



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

Septembre 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 qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que la production alimentaire ne soit pas menacée »
(Article 2 de la Convention)**

Sommaire

| | |
|---|----|
| 1. Introduction et contexte | 3 |
| 2. L'agriculture et la forêt face au défi de l'atténuation du changement climatique : la problématique mondiale | 5 |
| 2.1. Le dérèglement du climat s'aggrave et les secteurs responsables de l'aggravation sont principalement l'énergie, l'industrie et les transports | 5 |
| 2.2. Les émissions de CO ₂ sont fortement compensées par le stockage du carbone dans les sols et la biomasse ; grâce à la photosynthèse, les filières « des bois et des champs » jouent un rôle d'amortisseur climatique | 5 |
| 2.3. Le secteur des terres (agriculture et forêt), émetteur important de CH ₄ et de N ₂ O, représente au total 24% des émissions mondiales de GES, mais les chiffres sont à interpréter avec précaution | 8 |
| 2.4. Un énorme effort d'atténuation est nécessaire et le secteur des terres (agriculture et forêt) est d'importance stratégique | 9 |
| 2.5. La restauration des terres agricoles dégradées et des sols cultivés, ainsi que la préservation et la gestion des forêts représentent, à l'échelle mondiale, des priorités d'action de premier rang | 10 |
| 2.6. Les pertes et gaspillages alimentaires, sources conséquentes d'émissions de GES | 11 |
| 3. L'agriculture et la forêt françaises face aux défis de l'atténuation | 12 |
| 3.1. Les émissions de GES du secteur des terres en France : les chiffres de l'inventaire national | 12 |
| 3.2. Gaz à effet de serre : un bilan global difficile à reconstituer et peu lisible | 13 |
| 3.3. L'utilisation du territoire : donner priorité à la préservation des terres agricoles et des prairies | 17 |
| 3.4. Une agriculture productive, sobre, résiliente et diversifiée : l'agroécologie | 21 |
| 3.5. Forêt, biomasse et bioproduits, un puits de carbone dynamique et en interaction avec les autres secteurs | 28 |
| 3.6. Pertes et gaspillage | 37 |
| 4. Risques climatiques, voies d'adaptation et stratégies territoires/filières | 39 |
| 4.1. Les risques qui pèsent sur l'agriculture et la forêt françaises | 39 |
| 4.2. Réviser nos visions sur l'eau et sur l'adaptation | 39 |
| 4.3. Faire le choix de trajectoires vertueuses sur les territoires, nouvelles visions et projets d'adaptation ou d'atténuation | 40 |
| 4.4. Maladies animales et végétales, un risque sanitaire accru | 41 |
| 4.5. Face à l'aggravation du risque, quelle assurance ? | 42 |
| 5. Les aspects internationaux : penser et agir ensemble le climat et la sécurité alimentaire, l'adaptation et l'atténuation, le Nord et le Sud | 44 |
| 6. Conclusion | 49 |

Avvertissement : 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.

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.

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 aussi 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 dans notre sud immédiat (Méditerranée, 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 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'une contrainte forte 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

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.

climatique. Ils craignent en effet de se voir imposer, au nom du climat, des mesures restrictives contraignantes pour leur agriculture, leur sécurité alimentaire et leurs exportations.

- Face à une problématique et 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 (émissions et stockage) du secteur ainsi que de sa contribution possible à l’atténuation du changement climatique, au niveau mondial puis au niveau français (chapitres 2 et 3). 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 l'énergie, mais avec généralement des processus sobres et des éco-bilans très favorables par rapport aux filières traditionnelles de l'ère industrielle. Dans le même temps, ces productions « des champs », comme celles « des bois », captent et stockent le carbone atmosphérique dans les végétaux et dans les sols via la photosynthèse. Du strict point de vue du carbone, ce qu'elles émettent comme gaz carbonique d'un côté (CO₂), elles le réabsorbent ou l'ont déjà réabsorbé de l'autre, et elles stockent en outre ce carbone transitoirement, en contribuant significativement à lutter contre la dérive climatique de notre planète.

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

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

- *les économies d'énergie et de matières premières, grâce à des bio-filières 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 CH₄ et de N₂O 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 s'aggrave et les secteurs responsables de l'aggravation sont principalement l'énergie, l'industrie et les transports

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 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** » est concerné à la fois par le CO₂, et par le CH₄ et 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 sa spécificité 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. Les émissions de CO₂ sont fortement compensées par le stockage du carbone dans les sols et la biomasse ; grâce à la photosynthèse, les filières « des bois et des champs » jouent un rôle d'amortisseur climatique

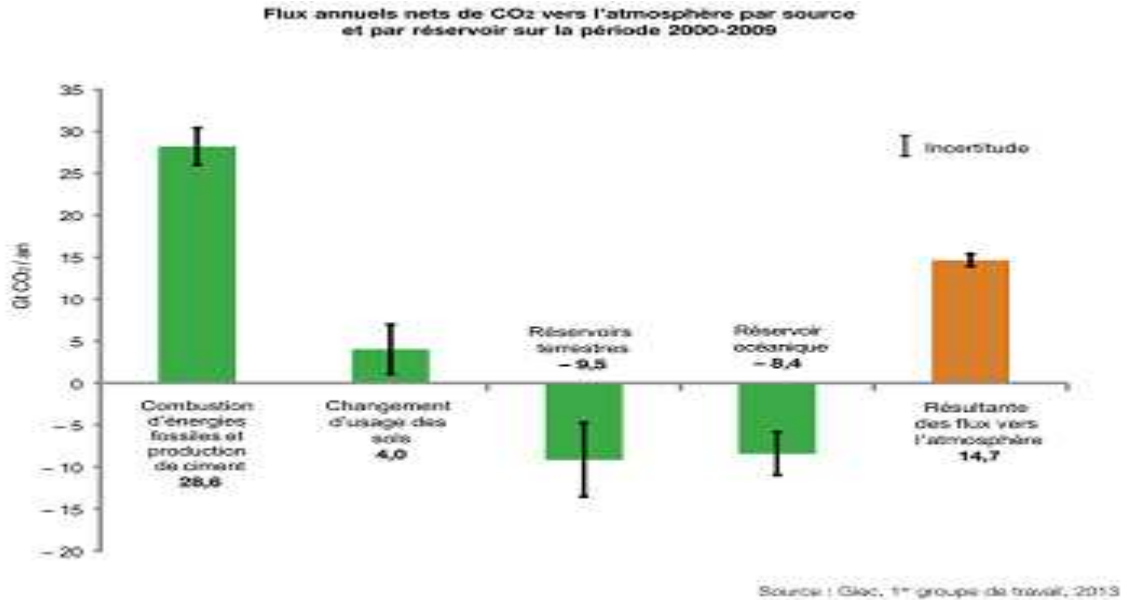
Le dioxyde de carbone (CO₂) est donc le principal gaz à effet de serre et ses émissions sont d'abord le fait de la consommation de combustibles fossiles, toujours en très forte croissance (32 GtCO₂/an en 2010).

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 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 moindre mais non négligeable 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 peuvent plus stocker. 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.

Le carbone stocké peut ainsi à son tour être ré-émis : 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 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, occupent 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 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 aussi, 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 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 aussi avec la même sensibilité au climat³. En Europe, ce stock est toujours fortement croissant, une étude ayant en effet montré qu'en moyenne il s'accroissait de 76gC/m² et par an. Les terres arables stockent moins de carbone. Ainsi, la mise en culture, le retournement des prairies, conduit 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 conduit à d'importantes émissions de GES.

Si **la forêt** constitue généralement un puits de carbone, sa capacité de stockage varie au cours du temps : il est maximal dans une forêt jeune, en pleine croissance, puis il se réduit lorsque le peuplement devient mature⁴. Si l'on veut donc faire jouer pleinement à la forêt son rôle de « pompe à carbone » en faveur de l'atténuation du changement climatique, il importe de prendre en compte la dynamique de la sylviculture et la filière forêt-bois dans son ensemble. Il est indispensable en effet d'intégrer dans le bilan carbone global le stockage forestier du carbone mais aussi le cycle de vie associé à l'aval à la valorisation du bois en matériaux, en fibres, en xyl-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), au plus près de leur accroissement moyen maximum, et de valoriser le bois récolté au maximum 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) peuvent accroître et prolonger la bioséquestration du carbone et fonder le développement d'une bio-économie renouvelable et sobre. Ces itinéraires doivent donc de la même façon 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,
- les puits de carbone en tant que retardateurs des échéances climatiques.

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

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. Le secteur des terres (agriculture et forêt), émetteur important de CH₄ et de N₂O, représente au total 24% des émissions mondiales de GES, mais les chiffres sont à interpréter avec précaution

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, le secteur de l'agriculture et de la forêt y sont maintenant analysés dans un sens élargi (l'agriculture, la forêt, l'usage des terres et ses changements) : le GIEC a en effet enfin reconnu la spécificité du 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 forêt (UTCATF⁷). Ce secteur élargi est dénommé en anglais « AFOLU »⁸.

Ce secteur de l'agriculture élargi (AFOLU) représente actuellement, selon le GIEC et ses conventions de calcul, un total d'émissions mondiales d'environ 10 à 12 Gt CO₂eq/an, soit 24% des émissions mondiales anthropiques de GES (49 Gt CO₂eq/an)⁹. 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 de 30,7% (GIEC 2007) à 24% (GIEC 2014).

- **Les émissions de GES par l'agriculture et 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, ainsi que du fait du 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 de l'énergie.

- **Les émissions de GES liées à l'usage des terres et à ses changements** 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 UTCATF : utilisation des terres, changements d'affectation des terres et Forêt

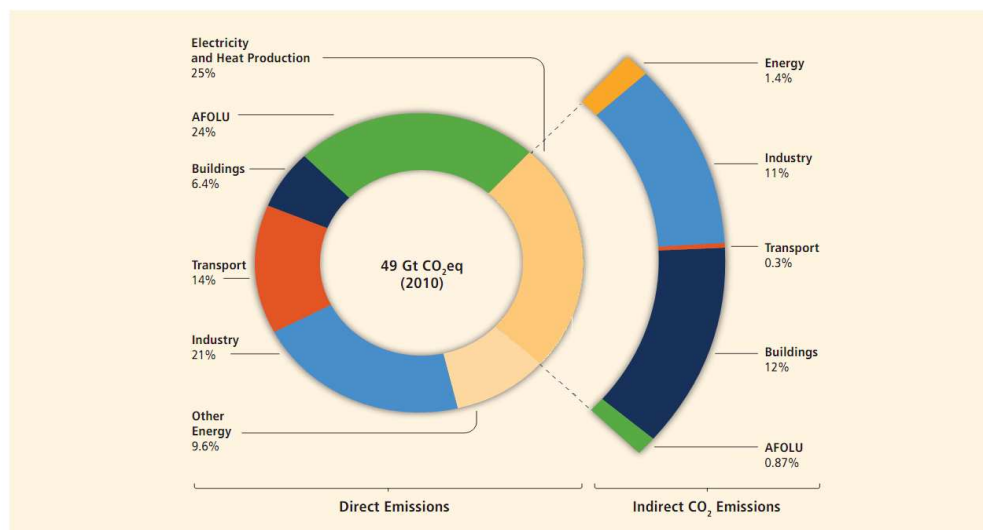
⁸ AFOLU : Agriculture, Forestry and Other Land Use.

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) sont aussi en cause dans le bilan global des émissions du secteur AFOLU, et ils en représentent **3%**.

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

Greenhouse Gas Emissions by Economic Sectors



Ces chiffres 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 :

- Les chiffres d'émissions de GES du secteur agricole et forestier ne représentent pas des flux nets réellement émis vers l'atmosphère, car le stockage additionnel de carbone dans les sols et dans la biomasse n'est pas intégré ni déduit dans les bilans, puisqu'il est comptabilisé par le GIEC de façon totalement séparée (forêt et prairies) ou non comptabilisé (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 le stockage du carbone photosynthétique n'est donc pas mis au crédit de l'agriculture et de la forêt dans ces calculs d'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 prises en compte comme émissions du secteur AFOLU. Par exemple, l'étalement urbain (dont les émissions sont comptées au « débit » de l'agriculture) a une responsabilité importante dans ces émissions (disparition de terres agricoles).
- L'effet de « substitution » (économies d'énergie et de GES) n'est pas pris en compte dans les données AFOLU. Pourtant, l'utilisation de la biomasse et des bio-produits en remplacement d'hydrocarbures, de ciment, de métaux ou de plastiques, etc... permet de réduire fortement les consommations énergétiques et les émissions globales planétaires de GES.

2.4. Un énorme effort d'atténuation est nécessaire et le secteur des terres (agriculture et forêt) est d'importance stratégique

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 dans l'activation de la photosynthèse. Il souligne aussi l'apport irremplaçable de ce secteur pour la sécurité alimentaire mondiale et pour le développement durable (emplois, revenus ruraux, développement et équilibre des territoires) en même temps que sa capacité à produire des services environnementaux dont, en particulier, l'atténuation du changement climatique.

Les scénarios documentés au niveau mondial montrent en effet que :

- le secteur AFOLU, en comptabilisant aussi l'effet 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 de séquestration et 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 par exemple.

La bonne gestion des terres constitue ainsi 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 la séquestration et du stockage du carbone et la substitution de bio-produits, le tout en visant 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 ainsi 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, en optimisant les mesures possibles et en prenant en compte l'impératif de la sécurité alimentaire.

2.5. La restauration des terres agricoles dégradées et des sols cultivés, ainsi que la préservation et la gestion des forêts représentent, à l'échelle mondiale, des priorités d'action de premier rang

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 aussi 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. 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 (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 efficace, 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 aval sont beaucoup plus importantes (31 à 40%) dans les pays développés 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, et que 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.

3. L'agriculture et la forêt françaises face aux défis de l'atténuation

3.1 Les émissions de GES du secteur des terres en France : les chiffres 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 et le secteur des forêts et de l'utilisation des terres (UTCATF).

Le secteur de l'agriculture

En France, les émissions globales du « compartiment agriculture »¹⁰ sont chiffrées 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 (496 MtCO₂eq/an, secteur UTCF non compris). 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.

Toutefois, en ajoutant à ces chiffres de base l'énergie fossile utilisée par le secteur agricole (agriculture, sylviculture et pêche), soit 11,4 MtCO₂eq, le total des émissions « agricoles » françaises au sens large s'élèverait à 101,1 Mt CO₂eq, soit 20% du total des émissions françaises de GES.

Rappelons que les autres secteurs économiques qui sont fortement émetteurs sont celui du transport (27%), de l'industrie et du résidentiel tertiaire.

Le secteur UTCATF (Forêt et usage des terres)

Les émissions du secteur UTCATF en 2012 (usage des terres, avec ses changements et la forêt) étaient quant à elles de – **44,3 MtCO₂eq/an**, donc négatives. Le secteur UTCATF 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 (dû 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 aux forêts (-69, 5 MtCO₂) et aux prairies (-11,8). Il est cependant réduit, en contrepartie, par l'effet négatif, d'une part, de l'artificialisation des sols (+14 MtCO₂eq d'émissions), et, d'autre part, des mises en cultures d'anciennes prairies (+25,6 MtCO₂eq).

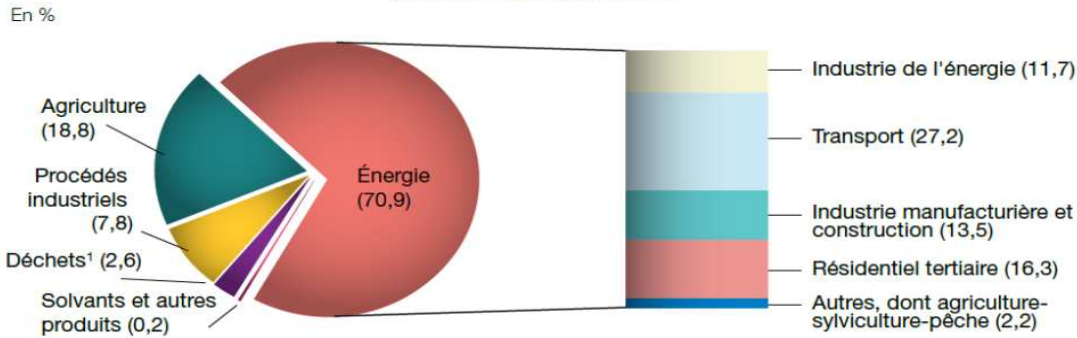
Le secteur **AFOLU**¹¹ en France représenterait donc ainsi une émission « nette » de GES (émissions de N₂O et CH₄ de l'agriculture [89,7] + effet UTCATF [- 44,3]) de **46,4 MtCO₂eq/an**, soit 10,2% du total national¹².

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

¹¹ AFOLU regroupe désormais, dans les comptes du GIEC, l'agriculture et ses émissions, et le secteur UTCATF (sols et forêts) et son stockage/déstockage de carbone

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

Répartition par source des émissions de GES en France en 2011 (DOM inclus)
(486 Mt CO₂éq. hors UTCF²)



Source : Agence européenne pour l'environnement, juin 2013

1. Hors incinération des déchets avec récupération d'énergie (incluse dans « Industrie de l'énergie »). Détail page 32.
2. Utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF).

3.2 Gaz à effet de serre : un bilan global difficile à reconstituer et peu lisible

Si l'on inclut l'énergie fossile qui est utilisée par l'agriculture, les émissions agricoles françaises de GES se répartissent de la façon suivante :

- 50% N₂O : fertilisation
- 40% CH₄ : élevage et rizières
- 10% CO₂ : énergie, mécanisation

Analysons, gaz après gaz, la problématique de ces trois grands GES, leur poids, et leurs contraintes vis à vis de nos productions « des champs et des bois ».

- N₂O 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 sur une trajectoire de division par quatre de ses émissions de gaz à effet de serre (GES) du niveau de 1990, d'ici 2050. 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 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, par exemple, sur l'application des critères de durabilité liés aux biocarburants.

- CH₄, (méthane), est le deuxième gaz à effet de serre qui soit largement spécifique à l'agriculture, et 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).

L'agriculture et le méthane

Les émissions de méthane de l'agriculture comptent pour plus de 50% des émissions totales de méthane planétaire et pour plus de 70% des émissions françaises de méthane. 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, 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.

-CO₂, est le dernier gaz à effet de serre pouvant être imputable partiellement à l'agriculture et à la sylviculture. Il a une place marginale dans les bilans GES du secteur AFOLU puisqu'il est lié directement à la consommation d'énergie hydrocarbonée, laquelle est très faible pour l'agriculture (de l'ordre de 2,3% de l'énergie totale consommée en France). Il est intéressant de noter que, là où l'agriculture française a une consommation énergétique directe de 3,7 Mtep/an environ¹³, la valeur énergétique totale de la production agricole de notre pays (environ 140 Mt /an toutes productions confondues) équivaudrait en contrepartie à 40 Mtep/an environ, soit 10 fois plus que la totalité de l'énergie consommée. La photosynthèse en agriculture est donc un « moteur énergétique » à plus de 1000% de rendement...!

L'agriculture et la forêt sont donc, certes, des secteurs émissifs de GES, et qui peuvent et doivent encore progresser dans la maîtrise de leurs émissions. Mais ces secteurs sont aussi des facteurs exceptionnels et sans égal de fixation et de stockage du carbone via la photosynthèse.

Qu'en est-il alors de nos bilans globaux, agricoles et forestiers, en matière de GES, flux et stocks confondus ?

Les bilans de l'agriculture et des forêts sont restés longtemps éclatés entre plusieurs compartiments de comptes d'émissions de GES aux logiques différentes (émissions énergétiques, émissions non énergétiques, UTCATF...). Ce sont donc autant de comptes qu'il faut tenter de regrouper et de réconcilier (par exemple dans la logique de la mise en place d'un secteur des terres, que le dernier rapport du GIEC a commencé à aborder...).

Une consolidation des flux annuels de GES, en France, peut être approchée plus ou moins complètement, du moins en ordre de grandeur à partir des données éclatées du 3-1:

***L'agriculture et ses filières :**

Le périmètre concerné est ici celui de l'agronomie et de l'élevage, en s'arrêtant avant la transformation, la distribution et la consommation :

- émissions agricoles: Elles sont de 90 MtCO₂eq/an, composées principalement de N₂O et de CH₄
- émissions énergétiques liées à l'agriculture : Elles sont de 11MtCO₂/an de CO₂
- stockage de carbone dans les sols de prairies : Il est estimé à 12MtCO₂/an pour l'ensemble des prairies, mais il est contrebalancé par un déstockage de 26MtCO₂/an qui est lié aux remises en culture (retournement des prairies). Cette comptabilisation en « négatif », liée aux prairies, n'est toutefois pas complète puisqu'elle ne quantifie pas, parallèlement, le stockage de carbone des sols cultivés (hors prairies), ni des pratiques culturales (ex. sans labour) à l'évidence plus favorables au stockage de carbone dans le sol
- 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)

¹³ tep = tonne équivalent pétrole soit 11,2 MWh

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

TOTAL au bilan de l'agriculture¹⁵ :

émissions :-101MtCO₂/an

stockage/déstockage :-14MtCO₂/an

en outre, la substitution de produits et énergies fossiles par des bioproduits a permis une économie d'émission de 8MtCO₂/an

Apparaissent ici, au delà des efforts nécessaires de réduction des émissions :

- l'importance majeure du maintien des prairies, et donc le rôle essentiel de l'élevage à l'herbe.
- la substitution très performante de produits fossiles ou coûteux en énergie par les filières de la bioéconomie, qui apportent déjà une contribution significative, avec des marges de progrès importantes
- hors du périmètre de l'agriculture, (mais décomptée toutefois dans le secteur des terres) l'artificialisation des terres, (dont l'urbanisation), qui génère un déstockage complémentaire de **14 MtCO₂** par an, et qui souligne la nécessité de réduire drastiquement cette conversion des terres agricoles.

***La forêt et ses filières :**

On y observe:

- des émissions d'origines énergétiques (CO₂), relativement réduites et limitées à l'exploitation forestière, au transport et aux industries de transformation.
- un stockage massif de carbone dans la forêt (69MtCO₂/an)
- un stockage dans les produits de la filière bois, à l'aval (4,7MtCO₂/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 (env 9Mtep/an correspondant à environ 35 MtCO₂/an)¹⁶
- une substitution parallèle de la biomasse dans l'usage des matériaux (béton, acier, plastique...): On en fait une évaluation grossière de 35 MtCO₂/an (pour 25Mm³ de matériaux bois produits par an dans la filière)

TOTAL au bilan de la forêt et de sa filière¹⁷ :

stockage : +69MtCO₂/an en forêt + 5 MtCO₂/an dans les produits bois

en outre, la substitution de produits et énergies fossiles par des bioproduits a permis une économie d'émission d'environ +70MtCO₂/an

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 valorisation complémentaire du bois d'œuvre à l'aval (prioritairement), ainsi que du bois d'industrie et du bois énergie, apparaît donc comme un des leviers « climatiques » les plus puissants.

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.

***La comptabilisation des GES de l'agriculture et de la forêt présente de réelles limites :**

La segmentation historique de la comptabilisation des GES, au sein du paquet énergie-climat européen, assortie d'objectifs cloisonnés, s'exprime dans trois « compartiments » aux logiques indépendantes, voire parfois contradictoires :

¹⁵ Les chiffres figurés en négatif correspondent à des émissions. Ceux qui sont affectés d'un + sont des absorptions. chiffres Agence Européenne de l'Énergie pour les émissions, CITEPA pour stockage et CGAAER pour la substitution

¹⁶ 1 tep= 4 tCO₂ environ

¹⁷ chiffres CITEPA(sept 2014) pour le stockage, CGAAER pour la substitution (cf 3-4-1 sur la forêt), non comptée la fixation par les sols

- Le compartiment des industries énergivores (ETS/principalement lié au CO₂) concerne notamment les importantes centrales à biomasse pour lequel des objectifs ambitieux de substitution d'énergie fossile par de la biomasse ont été fixés (e.g. paquet énergie climat visant près de 50% de la croissance de nos énergies renouvelables à assurer par des bioénergies d'ici 2020, puis 2030). Ces objectifs nécessiteront en particulier de déstocker du bois supplémentaire des forêts pour mieux le valoriser à l'aval.
- Le compartiment des émissions diffuses (non ETS) : agricoles, transport, résidentiel/tertiaire et déchets (CO₂, N₂O et CH₄) met en jeu des réductions directes possibles des émissions de l'agriculture, mais concerne aussi la substitution de produits conventionnels par des bioproduits et des biocarburants, la substitution d'énergie par la biomasse dans les logements...
- Les inventaires de stocks de carbone dans le sol et la végétation, ainsi que, à partir de 2015 / chiffres 2013 (conférence de Durban), dans les produits des filières du bois, 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 l'absorption) sans que l'importance stratégique du stock « aval » de carbone dans la filière bois et dans ses effets de substitution soient explicités et mis en balance....

Les prises de décision ainsi cloisonnées ont pu conduire parfois 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 du stock de carbone en forêt. Comment alors équilibrer cette compensation si la méthodologie d'inventaire du GIEC 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, et par construction, les bénéfices de la substitution à l'écart. Il y a donc là une opportunité à saisir pour l'agriculture et la sylviculture, pour faire évoluer nos modes de comptabilisation de GES européens. On notera en outre que le rapport du 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. Et c'est 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 comptabilisation forfaitaire de certains GES par le CITEPA n'incite pas à l'évolution des pratiques agricoles**

on doit souligner que :

- 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, les marges de progrès agroécologiques annuelles, estimées en France à hauteur de 28MtCO₂eq de réductions potentielles d'émissions par l'INRA, ne se trouveraient être comptabilisées et valorisées 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 d'une façon qui reflète mieux, 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 nécessaire de mobiliser la recherche sur ces questions. Il est par ailleurs nécessaire de pouvoir produire les statistiques agricoles permettant de mesurer les progrès vers une agriculture climato-intelligente (par exemple : surface en agroforesterie, surface agricole en semis direct, etc.) et d'en tenir compte dans les futurs calculs des émissions de GES.

Leviers d'action et potentiels d'atténuation

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 lutte contre les changements d'usage des terres**
- **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**

Pour chacun de ces axes, les gains potentiels d'émissions s'élèvent 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, un chiffrage sur les impacts « stockage et substitution » d'une gestion plus dynamique de la forêt française pourrait sans doute montrer aussi un bénéfice carbone au moins équivalent à l'horizon 2030¹⁸.

3.3 : 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 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 un effet d'atténuation important.

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 |

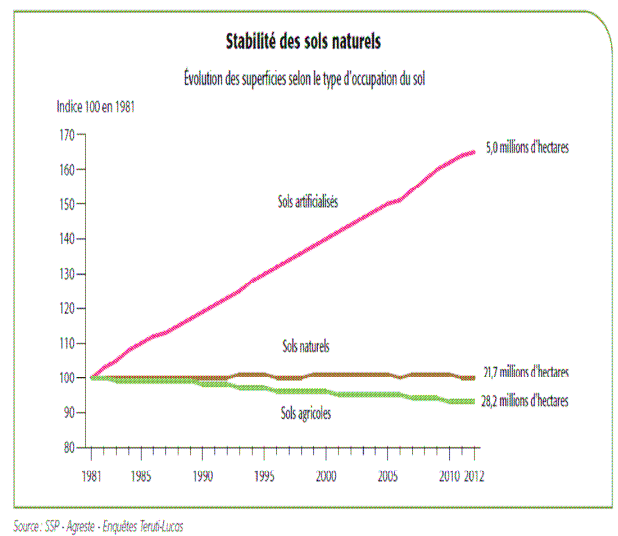
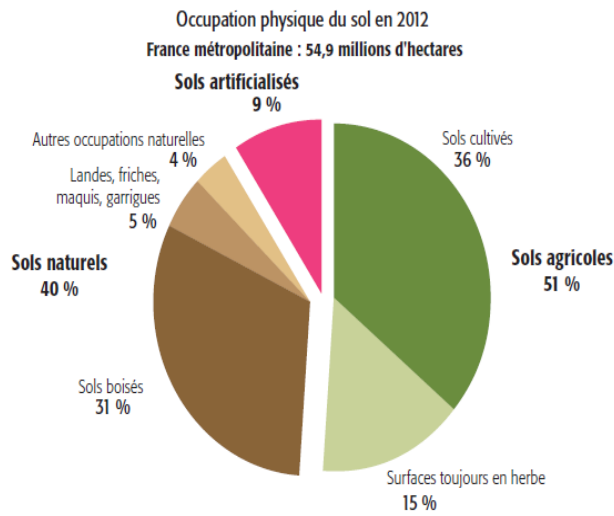
Source : entretien avec le CITEPA

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 (et donc à une réduction des émissions nettes). Les calculs de flux sont mesurés par la différence entre les 2 états, en considérant que le passage d'un état à l'autre se fait en 20 années, et ce de façon linéaire.

¹⁸ Ces projections doivent prendre en compte également les risques qui sont liés aux impacts du changement climatique pour les actions envisagées

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 (graphe); alors que la superficie des sols « naturels » est restée au contraire remarquablement stable (+0,01% par an).

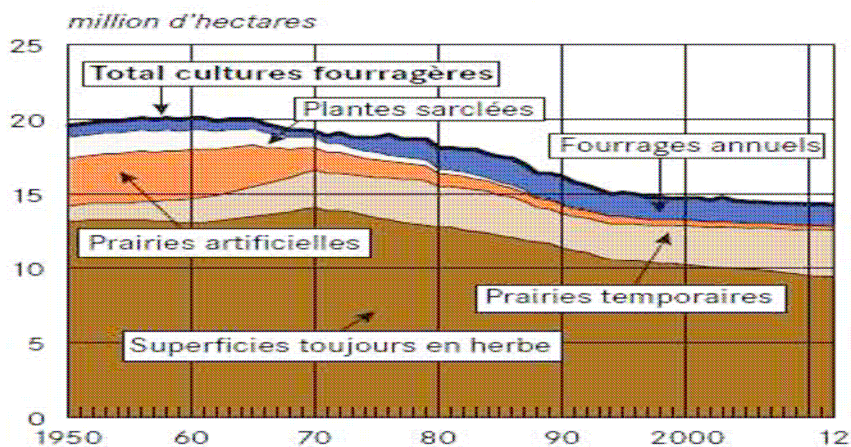


Au total, sur les 30 années, **la perte de terres agricoles s'élève à 2 millions ha**, ce qui correspond effectivement au croît des terres artificialisées observé sur la période.

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 double. 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, pour une part, des terres cultivées et, pour une autre, des surfaces toujours en herbe (STH), dans une proportion à peu près équivalente. Depuis 2005, ce sont surtout des terres cultivées, plus que des prairies, qui disparaissent par artificialisation.

Cependant, les pertes de prairies ont été et sont bien plus importantes que ce que ce constat pourrait laisser penser. En effet, de nombreuses prairies ont été retournées sur la même période pour devenir des terres cultivées. Une surface significative de prairie a aussi été perdue par déprise, c'est-à-dire qu'elles sont devenues des friches puis des forêts. Au total, les statistiques agricoles montrent une perte massive de prairies, au seul dépens des superficies toujours en herbe, les prairies temporaires et artificielles se maintenant (figure). La perte totale nette de prairies (STH, y compris les alpages, prairies temporaires et artificielles) sur la période 1960-2012 est chiffrée à 5,1 millions ha, soit près de **100.000 ha/an**.

Cultures fourragères



La perte de surfaces toujours en herbe (STH) reste encore significative sur la période récente. Le premier rapport du nouvel « Observatoire national de la consommation des espaces agricoles », en s'appuyant sur l'enquête Teruti Lucas, la chiffre en moyenne à **92.000 ha/an** sur les années 2006 à 2010.

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

Les évolutions constatées, c'est-à-dire des pertes massives à la fois de terres agricoles et de prairies permanentes, vont dans le sens du déstockage de carbone.

L'inventaire national des émissions de GES 2014, établi par le CITEPA à partir des données Teruti-Lucas du MAAF, chiffre comme suit¹⁹ les émissions et séquestrations relatives au changement d'utilisation des terres en 2012 en France :

- l'artificialisation des terres représente une émission de 14 Mt CO₂/an
- les mises en cultures génèrent une émission de 25,6 Mt CO₂/an
- les prairies permettent une séquestration brute (stockage) de -11,8 Mt CO₂/an.

Globalement l'émission « nette » induite par les changements d'utilisation des terres sont donc de **27,8 Mt CO₂/an**, composée de 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 millions t CO₂/an), ayant une responsabilité à peu près équivalente dans ce total.

Cependant, le phénomène d'artificialisation des sols, qui correspond pour une partie importante à un véritable « gaspillage » d'espace (étalement urbain), a des effets en réalité bien plus graves sur les biens publics mondiaux que sont le climat et la sécurité alimentaire. En réduisant d'autant notre capacité productive, il conduit en effet indirectement à transférer la production perdue à l'étranger avec un bilan en GES certainement très négatif (impact sur la déforestation). Il 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, l'évolution vers des villes très « étalées », rendant obligatoire un recours massif à l'automobile. **La responsabilité réelle de l'artificialisation des sols, directe et indirecte, sur la dégradation du climat est donc très supérieure au chiffre indiqué.**

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 mises en œuvre, la matière organique des sols peut s'accroître ou décroître, ce qui n'est pas pris en compte. Enfin, les méthodes de calculs des flux résultant du changement d'utilisation des terres peuvent évidemment être discutées car le stockage peut s'opérer sur des

¹⁹ Il faut à cet égard noter que le CITEPA regroupe dans la catégories « prairie » pas 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 tous les différents sens

périodes bien plus longues que 20 années, les évolutions ne sont pas linéaires et le déstockage s'opère plus rapidement que le stockage.

4. Les potentiels de réduction d'émissions et 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 absolument 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 des grands défis posés aujourd'hui 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 aussi amenée car c'est toute la filière canne/sucre et ses emplois et services climatiques qui étaient menacés. Un schéma d'aménagement régional opposable a été élaboré, un objectif régional de réduction a été fixé ainsi que 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 des projets de production d'électricité photovoltaïque ont ainsi été revus pour éviter de consommer inutilement de nouvelles terres.

Cet exemple montre la voie à suivre si l'on veut relever le défi du changement climatique. D'autres types de mesures, dont certaines sont déjà pour partie en œuvre, pourraient jouer un rôle important pour réduire le gaspillage d'espace, telles que par exemple, des outils économiques favorisant la densification urbaine ou de la fixation de coefficients d'occupation des sols « minimum » et non plus « maximum » comme on l'a fait depuis des décennies.

La préservation des prairies

La perte de prairies peut aussi être réduite. Leur disparition s'explique pour des raisons d'abord économiques, la mise en culture permettant des gains de revenus pour les agriculteurs, mais aussi par anticipation de modifications réglementaires de la PAC. La question posée est donc de savoir si les services environnementaux produits par les prairies (biodiversité, stockage de carbone, qualité des paysages) peuvent être rémunérés par la société pour redonner un avantage économique aux prairies afin de maintenir, voire de relancer, les systèmes herbagers et mixtes (agriculture/élevage). Ainsi, mieux valoriser par des labels la viande produite à l'herbe en expliquant aux consommateurs sa valeur environnementale incomparable par rapport à la viande produite au grain 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 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 ces zones difficiles.

La nouvelle PAC a aussi décidé de limiter la perte communautaire de prairies à un maximum de 5%, et les agriculteurs en grandes cultures devront justifier d'au moins 5% de surfaces d'intérêt écologique (dont des surfaces en bandes enherbées, haies et bosquets, figurant dans la catégorie « prairie » du CITEPA) au titre

du verdissement de la PAC. Il conviendra de suivre 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 moins une finance « carbone » qu'un système de soutien agricole permettant de prendre en compte l'ensemble des externalités positives produites.

Raisonner « 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 politiques agricoles mais aussi de raisonner le « secteur des terres » (AFOLU) dans une vision élargie et de se donner 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 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 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. La mobilisation des uns et des autres laisse penser que des progrès importants sont aujourd'hui possibles.

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 » (27,8 MtCO₂), correspondant à une réduction rapide de moitié du rythme des surfaces artificialisées ou de prairies retournées, pour un potentiel d'atténuation de l'ordre de 8 à 10 Mt CO₂/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 /réduction du déstockage est lissé sur une période de 20 ans),
- **le bénéfice climatique réel sera très supérieur au chiffre indiqué** compte tenu des effets directs et indirects positifs 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 ainsi certainement comme une des mesures les plus importantes pour la réussite de l'atténuation, avec en outre un effet positif certain sur la sécurité alimentaire.

3.4 Une agriculture productive, sobre, résiliente et diversifiée : 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 d'émissions croissantes de GES, émissions qui ont commencé cependant à se réduire depuis plusieurs années.

L'agriculture du 21^e siècle devra répondre à une série de défis environnementaux, sociaux et économiques qui impliqueront une modification en profondeur des pratiques et des itinéraires agronomiques afin d'être performant sur ces différents registres. C'est tout l'enjeu de l'agroécologie.

Mais quelles sont les potentialités et limites des pratiques agroécologiques au regard des principaux GES ?

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 GES

par l'agriculture qui pourrait aller jusqu'à un total cumulé de 28,5 MtCO₂eq/an à l'horizon 2030. 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.

1 L'élevage

Responsable selon la FAO de 14% des émissions de GES mondiaux (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 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 le carbone dans les herbages et prairies, notamment « permanentes » qui constituent par ailleurs des réservoirs de biodiversité. Ce stockage couvre près du tiers des émissions de GES émanant de l'élevage, réduisant de ce fait à 9% le bilan français de cette activité.

L'analyse ici présentée est centrée sur l'élevage bovin, compte tenu de son poids 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 peut être de 30% si chaque éleveur adopte les pratiques des 10% 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 « afterres2050 » envisage de renoncer à la vocation exportatrice de l'agriculture française, 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. Avec une autre approche plus réaliste et tenant 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 Mt CO₂eq/an**, avec différentes actions à combiner, mais en précisant que certaines améliorations ne se feraient 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 être celle d'un système « 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 les effets indirects de ces systèmes via les importations d'aliments pour bétail²⁰.

Si on raisonne plus largement au-delà du climat, comme évoqué dans le paragraphe relatif à la préservation des prairies, sur les bénéfices environnementaux que peuvent apporter les ruminants aux territoires et à leur biodiversité, l'élevage à l'herbe présente un intérêt majeur. Ce système plus extensif peut néanmoins être intensifié par des méthodes de gestion de l'herbe plus dynamiques et un chargement renforcé sur les parcours de montagne.

Mesures techniques envisagées pour atténuer les émissions directes des élevages :

- rechercher plus d'autonomie dans l'alimentation des troupeaux

Cette autonomie est de 90%²¹ globalement, mais seulement de 28% des aliments concentrés. La recherche d'une plus grande autonomie permet :

- d'améliorer la maîtrise des charges et la résilience des exploitations confrontées aux nombreux aléas économiques et climatiques

²⁰ l'importation de 4,7Mt de soja mobiliserait 1,6Mha à l'étranger avec les émissions GES y afférentes

²¹ Institut de l'élevage- données réseaux 2012

- de réduire les effets indirects des importations sur la déforestation ou le changement d'usage des terres, en substituant les tourteaux de soja 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 procurent des avantages environnementaux locaux.

- 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 1,9MtCO₂eq)
- 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

- promouvoir des modes de gestion des effluents plus économes en émissions de N₂O

- couverture des fosses de stockage, aération de fumier pendant le stockage, installation de torchères (potentiel 3,4MtCO₂eq)...
- modalités d'application par enfouissement, pendillards...

La gestion des effluents d'élevage, le recyclage de bio-déchets qui peuvent devenir des bio-ressources valorisables (fertilisation organique par exemple) ou le raccourcissement des circuits d'intrants contribuent à l'économie circulaire en agriculture. La question est accentuée par la spécialisation croissante des régions entre céréales et élevage (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 d'abord faciliter les échanges de matière organique sur un même territoire, 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 supposent alors une forme adéquate de compost ou de digestats normalisés, afin d'agir notamment en fumure de fond ou en substitution à l'engrais.

- améliorer l'autonomie énergétique des exploitations, pouvant aller jusqu'à la réalisation de la « ferme d'élevage à énergie positive »

La consommation agricole directe représente 10,9 MtCO₂eq/an et concerne pour un tiers, des filières énergivores d'élevage (isolation et chauffage des bâtiments, fonctionnement et refroidissement des salles de traite). Il est alors 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, supportant des panneaux photovoltaïques
- **développer la méthanisation agricole** à partir d'effluents d'élevage (au faible pouvoir méthanogène), de déchets verts et de résidus carbonés agroalimentaires ou urbains, contribuant ainsi à l'économie circulaire en valorisant le pouvoir énergétique de ces bio-déchets et la capacité fertilisante des digestats (dont les problèmes de normalisation et d'homologation restent encore à résoudre pour en permettre le transport).

La méthanisation, d'après les travaux de l'INRA, est l'action agricole qui a le plus fort potentiel d'atténuation des GES (5,8MtCO₂eq) du fait du pouvoir radiatif élevé du méthane, mais elle reste malgré tout une filière difficile à développer pour les agriculteurs.

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 se traduit par d'importantes émissions de N₂O. 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 par son système racinaire²².

²² La plante cultivée utilisant de l'azote sous forme minérale, il faut noter que :

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

- Optimiser les apports d'azote sous forme minérale.

Ces mesures sont bien documentées au plan technique, et efficaces de manière certaine en termes de réduction des émissions de N₂O. Elles sont susceptibles d'être rapidement mises en œuvre et elles ont pour les producteurs un coût négatif du fait de la réduction de l'utilisation d'engrais minéraux. Enfin en termes de progrès technique, elles ne demandent qu'une vulgarisation élargie.

L'adoption de l'ensemble de ces mesures sera potentiellement facile et pourrait générer à l'horizon 2030 une réduction de 3,6 MtCO₂/an par an de réduction d'émissions de GES en faisant appel à différentes dispositions :

- Réduction des doses d'engrais minéral en les ajustant à la réalité des rendements (et non plus au rendement maximum) : 2,6 MtCO₂éq/an.
- Suppression du premier apport d'azote minéral quand elle est possible : 0,4 MtCO₂éq/an.
- Enfouissement des engrais appliqués aux cultures de printemps : 0,6 MtCO₂éq/an

L'accroissement à venir des coûts directs ou indirects de l'utilisation d'azote minéral accélèrera l'adoption de telles mesures et pourra contribuer à surmonter la réticence des agriculteurs à la réduction des intrants, perçue comme un risque.

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

Ces mesures, en raison des surfaces pouvant être concernées, présentent un potentiel significatif d'atténuation (1,9 MtCO₂éq/an). Il ne faudra pas ignorer de réelles difficultés liées aux inconnues relatives à la dynamique de minéralisation des composés azotés, très dépendante du sol et des aléas climatiques, au risque de pertes d'azote plus difficile à maîtriser quand l'apport est fait sous une forme organique, aux coûts d'utilisation (transport notamment) de certains gisements d'azote organique (boues, lisiers en zones d'excédent...) ainsi qu'à la maîtrise de la question de l'hygiène des productions lié à l'utilisation de ces gisements (métaux lourds, germes pathogènes...).

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 devra accompagner le développement de ces techniques relevant de l'économie circulaire. Une approche de la question des territoires pertinents (organisés autour des gisements d'azote organique) est nécessaire pour produire les résultats espérés.

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

Le remplacement d'autres plantes par des légumineuses, qui utilisent directement l'azote atmosphérique, ou leur présence en mélange dans les prairies, permet d'importants effets d'atténuation au niveau de la parcelle. Les coûts de telles mesures sont faibles voire négatifs.

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 rigoureuse de l'azote sur l'ensemble des parcelles (risque de libération d'azote sous forme minérale sur la culture qui suit la légumineuse). Elle accroît sensiblement le risque de l'exploitant du fait de la sensibilité de ces cultures

- 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.

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 MtCO₂eq/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. Il serait en particulier souhaitable 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.

- **L'utilisation de techniques innovantes**

L'introduction de techniques nouvelles comme les inhibiteurs de nitrification permet des atténuations intéressantes (0,6 MtCO₂eq/an) mais à des coûts significatifs. Par ailleurs les effets à moyen terme de ces produits sur la biologie des sols restent mal connus (et l'image que porte une technique faisant appel à la chimie peut être perçue négativement.)

- **L'amélioration génétique**

C'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 avec moins d'intrants (azote, eau, pesticides) et, le cas échéant, plus de résilience dans la production. Il est cependant difficile encore de chiffrer les effets climatiques potentiels de ce domaine.

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 elle a été comptabilisée dans l'énergie et l'industrie. Elle a déjà été réduite, et pourra encore mieux être maîtrisée à l'avenir dans les industries de synthèses elles-mêmes, du fait d'un meilleur contrôle de la fertilisation et par un développement accru de la fertilisation organique.

Mis à part les bâtiments d'élevage, la déshydratation et les serres, les deux tiers des consommations directes concernent la mécanisation (conception, puissance et réglage des tracteurs, techniques sans labour...). L'effort est à faire porter sur un grand nombre de tracteurs, d'engins et d'exploitations, avec de réelles marges de progrès. Si les capacités d'économie sont limitées (potentiel de réduction des émissions directes par les engins agricoles estimé à 1,6MtCO₂eq/an par l'INRA), l'intérêt de cette sobriété énergétique résidera probablement tout autant (sinon plus) dans les économies budgétaires réalisables à l'échelle de chaque exploitation par ces pratiques plus sobres.

3 L'amélioration de la séquestration de CO₂ dans le sol et les systèmes de culture

La capacité de séquestration du carbone des sols agricoles, stratégique pour contribuer aux objectifs d'atténuation, suppose le maintien et l'amélioration des taux de carbone dans le sol et dépend de nombreux facteurs tels que le type de sol, les conditions d'humidité, de végétation et des pratiques culturales, donc du type de gestion agricole pratiquée. Le potentiel de stockage est d'autant plus élevé que la perturbation du sol est à un niveau minimal et avec de faibles taux de décomposition de la matière organique du sol. Les travaux disponibles²³ font apparaître une perte du stock de carbone pour les terres arables européennes alors que les sols sous prairies, comme les forêts, permettraient une accumulation de carbone.

Hors changement d'usage des terres, traité précédemment, certaines mesures permettent d'améliorer la capacité de stockage des sols :

- **Développer des techniques de travail simplifié du sol**

Les techniques sans labour connaissent depuis une dizaine d'années un développement important dans le monde. Si cette expansion s'appuie pour une large part en Amérique, sur le couplage désherbant total -

²³ Janssens et al.(2003), Smith et al.(2005)

plante OGM résistante à ce désherbant, il est toutefois possible de concevoir sans recours aux OGM le développement significatif de travaux simplifiés du sol ou d'une mesure comme le labour occasionnel (1 an sur 5) qui serait à dire d'experts susceptible de générer une réduction considérable d'émission de GES, de l'ordre de 3,7 MtCO₂éq/an. Ce chiffre est dans l'état actuel des connaissances affecté d'importantes fourchettes d'incertitude qui le rendent encore peu significatif.

Le seul gain certain découlant des techniques sans labour est lié aux économies de carburant (la traction des charrues est en effet une opération très consommatrice d'énergie) et à la réduction du CO₂ émis lors du labour. Les autres effets de stockage de carbone et, de manière plus marginale, de réduction des émissions de N₂O sont entachés de fortes incertitudes. Ils méritent de faire l'objet d'approfondissements car ils sont très dépendants des dynamiques du compartiment organique des sols cultivés.

- **Développer des haies en périphérie de parcelles et de l'agroforesterie**

Les modalités envisagées sont des plantations à faible densité d'arbres au sein de parcelles cultivées et la plantation de 80 à 100 m de haies par hectare visant à maximiser la végétation produite et stockée dans la biomasse et dans le sol (en moyenne linéarisée sur 20 ans) par rapport à des plantations séparées (hypothèse d'un facteur multiplicatif de 1,3).

Les scénarios étudiés par l'INRA d'une diffusion lente à 2030 sont plus optimistes pour les haies en termes de part des surfaces plantées en grande culture ou en prairies (5% ou 10%) que pour l'agroforesterie (1% ou 3%). Le potentiel d'atténuation²⁴ cumulé de l'agroforesterie et des haies pour un scénario médian est de 2,8 MtCO₂éq. Il apparaît comme significatif, avec des effets sur les émissions de GES comportant peu d'incertitudes et confortés par les études menées dans d'autres pays, ainsi que des incidences environnementales positives sur l'eau et les sols. En revanche l'acceptabilité de ces pratiques qui modifient le potentiel de production et modifient durablement le paysage relève d'hypothèses plus incertaines. Les coûts de plantation justifieraient de dispositifs incitatifs permettant de surmonter la difficulté actuelle de zonages et de critères restrictifs, ainsi que de cofinancements multiples.

Certaines actions visent conjointement l'usage économe de l'azote et l'accroissement du stockage de carbone :

- **Développer des cultures intermédiaires**

Les cultures intermédiaires (CIPAN) sont d'ores et déjà obligatoires dans les zones vulnérables à la pollution par les nitrates qui couvriront dorénavant 70% du territoire et correspondent pour une large part aux zones de grandes cultures.

C'est surtout le stockage de carbone induit par la culture intermédiaire, et la réduction des émissions de CO₂ du fait de l'utilisation moindre d'engrais réduisant les interventions sur la culture suivante qui sont comptabilisés dans les effets bénéfiques de la mesure, tout en prenant bien en compte les interventions de mise en place puis de destruction des cultures intermédiaires volontaires dans les zones non vulnérables dont les caractéristiques des sols les permettent. La prise en compte du stockage du carbone dans le sol selon les modalités définies par le GIEC s'appliquant à partir de 2013, fait des cultures intermédiaires une disposition particulièrement opérante du fait de l'importance des surfaces potentiellement concernées : 1,1 MtCO₂éq évitées en 2030.

- **Optimiser la gestion des prairies**

Parmi les différentes mesures d'amélioration de la gestion des prairies 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 (0,5 MtCO₂éq). 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 le coût pour l'agriculteur. Sous réserve du maintien du niveau de production, son adoption devrait constituer le principal levier de la contribution des prairies à la réduction des émissions de GES (1,4 MtCO₂éq), combiné à l'augmentation de la durée de pâturage des prairies temporaires (0,2 MtCO₂éq) ou en chargement (0,5 MtCO₂éq) des prairies pâturées. L'effet de ces mesures repose en outre sur des hypothèses de sous exploitation actuelle des herbages, de la mise à l'herbe précoce et de

²⁴ 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.

chargements augmentés, qui nécessitent d'être traités avec technicité selon les réalités locales (climat, nature du sol...).

Quoiqu'il en soit, l'absorption de carbone liée à l'exploitation des systèmes prairiaux implique leur maintien, 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 qui représentent alors 9% des émissions françaises. C'est donc bien ce bilan global qui doit être pris en considération, ainsi que les effets des prairies sur d'autres compartiments de l'environnement, tels que biodiversité, érosion des sols, 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 recherches opérationnelles et ciblées.

L'INRA a classé les différentes mesures proposées en fonction de leur potentiel technique et de leur coût. Ainsi, la mise en œuvre d'environ un tiers des mesures ainsi identifiées (ci dessus) représenterait un coût important pour les agriculteurs, un autre tiers générant un coût relativement faible (de l'ordre de 25€ par tonne CO₂ évitée) tandis que le dernier tiers aurait finalement un coût négatif pour l'exploitant, et représenterait donc un gain net pour l'opérateur agricole... En tenant également compte des coûts de transaction pour la mise en œuvre de ces mesures, on peut donc retenir **un potentiel réaliste d'atténuation par l'amélioration des pratiques agricoles de 10 à 15MtCO₂eq/an.**

La question des acteurs et de leurs motivations est donc essentielle. Si les agriculteurs ne mettent pas déjà en œuvre ces mesures à coût négatif, c'est probablement, et pour l'essentiel, parce qu'elles 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. Il faut donc s'astreindre notamment à réduire le risque pour les agriculteurs et l'on a donc besoin, pour cela, d'action collective et de leadership dans les filières et territoires

Les leviers et politiques publiques favorisant les évolutions préconisées :

Mieux comprendre la dynamique de la matière organique des sols cultivés et de prairies et former conseillers et 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 un chiffrage plus précis des mécanismes biologiques et physico-chimiques régissant 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, c'est aussi un outil précieux d'accompagnement du développement de l'agroécologie. La formation des agriculteurs comme des acteurs du conseil qui les accompagnent est un levier indispensable à actionner.

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 ». La décision d'adoption de l'innovation dépend pour l'essentiel de la conduite de l'exploitation agricole. Le rôle collectif d'entraînement mutuel sur un territoire est à favoriser afin que les agriculteurs puissent y trouver une forme de réassurance collective face à l'accroissement de l'incertitude générée par l'évolution du contexte climatique et des pratiques.

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 de la réduction des interventions sur les sols cultivés comme sur les prairies, passe par une incitation à leur adoption. Les aides publiques, notamment les financements apportés aux MAEC 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, ainsi que de leur acceptabilité sociale en termes d'organisation et de charge de travail, par rapport aux grandes cultures ou à d'autres activités non agricoles. Elles doivent 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 des GES et nécessiteront une vigilance, notamment pour l'interdiction de retournement des prairies du fait des exemptions et du choix de la période de référence.

Pour appréhender, au-delà du potentiel technique d'atténuation, les conséquences sur les coûts et les revenus des agriculteurs, des travaux de recherche introduisent la notion de potentiel économique d'atténuation, fonction de la valorisation 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 minorer le coût total, en majorant les efforts demandés aux agriculteurs ou aux pays dont les coûts marginaux d'atténuation sont les plus faibles.

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

Au delà des démarches innovantes de filières ou d'entreprises illustrées précédemment, l'agroindustrie a la **capacité d'orienter les processus de production amont**.

L'aval de la production agricole et forestière, par la valorisation économique des produits et par les cahiers des charges qu'elle impose a la capacité d'orienter 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 feuille de route carbone dans la filière lait (projet Carbon dairy piloté par l'institut de l'élevage et le CNIEL) ;
- 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 de plus de coupes forestières.

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

3.5 Forêt, biomasse et bioproduits, un puits de carbone dynamique et en interaction avec les autres secteurs

1 La forêt et ses filières

Il convient avant tout de rappeler que la forêt et l'ensemble des produits que l'on peut en tirer, matériaux, produits bio-sourcés, énergie, présentent un double avantage en matière de réduction des GES et par conséquent pour la lutte contre le changement climatique. En aval de l'absorption photosynthétique de carbone par la croissance des arbres, ce double avantage du bois et de ses produits concerne :

- le **stockage direct du CO₂**, donc du carbone dans les produits renouvelables de la filière (1m³ de bois#1t CO₂), de façon toujours **temporaire** et jusqu'à la destruction ultime des bioproduits, y compris par valorisation énergétique
- de manière indirecte, **la substitution** de bioproduits renouvelables à des produits concurrents nécessitant des intrants énergétiques élevés souvent d'origine fossile. Le développement du bois énergie en est l'exemple le plus absolu. Contrairement au stockage ci-dessus, cette substitution est **définitive** et représente donc un acquis certain en terme de CO₂ « non émis ».

Mais tous les maillons de la filière forêt-bois n'offrent pas systématiquement et pleinement, selon leurs usages et leurs bilans, ce double avantage au regard de la lutte contre l'effet de serre ; il convient donc de bien les analyser séparément.

- La croissance de l'ensemble des végétaux de la forêt (strate herbacée, sous étage, racines, peuplement forestier) absorbe du CO₂ grâce à la photosynthèse. La « forêt » absorbe donc du carbone atmosphérique (pompe à carbone photosynthétique) et se comporte bien comme un véritable puits de carbone dynamique, avant de stocker ce carbone dans les végétaux, les arbres, les sols et les bioproduits à l'aval. Nous devons apprécier les évolutions de ce puits forestier dynamique qui est variable en fonction des évolutions du milieu, et en particulier du climat et de l'eau, des essences et de la sylviculture.
- Les produits bois tirés de la forêt ont quant à eux un double rôle; celui de **stocker le carbone**, tout comme l'ont fait à l'amont les arbres de la forêt, et ce pendant toute leur durée de vie. Ce stockage n'est donc pas définitif, mais prolonge à l'aval la durée de vie du stock forestier. De par le développement de leur emploi, ces bioproduits permettent aussi de se **substituer** à d'autres matériaux ou combustibles, plus énergivores, non renouvelables et émetteurs de GES lors de leur élaboration. Cette substitution se traduit donc par une réduction de l'utilisation de ces énergies et matériaux fossiles.
- Pour ce qui est du bois énergie (bûches, plaquettes ou granulés), on peut considérer que le stockage de carbone à l'aval de la forêt est quasiment nul, ces produits passant presque directement de la forêt, ou de l'usine de fabrication pour ce qui est des granulés, aux installations de combustion dans les quels ils vont être brûlés. Par contre, il est très performant en terme de **substitution**²⁵.

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

La forêt

Le puits forestier est défini et calculé selon la méthode fixée par la décision européenne n° 529/2013.

Le puits est un processus naturel ou artificiel qui capte tout gaz à effet de serre présent dans l'atmosphère. La forêt constitue donc bien un puits puisqu'elle permet, grâce à la photosynthèse d'absorber et de séquestrer du CO₂ dans l'ensemble des plantes qui la composent et dans les sols forestiers. Sous réserve de conditions stationnelles stables, la capacité d'absorption du CO₂ de la forêt n'est pas affectée tant que les prélèvements totaux ne dépassent pas son accroissement biologique, soit 130 Mm³/an.

Cependant, le calcul officiel de ce puits forestier se fait en retranchant à l'accroissement de la forêt la totalité des prélèvements qu'elle subit sur le même pas de temps. Il s'agit donc d'une variation du stockage en forêt et non de l'aptitude de la forêt française (évaluée à 2,4 milliards de m³) à pousser en séquestrant du carbone.

L'IGN et le CITEPA ont évalué à 69 MtCO₂/an ce puits. Ce chiffre résulte de la production biologique de la forêt (racines, troncs, branches), à laquelle il faut retrancher la récolte commercialisée (bois d'œuvre, bois d'industrie, bois énergie déclaré), l'autoconsommation, les pertes d'exploitation et la mortalité.

Il faut noter que ce stockage annuel, actuellement calculé sous le terme « puits » a un caractère inexorablement transitoire. Il est aujourd'hui relativement élevé en France car la forêt est jeune du fait des plantations résineuses du FFN et de l'accroissement récent de la forêt sur les terres agricoles, ainsi que du fait de la sous-exploitation des bois. Ces deux phénomènes étant désormais terminés et les forêts correspondantes arrivant peu à peu à maturité, ce stockage va se réduire et s'annuler dans les décennies à venir, d'autant plus que les forêts non exploitées réduisent progressivement leur capacité d'absorption.

Il est permis de s'interroger sur cette façon d'évaluer le puits forestier, indépendamment de l'aptitude des écosystèmes forestier à absorber du CO₂. En effet, le calcul par le stockage de carbone dans la forêt (« puits ») pose une double question :

- Ampute-t-on les capacités d'absorption puis de stockage du puits forestier quand on exploite le bois, c'est à dire quand on déstocke du carbone de la forêt ?
- Quels autres facteurs sont en mesure d'avoir un impact sur ce puits ?

²⁵ 1m³ de bois énergie économise 0,25 TEP et évite le relargage de 1TCO₂ d'origine fossile

Dans des conditions stationnelles stables (sol, climat, eau), la productivité d'une forêt est fixée et invariante selon le choix des essences et de la sylviculture. Cette productivité est grande au stade juvénile, atteint un optimum puis décroît lorsque le peuplement vieillit. Dans ces conditions, quand on exploite des bois, on diminue bien le volume sur pied des arbres, et donc la quantité correspondante de tonnes de CO₂ stockée. Mais pourtant, on ne réduit pas sa capacité d'absorption. Qu'il s'agisse d'éclaircie, de coupe d'amélioration ou de régénération, les exploitations vont, sur la durée, « rajeunir » le peuplement qui va se comporter comme un puits de carbone plus dynamique que celui qui prévalait à l'état antérieur.

Il y a donc bien lieu de nettement distinguer la notion de puits, c'est à dire la capacité d'absorption en CO₂ de la forêt, globalement invariante si les conditions stationnelles ne changent pas, et le stock de carbone du bois de la forêt qui peut varier en fonction de l'âge du peuplement et de la sylviculture pratiquée.

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 ne viennent pas contredire l'intérêt grandissant d'une bonne valorisation du bois et de ses produits.

D'autres facteurs sont susceptibles d'avoir un impact sur le puits forestier :

- si les conditions stationnelles changent, du fait de l'évolution du climat et du régime des précipitations la forêt risque de souffrir et donc de pousser moins vite, ce qui amputerait de façon irréversible la capacité du puits forestier. Il en va d'ailleurs de même dans le domaine agricole. Il importe donc de tout mettre en œuvre pour que la forêt ne subisse à l'excès les effets de ce changement climatique (diversification et rajeunissement).
Il est aussi possible d'anticiper le changement climatique inéluctable en améliorant le couple station/peuplements grâce à des essences nouvelles plus adaptées.
- Il est aussi possible de chercher à accroître la surface de la forêt productive ou, à tout le moins, améliorer certaines surfaces forestières non valorisées.
Dans ce cadre, le comité stratégique de filière vise la relance du reboisement en essences résineuses productives à hauteur de 50 000ha/an. Sur la base de 500 000 ha mis en valeur d'ici 2030 avec un différentiel de productivité de + 10m³/ha/an, le puits forestier pourrait être augmenté de 5 MtCO₂/an par an et produire à terme de l'ordre de 5 Mm³ de bois par an avec leurs effets stockage et substitution suivant les usages qui en seront faits.
En outre, si la coupe des peuplements improductifs préexistants avant les plantations, préparatoire à l'installation des nouveaux peuplements, constitue bien un déstockage de bois « sur pied » donc de carbone, elle n'altère en rien les capacités du puits, bien au contraire. En outre cette exploitation de petits bois viendrait opportunément alimenter les filières de la trituration et de l'énergie. Dans le cas de boisements nouveaux sur des terrains non forestiers en errance, il s'agirait d'une augmentation encore supérieure des capacités du stockage.
- De la même manière, le développement de l'agroforesterie permettrait d'accroître les surfaces plantées d'arbres donc les capacités du puits forestier. La loi d'avenir sur l'agriculture et la forêt prône ce développement. Selon les estimations de l'INRA, le développement de l'agroforesterie pourrait générer à terme un stockage annuel de 3 MtCO₂/an, venant s'ajouter au puits forestier.
- Enfin, une certaine dynamisation des sylvicultures actuellement pratiquées, s'appuyant sur un raccourcissement des âges d'exploitabilité et une optimisation de la récolte de bois au regard de l'accroissement biologique de la forêt aurait aussi des impacts positifs au regard de la capacité d'absorption de CO₂ et de la substitution. Les évolutions des sylvicultures étant généralement très lentes, nous considérerons que si elles sont véritablement mises en œuvre, elles n'auront qu'une incidence très limitée d'ici 2030.

Les évolutions probables de la capacité d'absorption de CO₂ que constituent les peuplements (en et hors forêt) sont donc, à échéance 2030, de 5MtCO₂ pour les reboisements et 3MtCO₂ pour l'agroforesterie et les haies

Il est donc permis de penser que la capacité d'absorption de CO₂ par la forêt et les arbres hors forêt s'accroîtra d'environ 8 MtCO₂/an en 2030 (dont 3Mt au titre de l'agroforesterie, déjà comptés avec l'agriculture).

Les bénéfices positifs attendus ne pourront être atteints ou en passe d'être atteints que dans la mesure où les stratégies retenues seront cohérentes et traduites en termes législatifs et réglementaires non contradictoires. En effet, en France, les évolutions de la société, tant en termes sociétaux qu'économiques ont profondément modelé la physionomie de la forêt française. A une forêt nourricière des premiers siècles après J.C., satisfaisant aux modestes besoins alimentaires des populations et du bétail, a succédé, en même temps que l'agriculture et l'élevage se développaient, une forêt « industrielle » très tournée vers la production d'énergie, en particulier pour les besoins de la métallurgie. Plus récemment, la forêt « multifonctionnelle », associant de façon équilibrée l'économique, le social et l'environnemental, a été, et est toujours la règle.

Actuellement, et dans plusieurs pays développés, le « pilier environnemental » de cette gestion multifonctionnelle semble prendre le pas sur les deux autres, en particulier le pilier économique ; dans ce cas, la forêt tend à devenir un sanctuaire par le développement des contraintes de gestion et des mises en réserve de toute nature, ce qui risque d'aller à contre courant du rôle accru que pourra –et devra- prendre la forêt dans la lutte « active » contre le réchauffement climatique.

Cependant, dans la conception de la multifonctionnalité, des compromis sont tout à fait possibles pour avoir une gestion dynamique de la sylviculture prenant en compte et valorisant toutes les fonctions environnementales (climat et biodiversité).

Les matériaux bois et la chimie du bois

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 est porté par certaines sociétés, ce développement qui nécessite encore de longues recherches ne marquera sans doute pas de façon significative la filière des produits issus de la forêt d'ici 2030.

Concernant le matériau bois, les marchés français du bois et de la fibre consomment actuellement de l'ordre de 35 Mm³ de bois ronds français et 10 Mm³ de bois importé par an.

La transformation de ces 45 Mm³ de matières premières bois, avec un rendement de 50%, augmentée de la reprise des déchets des industries du bois (DIB) pour la fabrication de panneaux (particules, MDF, OSB, ...) utilisés dans la construction, aboutit à la mise en œuvre finale d'environ 25 Mm³ de ces produits, papiers et cartons compris.

Les durées de vie communément admises pour ces produits sont de 5 à 10 ans pour les papiers et cartons ainsi que les emballages bois et sans doute les produits bio-sourcés, de l'ordre de 20 ans pour l'agencement, y compris le meuble et d'environ 50 ans pour les structures bois utilisées dans la construction. Les matériaux issus du bois permettent donc actuellement un **stockage temporaire**, sur les durées rappelées ci-dessus estimé officiellement à 4,7MtCO₂/an (source IGN-CITEPA) compte tenu d'un déstockage simultané dû au caractère temporaire des produits (par ex recyclage en énergie en fin de vie lors de la « déconstruction » des bois).

De plus, ces matériaux ont un effet de substitution important, et c'est le plus important des leviers qu'ils constituent.

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 (4 tonnes de CO₂) pour 40m³ 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 dans leur fabrication. Dire qu'en matière de matériaux de construction, l'utilisation de 1m³ de bois par substitution aux matériaux traditionnels permet d'éviter l'émission de 1,5 tonne de CO₂ constitue un ordre de grandeur admissible.

Les 25 Mm³ de matériau bois actuellement utilisés en France chaque année permettent donc la **substitution** de 37,5 Mt CO₂, arrondi à **35 MtCO₂/an**.

La projection de ces chiffres en 2030 va essentiellement dépendre du plan de transition énergétique pour ce qui concerne l'aspect construction, des normes techniques, de la dynamique du secteur du BTP et du développement possible de l'utilisation du bois dans la construction. Actuellement, la construction bois en France représente 10% du marché de la construction. Si, à l'instar de nos voisins allemands, on visait à développer la construction bois à hauteur de 15% du marché total, cela représenterait une augmentation de 50% des volumes de bois actuellement utilisés.

En 2030, les produits bois permettraient donc **un stockage temporaire supplémentaire de 10 MtCO₂ par an**, et **une substitution** de 52,5 MtCO₂ par an, arrondi à **50 MtCO₂/an**, soit **un accroissement de 15MtCO₂/an**.

L'énergie à base de bois

Actuellement, le bois énergie valorisé en France produit l'équivalent de 9 Mtep/an environ. Cela représente donc l'utilisation de 36 Mm³ de bois par an (4 Mm³ de bois énergie commercialisés, 18 Mm³ de bois autoconsommés, les 14 Mm³ restants représentant des déchets de scierie, ainsi que les bois issus des emballages en fin de vie et de la « déconstruction » dont il a été fait état ci-dessus).

Si l'énergie produite à partir de bois n'a qu'une incidence très limitée sur le stockage de CO₂ du fait du cycle de vie très court du bois énergie, l'effet **substitution aux énergies fossiles** joue pleinement. Cette substitution actuelle s'élève donc à 36 MtCO₂ par an. Nous retiendrons le chiffre de **35 MtCO₂/an**.

Le paquet énergie climat 2030 actuellement en négociation s'appuiera très fortement sur cette politique du bois énergie, pour laquelle le gouvernement vient d'annoncer en outre le doublement du fonds chaleur.

Malgré le nécessaire équilibre avec le bois matériaux, 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, partant de 35 MtCO₂ évitées actuellement, on peut envisager d'augmenter de l'ordre de 50% la quantité de bois énergie qui sera utilisée en 2030, soit la porter à 54 Mm³ par an, en mobilisant le bois à partir de l'accroissement des récoltes forestières, de plantations nouvelles, de l'agroforesterie et des haies. Mais ils bénéficieront aussi de l'augmentation de la récupération issue de produits bois. Ceci correspond à une **substitution** de 54 MtCO₂/an, ramenée par précaution à **50 MtCO₂/an** à l'horizon 2030.

Concernant les biocarburants de 2^e génération, à base de cellulose, ils ne sont pas actuellement sur le marché. Leur effet substitution est donc actuellement nul. Toutefois, on peut envisager d'en disposer (notamment pour l'éthanol de 2^{ème} génération) vers 2030. La consommation française de carburants devrait, à cette date, être de l'ordre de 40 à 50Mtep/an. Le gouvernement vise à incorporer au maximum 15% de carburants renouvelables dans ce total. Une hypothèse de 1 à 2 Mtep environ provenant des biocarburants de 2^{ème} génération est alors réaliste à cet horizon, le reste s'appuyant toujours majoritairement sur les biocarburants actuels. Cette incorporation permettrait d'éviter par **substitution** aux énergies fossiles environ **6 MtCO₂/an**. 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'accroissement de la substitution du compartiment « Energie » se compose donc de 15MtCO₂ au titre du bois énergie et 6MtCO₂ au titre des biocarburants, soit un total de 21MtCO₂/an, l'effet stockage étant considéré comme nul.

Les évolutions des effets « Stockage » et « Substitution » de la forêt et de ses filières d'ici 2030 sont donc les suivants

Forêt : accroissement de la capacité productive (environ **5MtCO₂/an**, hors prise en compte de l'agroforesterie), se traduisant néanmoins, compte tenu de la récolte supplémentaire et des modes de comptabilisation actuels par une réduction du stock de **-5MtCO₂/an au total**

Matériaux et chimie : Stockage d'environ **10MtCO₂/an**
Substitution à hauteur de **15MtCO₂/an**

Energie : pas de stockage
Substitution à hauteur de **21MtCO₂/an**

Avec les modes de calcul actuels et les scénarios retenus, **la forêt et ses filières sont susceptibles de stocker d'ici 2030, 5 MtCO₂/an supplémentaires, en soulignant que ce stockage est temporaire, et d'éviter la libération dans l'atmosphère de 36 MtCO₂/an, se substituant ainsi à une énergie non renouvelable équivalente à 10 Mtep par an.**

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

Avec une ampleur moindre que la forêt, l'agriculture a développé depuis de nombreuses années une valorisation non alimentaire de ses produits et sous-produit : c'est la bioéconomie.

2 Biomasse, biofilières et bioéconomie

Après deux siècles de règne sans partage 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 fournir une grande part des solutions envisageables.

La bio-économie et ses bio-filières

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

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

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

Des bio-filières anciennes, diversifiées et riches de potentiels

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

La France a déjà fait ce pari de la bio-économie, celui d'un développement accru des usages de la biomasse pour l'énergie, les matériaux et la chimie : c'est le choix du carbone vert qui 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 »** (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 cultures²⁶.

* **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). 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, 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.

²⁶ 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

* **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 ces marchés de « carbone vert » qui ne font que croître, et contribueront à la maîtrise du changement climatique.

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

Les valorisations de ce carbone vert 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)

>>> 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 les resituer par rapport à celles de 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% pour les cultures à méthanisation (chiffre qui n'a pas son équivalent en France et que la nouvelle loi énergétique allemande en cours d'examen 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 vers 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 particulièrement souhaitable.

Un objectif global de 10% (soit un doublement) de ces mêmes parts de marchés « bio-sourcées » est visé à l'horizon 2030, où la biomasse devrait constituer en outre plus de 50% de nos ambitions énergétiques renouvelables²⁷. Toutes ces valorisations de la biomasse présentent enfin un potentiel et des externalités positives très importants, notamment en termes d'emplois.

²⁷ Feuille de route adoptée dans le cadre du « paquet énergie-climat » européen- 2020- (en cours de révision à l'horizon 2030)

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 les 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) porte les objectifs de développement des produits bio-sourcés à 20 à 25% de l'économie. Ainsi, la bio-économie pèse très lourd dans ces perspectives futures.

Il faut savoir qu'en matière de bio-ressources valorisées, la feuille de route ci dessus dépendra en France pour 60% environ de la filière « forêt-bois », pour 30% de la filière « agriculture-IAA » et pour 10% des bio-déchets, le tout à partir des gisements nationaux de bio-ressources supposés pouvoir répondre à ces besoins et sécuriser prioritairement les approvisionnements des filières alimentaires et des bio-matériaux qui sont préexistantes et concurrentes (recherche de synergies inter-filières). Il s'agit effectivement de défis très lourds, à la hauteur des enjeux. Mais la France 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 biofilieres agricoles et forestières

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

***Bois énergie²⁸:**

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

***Biocarburants²⁹:**

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

***Bois-fibres-matériaux³⁰:**

> 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 composites³¹:**

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

Soit un total de réduction des émissions possible, par substitution, de l'ordre de 40 MtCO₂/an

On voit donc ici l'intérêt des biofilieres 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...).

²⁸ cf 3-4-1

²⁹ 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

³⁰ cf 3-4-1

³¹ En appliquant à ces filieres, 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 filieres, une substitution d'environ 6 MtCO₂

Politiques, instruments et facteurs de développement

Le développement des biofiliales³² s'appuie en France sur trois grands types de soutiens publics:

-La fiscalité, d'abord, 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 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 renouvelables (EnR) de revendre leur production sur le réseau (la production électrique, ou gazière plus récemment pour la méthanisation en injection) à des tarifs d'achat bonifiés fixes, ou fixés par appel d'offres

-Les aides budgétaires enfin (Etat, Ademe, Régions et FEDER européen) viennent compléter localement les autres systèmes d'encouragement. Le fonds chaleur en est l'exemple le plus notable.

Tous ces dispositifs font un levier maximum au profit des filières bioénergétiques et ignorent totalement les filières concurrentes (en approvisionnement) des biomatériaux, du bois et de la chimie du végétal nécessitant une vigilance particulière pour la filière bois ou pour l'agroalimentaire dont il consomme les mêmes ressources³³. 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 et 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 biofiliales, 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 biofiliales (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.

3.6 Pertes et gaspillage

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, phénomène 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, et par conséquent les pertes aval intègrent un degré supérieur de consommation carbonée et par conséquent une perte supérieure de carbone/cycle de vie, le niveau ultime étant atteint au stade de la

³² Nous parlerons surtout de celui des bioénergies car peu d'outils publics s'appliquent en fait aux bio-produits

³³ 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 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.

consommation finale quand le produit a été cultivé, récolté, transformé, distribué et préparé pour la consommation. 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 gaspillages doit être appréhendée. Comme l'écrit la FAO, la France figure au rang des pays où le gaspillage est principalement du ressort de l'acte de consommation. Le pacte national de lutte contre le gaspillage alimentaire présenté par le MAAF en juin 2013 s'inscrit dans ces orientations (et a à ce titre reçu le soutien de la FAO). Fixant comme objectif la diminution significative du gaspillage alimentaire en France, il 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% du gaspillage français, soit de l'ordre de 150 KgCO₂eq par habitant, conduirait à gain quantitatif de près de 10 Millions de tonnes de 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 transformation jusqu'à la consommation, en regardant globalement le système alimentaire

En conclusion de ce chapitre concernant l'atténuation des GES en France, il conviendrait que les objectifs puissent s'adresser au secteur AFOLU dans son ensemble en intégrant en outre l'impact induit sur les filières aval (et non pas en se limitant aux seuls secteurs agricole et forestiers à l'amont). Ils devront prendre en compte les gains possibles par effet de stockage et de substitution qui peuvent être supérieurs aux seules réductions directes d'émissions dans les exploitations.

Le tableau qui suit en donne une synthèse

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

(chiffrage des gains potentiels)

- **l'agroécologie** 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**
- **la limitation de l'artificialisation des sols et du retournement des prairies** : une réduction de 50% du changement d'usage permettrait un gain de **8 à 10 MtCO₂eq/an**
- **l'augmentation de la capacité productive de la forêt** par une politique dynamique d'exploitation et de reboisement et de **stockage dans les produits bois** : **5 MtCO₂/an**
- **le développement de la substitution par les filières de la bioéconomie** : **40 MtCO₂/an**

En outre, la réduction du gaspillage, 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 : 10MtCO₂eq/an au total pour une réduction de 20%.

Si l'on considère que le secteur des terres (AFOLU), en France, représente 46,4 MtCO₂eq/an, 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 à 78MtCO₂/an augmenterait de 50% à l'échéance 2030.

Ceci ne se fera qu'au prix de politiques volontaristes en matière d'agroécologie, de lutte contre le retournement des prairies et l'artificialisation, ainsi que de dynamisation de la sylviculture.

4. Risques climatiques, voies d'adaptation et stratégies pour les filières et les territoires

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

Les trois risques-clés 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 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 / agro-forestiers.

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

4.2 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 en prévenant les conflits d'usages. La gestion de l'eau va donc devoir évoluer et le stockage être considéré comme un moyen de l'adaptation, un outils 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 » (réduction de 20% 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 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 propose la conjugaison de mesures de stockage et d'évolutions de pratiques culturales économes en eau³⁴.

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 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 ainsi 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 (efficacité, 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 sur tout le territoire. Les territoires doivent s'y préparer et notre société comprendre et plébisciter cette nécessaire évolution pour réussir à la fois l'adaptation et l'atténuation.

Si, pour devenir résiliente et 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 efficace de cette ressource.

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

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

Les risques, enjeux et voies possibles en termes d'adaptation et d'atténuation sont cependant différents d'un territoire à l'autre. L'agriculture comme l'environnement sont en effet d'abord des « sciences de la localité » et chaque territoire a ses propres atouts/ressources, ses contraintes, ses opportunités et ses menaces. Par exemple, certains territoires disposent de ressources en eau abondantes encore non mobilisées alors que d'autres connaissent déjà des problèmes graves 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, **d'agir à toutes les échelles pertinentes pour faire le choix de trajectoires de développement durable** qui permettent de rechercher co-bénéfices, synergies et compromis, en prenant en considération également la sécurité alimentaire et l'emploi.

³⁴ 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 culturales économes en eau.

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 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, à même de prendre en compte la diversité des situations et des défis.

4.4 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 (IPPC), 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 sur le 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'accompagne 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, 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'agroécologie, 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.

4.5 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 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 » (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/PVE, 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. C'est une condition aussi du succès de l'atténuation.**
- **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.

5. Les aspects internationaux : penser ensemble « climat et sécurité alimentaire », « adaptation et atténuation », « Nord et Sud » et « secteur des terres »

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 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.

• 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. 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. En Afrique, la priorité devrait consister à agir à la fois « adaptation » et « développement », à travers une politique d'appui à l'agriculture familiale, avec notamment le développement d'une agriculture de conservation et une autre gestion de l'eau.³⁵

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,

³⁵ 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.

- les besoins supplémentaires à satisfaire d'ici 2030 et 2050, en termes d'emplois et d'alimentation, et donc de production, sont considérables³⁶.

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 conduise à sa mise en difficulté alors que la Convention des Nations Unies sur le Changement Climatique a pour objectif ultime « *d'agir pour éviter que la production alimentaire ne soit menacée* » et que la production 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 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 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, ont prévu d'y consacrer leur 3^{ème} séminaire international « SESAME ».

- **Raisonnement « 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 les 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 des émissions « agricoles » sera très positive pour le climat si elle permet de réduire une déforestation beaucoup plus émissive de GES. En raisonnant « secteur des terres », chaque pays pourrait donc rechercher 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. Le pays s'est aussi heureusement engagé dans une politique active de restauration des terres dégradées (une grande priorité pour le climat et la sécurité alimentaire), de reboisement et d'agro-foresterie.

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 échanges alimentaires entre pays importateurs et exportateurs (et notamment entre pays pauvres et riches en eau) ne cessent de s'accroître avec la croissance démographique ; ce qui vaut pour les pays du Sud vaut aussi pour l'Europe. Si l'Europe devait réduire sa production agricole pour des raisons de politiques inadéquates 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 serait de facto externalisée dans d'autres régions avec des risques presque certains d'un bilan climatique aggravé (impact indirect sur la déforestation). Ce serait donc là un résultat qu'on pourrait donc qualifier d'« absurdité climatique et alimentaire ». L'objectif devrait donc être bien davantage un *gain d'efficacité*, mesurable en quantité produite / émissions générées /

³⁶ 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.

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 mettre en péril la sécurité alimentaire ou faire disparaître des forêts et prairies productrices de grands services climatiques et alimentaires. Les bioénergies auront en effet 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 clairement et il relève aussi leur intérêt potentiel pour accroître 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*. Elle assure, en effet, 70% de la production mondiale mais avec, dans bien des territoires, un accès très limité à la formation, à l'information, au crédit, aux semences de qualité, à l'eau, aux marchés et aux technologies.

- **L'agriculture climato-intelligente (« climate smart agriculture ») : faire converger adaptation, atténuation et sécurité alimentaire**

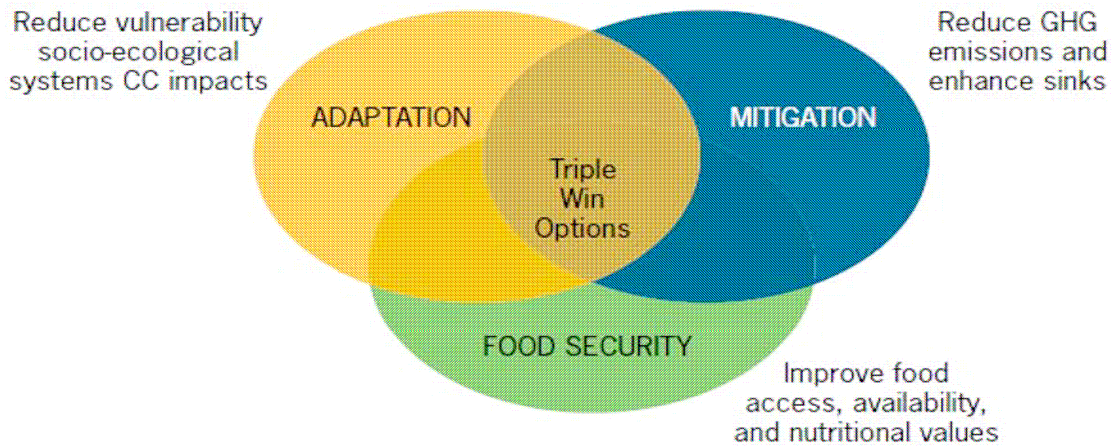
Relever le double défi alimentaire et climatique va donc demander au *secteur des terres* un énorme effort à la fois de production accrue, d'adaptation et d'atténuation, qu'il conviendra de penser ensemble.

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 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, car si les impacts annoncés du changement climatique s'annoncent fort lourds, les progrès possibles 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 et sécurité alimentaire / bien-être des agriculteurs. C'est ce qui a conduit la FAO et certain pays à proposer le concept d' « **agriculture climato-intelligente** » (**ACI**) ou de « **climate smart agriculture** » en anglais.

L'agriculture climato-intelligente (smart climate 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 soutenant 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 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 par les biofiliales, 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, dans chaque pays, les progrès réalisés 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.

6. 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 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 :

- **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.

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 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. Devant cette complexité, peu motivante et peu favorable à l'image de l'agriculture (et de la sylviculture), la communication devient alors un véritable enjeu climatique.

- **L'agriculture, accompagnée des filières agroalimentaires**, peut parallèlement progresser dans des pratiques et des systèmes de cultures plus sobres en intrants (fertilisation, énergie, eau, 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 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 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 ». Mais elle pourrait également bénéficier de nouveaux instruments financiers bancaires à négocier

- **La forêt et l'agriculture**, leurs produits et sous-produits, peuvent fournir significativement des produits de substitution sobres aux matières fossiles, en **particulier les biomatériaux, les bioproducts 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** liée à l'urbanisme, pèsent lourd dans le déstockage de carbone. Leur indispensable réduction justifie des mesures fortes, immédiates et à effet sur le long terme.

- **La 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, comportements et de nos politiques de l'eau.

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

- **Les territoires** doivent enfin 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, par exemple, 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.