 les externalités attractives et nombreuses de ces biofilières (innovation, créations nettes d'emplois, réductions des importations...), on comprend à quel point la bio-économie constitue désormais une priorité pour l'agriculture et la forêt, comme pour les marchés de l'énergie carbonée, des matériaux (dont la construction bois) et pour la chimie.

4.4. Pertes et gaspillages

Les systèmes alimentaires modernes sont très amplificateurs d'émissions 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.

De l'amont vers l'aval, la production intègre une consommation croissante de carbone au long de son cycle de vie. Par conséquent, les pertes à l'aval de biens alimentaires intègrent tout une « filiation » 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 « 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 MAAF 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 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 Mt CO₂eq, à répartir évidemment sur l'ensemble des sources de production, de transformation et de distribution, nationales ou étrangères, alimentant la consommation finale française, pour un coût global de près d'un milliard d'euros en tendance annuelle pour l'ensemble de la population française et de ses filières économiques.

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

³⁷ L'Allemagne, notamment, a pu mesurer ce danger il y a quelques années quand, pour pallier son retrait du nucléaire, elle a voulu encourager fortement et massivement la production de bio-électricité par de la méthanisation et du bois-énergie, avec des tarifs d'achat électriques et des aides très élevés. Il en est résulté aussitôt de graves perturbations sur les approvisionnements de certaines usines de panneaux, incapables de faire face aux concurrences de prix d'achat des ressources-bois de la part des sites bioénergétiques. De même, singulièrement (comme nous l'avons vu), ces surtarifications électriques, assorties d'aides, ont conduit en Allemagne à la mise en culture de 800 000 ha de maïs (près de 10% de la SAU) destinés à la méthanisation au détriment de l'alimentation. Depuis, l'Allemagne a dû corriger ces dérives dangereuses... Mais celles-ci doivent en tous cas nous servir de leçon car elles montrent combien l'évaluation, la gouvernance et la recherche de synergie entre les bio-filières sont fondamentales.

4.5. Conclusion : 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 AFOLU, ceci 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 peuvent parfois être supérieurs aux seules réductions directes d'émissions dans les exploitations.

Le tableau qui suit en présente une synthèse.

<u>Les leviers les plus efficaces en France pour la prévention climatique à 2030</u> (chiffrage des gains potentiels)	
–	<u>l'agroécologie</u> pour réduire les émissions et favoriser les meilleures conditions de stockage dans le sol et les végétaux : 30 à 50% du potentiel de réduction identifié par l'INRA, à coût négatif ou nul, correspondrait à 10 à 15 MtCO₂eq/an
–	<u>la limitation de l'artificialisation des sols et du retournement des prairies</u> : une réduction de 50% du changement d'usage permettrait un gain de 8 à 10 MtCO₂eq/an
–	<u>l'augmentation de la capacité productive de la forêt</u> par une politique dynamique d'exploitation et de reboisement et de <u>stockage dans les produits bois</u> : 5 MtCO₂eq/an
–	<u>le développement de la substitution par les filières de la bioéconomie</u> : 40 MtCO₂eq/an
En outre, la réduction du gaspillage alimentaire, qui touche 30% de notre production agricole consommable, serait un levier complémentaire d'autant plus important qu'il permettrait également d'économiser les émissions sur toute la chaîne alimentaire : 10 MtCO₂eq/an au total pour une réduction de 20%.	

Si l'on considère que le secteur des terres (AFOLU), représente en France 46,4 MtCO₂eq/an d'émissions³⁸, 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 moitié 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 78MtCO₂/an, augmenterait de 50% à l'échéance 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, ainsi que de dynamisation de la sylviculture, de la filière bois et de la bioéconomie.

³⁸ mais seulement 32, 4 MtCO₂eq/an si l'on en déduit les effets de l'urbanisation, non imputables à l'agriculture

5. 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. La baisse annoncée pour la France à l'horizon 2050 est importante car chiffrée de 20 à 30%. Et la baisse des débits d'étiage sera encore bien 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 30 ans (+ 0,8°C en hiver), est passée de la catégorie climatique « méditerranéen sub-humide » à la catégorie « méditerranéen semi-aride ». En 30 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 fortement impactée par la récurrence accrue 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, nos visions sur l'eau et sur l'adaptation vont devoir évoluer. Le GIEC souligne notamment l'importance nouvelle du **stockage de l'eau** et de l'**irrigation**, y compris en Europe, afin de pouvoir satisfaire les nouveaux besoins agricoles en eau tout en prévenant les

conflits d'usages. La gestion de l'eau va donc devoir évoluer et le stockage devra être considéré comme un moyen de l'adaptation face au climat, un outil de gestion des risques.

Une vision d'adaptation de type « sobriété » n'est plus suffisante. Ainsi, la prospective Garonne 2050, élaborée par l'Agence de l'eau Adour-Garonne, a montré que la mise en œuvre 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 aussi exploré un scénario « stockage de l'eau » et montré qu'il permettrait en revanche de répondre aux besoins, d'accroître la surface irriguée et la production 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'Etat en 2012, a souligné la spécificité du climat méditerranéen, et a proposé la conjugaison de mesures de stockage et d'évolutions de pratiques culturelles économes en eau³⁹.

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 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 de stocker et 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...) et la demande (efficience, choix de cultures...) 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, de conservation des eaux et 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

³⁹ Pour permettre l'adaptation de l'agriculture régionale, le PRAD s'est fixé comme priorité d'améliorer l'accès à l'eau par une politique de stockage (réalisation de 50 retenues d'eau par an) et de transfert (projet AquaDomitia). Il se propose par ailleurs d'intégrer les spécificités méditerranéennes (indices d'aridité) dans les critères de zonage des handicaps naturels, de soutenir l'adaptation du matériel végétal et de promouvoir des pratiques culturelles économes en eau.

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 est l'étalement urbain, tandis qu'ailleurs, c'est 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 concernant 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, les aspects agricoles et forestiers sont restés encore 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. Hors 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 dus 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, qui se combinent avec d'autres effets du changement climatique comme 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 également 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 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-surveillance 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-surveillance 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 ?

- **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'UE autorise les Etats 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-. Enfin, 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.

- **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/PVE⁴⁰, 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 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 doivent évoluer, nécessitant de passer à une politique volontariste de stockage et d'irrigation.**
- **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.

⁴⁰ 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 valorisation des possibilités de substitution en aval.

Pour réussir à dépasser les blocages actuels ou prévenir les risques de blocages, il nous faut donc apprendre à raisonner à la fois « climat et sécurité alimentaire », « adaptation et atténuation », « local et global », « Nord et Sud », dans le périmètre élargi du secteur des terres, et 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.
- 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 risques pour l'intégrité de certains Etats.
- 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 / gestion durable des terres avec recours aux approches agro-écologiques, et, une autre gestion de l'eau visant notamment le développement de l'irrigation.⁴¹

⁴¹ 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

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 considérables⁴².

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 ne soit pas 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 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, avec ses voisins du Sud et la FAO, contribuer à cette nécessaire émergence de regards croisés. Les Conseils généraux des Ministères de l'agriculture du Maroc et de la France et l'AFD, par exemple, ont prévu d'y consacrer leur 3^{ème} séminaire international « SESAME ».

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 « agriculture » ou « forêt » de façon séparée.

Ainsi, l'Afrique se doit absolument d'intensifier son agriculture pour répondre aux nouveaux besoins d'emplois et alimentaires. 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 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

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.

⁴² 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.

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 dans d'autres régions du Monde avec des risques presque certains de générer in fine un bilan climatique 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'efficience*, mesurable en quantité produite / émissions générées / stockage et substitution générés, *et de résilience* (adaptation) plutôt qu'une 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 (Etats Unis, UE,...) a pu en effet être perçu comme un 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 prudence et avec une grande vigilance, car il ne faut pas risquer 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 de substitution. Le GIEC le souligne d'ailleurs clairement tout en relevant également leur intérêt potentiel pour accroître l'emploi et les revenus ruraux.

La double question de l'atténuation et de la sécurité alimentaire pose donc de façon cruciale celle de notre capacité collective à *accroître 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 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.

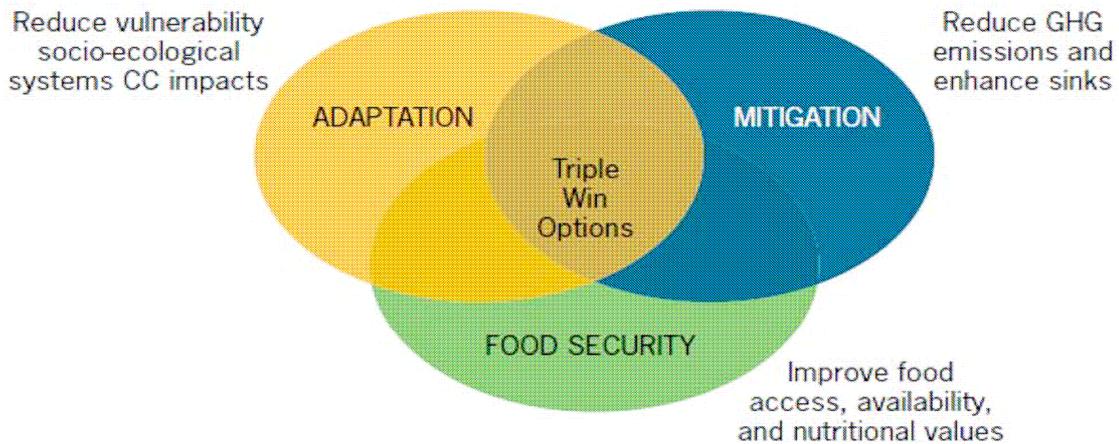
Encore faut-il que les options d'adaptation/atténuation choisies prennent aussi en considération les enjeux de sécurité alimentaire, d'emplois et de bien-être des populations rurales concernées. Il existe en effet de nombreuses options dont la mise en œuvre conduirait à un recul important des productions, 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'accroître 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 biofilières, 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 MAAF, 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 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 qui 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 et de nos 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 aussi 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 et aux conditions écologiques du milieu, est l'un des facteurs importants de la mobilisation des

ressources. 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 aux matières et aux 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'UE, 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.