

Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone

Président

Christian de PERTHUIS

Rapporteurs

Johanne BUBA

Aurélien MILLION

Pascale SCAPECCHI

Olivier TEISSIER

Assistante

Elise MARTINEZ

Coordonnateur

Dominique AUVERLOT

Octobre 2011

Préface

J'ai eu la chance d'animer les travaux du Comité « Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone » et suis fier d'en présenter le rapport qui explore les voies d'un renforcement de l'action face au changement climatique.

Je tiens en premier lieu à souligner le professionnalisme de l'équipe des rapporteurs qui a réuni, en un temps record, la masse d'information impressionnante qui charpente ce rapport. Son efficacité a bénéficié du soutien et de la coordination fournis par le Centre d'analyse stratégique. Elle a été démultipliée par les apports d'expertises externes venant alimenter les travaux du groupe. Que les uns et les autres soient ici chaleureusement remerciés.

Ce travail reflète la qualité des échanges qui se sont instaurés au sein du Comité. Par construction, ce Comité reflète une diversité de points de vue qui ont pu s'exprimer dans un esprit de dialogue constructif. J'ai été impressionné par l'engagement des différentes parties prenantes durant nos travaux et suis heureux que les axes de convergence l'aient largement emporté sur les points de désaccord. Je remercie bien sincèrement tous les membres du groupe pour le temps et l'énergie qu'ils ont consacrés à nos travaux.

J'espère que ce rapport donnera au lecteur une information complète et impartiale l'aidant à se positionner sur les enjeux de l'action collective face au réchauffement du climat. Je formule enfin le souhait qu'il aide nos décideurs à prendre les meilleures options pour conjuguer, en France comme en Europe, ambition climatique et développement économique et social.

Christian de Perthuis
Professeur d'Économie associé à l'Université Paris-Dauphine
Président du Comité

Résumé pour décideurs	9
-----------------------------	---

Introduction.....	19
-------------------	----

Chapitre 1 - Le contexte et les questions posées 21

1. Le triple jeu d'engagements déjà pris par la France.....	21
2. Une déconnexion partielle entre émissions observées et croissance économique, bien insuffisante pour atteindre le « facteur 4 »	22
3. Le « facteur 4 » français et le « facteur 5 » européen sont-ils compatibles ?.....	26
4. Comment les objectifs européens et français s'intègrent dans la négociation climatique internationale ?	29
5. Quelle trajectoire viser entre aujourd'hui et 2050 ?	29
6. Le jalon 2020 et les choix politiques à prendre en Europe : faut-il remonter l'engagement de - 20 % ?	32
7. Faut-il introduire d'autres jalons intermédiaires et les proposer au plan européen ?	35

Chapitre 2 - Ce que font nos partenaires européens 37

1. Les émissions de GES en Europe : des évolutions à géométrie variable.....	37
2. Le positionnement des pays par rapport aux objectifs 2020 et 2050	40
3. Les modes de gouvernance de la politique climatique	42
4. Une panoplie d'instruments pour orienter le secteur électrique vers le bas carbone	44
5. Le lien entre politique climatique, R&D et stratégies industrielles	45
6. Les incitations économiques à l'égard du « secteur diffus »	47
7. Les innovations en matière de financement	49

Chapitre 3 - Construction de trajectoires sectorielles françaises 51

1. Hypothèses et limites des trois scénarios étudiés.....	51
2. Énergie : plusieurs voies possibles vers un système bas carbone.....	54
3. Industrie : poursuivre les gains d'efficacité énergétique et agir sur les filières	59
4. Bâtiments : l'inertie du parc et le rythme de sa rénovation	63
5. Transports : le rythme de l'électrification, l'organisation des transports urbains et la marchandise	66
6. Vers une agriculture « écologiquement intensive ».....	68
7. Forêt et puits de carbone : l'enjeu de la préservation du puits forestier	71
8. Comparaisons avec les résultats de la feuille de route européenne	73
9. Assurer les cohérences spatiales, industrielles et économiques	76

Chapitre 4 - Les impacts économiques 79

1. Un exercice de modélisation français 79
2. La répartition des réductions d'émission dans le temps : les gains de l'action précoce..... 80
3. Une répartition sectorielle de l'effort qui souligne l'hétérogénéité des secteurs..... 83
4. Les impacts sur la croissance de l'économie et de l'emploi suivant le mode de recyclage de la valeur carbone 84
5. Les ruptures technologiques nécessitent des instruments spécifiques..... 85
6. La question du financement et son lien avec le prix du carbone 86
7. Les conditions sociales de la transition vers une économie sobre en carbone 88
8. Analyse des impacts pour la France d'un rehaussement de l'objectif européen de réduction d'émission en 2020..... 89

Chapitre 5 - Propositions pour une transition réussie vers une société sobre en carbone..... 93

1. Renforcer les mesures de politique industrielle favorisant la transition vers une économie sobre en carbone..... 93
2. Favoriser le développement de la R&D et la diffusion des innovations technologiques propices à la transition vers une économie sobre en carbone 95
3. Allonger la prévisibilité de la politique climatique par la définition de cibles européennes contraignantes en 2030 et renforcer sa crédibilité par la mise en place d'une gouvernance renouvelée 96
4. Renforcer le signal prix du carbone en l'étendant à l'ensemble de l'économie et en améliorant la régulation du système européen d'échanges de quotas de CO₂ 98
5. Améliorer et prolonger les mécanismes de flexibilité dans un cadre international et développer leur utilisation au sein même de l'Union européenne..... 99
6. Gérer le produit des enchères et des futures contributions climat-énergie en toute transparence dans le but de favoriser la croissance économique, l'équité sociale, le développement d'innovations sobres en carbone et la solidarité internationale..... 100
7. Anticiper les évolutions du marché de l'emploi et préparer les transitions professionnelles 102
8. Développer des modes de financements innovants associant capital public et capital privé et utilisant le levier de la valeur carbone 103
9. Intégrer de façon efficace les objectifs de la politique climatique dans les politiques d'aménagement des espaces urbains et ruraux..... 104

Conclusion 107

Bibliographie..... 109

Compléments..... 113

Complément 1 - Propositions des différents membres du Comité.....115

Complément 2 - L'analyse de l'évolution des émissions européennes et françaises depuis 1990 - *Aurélien Million*183

Complément 3 - Une illustration des politiques climatiques étrangères <i>Johanne Buba</i>	197
Complément 4 - Construction de trajectoires sectorielles françaises <i>Aurélien Million - Pascale Scapecchi - Olivier Teissier</i>	225
Complément 5 - Synthèse des résultats de modélisation <i>Pascale Scapecchi - Denis Ferrand</i>	289
Complément 6 - Favoriser le développement de la R&D et la diffusion des technologies propices à une économie sobre en carbone <i>Matthieu Glachant - Dominique Auverlot</i>	315
<hr/>	
Annexes	321
Annexe 1 - Lettre de mission	323
Annexe 2 - Liste des membres du Comité.....	325
Annexe 3 - Liste des intervenants	331

Résumé pour décideurs

Les informations en provenance de la communauté scientifique appellent à un changement rapide de trajectoires des émissions de gaz à effet de serre dans le monde pour éviter un réchauffement moyen de la planète supérieur à 2°C : d'après les scénarios du Groupement intergouvernemental des experts sur le climat (GIEC), une division par deux des émissions mondiales à l'horizon 2050, soit une réduction de 80 à 95 % au sein des pays développés. Les travaux du Comité ont exploré les meilleures voies pour y contribuer en France.

Les orientations à prendre doivent tenir compte d'une double donne. D'une part, les négociations internationales menées dans le cadre des Nations-Unies, malgré des avancées techniques, ont peu de chance d'aboutir à échéance rapide à un accord international ambitieux. D'autre part, l'économie n'a pas connu de reprise forte à la suite de la violente récession de 2008-2009, alors même que la situation financière des États s'est affaiblie et qu'un doute s'est installé à l'égard des dettes souveraines au sein de la zone Euro.

Dans un tel contexte, les travaux du Comité ont suivi un fil conducteur : rechercher les voies d'une politique climatique qui conjugue ambition élevée sous l'angle de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et impacts positifs sur la croissance économique, la compétitivité industrielle et l'emploi. Une action ambitieuse face au changement climatique pourra contribuer au redressement de notre économie et à la constitution de nouveaux avantages comparatifs dans la compétition internationale si deux conditions sont réunies :

- intégrer beaucoup plus directement que par le passé la politique climatique à une stratégie conjuguant politique de développement des filières industrielles, effort de recherche et développement et diffusion de l'innovation au sein du tissu économique ;
- crédibiliser les instruments de l'action publique en construisant une gouvernance qui rende prévisibles à long terme les objectifs fixés aux agents économiques et les incitations économiques qui les aideront à les atteindre, notamment grâce à une généralisation de la tarification du carbone dans l'économie.

Ces orientations d'ensemble se déclinent suivant quatre axes : l'analyse du contexte européen, la construction de trajectoires sectorielles françaises, le diagnostic des scénarios envisageables et l'identification des instruments à mettre en place.

1. Le contexte européen est actuellement marqué par les discussions concernant l'atteinte de l'objectif auquel s'est engagé l'Union européenne d'une réduction d'au moins 80 % des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050. Cet objectif

n'ayant pas été décliné par État membre, le Comité a en premier lieu analysé la position de notre pays par rapport à l'ensemble européen. Compte tenu de la structure de nos émissions, et notamment le faible niveau des émissions d'origine industrielle et énergétique sur lesquels les réductions les plus importantes sont visées au sein de l'Union, il en ressort que l'objectif national du « facteur 4 » qui ramènerait notre pays à un niveau d'émission inférieur à deux tonnes d'équivalent CO₂ par habitant en 2050 s'inscrit bien dans le cadre des objectifs européens de long terme. Cet objectif national ne doit pas être conditionné par l'évolution des négociations climatiques internationales. Il doit être atteint par notre pays avec des moyens d'action qui renforcent simultanément la croissance économique, l'emploi et les différentes filières industrielles.

Il n'y avait pas, au moment des travaux du Comité, consensus au sein de l'Union européenne sur la meilleure trajectoire à viser pour atteindre les objectifs de long terme et notamment sur l'opportunité de rehausser l'objectif communautaire de réduction de - 20 % des émissions de gaz à effet de serre en 2020 relativement à 1990. L'audition de trois pays favorables à un tel rehaussement a montré des innovations intéressantes de politique climatique : très fort lien avec les stratégies industrielles de production et d'exportation de nouvelles technologies en Allemagne ; mise en place d'une gouvernance *ad hoc* avec plusieurs innovations financières au Royaume-Uni ; utilisation de la taxation du carbone de façon domestique en Suède. Ceci suggère qu'au-delà des actions déjà mises en place dans le cadre du Grenelle de l'environnement, notre pays devra continuer à innover en matière d'action publique pour atteindre des objectifs climatiques ambitieux.

2. Les potentiels de réduction des émissions. Depuis 1990, les émissions françaises de GES se sont partiellement déconnectées de la croissance économique, le mouvement semblant s'accélérer à partir de 2005, au-delà de l'effet mécanique de la récession économique. Ce décrochement rend acquis l'atteinte des objectifs de notre pays au titre du protocole de Kyoto et probable le respect de nos engagements actuels à 2020 dans le cadre du paquet Énergie-Climat si la mise en œuvre des mesures du Grenelle de l'environnement ne bute pas sur des contraintes de finances publiques. En revanche, la seule poursuite de ces progrès incrémentaux ne suffira pas à nous mettre sur une trajectoire visant le facteur 4 en 2050. Il faudra pour cela opérer des ruptures de technologie et/ou d'organisation afin de réaliser les potentiels de réduction identifiés dans chaque secteur. Pour atteindre le facteur quatre, cinq conditions d'ensemble devront être réunies :

- il faudra agir à la fois sur la demande en incitant à l'efficacité énergétique et plus généralement à la baisse des consommations de biens et services à forte empreinte carbone, et sur l'offre en encourageant les procédés de production sobres en carbone. Cette condition est en particulier indispensable pour que les sources primaires d'énergie non émettrices puissent couvrir les demandes aux différents horizons prospectifs ;
- l'ensemble des secteurs, soumis ou non au système européen d'échange de quotas de CO₂, devrait accélérer leurs réductions d'émission. Une attention particulière doit être apportée aux secteurs diffus où de multiples sources d'émission rendent plus ardue la mise en place d'incitations adaptées : le transport, les bâtiments et l'agriculture. Les secteurs de l'agriculture et de la forêt méritent une analyse spécifique du fait de leur aptitude à produire du carbone renouvelable et à stocker le carbone atmosphérique. Cette dernière pourrait être

fortement réduite en ce qui concerne la forêt dans les décennies qui viennent en l'absence d'investissements. Il convient par ailleurs de rapidement freiner les pressions à l'artificialisation des sols exercées par l'expansion périurbaine ;

- les acteurs économiques devront disposer dans chaque secteur d'un jeu d'incitations prévisibles à long terme qui les conduisent, grâce à l'action publique, à engager rapidement les efforts d'investissement et d'innovation requis pour atteindre les cibles d'émissions carbone envisagées en 2050. À cet égard, une grande diversité de conditions prévaut dans les différents secteurs, avec des enjeux respectifs différents en matière d'innovations technologiques ou d'organisation ;
- des sources de financement devront être mobilisées pour réaliser les investissements supplémentaires et couvrir les coûts des reconversions nécessaires pour aller vers l'économie sobre en carbone, sans déstabiliser les finances publiques dont la consolidation restera une priorité dans les années qui viennent. Les actions de R&D, mais aussi l'innovation et la diffusion technologiques peuvent à la fois favoriser la compétitivité de nos entreprises, mais aussi la croissance de notre économie sur le long terme : leur financement sera particulièrement important ;
- pour réunir les conditions d'acceptabilité sociale de ces mutations, la transition vers l'économie sobre en carbone devra rapidement avoir des effets bénéfiques sur les entreprises et l'emploi et s'accompagner d'une distribution équitable des efforts à engager.

3. Les différents scénarios possibles. Dans le cadre du temps qui lui a été imparti, le Comité n'a pas multiplié les travaux de scénarisation mais a étudié trois trajectoires, déclinées par secteur, qui aboutissent toute à une réduction de 75 % des émissions de gaz à effet de serre en 2050. La différence entre ces trois trajectoires est qu'elles passent par trois points différents en 2020, correspondant à trois options possibles au plan communautaire (- 20, - 25 ou - 30 % d'objectifs de réduction) et aboutissent au plan national à des réductions comprises entre 33 et 41 % en 2030 (voir le tableau 2 annexé à ce texte). Si la question du rehaussement de l'objectif européen n'a pas fait l'objet de consensus au sein du comité, les travaux de modélisation et d'analyse réalisés permettent d'évaluer les paramètres à prendre en compte pour la décision :

- le rehaussement de l'objectif à - 25 ou - 30 % conduit en premier lieu à un bénéfice climatique additionnel avec un cumul des émissions réduit de 8 % à l'horizon 2050. Les simulations effectuées par les différents modèles illustrent les bénéfices de l'action précoce : avec un objectif rehaussé, les réductions sont mieux réparties dans le temps ce qui évite une forte augmentation des contraintes en fin de période. Un tel rehaussement serait également un facteur de remontée du prix du quota de CO₂ sur le système d'échange européen ce qui est un objectif aujourd'hui largement partagé. S'il s'accompagnait des mesures d'accompagnement adéquates, il permettrait de constituer des avantages compétitifs dans les nouvelles filières économiques sobres en carbone ;
- certains participants au groupe ont fait valoir que les délais requis pour les investissements dans l'industrie faisaient de la cible 2020 un horizon trop rapproché pour changer les règles du jeu du système européen d'échange de quotas de CO₂. D'autres ont marqué la crainte que l'atteinte de réductions additionnelles d'ici 2020 dans les secteurs d'émission non couverts par le système européen d'échange de quotas de CO₂ n'alourdissent les charges pour la

puissance publique dans la mesure où un grand nombre d'incitations dans ces secteurs repose sur l'utilisation d'argent public. Enfin certains rappellent que l'action européenne serait démultipliée si le dispositif européen était rattaché à un marché mondial du carbone ;

- compte tenu des réserves précédentes, le Comité a cherché à mettre en relief les conditions favorables pour opérer avec succès un tel rehaussement des objectifs. Le renforcement du système d'incitations économiques, par élargissement de la tarification du CO₂ énergétique aux secteurs non couverts par le système communautaire des quotas, en est une composante essentielle. Cet élargissement devrait idéalement emprunter la voie européenne, mais retenir la voie nationale si les délais de concrétisation d'une telle démarche au plan communautaire restaient excessifs ;
- l'utilisation des fonds issus de la tarification nationale ou européenne du carbone peut favoriser la croissance et l'emploi à court mais aussi à moyen terme. Le Comité recommande à cet égard que cette utilisation s'inscrive dans une vision pluriannuelle, en intégrant les cinq priorités suivantes : une baisse des charges pour favoriser l'emploi et renforcer la compétitivité des entreprises; une compensation ciblée sur les ménages en situation de précarité ; le financement de la R&D et de la diffusion des innovations technologiques sobres en carbone en France et dans le cadre de la coopération internationale ; le financement de nouvelles formations et d'aides aux reconversions professionnelles ; le soutien à la lutte contre le changement climatique des pays les moins avancés.

4. Les instruments à mettre en œuvre. Une condition de réussite de la transition vers l'économie sobre en carbone est que les signaux envoyés par l'autorité publique tant européenne que française soient crédibles et prévisibles. Au plan national, le Comité est donc favorable à une gouvernance rénovée de la politique climatique avec, à l'image de ce que font les Britanniques, la mise sur pied d'un comité indépendant réunissant les expertises nécessaires, et ouvert sur le monde économique et la société civile. Il est également favorable à l'établissement de cibles intermédiaires tant au plan national qu'europpéen :

- au plan national, il souhaite que l'on mette à l'examen un dispositif de cibles intermédiaires d'émissions de gaz à effet de serre (triennales ou quinquennales), non contraignantes et déclinées au plan sectoriel, pour renforcer la capacité nationale de pilotage des trajectoires et évaluer l'adéquation entre les moyens mis en œuvre et les résultats obtenus ;
- au plan communautaire, une fois actées les décisions sur 2020, il est souhaitable que soit très rapidement fixé un objectif européen de réduction en 2030 en cohérence avec l'objectif 2050. Cet objectif, de l'ordre de - 40 à - 45 % au plan communautaire d'après les estimations de la feuille de route européenne, devra être décliné précisément entre États membres et dans les règles d'évolution du plafond du système d'échange de quotas européen qui doit rester un instrument de pilotage puissant et efficace pour la réduction des émissions industrielles. Le Comité souhaite à cet égard que les propositions de renforcement de la régulation du marché du carbone sous l'égide d'une autorité européenne indépendante, inspirées du rapport Prada, soient mises en place rapidement ;
- au plan international et pour accroître la flexibilité des politiques climatiques, la poursuite de l'utilisation des mécanismes de projets créés dans le cadre du Protocole de Kyoto peut être une source utile de flexibilité externe. Elle devra être

ciblée sur les pays les moins avancés ou qui font des efforts prouvés de réduction d'émission et sur les démarches de type programmatique. L'extension de ces mécanismes, harmonisée au sein de l'Europe, permettrait de plus de faciliter l'atteinte des objectifs de réduction dans les secteurs non couverts par le système européen des quotas.

Au plan financier, le Comité est favorable à la mise en place de mécanismes innovants permettant d'utiliser la valeur future des réductions d'émission et des économies d'énergie pour financer aujourd'hui en prêt ou en fonds propres des investissements réducteurs d'émission. De tels dispositifs, s'il était mis en place à grande échelle, permettraient notamment de lever l'une des contraintes les plus fortes pesant sur l'accélération des travaux de rénovation dans le parc immobilier.

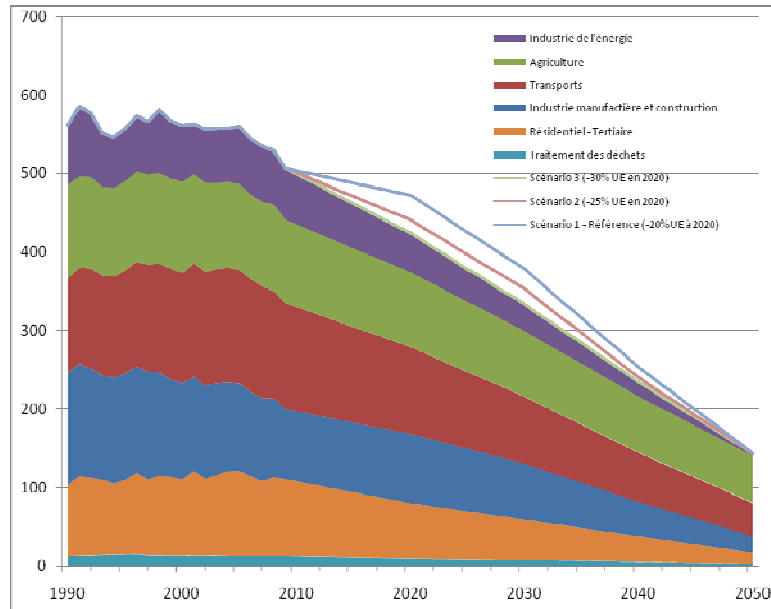
Le lecteur trouvera dans le chapitre 5 du rapport le détail des propositions du Comité destinées à faciliter une transition réussie vers une économie sobre en carbone. Par ailleurs, le premier complément au rapport réunit un certain nombre de propositions que les participants au Comité ont souhaité formuler sous leur propre responsabilité.

LES 9 PROPOSITIONS DU RAPPORT

1. Renforcer les mesures de politique industrielle favorisant la transition vers une économie sobre en carbone.
2. Favoriser le développement de la R&D et la diffusion des innovations technologiques propices à la transition vers une économie sobre en carbone.
3. Allonger la prévisibilité de la politique climatique par la définition de cibles européennes contraignantes en 2030 et renforcer sa crédibilité par la mise en place d'une gouvernance renouvelée.
4. Renforcer le signal prix du carbone en l'étendant à l'ensemble de l'économie et en améliorant la régulation du système européen d'échanges de quotas de CO₂.
5. Améliorer et prolonger les mécanismes de flexibilité dans un cadre international et développer leur utilisation au sein même de l'Union européenne.
6. Gérer le produit des enchères et des futures contributions climat-énergie en toute transparence dans le but de favoriser la croissance économique, l'équité sociale, le développement d'innovations sobres en carbone et la solidarité internationale.
7. Anticiper les évolutions du marché de l'emploi et préparer les transitions professionnelles.
8. Développer des modes de financements innovants associant capital public et capital privé et utilisant le levier de la valeur carbone.
9. Intégrer de façon efficace les objectifs de la politique climatique dans les politiques d'aménagement des espaces urbains et ruraux.

2 graphiques et 2 tableaux pour illustrer le résumé pour décideurs

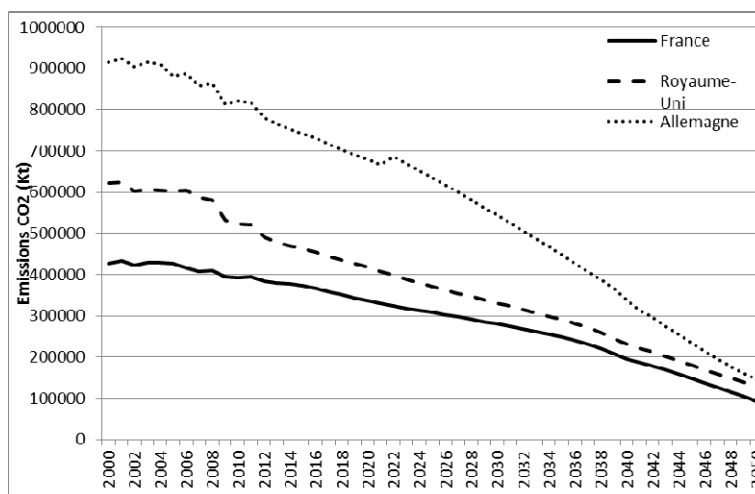
Graphique 1 : Trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre par secteur pour atteindre l'objectif de 75 % en 2050 en France (MtCO₂e)



Source : travaux du Comité

Ce graphique représente les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre de la France issues des travaux de scénarisation du Comité. Elles aboutissent chacune à une réduction de 75 % des émissions de gaz à effet de serre en 2050 relativement à 1990 mais passent par trois points différents en 2020, correspondant à trois options possibles au plan communautaire (- 20, - 25 ou - 30 % d'objectifs de réduction par rapport à 1990). La répartition sectorielle des émissions correspond au scénario - 30 % au niveau communautaire en 2020 par rapport à 1990. Les émissions représentées pour la France couvrent tous les gaz à effet de serre couverts par le protocole de Kyoto, sont au périmètre de la métropole et des départements d'outre-mer. Elles n'intègrent pas les émissions ou le stockage de carbone liés au mode d'utilisation des sols et à leur changement d'usage (forêt et agriculture très majoritairement).

Graphique 2 : Répartition entre la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni d'une trajectoire d'émission visant – 80 % en 2050 (CO₂ énergétique uniquement)



Source : modèle POLES

Ce graphique représente les trajectoires de réduction des émissions de la France, du Royaume-Uni et de l'Allemagne pour atteindre une division par cinq des émissions européennes à l'horizon 2050 telles que les a calculé le modèle POLES. Les réductions d'émissions sont plus élevées pour l'Allemagne que pour la France et intermédiaire au Royaume-Uni. Cela s'explique par l'existence d'un gisement de réductions potentielles à plus faible coût dans ces deux pays, principalement dans le secteur de la production énergétique.

Tableau 1 : Émissions de gaz à effet de serre par secteur pour atteindre l'objectif de 75 % en 2050 en France

	1990		2005		2050		Évolution /1990 (%)
	(MtCO ₂ e)	Part du total (%)	(MtCO ₂ e)	Part du total (%)	(MtCO ₂ e)	Part du total (%)	
Total	562	100	561	100	140	100	- 75
Résidentiel - Tertiaire	91	16	108	19	13	9	- 85
Industrie manufacturière	143	25	112	20	21	15	- 85
Transports	120	21	144	26	41	29	- 66
Agriculture	120	21	110	20	59	42	- 51
Industrie de l'énergie	76	14	74	13	3	2	- 96
Traitement des déchets	13	2	13	2	3	2	- 76

Source : travaux du comité

Ce tableau présente par secteur les émissions de gaz à effet de serre de la France (au périmètre de la métropole et des départements d'outre-mer), en 1990, 2005 et en 2050 dans le cadre d'une trajectoire menant à une réduction de 75 % des émissions de gaz à effet de serre en 2050 relativement à 1990. Ces chiffres n'intègrent pas les émissions ou le stockage de carbone liés au mode d'utilisation des sols et à leur changement d'usage (forêt et agriculture très majoritairement).

Tableau 2 : Comparaison des évolutions entre la France et l'UE 27

	Part du total (%)		Évolutions/1990 (%)							
	2005		2005		2020		2030		2050	
	Fr	UE	France	UE	Fr	UE	Fr	UE	Fr	UE
Total (tous GES)	100	100	0	- 7	-16 à -25	- 23 à - 26	- 33 à - 41	- 40 à - 44	- 75	- 79 à - 82
Industrie de l'énergie (CO ₂)	13	31	3	- 7	- 25 à - 32	- 30 à - 34	- 49 à - 53	- 54 à - 68	- 96	- 93 à - 99
Industrie manufacturière (CO ₂)	18	18	- 8	- 20	- 24 à - 36	- 31 à - 32	- 32 à - 48	- 34 à - 40	- 84	- 83 à - 87
Transport (hors aérien international et maritime) (CO ₂)	25	18	18	25	+ 3 à - 8	+ 15 à +27	- 22 à - 29	+ 8 à - 17	- 65	- 61 à - 74
Résidentiel-tertiaire (CO ₂)	17	13	16	- 12	- 11 à - 20	- 21 à - 25	- 33 à - 42	- 37 à - 53	- 85	- 88 à - 91
Agriculture (non CO ₂)	17	10	- 10	- 20	- 14 à - 19	-	- 26 à - 29	- 36 à - 37	- 49	- 42 à - 49
Autres (non CO ₂)*	8	8	- 30	- 30	- 41 à - 47	-	- 48 à - 58	- 71,5 à - 72,5	- 86	-70 à -78

Source : travaux du comité

- * Cette ligne couvre les émissions de GES non CO₂ des secteurs de l'industrie de l'énergie, de l'industrie manufacturière, du transport (hors aérien international et maritime), du résidentiel-tertiaire et des déchets.

- Pour les secteurs, cette comparaison concerne uniquement les gaz retenus dans la feuille de route de la Commission européenne, et ne permet pas de couvrir tout l'inventaire ; il y manque les émissions de CO₂ de l'agriculture, et des déchets, soit environ 2 % des émissions totales hors UTCF ; le secteur UTCF n'est par ailleurs pas traité par la feuille de route climat 2050 de la Commission.

Ce tableau compare, pour les gaz à effet de serre précisés dans l'entête, les points de passage sectoriels à 2020, 2030 et 2050 des trois trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre de la France issues des travaux de scénarisation du Comité avec les jalons sectoriels proposés pour l'UE 27 par la Commission européenne dans sa « Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050 » publiée le 8 mars 2011.

Crise économique et politique climatique

Dans sa fameuse *Review* réalisée à la demande du Trésor britannique en 2006, l'économiste Nick Stern a popularisé un raisonnement auparavant confiné aux cercles relativement étroits des économistes du climat : sitôt qu'on allonge l'horizon temporel du décideur, les coûts de l'inaction face au réchauffement du climat sont bien plus élevés que ceux de l'action immédiate. Jusqu'à 20 % du PIB à un horizon de 50 ans pour les premiers, contre 1 à 2 % du PIB pour les seconds. Quel décideur responsable pourrait dès lors choisir l'option de l'inaction ? Mais dans un contexte de crise économique et financière, combien de décideurs prennent leurs décisions avec un horizon dépassant quelques mois ?

Depuis 2006, les informations en provenance de la communauté scientifique ont été dans le sens d'un renforcement de l'évaluation des dommages potentiels associés à nos émissions de gaz à effet de serre. Le quatrième rapport d'évaluation du GIEC, publié en 2007, documente de façon très complète les risques associés à la poursuite des trajectoires d'émission dans le monde. Sur la base de ces travaux, l'objectif de limiter le réchauffement moyen à 2°C a été retenu par la communauté internationale. Un consensus assez large prévaut sur le fait qu'une division par deux des émissions de gaz à effet de serre dans le monde d'ici 2050 mettrait toutes les chances de notre côté pour y parvenir, ce qui implique d'aller bien plus loin dans les pays développés. Sous l'angle de la science du climat, jamais le raisonnement de Stern n'a été aussi pertinent.

Pourtant, les progrès de l'action internationale face au changement climatique ont été tenus depuis la décision européenne de lancer le « Paquet énergie-climat » en décembre 2008. La négociation climatique a été confinée à des volets techniques, ce qui éloigne la perspective d'un accord international crédible sur les réductions d'émission. Contraints par la crise, les acteurs, publics ou privés, prennent leurs décisions les yeux rivés sur le court terme : ils n'acceptent pas une charge supplémentaire sur l'économie aujourd'hui, même si celle-ci est remboursée au décuple demain.

La mission du Comité « Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone » était précisément de réfléchir à l'articulation souhaitable entre les différents horizons temporels de la politique climatique. Ses travaux ont été organisés pour identifier les options combinant réduction des émissions de gaz à effet de serre et progrès économique et social. Trois approches complémentaires ont été développées : l'analyse comparative des expériences européennes (chapitre 2), la

construction de trajectoires sectorielles prospectives (chapitre 3) et l'évaluation des impacts économiques et sociaux à partir des outils de l'économiste (chapitre 4). Ses propositions présentées au chapitre 5 visent à identifier les instruments dont la mise en œuvre simultanée permettrait d'accélérer la transition vers une économie sobre en carbone tout en facilitant la dynamisation de l'économie et de l'emploi à court terme.

Ces voies sont-elles réalistes en temps de crise, s'interrogeront les sceptiques ? Si elles sclérosent les acteurs en raccourcissant leur horizon, les crises économiques peuvent aussi devenir des catalyseurs de changement. Comme le rappelle la formule de Jean Monnet : « *Les hommes n'acceptent le changement que dans la nécessité et ils ne voient la nécessité que dans la crise* ». Si le climat n'est plus une charge qui obère la capacité de rebond de l'économie, mais un levier permettant de créer plus de richesses et d'emplois, nul doute qu'il sera bien plus rapidement intégré dans nos choix collectifs. Un changement dont la nécessité a fait l'objet d'un large consensus au sein du Comité.

Le contexte et les questions posées

L'une des questions clefs de l'action face au changement climatique est de relier les différents horizons temporels. La nécessité de réduire massivement les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 fait l'objet d'un large consensus. Ce consensus a tendance à s'effriter à mesure qu'on se rapproche de cibles intermédiaires plus proches de nous : 2030, 2020. Il peut aboutir à des visions opposées sur le type d'action (ou d'inaction) à entreprendre, ici et maintenant. Comme aime à le répéter un maire d'une agglomération engagé dans l'action face au changement climatique : « au Conseil municipal, c'est un jeu d'enfant d'obtenir l'unanimité à l'horizon 2050 ; le consensus se fissure à l'horizon 2020 ; mais le vrai débat, c'est quand on passe au vote du budget de l'année prochaine ». Au plan local comme au plan national, il est important que ce débat soit conduit avec les meilleures informations possibles et en posant les bonnes questions. La première tâche du Comité a consisté à réunir une telle information en s'accordant sur les questions clefs à poser.

1. Le triple jeu d'engagements déjà pris par la France

En matière de réduction d'émissions de gaz à effet de serre, la France est déjà liée par trois engagements complémentaires à court, moyen et long termes :

- **le court terme concerne la période 2008-2012.** Au titre du protocole de Kyoto, la France s'est engagée à stabiliser, entre 1990 et la moyenne de la période 2008-2012, les émissions des six gaz à effet de serre couverts par le protocole¹, dont le principal est le dioxyde de carbone. Cet engagement résulte de la décision prise au Conseil environnement de l'UE, les 17 et 18 juin 1998, où les ministres se sont entendus sur un partage entre États membres de l'engagement européen d'une baisse de 8 % sur la même période ;
- **l'engagement de moyen terme concerne l'année 2020.** Lors du Conseil européen des chefs d'État et de gouvernement des 8-9 mars 2007, l'Union européenne a retenu un objectif de baisse de 20 % de ses émissions en 2020 par rapport à 1990 (soit 14 % par rapport à 2005). Cet objectif a ensuite été décliné par pays dans le cadre du Paquet énergie-climat, sur lequel un accord a été trouvé en décembre 2008, qui assigne des objectifs contraignants à notre pays présentés plus en détail dans la suite de ce chapitre. Il a été précisé que la Commission proposerait au Parlement et au Conseil des mesures de réduction supplémentaires

(1) Le « Panier de Kyoto » se compose de six gaz à effet de serre (le dioxyde de carbone CO₂, le méthane CH₄, le protoxyde d'azote N₂O, l'hydrofluorocarbure HFC, le perfluorocarbure PFC et l'hexafluorure de soufre SF₆).

pour atteindre un objectif de – 30 % « en cas d'accord international satisfaisant ». La discussion sur l'opportunité d'un passage à – 30 % reste cependant ouverte au plan européen, la Commission et certains États membres souhaitant relever l'objectif de – 20 % pour des raisons internes, indépendantes de l'évolution de la négociation climatique. La France n'a pour l'instant pas pris de position officielle sur ce point, restant sur une approche classique de relèvement de l'objectif de réduction en 2020 conditionné par l'évolution de ces négociations ;

- **avec le « facteur quatre »**, la France a été l'un des premiers pays européens à adopter des cibles de réduction de ses émissions à **l'horizon 2050**, compatibles avec une division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre telle qu'elle visée dans les scénarios privilégiés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). L'objectif de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre relativement à 1990 a été inscrit dans la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique du 13 juillet 2005. Il a été confirmé par la loi du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. Ces textes législatifs laissent cependant subsister quelques ambiguïtés sur le périmètre exact des émissions couvertes et la période de référence choisie.

Lorsqu'on compare ces trois cibles, à la situation de départ, quelle image va-t-il sortir ? L'analyse des émissions observées révèle que la France aura réduit ses émissions sur la période 2008-2012 nettement au-delà de l'objectif Kyoto, les deux inconnues concernant 2020 et surtout 2050.

2. Une déconnexion partielle entre émissions observées et croissance économique, bien insuffisante pour atteindre le « facteur 4 »

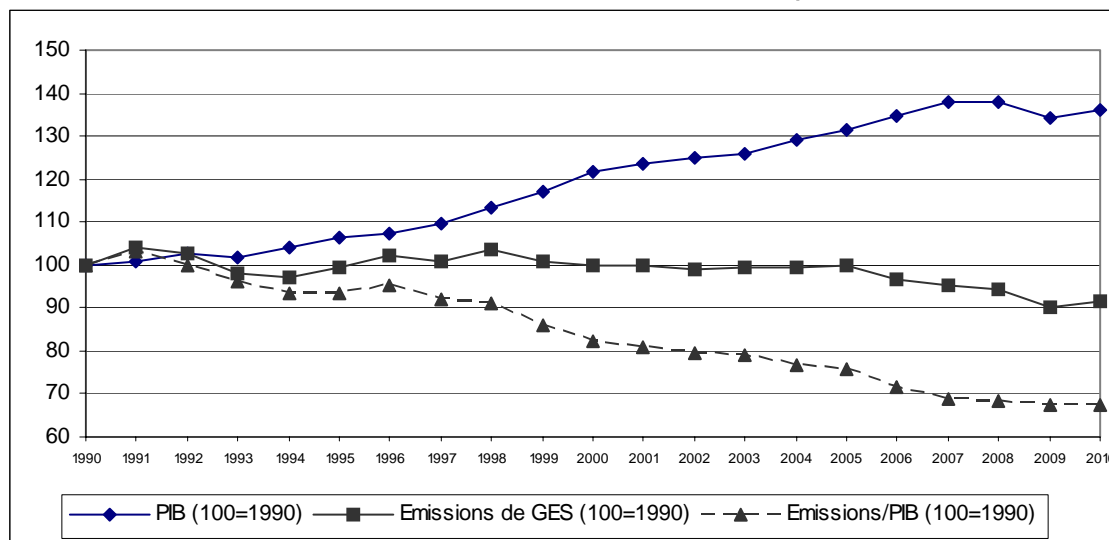
Première étape de toute démarche prospective : correctement appréhender le point de départ et chercher à détecter les tendances d'évolution à l'œuvre, leurs ruptures éventuelles, les signaux faibles susceptibles d'annoncer des ruptures plus importantes à l'avenir. Le complément 2 réunit à la fin du rapport l'ensemble des éléments qui ont été analysés aussi bien au plan français qu'au plan européen en la matière. Trois idées principales en ont été tirées pour alimenter les travaux du Comité.

Primo, sur les vingt dernières années, les émissions de gaz à effet de serre de la France¹ ont partiellement décroché de la croissance économique. Entre 1990 et 2008, la croissance du PIB a approché les 40 % alors que le total des émissions a légèrement reculé. Durant la crise économique, les émissions de gaz à effet de serre continuent de décliner par rapport au PIB (voir graphique 3). Cette déconnexion

(1) Dans ce rapport, les chiffres d'émissions de gaz à effet de serre utilisés correspondent aux conventions adoptées dans le cadre du protocole de Kyoto. L'inventaire reprend toutes les émissions produites sur le territoire national (France métropolitaine + DOM) qu'elles résultent de la combustion des produits énergétiques carbonés ou des process industriels utilisant comme matière première des produits carbonés. Les émissions des transports aériens, maritimes et fluviaux « domestiques », y compris ceux liés aux échanges entre la France métropolitaine et les DOM, font partie du recensement. En sont exclus les émissions liées aux transports maritimes et aériens internationaux. À noter que nous considérons une version de l'inventaire français 2011 qui n'intègre pas les corrections provisoires sur le méthane émis par les décharges demandées par le secrétariat de la Convention cadre des Nations-Unies sur le changement climatique.

partielle entre émission et croissance économique n'est pas propre à la France : on l'observe sur l'ensemble des pays de l'Union européenne, mais avec des spécificités nationales très marquées (voir complément 2).

Graphique 3 : Croissance économique et émissions de gaz à effet de serre de la France (évolution du PIB en volume, des émissions de GES et de l'intensité GES - 100 = 1990)



Source : INSEE, inventaire d'émissions au périmètre Kyoto, CITEPA, soumission avril 2011

NB : les émissions de GES pour 2010 sont des estimations provisoires

D'où proviennent ces gains incrémentaux conduisant à un découplage partiel entre la trajectoire de nos émissions et celle du PIB au cours des vingt dernières années ? Ils ont de fait précédé la mise en œuvre des politiques climatiques et ne peuvent donc leur être imputés. Ils traduisent une combinaison complexe de gains d'efficacité (énergétique, mais pas seulement) et de changement dans la structure de la production nationale avec en particulier le recul de la part de l'industrie. Certains membres du Comité ont ainsi fait observer que les émissions liées à la demande de biens et services par les ménages avaient sans doute augmenté plus rapidement que les émissions mesurées sur le territoire national en raison de ce dernier facteur. En l'état actuel des connaissances statistiques (encadré 1), il n'est pas possible de mesurer avec rigueur ce phénomène, aussi le Comité souhaite-t-il qu'un suivi statistique permette à l'avenir de mieux suivre ce phénomène dans le cadre d'une gouvernance rénovée de la politique climatique (chapitre 5). Le point essentiel est que la seule poursuite de ces gains ne permet absolument pas d'aboutir à une division par quatre des émissions de gaz à effet de serre en France à l'horizon 2050, même si on retient des hypothèses pessimistes sur la croissance économique des prochaines décennies. L'une des priorités du Comité a donc été de rechercher les conditions d'émergence de ruptures (technologies, comportements, organisations) permettant d'aller au-delà de ces gains incrémentaux tendanciels.

Évaluer les émissions à partir de la demande ?

Traditionnellement, les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont réparties entre les différents pays selon les quantités émises sur un territoire donné pendant une année. Les inventaires nationaux dont les règles sont harmonisées au plan international par les lignes directrices basées sur les travaux du GIEC sont le support statistique utilisé. C'est à partir de

ces inventaires, audités par des examinateurs internationaux, que sont calculés les données de référence et les objectifs dans le Protocole de Kyoto. En France, c'est le CITEPA qui est chargé de réaliser l'inventaire national des émissions conformément aux obligations et lignes directrices nationales.

Depuis quelques années, certaines voix s'élèvent pour changer ce mode de calcul et prendre en compte les émissions dues à la consommation. L'argument derrière cette demande est souvent apporté par les pays en voie de développement qui produisent nombre de biens pour les pays développés. Ainsi, ils verraient leurs émissions se réduire au profit de celles des pays consommateurs, au premier rang desquels Europe et États-Unis.

Une étude parue en mars 2010 dans la revue américaine *PNAS* (*Proceedings of the National Academy of Sciences*) démontrerait même que les pays européens auraient plus d'émissions importées que les États-Unis à ce titre¹. Un autre exercice a été mené par l'OCDE en utilisant des données du commerce bilatéral et des émissions de CO₂ concernant 41 pays/régions et 17 branches d'activité². Cette étude met en avant un déficit carbone pour les pays de l'OCDE (France : 134 MtCO₂ en 2000 soit 35 % d'émissions en plus) qui a augmenté depuis la précédente version pour la majeure partie d'entre eux, concourant à l'idée de délocalisation. Enfin, on peut également citer une étude qui a évalué, pour la France, les importations de CO₂ à 260 Mt et les exportations à 178 Mt³. Ainsi, la consommation de CO₂ française serait de 82 Mt supérieure à sa production, soit un total de 499 Mt pour 2005.

Ces études apportent de précieux compléments à la vision de la répartition des émissions fournie par les inventaires nationaux et nourrissent des recherches très utiles sur les liens entre le commerce international, les émissions de gaz à effet de serre et les fuites de carbone potentielles. Elles posent cependant de redoutables problèmes méthodologiques et statistiques et imaginer reconstruire le système de mesure des émissions à partir de la demande serait d'une part très incertain et certainement très coûteux. Cette voie n'est donc sans doute pas la meilleure pour renforcer le dispositif de calcul et de vérification des émissions, par ailleurs indispensable pour atteindre un accord climatique crédible et contraignant au plan international.

En second lieu, on observe une inflexion dans l'évolution des émissions de notre pays au milieu de la décennie 2000. Jusqu'en 2005, nos émissions ont oscillé autour d'un plateau horizontal. Depuis 2005, elles semblent décliner d'un peu plus de 1,5 % par an en moyenne (avec une forte accélération avec la récession de 2009, non suivie d'un « effet de rebond » en 2010⁴). Comment interpréter ce mouvement ? Une analyse plus fine des émissions par type de gaz et par secteur est présentée dans le complément 2. Sa complexité interdit toute conclusion hâtive. Plusieurs facteurs peuvent cependant être mentionnés : dégradation économique, envolée des prix de l'énergie, mais aussi premiers résultats observés de la mise en œuvre de mesures climatiques nationales et communautaires. Ce dernier point sera corroboré par la suite des analyses qui aboutissent à un résultat important pour les arbitrages à effectuer sur l'horizon 2020 : si on suppose une stricte application des mesures de politique climatique déjà prises au plan européen avec les règles en vigueur de l'ETS et de celles déjà décidées dans le cadre national du Grenelle de l'environnement, alors la France atteindrait ses engagements européens de 2020 sur les émissions de gaz à

(¹) Davis S. J. et Caldeira K. (2010), «Consumption-based accounting of CO₂ emission», *PNAS*, vol. 107, n° 12, mars, p. 5687-5692.

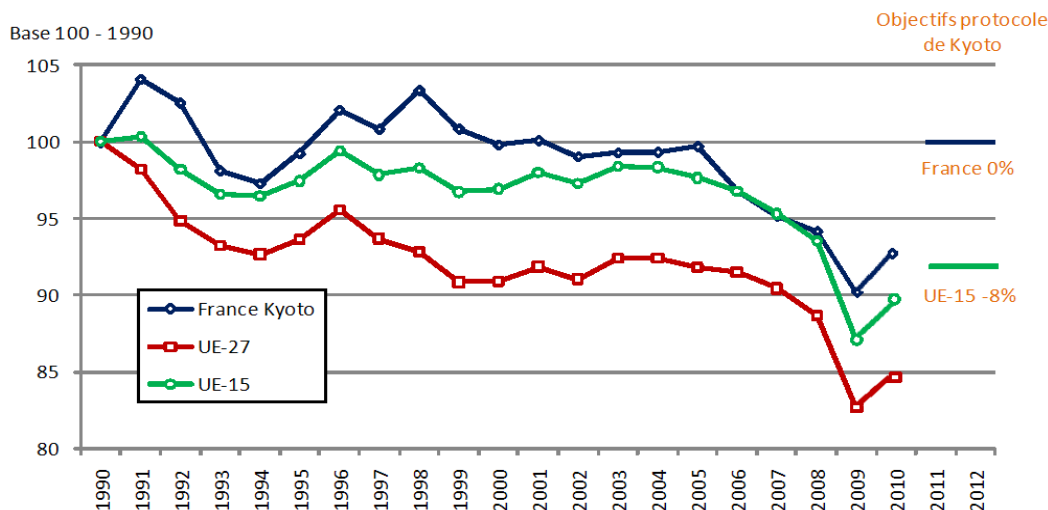
(2) Nakano S. et al., (2009), «The measurement of CO₂ Embodiments in International Trade: Evidence from the Harmonised Input-Output and Bilateral Trade Database», DSTI/DOC(2009)3, OECD Working papers.

(3) Pasquier J.-L., (2010), Les comptes physiques de l'environnement, une base pour de nouveaux indicateurs sur l'interface économie-environnement. Le cas des émissions de CO₂ de la France, in Pappalardo M., (2010), Les indicateurs de développement durable, La Revue du CGDD, pp. 75-83.

(4) En 2010, les émissions de CO₂ liées à l'énergie de la France ont augmenté de 2,2 % par rapport à 2009. Mais l'année 2010 a été particulièrement froide si bien qu'elles auraient baissé de 0,6 % après correction du climat.

effet de serre compte tenu des réductions d'émission déjà opérées. Ce résultat est conditionné au maintien sur l'ensemble de la période des outils incitatifs prévus, et à la mise en œuvre effective des programmes d'investissements publics, dans un contexte budgétaire incertain.

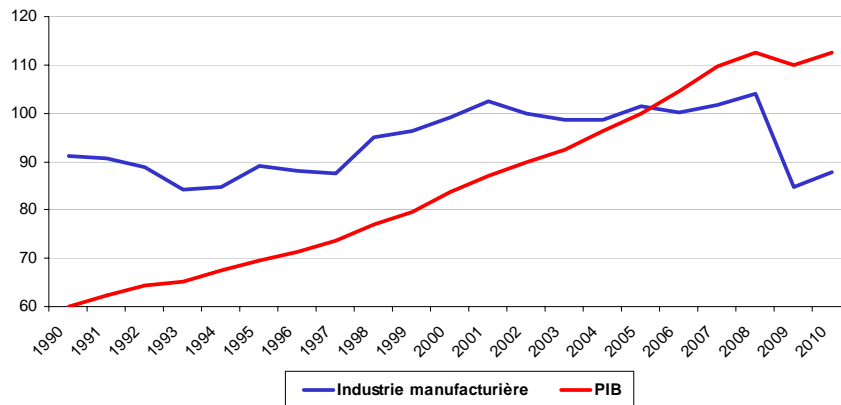
Graphique 4 : Évolution des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2009 de la France et de l'Union européenne (en indice, base 1990)



Source : CITEPA et AEE (estimation provisoire pour année 2010)

La troisième idée importante tirée de l'analyse rétrospective concerne le lien entre activité économique, emploi et émissions de gaz à effet de serre. Les ruptures à mettre en œuvre pour aboutir au « facteur 4 » doivent aller bien au-delà des progrès incrémentaux précédemment décrits. Il convient de réfléchir à la trajectoire vers l'économie sobre en carbone en termes de transformations structurelles, certaines activités, certains emplois, certaines consommations devant disparaître et d'autres apparaître. L'ensemble des membres du Comité s'est prononcé en faveur d'une ambition climatique pour l'Union européenne et de la France, qui aille de pair avec une redynamisation de l'économie, y compris dans sa partie industrielle. C'est la raison pour laquelle la dernière partie de notre rapport présente des propositions destinées à faire de l'objectif de décarbonation de notre économie, non plus une contrainte comme cela est souvent trop souvent présenté, mais un véritable levier de croissance économique, d'élargissement de l'emploi et de ré-industrialisation.

Graphique 5 : Évolution de la production industrielle manufacturière et du PIB (Indices, base 2005)



Source : Insee, présentation de Vincent Mages au Comité

3. Le « facteur 4 » français et le « facteur 5 » européen sont-ils compatibles ?

Du fait de l'inertie du système climatique, les décisions prises aujourd'hui en matière d'émissions de gaz à effet de serre ont des conséquences à très long terme. Une tonne de CO₂ relâchée aujourd'hui dans l'atmosphère exercera son pouvoir de réchauffement pendant plus de 100 ans. Choisir d'émettre ou non cette tonne impacte donc la concentration atmosphérique moyenne de CO₂ pendant un siècle avec des incidences sur le climat qui vont durer bien plus longtemps encore. Depuis son démarrage, la négociation climatique conduite dans le cadre des Nations-Unies cherche à intégrer cette perspective du temps long dans la vie internationale (voir encadré). Tant les objectifs français que communautaire à l'horizon 2050 s'inscrivent dans ce cadre avec des références explicites aux travaux des climatologues synthétisés dans les rapports d'évaluation du GIEC.

Le « facteur 4 » a été calibré à partir des travaux issus du troisième rapport d'évaluation du GIEC dont un scénario phare visait une division par deux de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Pour atteindre les objectifs d'émission de ce scénario en 2050, les pays développés devaient diviser par quatre leurs propres émissions. La France a été l'un des rares pays à transposer ce facteur 4 dans sa législation nationale.

Le GIEC, la cible de 2°C et le facteur 4-5

Les émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine provoquent l'augmentation de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ce qui contribue au réchauffement de notre planète. Ce constat a été confirmé et affiné par le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)¹ dans son quatrième rapport publié en 2007. Celui-ci précise notamment que le réchauffement moyen constaté à la surface de la terre au cours du siècle écoulé s'élève à 0,74°C, et que le rythme d'accroissement actuel des concentrations de gaz à effet de serre

(1) Les travaux du GIEC s'articulent autour de 3 groupes de travail : le Groupe I évalue les aspects scientifiques de l'évolution du climat ; le Groupe II traite des questions relatives à l'impact du changement climatique et aux moyens de s'y adapter ; le Groupe III évalue les solutions envisageables pour limiter les émissions de gaz à effet de serre ou atténuer les effets des changements climatiques, y compris sous l'angle économique.

provoquera un réchauffement moyen de 0,2 par décennie durant les trente prochaines années. Les températures pourraient ainsi augmenter, d'ici 2100, de 1,1°C à 6,4°C, suivant les différents scénarii.

Parallèlement, le GIEC dresse un tableau des possibles conséquences (disponibilité en eau, en nourriture, risques d'évènements climatiques extrêmes, conditions sanitaires, niveau de la mer, etc.) en fonction de la température moyenne.

Une stabilisation de la concentration des émissions à 450 ppm serait compatible avec une hausse moyenne de la température de 2°C, niveau pour lequel les conséquences seraient encore acceptables. Cet objectif correspond selon le GIEC à une division des émissions d'un facteur deux à 2050 au niveau mondial. La fourchette des réductions d'émissions pour les pays de l'Annexe 1 dans leur ensemble se situe entre 25 % et 40 % en 2020 par rapport à 1990, et entre 80 % et 95 % en 2050, soit un facteur 5 à minima.

À la conférence de Cancún, l'objectif de limiter l'augmentation de la température globale à moins de 2°C au dessus de la température préindustrielle a été inscrit dans les accords cadres des Nations-Unies sous l'égide de la CNUCCC. Il a été également prévu de revisiter cet objectif d'ici 2015, à la lumière du prochain rapport d'évaluation du GIEC.

En octobre 2009, le Conseil européen s'est engagé sur un objectif de réduction des émissions de GES de 80 % minimum¹, pouvant aller jusqu'à 95 % en 2050, par rapport au niveau de 1990, objectif réaffirmé en février 2011. On peut donc parler d'un « facteur 5 ». Cette fourchette reprend les cibles que le quatrième rapport d'évaluation du GIEC a calculées pour l'ensemble des pays développés afin d'atteindre une division par deux des émissions mondiales d'ici 2050. Cependant, ni le Conseil européen ni la Commission n'ont pour le moment discuté ou précisé de la façon dont cette cible commune à 2050 devait être répartie entre les différents États membres.

Les informations réunies par le Comité montrent un degré élevé de compatibilité entre le facteur 4 français et le facteur 5 européen. En premier lieu, la réalisation du facteur 4 porterait les émissions françaises à moins de deux tonnes d'équivalent CO₂ par habitant en 2050 (1,94, voir tableau 47). Ce niveau est inférieur aux 2,18 requis en moyenne pour réaliser le facteur 5 dans l'ensemble de l'Europe. Ce résultat est principalement dû au niveau initialement plus faible des émissions par tête en France, par rapport à nos voisins européens résultant de la composante électrique de notre bouquet énergétique.

(1) Extrait des conclusions du Conseil d'octobre 2009 : « *It supports an EU objective, in the context of necessary reductions according the IPCC by developed countries as a group, to reduce emissions by 80-95 % by 2050 compared to 1990 levels* ».

Tableau 3 : Cibles 2020 et 2050 de réduction des émissions de gaz à effet de serre (Six gaz à effet de serre du protocole de Kyoto, hors impacts des changements d'usage des sols)

		Europe (UE-27)	France
Émissions totales (MtCO₂e)	1990	5 567	563
	2009	4 600	517,2
	2020	4 454*	475*
	2050	1 113**	140**
Émissions par tête (t/habitant)	1990	11,84	9,93
	2009	9,24	8,28
	2020	8,74*	7,2*
	2050	2,18**	1,94**

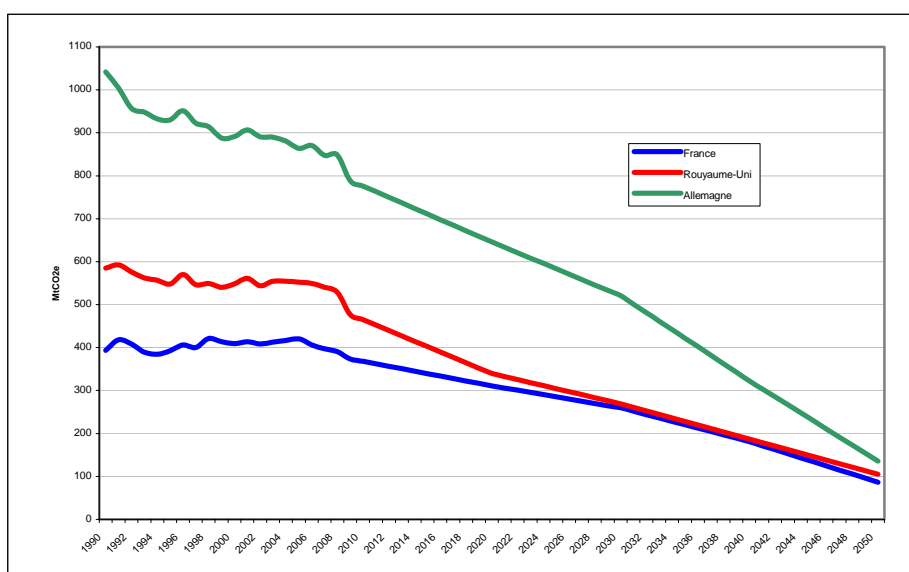
* 20 % de réduction par rapport à 1990 au plan européen et traduit au plan français suivant les règles de partage en vigueur.

** Facteur 5 européen et facteur 4 français.

Source : Calculs CAS en utilisant les données démographiques de l'ONU (2011), World Population Prospect

C'est du reste la spécificité de ce mix énergétique qui conduit à un résultat intéressant en termes de projection. À la demande du Comité, une simulation a été réalisée avec le modèle POLES pour ventiler avec efficacité l'objectif de réduction d'émission de - 80 % entre les différents pays européens. Ses résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous. Ils conduisent à une cible de - 77 % pour la France, voisin du « facteur 4 », contre - 81 % pour le Royaume Uni et - 86 % pour l'Allemagne, deux pays où il existe un plus large gisement de réduction à bas coûts en reconvertissant graduellement les centrales électriques fonctionnant au charbon et émettant le plus de carbone.

Graphique 6 : Trajectoires efficaces d'émissions de CO₂ énergétique à l'horizon 2050 dans le cas d'un point de passage à - 30 % par rapport à 1990 pour l'Union européenne



Source : Patrick Criqui (Simulation POLES)

Au vu de ces données et résultats, le Comité a considéré qu'il y avait une grande compatibilité entre le « facteur 4 » français et le « facteur 5 » européens qui sont deux expressions d'un même objectif : réduire en 2050 les émissions de gaz à effet de serre de façon suffisamment ambitieuse pour limiter les risques d'un réchauffement supérieur à 2°C. En conséquence les scénarios retenus dans les travaux du Comité se sont basés sur une cible nationale de division par quatre des émissions à l'horizon 2050.

4. Comment les objectifs européens et français s'intègrent dans la négociation climatique internationale ?

Qu'il s'agisse du facteur 5 européen ou du facteur 4 français, il est important de raccorder ces objectifs à la négociation climatique internationale. L'Europe est à l'origine d'un peu plus de 10 % des rejets mondiaux de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et sa contribution relative diminue. L'atteinte de son objectif à 2050 ne permettrait en conséquence d'avancer de façon décisive vers la cible de 2°C qu'à deux conditions, bien identifiées par le GIEC et corroborées par les scénarios globaux présentés par l'Agence internationale de l'énergie au Comité :

- l'ensemble des pays industrialisés devrait adopter une même réduction de leurs émissions de 80 % à 95 % à 2050 ;
- les pays émergents, sans prendre des engagements absolus d'ici 2020, devraient amorcer une inflexion de leur rythme d'émission de 15 % à 30 % par rapport au scénario tendanciel entre 2020 et 2050.

Au moment des travaux du Comité, aucune de ces conditions n'était réunie, ce qui risque de limiter l'impact de l'action européenne sur le réchauffement : dans le cas d'un scénario où l'Europe agit de façon unilatérale, le modèle POLES aboutit à une augmentation moyenne de la température de l'ordre de 4°C d'ici la fin du siècle. Faut-il alors pour autant en conclure qu'une action unilatérale de l'Europe risque de jouer contre ses intérêts ?

Ce serait négliger plusieurs bénéfices qui peuvent résulter du maintien de l'ambition climatique de l'Europe : en mettant en œuvre le facteur 5, l'Union européenne peut se créer de nouveaux avantages compétitifs sur les créneaux très porteurs de la croissance verte, en mettant en œuvre des changements structurels pour aller vers l'économie sobre en carbone. Un renforcement de l'ambition permettrait également de réduire la vulnérabilité à l'augmentation du prix de l'énergie ainsi que de contribuer à l'objectif européen de réduction de la dépendance énergétique. Enfin cela pourrait permettre de renforcer la crédibilité européenne dans la négociation internationale, voire inciter d'autres pays à s'engager dans des voies comparables compte tenu des enjeux concurrentiels. Il y a donc beaucoup de raisons qui militent en faveur d'un renforcement de l'ambition climatique unilatéral.

5. Quelle trajectoire viser entre aujourd'hui et 2050 ?

Sous le seul angle du réchauffement climatique, la trajectoire la plus intéressante à tracer, une fois la cible définie, est celle qui permet de descendre le plus rapidement vers le point final, car elle minimise le cumul des émissions. Or c'est cette grandeur,

bien plus que le niveau de l'année finale, qui va influencer le rythme du réchauffement. Par exemple, atteindre la facteur 5 en Europe en réduisant de 30 % les émissions dès 2020 conduit à un cumul des émissions entre 2010 et 2050 inférieur d'un cinquième à celui résultant d'une trajectoire restant sur l'objectif actuel de - 20 % en 2020.

Pourtant, les scénarios visant une réduction de moitié des émissions des pays développés d'ici 2050 retiennent généralement des trajectoires dans lesquelles les réductions d'émissions sont plus lentes en début qu'en fin de période. C'est le cas des scénarios de l'Agence internationale de l'énergie comme de celui qui a été préparé par la Commission européenne. Dans les deux cas, ce profil résulte des contraintes de financement, des rythmes de diffusion des technologies bas carbone et des délais requis pour la réalisation des investissements destinés à changer les parcs de production énergétique, de bâtiments ou de moyens de transport.

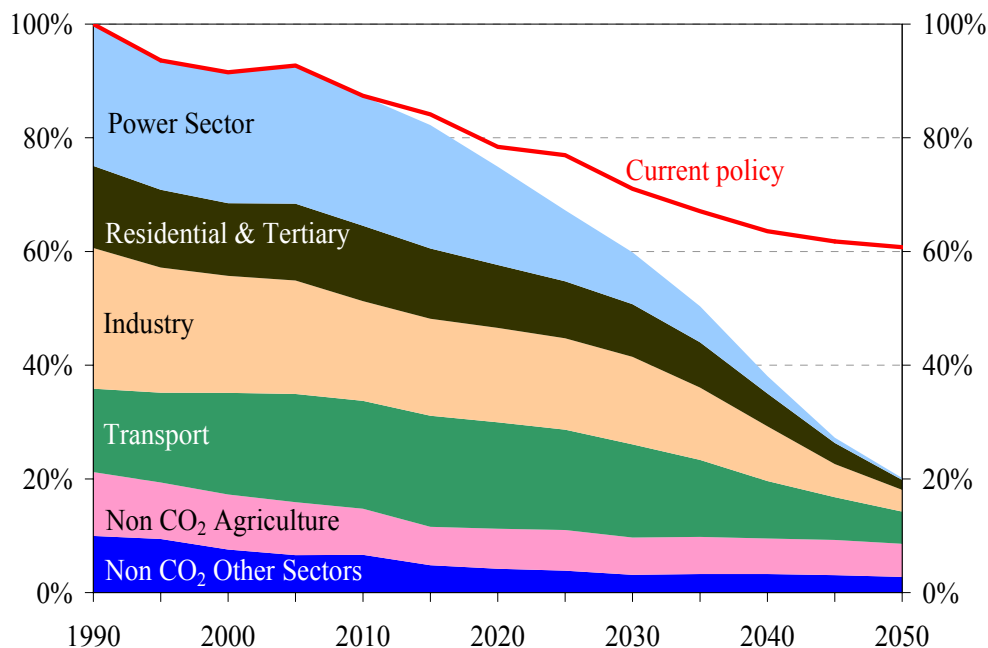
Le document publié en 2011 par la Commission européenne, *A roadmap for moving to a low carbon economy in 2050*, présente des projections d'émissions à 2050 pour tenter d'évaluer, compte tenu des contraintes qui pèsent sur les investissements, du coût des technologies, du progrès technique, le point de passage à 2020 et 2030 qui permettrait de minimiser le coût total d'un objectif de long terme de 80 % en 2050. D'après la modélisation retenue par la Commission européenne, le chemin le moins coûteux pour y parvenir serait une cible de 25 % en 2020 et de 40 % en 2030. D'où le terme un peu barbare de « trajectoire coût-efficace ».

Cette trajectoire a été ventilée par grands secteurs économiques, en aboutissant aux résultats figurant sur le graphique ci-dessous. Au plan européen, on peut en retenir que l'ensemble des secteurs doivent être mis à contribution pour atteindre le facteur 5, mais ni dans les mêmes proportions, ni dans les mêmes rythmes. La contribution de la production électrique est la plus importante et correspond environ à la moitié des réductions d'émission obtenues d'ici 2020 et 2030. La réduction d'émissions du secteur des transports est faible jusqu'en 2030 mais s'accélère ensuite tandis que celle de l'agriculture est plus importante entre 2010 et 2030 qu'entre 2030 et 2050 ce qui repose sur une hypothèse de saturation des réductions d'émission des gaz autres que le CO₂ pouvant être obtenus par les changements des méthodes culturales et d'élevage. Les gains d'émissions obtenus dans les parcs de bâtiments ont tendance à s'accélérer assez régulièrement avec la diffusion graduelle de bâtiments neufs plus performants et un rythme des rénovations qui améliore progressivement les performances du parc ancien.

La construction de trajectoires françaises pour atteindre le facteur 4 reprend ces deux niveaux d'analyse utilisés dans l'exercice européen. Le chapitre 3 présente les travaux que le Comité a engagés au plan sectoriel, en identifiant les contraintes spécifiques à chaque secteur et en tentant de diagnostiquer les innovations de technologie ou d'organisation susceptibles d'accélérer demain les réductions d'émission et les conditions de leur acceptabilité économique et sociale. Le chapitre 4 a pour sa part utilisé les résultats des travaux de modélisation que le Comité a pu réunir afin de s'assurer des cohérences intersectorielles et d'identifier les trajectoires apportant les meilleurs retours en termes économique et social. Mais, il apparaît que ces impacts économiques sont tributaires du type d'instruments mis en œuvre pour les atteindre. Or, au moins jusqu'en 2020, une partie des secteurs, communément appelés « secteurs ETS » (pour *Emission Trading Scheme*) sont sous la régulation européenne du système d'échange de quotas de CO₂ dans lequel les objectifs de réduction sont directement fixés au plan communautaire, alors que d'autres, dits « non ETS », se

voient attribué un objectif communautaire général et sont tributaires des mesures décidées au plan national. Cette distinction entre secteur ETS et non ETS est particulièrement importante à avoir en tête pour comprendre les choix à opérer sur l'objectif 2020.

Graphique 7 : Réduction des émissions de l'Union européenne pour atteindre l'objectif de 80 % en 2050 dans le cadre d'une trajectoire coût-efficace



Source : Feuille de route climat à 2050, Présentation de Stefaan Vergote (Commission européenne)

La feuille de route climat à 2050 de la Commission européenne

La feuille de route de la Commission pour une économie sobre en bas carbone en 2050, dite « feuille de route climat 2050 », publiée début mars 2011, met en lumière des actions clés pour la transition vers une économie sobre en carbone de l'Union européenne, en vue de l'atteinte des objectifs de réduction des émissions à 2050.

Cette analyse basée sur un travail de modélisation montre que l'objectif de réduction des émissions à 2050 de 80 % de réduction des émissions domestiques¹ pourrait se faire de façon efficace par des réductions domestiques de 25 % en 2020, 40 % en 2030 et 60 % en 2040. Les mesures en place en Europe permettraient d'atteindre les objectifs de réduction de 20 % en 2020 mais elles devront être complétées par de nouvelles mesures afin de se positionner sur cette trajectoire et de minimiser les coûts totaux. En particulier, l'atteinte de l'objectif d'efficacité énergétique au titre des engagements « 20-20-20 d'ici 2020 » du Conseil européen de mars 2007 et de la stratégie Europe 2020 adoptée par le Conseil européen en juin 2010, permettrait de parvenir à des réductions domestiques de 25 % en 2020.

À plus long terme, la feuille de route détaille les trajectoires d'émission pour les différents secteurs en identifiant les principales ruptures technologiques et d'organisation qu'elles

(1) L'UE a pour objectif de réduire ses émissions de GES de 80 à 95 % en 2050 par rapport à 1990. Si l'UE réduit ses émissions domestiques de 80 %, l'atteinte des 95 % pourrait se faire via le recours aux mécanismes de flexibilité.

impliquent en soulignant que le renforcement des actions précoces est nécessaire pour atteindre les objectifs 2030 puis 2050.

Ces actions nécessiteront des investissements supplémentaires de l'ordre de 270 milliards d'euros par an, soit 1,5 % du PIB européen, portant l'investissement en Europe à 20,5 % du PIB (son niveau avant la crise). L'enjeu majeur porte sur le financement de ces investissements. Par ailleurs, la R&D devra être davantage financée (50 milliards d'euros en plus sur les dix prochaines années) pour favoriser une large pénétration des technologies propres.

Ces transformations apporteront un certain nombre de co-bénéfices sur le poids de la facture énergétique (175 à 320 Md €/an d'économies), la qualité de l'air et les problèmes de santé liés à la pollution. Elles auraient cependant un effet négatif sur le PIB européen (- 0,1 à - 1,0 point de PIB en 2020, - 0,7 à - 2,0 point de PIB en 2030, d'après l'étude d'impact de la Commission, selon que le prix du carbone est ou non étendu à l'ensemble de l'économie et le type d'utilisation des revenus correspondants) et un effet de sens indéterminé sur l'emploi (- 0,1 à + 0,7 point en 2020, - 0,6 à + 0,4 point en 2030).

6. Le jalon 2020 et les choix politiques à prendre en Europe : faut-il remonter l'engagement de - 20 % ?

À horizon 2020, l'Union européenne s'est déjà engagée à réduire de 20 % ses émissions de gaz à effet de serre relativement à 1990, dans le cadre de sa stratégie sur le « 3 fois 20 »¹ endossée par le Conseil européen de mars 2007, selon laquelle à l'horizon 2020 elle devrait améliorer son efficacité énergétique de 20 %, porter la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à 20 % et diminuer ses émissions de GES de 20 % relativement à 1990. L'existence de trois cibles, dont seules les deux dernières sont juridiquement contraignantes est porteuse d'une certaine complexité et risque de générer des inefficacités économiques si certaines précautions ne sont pas prises.

Les objectifs et modalités des objectifs du Paquet énergie-climat

Le volet climat du « 3 fois 20 » a conduit à la communication du 23 janvier 2008 et à l'adoption du paquet législatif énergie-climat, reposant sur la distinction de deux objectifs :

1) Une réduction, au niveau communautaire, de 21 % entre 2005 et 2020 des émissions des installations soumises au système ETS. Le système ETS, qui couvre les 27 États membres, ainsi que la Norvège, l'Islande et le Liechtenstein, concerne les émissions de CO₂ des secteurs intensifs en énergie telles que les installations de combustion, centrales électriques, raffineries, ainsi que les industries du ciment, métallurgie, verre, tuiles et briques, céramique, pâte à papier et papier/carton, soit 12 000 sites industriels responsables d'environ 50 % des émissions de CO₂ et 40 % des émissions de gaz à effet de serre européennes.

L'objectif européen de 21 % sur ETS n'est pas directement transposable au niveau national puisqu'il ne fixe pas les réductions ex ante. Les États membres comportant des installations avec des potentiels de réduction à bas coûts connaîtront des réductions plus importantes sur le secteur ETS. Actuellement, Les industries sous ETS reçoivent gratuitement des quotas sur la période 2008-2012.

(1) Communication de la Commission du 10 janvier 2007 (COM (2007)2) « Limiter le réchauffement de la planète à 2 degrés Celsius - Route à suivre à l'horizon 2020 et au-delà ».

Pour atteindre leur objectif, les installations sous ETS peuvent acheter des permis, mettre en œuvre des actions de réduction ou encore acheter des crédits issus de mécanismes de flexibilité (Mécanismes de développement propre – MDP ou Mise en œuvre conjointe – MOC¹).

À partir de 2013, trois modifications majeures ont été introduites : 1) la quasi-totalité de l'allocation des quotas au secteur électrique par enchères dès 2013 ; les autres secteurs devront acquérir une part croissante de quotas par enchères, sauf s'ils sont considérés comme exposés à un risque de fuite de carbone. Dans ce cas leur allocation reste gratuite mais limitée au prorata d'une référence calculée sur les installations les plus performantes (benchmarks) ; 2) les quotas non utilisés peuvent être conservés pour plus tard (dispositif dit de banking), et 3) il est possible d'utiliser des crédits carbone issus de mécanismes de projets Kyoto, jusqu'à un montant correspondant à 13,5 % de l'allocation en moyenne. À partir de 2012, le système ETS recouvrira également l'aviation internationale (i.e. les émissions des compagnies aériennes au cours de leurs vols européens) et, à partir de 2013, le N₂O et les gaz fluorés de certains procédés industriels.

2) Une réduction de 10 % entre 2005 et 2020 au niveau communautaire des émissions des secteurs hors ETS, soit principalement les secteurs des bâtiments, transports, déchets et agriculture, ainsi que les petites installations industrielles. Cet objectif communautaire a été décliné en objectifs nationaux contraignants. Dans ce cadre, la France doit ainsi réduire de 14 % ses émissions hors ETS² entre 2005 et 2020. Concrètement, les États membres devront respecter une trajectoire linéaire de réduction des émissions entre 2013 et 2020 qui sera vérifiée tous les ans par la Commission. En cas de non atteinte de l'objectif, l'État membre doit lui remettre un rapport présentant des actions correctives, à défaut de quoi la Commission peut engager une procédure d'infraction à l'encontre de l'État membre concerné. Les émissions au-delà de l'objectif annuel devront être compensées l'année suivante avec un facteur de pénalisation de 1,08. Pour atteindre leurs objectifs, outre les actions domestiques, les États membres disposent de plusieurs mécanismes de flexibilité.

En ce qui concerne l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'important est de comprendre que l'objectif de – 20 % entre 1990 et 2020 au niveau communautaire et son éventuel rehaussement à – 25 % ou – 30 % ont deux types d'implications différentes suivant les secteurs concernés :

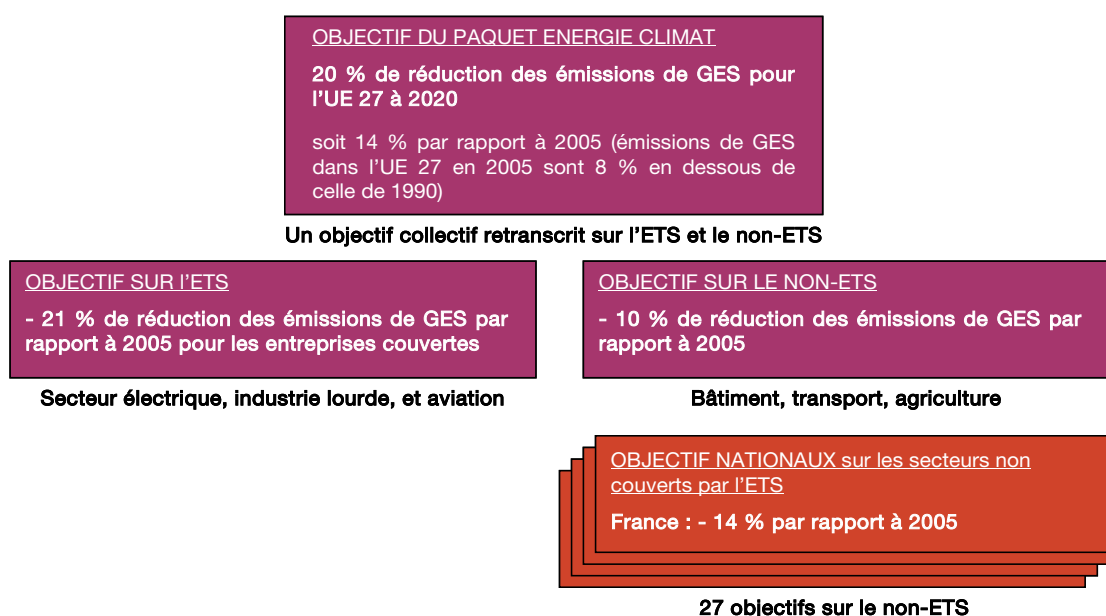
- les usines de production énergétique et les installations industrielles lourdes et fortement émettrices du type cimenteries, aciéries, usines de verre, de papier, ... qui représentent environ la moitié des émissions communautaires de CO₂, sont intégrées dans le système de plafonnement et d'échange de quotas de CO₂ directement géré au plan communautaire. Pour ces secteurs, l'objectif 2020 a été traduit dans les règles de la troisième phase du marché européen, sous la forme d'un plafond d'émission en recul de – 21 % relativement aux émissions de 2005. Ce plafond s'applique à l'ensemble des 12 000 installations européennes soumises au système ;
- le transport, l'agriculture, les bâtiments, la gestion des déchets et les petites installations industrielles ne sont pas intégrés dans le système européen des quotas de CO₂. Pour ces activités, dites « hors ETS », l'objectif global du Paquet énergie-climat a été traduit par une cible européenne contraignante de 10 % par rapport à 2005 (contre – 21 % pour le secteur ETS). Cette cible de 10 % a ensuite

(1) Les MDP et MOC sont des mécanismes de flexibilité prévus par le protocole de Kyoto, dont la réduction d'émissions (respectivement) dans les pays hors Annexe I et Annexe I donnent droit à des quotas carbone, qui peuvent ensuite être échangés sur le marché européen ou être comptabilisés dans les émissions nationales des États. Afin de limiter leur afflux sur le marché de quotas, leur utilisation est limitée à 50 % de l'ensemble des réductions européennes, soit quelques 1 600 millions de quotas sur la période 2008–2020.

(2) Les objectifs ont été fixés en prenant en compte le PIB/habitant des États membres.

été déclinée en autant d'objectifs nationaux que de pays de l'Union (voir Graphique 8 ci-dessous). Dans ce cadre, la France s'est engagé sur un objectif de réduction de ses émissions « hors ETS » de 14 % entre 2005 et 2020. La traduction de cet engagement en termes d'objectifs et de mesures sectoriels s'est principalement effectuée à travers le Grenelle de l'environnement.

Graphique 8 : La déclinaison de l'objectif de réduction de 20 % des émissions entre secteurs ETS et non ETS



Source : Commission européenne

Ajoutons enfin que les décisions prises en matière de règles de fonctionnement du système européen d'échanges de quotas ont deux types de répercussions nationales :

- d'une part, à partir de 2013, les États membres vendront aux enchères les quotas qui ne sont pas alloués gratuitement suivant une clef fixe de répartition entre États-membres définie par la directive (5,3 % de la quantité totale de quotas à mettre aux enchères revient à la France). En retenant les hypothèses de prix du carbone fournies la Chaire économie du climat de l'Université Paris-Dauphine, cela pourrait représenter des recettes annuelles moyennes comprises entre 0,7 à 1,8 milliard d'euros pour l'État français sur la période. Ces travaux montrent que tout abaissement supplémentaire du plafond d'émission conduirait, toutes choses égales par ailleurs, à un relèvement du prix du quota de CO₂ et donc à un accroissement des recettes pour l'État français, issu du prélèvement sur les entreprises sous quotas ;
- d'autre part, la France a choisi de mettre en place, à l'instar d'autres pays européens comme l'Allemagne, la Suède ou l'Espagne, un dispositif dit de « projets domestiques ». Celui-ci permet de créditer des réductions d'émissions qui ont lieu sur le sol français dans le secteur non ETS. Si un tel système était maintenu, voire étendu, en troisième période, il permettrait de lancer une incitation à réduire les émissions d'autant plus grandes dans le secteur non ETS que le prix du quota de CO₂ augmenterait.

Au total, la coexistence d'une régulation européenne et d'une régulation nationale en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre implique que chaque gouvernement de l'Union européenne prenne en compte plusieurs paramètres pour fonder sa position sur le relèvement de l'objectif de réduction de 20 à 25 ou 30 % : la façon dont l'objectif se partage entre secteur ETS et secteur non ETS, la manière dont l'objectif hors ETS est partagé entre les 27 États membres, les implications attendues sur le prix du carbone et le produit des enchères ; la nécessité ou non de mettre en œuvre des mesures nationales additionnelles et de les financer rapidement ; l'intégration de la cible 2020 dans les trajectoires « coût efficaces » qui peuvent être visées dans le pays s'il existe une cible nationale à l'horizon 2050.

Au plan communautaire, les résultats de la feuille de route peuvent s'interpréter de la façon suivante : un relèvement à 25 % de l'objectif de réduction d'émission permettrait d'emprunter une trajectoire « coût-efficace » dont les moyens ne sont cependant pas explicitement détaillés. Aller plus loin, par exemple vers un objectif de 30 %, impliquerait soit d'utiliser des mécanismes de flexibilité externe (consistant à créditer des réductions d'émission réalisées en dehors de l'Union européenne), soit de mettre en place des instruments différents.

Pour documenter les impacts de la position française face à un passage à - 25 ou - 30 %, le Comité a organisé ces travaux de la façon suivante : pour viser le point d'arrivée du facteur 4, trois scénarios complémentaires ont été construits qui retiennent des ambitions croissantes pour 2020. L'analyse de leur faisabilité a fait l'objet de discussions prenant notamment en considération l'analyse des mesures qui ont déjà été prises. Ce travail est présenté dans le chapitre 3 du présent rapport. Le diagnostic des incidences économiques et sociales de ces différents scénarios a été dressé à partir des travaux des équipes de modélisation existantes et est présentée au chapitre 4. Le Comité a par ailleurs souhaité qu'une analyse détaillée des choix retenus par nos partenaires européens soit réalisée. Ses principaux résultats figurent au chapitre II.

7. Faut-il introduire d'autres jalons intermédiaires et les proposer au plan européen ?

Parmi ces partenaires, certains ont mis en place des systèmes d'objectifs intermédiaires qui peuvent dans certains cas glisser dans le temps, et sont généralement révisables en fonction de l'évolution du contexte. Ces cibles semblent répondre à deux impératifs, souvent mis en avant par les industriels, mais qu'il est difficile de rendre pleinement compatibles : d'une part, l'exigence d'une grande flexibilité pour pouvoir s'adapter en cours de route et faire face aux différents chocs qui ne manqueront pas de se produire d'ici 2050 et qu'aucun exercice de prospective n'aura vu venir ; d'autre part, la nécessité d'une plus grande prévisibilité du cadre institutionnel et des politiques publiques suivies permettant aux industriels de définir leur stratégie d'investissement avec un horizon intégrant un objectif à 2030.

Totalement concilier ce besoin de prévisibilité avec la capacité d'adaptation à l'imprévu semble difficile dans le monde d'incertitude croissante dans lequel nous devons opérer nos choix. Sous cet angle, notre Comité n'a pas plus que d'autres les moyens de résoudre la quadrature du cercle. Par contre, il lui a semblé utile de préciser le rôle que pourrait jouer un objectif à 20 ans, 2030 dans le présent exercice,

dans la formation des anticipations des acteurs. Par ailleurs, il s'est interrogé sur la pertinence du maintien de la date de 2050 comme cible de long terme : un objectif glissant à 50 ans exigerait en effet qu'on cale dès à présent l'objectif de long terme sur l'année 2060.

Ces considérations peuvent sembler triviales tant qu'il ne s'agit que de travaux prospectifs. Mais les économistes du climat savent combien le choix des dates et la précision des périmètres couverts par les engagements sont importants sitôt qu'on veut intégrer dans la vie économique une valeur carbone pour guider nos décisions de court et de long terme.

Ce que font nos partenaires européens

Bien qu'ils soient liés par des objectifs communs en matière de politique climatique, les différents pays européens présentent une grande diversité de situations, aussi bien en ce qui concerne l'évolution de leurs émissions que les instruments de politique mis en place. C'est pourquoi le comité a souhaité mieux comprendre les politiques menées par nos partenaires européens, en réunissant un grand nombre d'informations comparatives et en auditionnant des représentants de certains États membres. Les résultats détaillés de ces travaux sont réunis dans le complément n° 3 du rapport. Après avoir rappelé les données de base sur le contexte, ce chapitre étudie successivement les démarches innovantes mises en place chez nos partenaires européens en matière de gouvernance, d'organisation du secteur électrique, de R&D, d'incitations à l'égard du secteur diffus et d'instruments de financement.

1. Les émissions de GES en Europe : des évolutions à géométrie variable

En premier lieu, il est bon de rappeler que le périmètre de l'Union européenne a varié entre 1990 où elle regroupait 15 membres et 2011 avec 27 membres. Ceci conduit à une première distinction entre les 12 nouveaux États membres (UE-12) et les membres « historiques » regroupés dans l'UE-15.

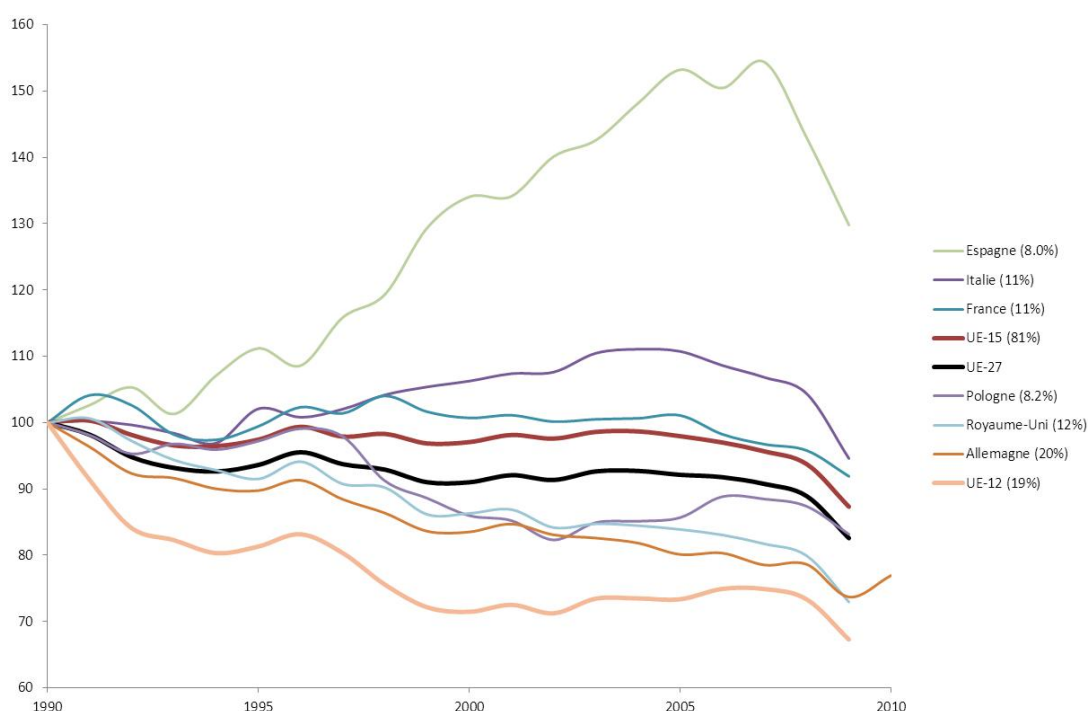
L'UE-12 a adopté une bonne partie des instruments de la politique climatique européenne (et notamment l'ETS) au titre de « l'acquis communautaire »¹. Cette adoption est intervenue au début de la décennie 2000, alors que la plupart de ces pays avaient connu durant les années quatre-vingt-dix de très vives contractions de leurs émissions du fait de la restructuration de leurs économies consécutive à la sortie du système d'économie planifiée. Entre 1990 et 2000, les émissions de l'UE-12 ont ainsi reculé de près de 30 %, donnant à ces pays beaucoup d'avance sur leurs objectifs Kyoto et même dans la plupart des cas sur les objectifs à 2020 du Paquet énergie-climat. À partir de 2000 s'est ouverte une nouvelle période de croissance économique dans ces pays, d'où une progression de leurs émissions entre 2000 et 2008. Ces éléments de contexte expliquent, en partie, les positions généralement

(1) Lorsqu'un pays rejoint l'Union européenne, il doit mettre sa législation interne en conformité avec les règles communautaires. On dit alors qu'il reprend « l'acquis communautaire ». En matière de politique climatique, les douze pays d'accessions n'avaient pas encore rejoint l'Union lors de la négociation du protocole de Kyoto et de la rédaction de la directive mettant en place le système européen d'échange de quotas de CO₂.

assez réticentes de l'UE-12 face au rehaussement des objectifs de la politique climatique européenne.

Au sein de l'UE-15, les émissions agrégées ont globalement stagné pour ensuite diminuer à partir de 2003, le phénomène s'accéléralant avec la crise économique actuelle. Au sein de l'UE-15, les pays ont connu des trajectoires individuelles très différentes qui sont décrites plus en détail dans les compléments 2 et 3 du rapport. Pour le moment, la crise économique n'a pas été suivie d'un effet rebond très marqué, comme il a déjà été mentionné au chapitre I.

Graphique 9 : Comparaison des évolutions des émissions de GES de l'UE 15 et de l'UE-12 entre 1990 et 2009 (Base 100 = 1990)



Source : AEE

L'Allemagne et le Royaume-Uni ont tous deux connu des diminutions fortes de leurs émissions durant les années quatre-vingt-dix résultant du recul de l'usage du charbon dans la production électrique, des restructurations industrielles dans les nouveaux Länder en Allemagne et du recul des émissions de gaz non CO₂ principalement dans l'industrie chimique. La France a connu une évolution proche de la moyenne communautaire. La plupart des pays méditerranéens ont connu des hausses plus significatives de leurs émissions, à l'image de l'Espagne ou encore l'Italie dont les émissions ont cru respectivement de + 50 % et + 10 % entre 1990 et 2005.

Ces données en évolution doivent être rapprochées des données en niveaux qui complètent le panorama (voir tableau 5). L'Allemagne est un bon exemple : elle reste un des pays de l'Union avec les plus fortes émissions par habitant et les plus fortes émissions par point de PIB, malgré la réduction sensible observée entre 1990 et 2009 (- 26 %). Les choix énergétiques de départ, généralement liés aux ressources disponibles, ont conduit certains pays, tels que l'Allemagne ou la Pologne, à

conserver une prépondérance du charbon dans la production électrique, en partie pour des raisons de sécurité énergétique. Les écarts d'émission par habitant s'expliquent en large partie par ces choix électriques et positionnent avantageusement la France en dessous de la moyenne communautaire du fait de sa production électrique à base de nucléaire et d'hydraulique. De son côté, la Suède a pris très tôt le parti de réduire sa dépendance énergétique, en s'appuyant sur le nucléaire et les renouvelables (hydraulique et biomasse principalement), mais aussi en réduisant fortement sa demande énergétique par des actions importantes sur l'efficacité énergétique conduites à partir d'une fiscalité carbone unique en Europe. Elle est d'assez loin le pays européen ayant atteint les plus faibles émissions de gaz à effet de serre par habitant ou par unité de PIB.

Tableau 4 : Panorama des émissions de gaz à effet de serre dans sept pays européens - Indicateurs en émissions de gaz à effet de serre

	Allemagne	Royaume-Uni	Italie	France	Espagne	Suède
Émissions 1990-2007	- 21,5 %	- 18,3 %	+ 6,8 %	- 3,3 %	+ 54 %	- 9,2 %
Émissions 1990-2010	- 23,5 %	- 24,8 %	- 4,8 %	- 6,8 %	+ 26,0 %	- 11,1 %
Émissions par habitant*	11,9 tCO _{2eq}	10,4 tCO _{2eq}	9,3 tCO _{2eq}	8,8 tCO _{2eq}	9,8 tCO _{2eq}	6,4 tCO _{2eq}
Émissions par PIB (ppp)*	345 gCO _{2eq} /\$	293 gCO _{2eq} /\$	308 gCO _{2eq} /\$	262 gCO _{2eq} /\$	322 gCO _{2eq} /\$	191 gCO _{2eq} /\$
Objectif en 2020	- 40 % par rapport à 1990	- 34 % par rapport à 1990	Non chiffré	Non chiffré	Non chiffré	- 40 % par rapport à 1990
Objectif en 2050	- 80 % par rapport à 1990	- 80 % par rapport à 1990	Non chiffré	Facteur 4	Non chiffré	0 émission
Objectif du Paquet énergie-climat sur le non-ETS	- 14 %	- 16 %	- 13 %	- 14 %	- 10 %	- 17 %
Émissions sectorielles* (tCO_{2eq}/hab)						
Énergie	4,70	3,48	2,72	1,05	2,76	1,1
Transport	1,87	2,12	2,16	2,24	2,40	2,32
Industrie	2,50	1,82	1,93	1,89	2,36	1,99
Rés/Tert	1,56	1,66	1,38	1,61	0,85	0,46
Autres	1,24	1,33	1,13	2,02	1,44	1,31

* Valeurs pour 2007, pour éviter de comptabiliser « l'effet crise »

Source : CAS, d'après AEE, FMI, CCNUCC

La mise en place du Paquet énergie-climat et plus récemment la feuille de route européenne a accéléré l'adoption par les États-membres de plans et programmes visant à réduire les émissions. Les informations réunies dans ce panorama montrent

une grande diversité de la situation des pays tant vis-à-vis des objectifs inscrits dans Kyoto que par rapport à ceux du Paquet énergie-climat. Ceci contribue à éclairer les positions prises par les différents pays au sujet de l'objectif 2050 et des jalons intermédiaires, notamment celui de 2020.

2. Le positionnement des pays par rapport aux objectifs 2020 et 2050

Le positionnement des différents pays par rapport aux objectifs climatiques doit en premier lieu être examiné à la lumière de l'évolution historique décrite au paragraphe précédent. Comme le montre le tableau 6, pour les douze pays d'accession récente à l'Union européenne et pour des pays comme l'Allemagne ou le Royaume-Uni, atteindre des objectifs de réduction d'émission fixés par rapport à 1990 est facilité par l'existence de trajectoires d'émission en forte baisse entre 1990 et 2005, pour des raisons étrangères à toute considération de politique climatique. C'est la raison pour laquelle Allemagne et Royaume-Uni ont du reste pris des engagements de réduction domestiques plus ambitieux que la moyenne communautaire (voir tableau 5). À l'opposé, des pays comme l'Espagne ou l'Italie ont continué d'augmenter leurs émissions entre 1990 et 2005, ce qui accroît la difficulté d'atteinte d'objectifs fixés relativement à 1990. La France est dans une situation intermédiaire, proche de la moyenne de l'UE-15, pour qui un objectif fixé relativement à 1990 ne change pratiquement pas la donner relativement à un objectif fixé relativement à 2005.

Ces considérations de chiffres peuvent apparaître techniques. Elles sont cependant majeures pour traduire les objectifs de réduction de l'Union européenne entre ses États membres, et comprendre le positionnement de certains pays face à la question d'un éventuel rehaussement des objectifs de réduction d'émission en 2020.

Tableau 5 : Les cibles 2020 et 2050 ramenées à l'année 2005

	Émissions 1990	Émissions 2005		Variations d'émission sur 2005 pour atteindre		
	MTCO ₂ equ	MTCO ₂ equ	%/1990	- 20 % en 2020	- 30 % en 2020	- 80 % en 2050
UE-15	4 265	4 178	- 2 %	- 18 %	- 29 %	- 80 %
UE-12	1 324	971	- 27 %	9 %	- 5 %	- 73 %
Allemagne	1 248	1 000	- 20 %	0 %	- 13 %	- 75 %
Royaume-Uni	776	651	- 16 %	- 5 %	- 17 %	- 76 %
Italie	519	575	11 %	- 28 %	- 37 %	- 82 %
Suède	72	68	- 7 %	- 14 %	- 25 %	- 79 %
France	563	569	1 %	- 21 %	- 31 %	- 80 %
Espagne	283	434	53 %	- 48 %	- 54 %	- 87 %

Source : Calculs Comité à partir de données de l'Agence européenne de l'environnement

Les débats sur un éventuel relèvement de l'objectif européen de réduction de ses émissions pour 2020 s'articulent globalement entre un groupe de mieux disant en matière climatique (Suède, Allemagne, Royaume-Uni, Danemark), et un groupe constitué des nouveaux États membres et de l'Italie, très réticents à toute évolution de

la position actuelle. Les positions au sein de ces groupes sont évidemment contrastées (voir Tableau 7) : la Hongrie, lorsqu'elle assumait la présidence de l'UE s'était montrée plutôt constructive, alors que la Pologne semble vouloir revenir sur les acquis même du Paquet énergie-climat. Au milieu on trouve un certain nombre d'États comme la France qui n'ont pas pris position clairement dans le débat, et essaient de limiter la polarisation de ce débat en cherchant des positions intermédiaires.

Le Royaume-Uni est à ce jour le seul pays à avoir une position assumée par l'ensemble du gouvernement en faveur d'un passage à un objectif de - 30 % dès 2020. Le pays a adopté des objectifs ambitieux inscrits dans la législation nationale. Enfin, le Royaume-Uni est à l'origine d'une tribune en mars à l'occasion de la publication de la feuille de route 2050, qui engage l'UE à considérer un passage à - 30 %. Cette tribune a été cosignée par 6 ministres de l'environnement d'autres pays. Mais aucun de ces autres pays n'a encore pris une position totalement tranchée au niveau européen, à l'image de l'Allemagne où des différends semblent subsister entre le ministère de l'environnement, clairement favorable à un passage à - 30 %, et le ministère des finances, plus réticent comme l'a clairement indiqué le représentant du ministère de l'Environnement lors de son audition par le Comité.

Tableau 6 : positions exprimées par les différents pays européens relativement aux objectifs 2050 et 2020

	Positionnement sur le relèvement des objectifs à 2020	Positionnement sur la feuille de route européenne à 2050
France	À définir	Accueil positif : bonne démarche, intérêt d'une vision de long terme
Allemagne	Soutien du ministère de l'Environnement	Accueil positif : mise sur l'efficacité énergétique
UK	Soutien actif du gouvernement	Favorable : discussions sur les instruments permettant d'aller vers des objectifs plus ambitieux, objectifs domestiques
Suède	Favorable	Favorable : proposition que les « milestones » deviennent des objectifs contraignants
Danemark	Favorable	Accueil positif
Espagne	Favorable: annonce à Cancun	Accueil positif
Portugal	Favorable: conditionnalité ne marche pas	Accueil positif
Belgique	Favorable	Accueil positif
Grèce	Favorable (signataire de la tribune UK)	Accueil positif
Pays-Bas	Défavorable : rester lié aux évolutions dans les négociations internationales	Souhaite garder la possibilité de réviser les jalons, souligne l'incertitude de modélisation de long terme

	Positionnement sur le relèvement des objectifs à 2020	Positionnement sur la feuille de route européenne à 2050
Autriche	Défavorable : lié aux évolutions internationales Ne tiendra pas son objectif Kyoto	
Italie	Défavorable : pénaliser la compétitivité industrielle ; lien contexte international	Souhaitait également lier le 25 % à la situation internationale
Pologne	Défavorable : risque de perte de compétitivité; influence forte du secteur électrique/charbon	Position dure ; pas de mention de chiffre pour 2020 ; souligne les incertitudes
Roumanie	Défavorable	Hostile à la mention de jalon pour 2020

Source : DAEI

Pour les pays réticents, la politique climatique de l'UE est synonyme de coûts importants et de perte de compétitivité pour ses entreprises, et un relèvement des objectifs ne peut se faire que dans un contexte international favorable, où les compétiteurs de l'UE adopteraient également des mesures. La plupart des nouveaux États membres, s'ils se montrent plutôt réticents par principe, sont surtout vigilants aux clés de répartition d'un éventuel effort supplémentaire, et à l'application de la solidarité européenne. La position de la Pologne est ainsi apparue particulièrement dure, n'hésitant pas à bloquer l'adoption de conclusions du Conseil sur la feuille de route 2050 en refusant toute mention de chiffre pour 2020 sur la trajectoire coût-efficace, alors même que ses conclusions précisaient que ce chiffre pourrait être atteint dans le cadre du Paquet énergie-climat, si l'objectif d'efficacité énergétique était atteint.

Les rapports nationaux que devrait remettre la Commission fin novembre, ainsi que les analyses supplémentaires conduites sur le second semestre 2011 et la feuille de route énergie à paraître le 23 novembre, devraient apporter de nouveaux éléments au débat. Les négociations en cours sur les perspectives financières 2014-2020 de l'Union européenne sont aussi un élément pouvant jouer – positivement ou négativement selon les orientations qui seront prises – dans les négociations sur la feuille de route et l'éventuel renforcement de l'objectif 2020.

Une caractéristique commune aux pays plutôt favorables à un rehaussement est d'avoir mis en place des programmes nationaux destinés à mieux intégrer les objectifs climatiques avec des instruments de développement économique, industriel et social. La suite du chapitre s'attache à mettre en relief les instruments innovants qui ont été mis en place à cet effet dans certains pays et notamment ceux dont le Comité a pu auditionner les représentants : Allemagne, Royaume-Uni, Suède.

3. Les modes de gouvernance de la politique climatique

Trois lignes de force communes caractérisent la mise en œuvre des politiques climatiques allemande, britannique et suédoise :

- l'existence d'un large consensus politique et social sur les objectifs à moyen et long terme en matière de réduction d'émission et des instruments qui y sont

associés. Ainsi, la taxation du carbone en Suède, pivot de la stratégie climatique du pays, fut introduite en 1991 par un gouvernement social démocrate puis consolidée par les gouvernements de coalition de centre droit qui lui succédèrent. De même, l'alternance plus récente travaillistes/conservateurs n'a en rien modifié les orientations de la politique climatique britannique ;

- ce consensus favorise la mise en place de stratégies de long terme, apportant une meilleure visibilité et prévisibilité de l'action publique pour les acteurs économiques et sociaux ;
- il est enfin l'occasion de mise en place de systèmes de gouvernance originaux et spécifiques au climat, comme en Allemagne la création d'un fonds public pour la gestion du produit des enchères de quotas du marché ETS ou encore la possibilité d'une programmation pluriannuelle de l'évolution de la taxe carbone en Suède dont les relèvements du taux sont aujourd'hui connus jusqu'en 2015. C'est sans doute le Royaume-Uni qui est allé le plus loin dans la mise en place d'un cadre institutionnel innovant pour gérer la politique climatique.

Le *Climate Change Act* adopté en 2008 a introduit dans la législation britannique l'objectif d'une réduction d'au moins 80 % des émissions de gaz à effet de serre en 2050. Il a simultanément prévu un véritable système de gouvernance dans lequel la politique climatique est fondée sur l'expertise scientifique. Sous l'angle institutionnel, cette articulation entre l'expertise, l'évaluation et la décision politique s'est traduite par la création d'un organisme indépendant, appelé le *Committee of Climate Change*, composé de scientifiques et économistes reconnus. Ce comité est chargé de formuler des recommandations relatives aux objectifs d'émissions mais aussi aux instruments et mesures à mettre en œuvre. Il assure également une fonction d'évaluation indépendante de la politique climatique qui documente notamment les discussions au Parlement. Ses recommandations et évaluations concernent en particulier les *Carbon Budgets* qui sont une seconde spécificité de l'action publique britannique issue de *Climate Change Act*.

Les *Carbon Budgets* sont des objectifs d'émissions fixés sur des périodes de 5 ans, votés par le Parlement et donc considérés comme légalement contraignants. Le Royaume Uni s'est d'ores et déjà doté de quatre *Carbon Budgets*, qui couvrent les périodes quinquennales de 2008-2012 à 2023-2027, soit au-delà de l'échéance du Paquet Energie Climat. Ce système permet de donner une vision de moyen terme aux investisseurs. Le découpage de la trajectoire en plusieurs plans introduit une certaine flexibilité dans le système. Les plans sont construits au fur et à mesure, ce qui permet de prendre en compte les progrès réalisés et ainsi d'« ajuster le tir ». Le débat européen autour de la cible à 2020 fait entrer un paramètre supplémentaire pour les premiers *Carbon Budgets*, car même si l'objectif britannique est un objectif domestique, le coût engendré par la politique climatique sera dépendant des décisions européennes. La part des émissions réduites par les industries britanniques soumises à l'ETS dépendra notamment de l'objectif fixé à 2020 sur l'ETS, ainsi que le montant des revenus attendus de la mise aux enchères des quotas de CO₂. Le gouvernement prévoit donc de rediscuter la cible des premiers *Carbon Budgets* en 2014, une modification des objectifs ne pouvant être décidée par le seul exécutif.

4. Une panoplie d'instruments pour orienter le secteur électrique vers le bas carbone

La libéralisation du secteur électrique a été une politique conduite au plan communautaire depuis deux décennies, qui s'est traduite par des situations nationales complexes et variées. La transition vers l'économie sobre en carbone nécessite une profonde réorganisation tant de la production que de la distribution de l'électricité ce qui implique de trouver les bonnes incitations. Or, le marché électrique souffre de nombreuses imperfections qui justifient des interventions publiques, y compris dans les pays d'orientations libérales comme le Royaume-Uni dont la réforme du marché électrique est analysée plus en détail dans le complément n° 3.

La production électrique est de loin en Europe le premier secteur économique soumis à l'ETS et donc confronté à un signal prix du carbone. Si les études d'évaluation *ex-post* montrent que l'introduction d'un prix du carbone a bien modifié la gestion du parc existant (notamment l'ordre dans lequel on appelle les centrales électriques, le prix du carbone défavorisant celles émettant le plus de CO₂), ce marché ne semble pas jusqu'à présent faire émerger un prix du CO₂ qui modifie suffisamment les anticipations des industriels et leurs programmes d'investissement. D'où la superposition à ce dispositif communautaire de mesures destinées notamment à favoriser la transition vers les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

Le développement des énergies renouvelables dans les pays européens passe par des instruments économiques. Certains pays ont fait **le choix de l'instrument quantité** (*Green Certificates*, encore appelés *Renewable Obligations* octroyés par le régulateur et qui peuvent être vendus aux producteurs pour respecter leur obligation de production électrique d'origine renouvelable) – c'est le cas du Royaume-Uni, de la Suède, de l'Italie, et de la Pologne –, alors que d'autres, tels que l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie (pour l'électricité photovoltaïque) ou encore la France, ont opté **pour un instrument prix**, soit le tarif d'achat (obligation d'achat de l'électricité d'origine renouvelable à un tarif défini à l'avance), dont les modalités varient d'un pays à un autre (prix garanti pour l'Allemagne ou la France, premium par rapport au prix de vente de l'électricité pour l'Espagne). Le Royaume-Uni, qui a expérimenté les *Green Certificates*, a choisi de les remplacer progressivement par un tarif d'achat à partir de 2017.

Tableau 7 : Part de renouvelables dans la production électrique

	2000	2010
Royaume-Uni	2,7	6,7
Allemagne	6,2	16,5
Suède	57,2	55,1
Italie	18,8	25,5
Espagne	16,1	32,7
Pologne	1,6	6,9
France	13,1	13,7

Source : AIE (2011), *Renewable Information 2011*. La part renouvelable contient : hydraulique, géothermie, solaire thermique, solaire PV, éolien, vague, déchets municipaux, biomasse, biogaz

Ces dispositifs coexistent avec l'ETS en donnant à l'investissement dans de nouvelles filières bas carbone une incitation complémentaire à celle du prix du carbone. Comme

l'ont montré les réajustements des tarifs d'achat opérés en France et en Espagne sur le photovoltaïque, l'existence de tarifs d'achat n'est pas en elle-même une garantie de prévisibilité pour les industriels. En la matière, les choix allemands de fixer des tarifs dégressifs dans le temps et amenés à disparaître à terme sont un instrument intéressant, de même que les méthodes souvent pratiquées en Europe du Nord de « tarifs différentiels ». La superposition durable de deux mécanismes d'incitation agissant sur les prix risque néanmoins de générer des inefficacités à terme. La théorie économique enseigne que pour éviter de telles inefficacités, il faut utiliser d'autres leviers, du côté de l'offre et de la technologie, pour développer de nouvelles filières industrielles.

Un autre type de superposition entre l'ETS et instruments nationaux risque d'apparaître lorsqu'un pays pratique la tarification du carbone au plan domestique. De ce point de vue, la Suède et le Royaume-Uni présentent des expériences assez opposées. Depuis 2011, la Suède n'applique plus du tout sa taxe carbone nationale aux installations incluses dans l'ETS afin de ne pas pénaliser ses industriels et énergéticiens vis-à-vis des autres acteurs européens. Le Royaume-Uni pense au contraire introduire une taxe nationale différentielle qui pourrait venir s'ajouter au prix européen du carbone si celui-ci reste en deçà d'un certain niveau. Ce dispositif national vise à assurer un prix minimum du carbone à la charge des compagnies électriques du pays. Peut-être efficace au strict plan national, ce dispositif risque de provoquer une incertitude supplémentaire et une offre de quotas britanniques supplémentaires sur le marché européen, pouvant donc conduire à une baisse du prix d'équilibre du quota de CO₂. Il introduit par ailleurs un risque plus général de « renationalisation » du prix du carbone très préjudiciable à terme pour l'efficacité de la trajectoire de réduction d'émission de l'ensemble de l'Union européenne.

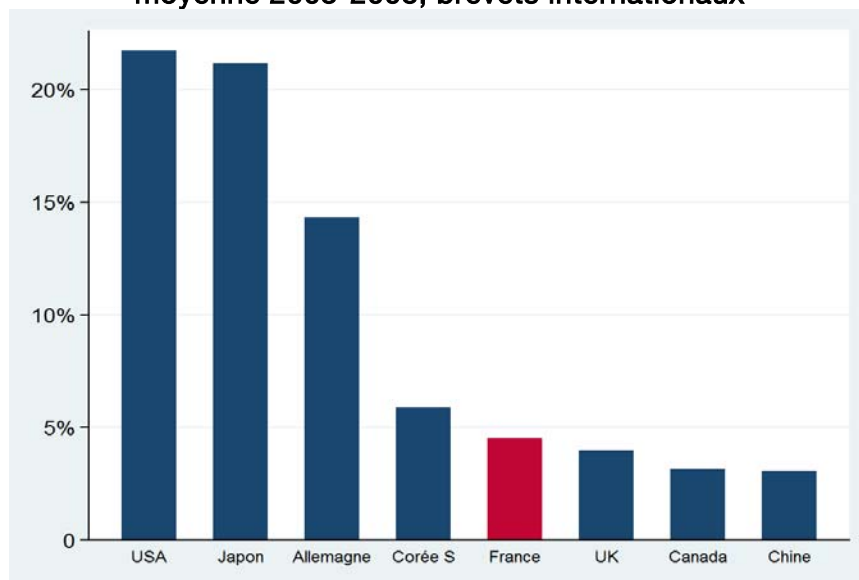
L'une des conditions cruciales de réussite de la transition du secteur électrique est de prendre la mesure des mutations et des investissements qu'il faudra consacrer au réseau de transport et de distribution. Le réseau électrique est source de préoccupation pour de nombreux pays, car le développement en grande proportion de capacités renouvelables rendrait le parc productif plus rigide. Introduire plus de flexibilité dans le système passe par une extension des réseaux de transport et l'amélioration des interconnexions entre pays. En Allemagne, la sortie du nucléaire nécessite de plus de redessiner le maillage des lignes compte tenu de la localisation géographique des centrales qui seront retirées de la production. C'est pourquoi le pays a engagé un programme prioritaire de financement pour créer de nouvelles lignes à court terme et viser trois objectifs déterminants pour la sécurité des approvisionnements à long terme : le stockage de l'énergie (batteries, mais aussi moyens de stockage plus innovants comme l'hydrogène/méthane), les réseaux intelligents, notamment à l'échelle locale, et l'utilisation de la cogénération, qui compenserait les intermittences des énergies renouvelables. Ce plan devrait coûter quelques 3 milliards d'€, financés par le budget mais également par un fonds abondé par les revenus des enchères sur l'ETS.

5. Le lien entre politique climatique, R&D et stratégies industrielles

En parallèle des actions sur l'efficacité énergétique qui doivent limiter la croissance de la demande d'énergie, tous les pays européens étudiés ont choisi d'accorder une

place importante à des technologies bas carbone : énergies renouvelables et cogénération qui sont des choix partagés par l'ensemble des pays, nucléaire et utilisation du CSC dont l'acceptabilité sociale et politique varie fortement d'un pays à l'autre. Le déploiement de ces nouvelles filières énergétiques pose la question du lien entre politique climatique et R&D.

Graphique 10 : Pourcentage des inventions climat brevetées dans le monde, moyenne 2003-2008, brevets internationaux



Source : Présentation de M. Glachant (Mines Paris Tech) le 29 septembre au Comité

L'effort de R&D consacré aux énergies décarbonées du Royaume-Uni, quoiqu'en croissance depuis quelques années, reste en retrait sur ceux de l'Allemagne ou de la France. Son effort semble en revanche assez largement réparti entre les différentes options, reflétant le choix du gouvernement de ne pas favoriser trop directement telle ou telle filière en s'appuyant sur des instruments économiques pour laisser les acteurs économiques choisir les meilleures voies. Le gouvernement britannique semble néanmoins privilégié la capture et le stockage géologique du carbone, les agrocarburants et les techniques *offshore* (éolien et utilisation des courants marins).

L'Allemagne a choisi de favoriser dès aujourd'hui certaines énergies plutôt que d'autres et favorise l'innovation dans les filières où elle possède des avantages comparatifs. Un volet important de la stratégie allemande est de constituer des filières qui soient exportatrices de technologies bas carbone et des équipements correspondants. Cette façon d'aborder l'aspect technologie a par exemple fait ses preuves dans l'industrie éolienne allemande qui a su s'implanter sur le marché, face aux danois, à l'origine leaders sur ce segment. Les priorités allemandes sont actuellement l'éolien *offshore*, la biomasse de seconde génération le photovoltaïque dans le secteur des renouvelables et la gestion de l'efficacité énergétique via les réseaux intelligents du côté de la demande. Ces priorités allemandes se reflètent partiellement dans les budgets de R&D mais encore plus dans les dépôts de brevets internationaux liés aux techniques bas carbone pour lesquels l'Allemagne dispose d'une solide avance sur ses partenaires européens. Les progrès technologiques sont attendus grâce à la recherche mais aussi aux projets de démonstration ou encore au climat d'investissement (présence ou non de soutien à certaines filières). Pour pallier

la fermeture progressive de ses centrales nucléaires, l'Allemagne compte sur des gains d'efficacité sur les centrales à charbon et surtout à gaz, mais également sur l'éolien offshore, ou la cogénération. Il est intéressant de constater que les avis divergent sur certaines technologies, notamment le CSC, qui, au-delà des coûts qui freinent son développement industriel, souffre d'un problème d'acceptabilité. Ainsi l'Allemagne a reporté sa décision de légiférer sur le CSC, estimant que les investisseurs privés, échaudés par une forte opposition de la population, ne pourront se lancer à court terme dans de tels projets.

La Suède de son côté a développé des filières particulièrement solides et innovantes dans le domaine de l'utilisation de la biomasse et notamment de la production et de l'utilisation du biogaz produit à partir des déchets. Dans ce domaine, sa politique de soutien de l'offre a été conduite en parallèle avec la mise en place d'incitations économiques destinées à faire adopter rapidement ces techniques pour le chauffage des bâtiments, et dans une moindre mesure le transport (utilisation de biogaz dans le réseau des stations services du sud du pays).

6. Les incitations économiques à l'égard du « secteur diffus »

Dans tout exercice prospectif sur les émissions, il faut distinguer les secteurs industriels et énergétiques soumis à la régulation européenne de l'ETS des émissions provenant du transport, des bâtiments, de l'agriculture et de la gestion des déchets, habituellement regroupés sous l'appellation « secteur diffus ». La France est le pays européen où le poids des émissions du secteur diffus non soumis à la régulation européenne est le plus élevé (trois quarts de ses émissions). Il est donc particulièrement instructif de repérer les instruments économiques ayant fait leur preuve ou les innovations marquantes chez nos partenaires dans ces secteurs.

Tableau 8 : Part des émissions nationales couvertes par l'ETS

	2007	2008	2009
UE 15	41,1 %	40,9 %	38,9 %
UE 27	43 %	42,5 %	40,3 %
Royaume-Uni	40,1 %	42,2 %	40,4 %
Allemagne	50,9 %	49,3 %	48,8 %
Suède	28,8 %	31,4 %	-
Italie	41 %	40,8 %	37,3 %
Espagne	42,5 %	40,3 %	36,8 %
Pologne	52,4 %	51,6 %	-
France	23,9 %	23,5 %	-

Source : AEE

Les études conduites dans le cadre du comité révèlent que peu de pays ont mis en place des instruments économiques ayant délivré à une large échelle des réductions d'émissions dans l'agriculture et le transport. Il n'en va pas de même dans le secteur du bâtiment où le potentiel de réduction, même s'il est important, est difficile à atteindre. Trois leviers permettent d'y contribuer : une bonne isolation des bâtiments, qui nécessite d'importants travaux de rénovation ou des surcoûts pour les nouveaux bâtiments ; l'action sur les sources d'énergie utilisées dans les bâtiments ou les réseaux qui les alimentent ; les comportements des utilisateurs des bâtiments.

L'expérience de nos partenaires suggère que les instruments les plus efficaces en la matière sont ceux qui agissent simultanément sur les trois leviers.

En Suède, l'action publique est parvenue à une forte réduction des émissions du résidentiel/tertiaire. En effet, 60 % des besoins du résidentiel/tertiaire proviennent du chauffage et de la production d'eau chaude. Les émissions de ce secteur ont pourtant été réduites de 65 % entre 1990 et 2007. La tarification du carbone (taxe carbone, mais également soutien de certaines énergies, notamment la biomasse) pratiquée dans ce pays depuis 1991 semble avoir joué un rôle déterminant car elle a joué à la fois sur la demande et sur l'offre. Elle a incité les consommateurs à remplacer leurs moyens de production d'énergie conventionnels (bien souvent de vieilles chaudières) par de l'électricité ou de la chaleur fournie par les réseaux (voir Complément n° 3). Ces émissions, produites alors en dehors du foyer, se sont reportées sur le secteur de production centralisée de chaleur et d'électricité, mais le gouvernement a en parallèle généralisé l'utilisation de la biomasse dans ce secteur, une énergie considérée comme zéro émission.

La taxe carbone suédoise, mise en place en 1991, est couplée à d'autres instruments de tarification de l'énergie (TVA, taxe sur l'énergie). Son niveau initialement modeste a été graduellement relevé pour dépasser aujourd'hui 100 € la tonne (variable suivant le taux de change de la Couronne suédoise) pour tous les usages liés aux bâtiments et aux moyens de transport. Dans le secteur des transports, le niveau élevé de la taxe carbone domestique a conduit à une expérience unique en Europe : l'injection de biogaz issu du traitement des déchets agricoles et forestiers dans le réseau de stations services.

Dans la même veine, l'Allemagne a entrepris une réforme de sa fiscalité en 1999, introduisant une fiscalité sur l'électricité et les énergies fossiles. D'un niveau peu élevé, cette taxe était néanmoins censé élever le prix de l'énergie, afin d'initier des comportements plus économes en énergie. Même s'il est difficile de mesurer l'impact de cette taxe, on a observé en 1999 un décrochage de la consommation d'électricité spécifique des ménages allemands, et ce même si le taux d'équipement des ménages a augmenté. D'une part, la hausse du prix de l'électricité via une fiscalité écologique a pu contribuer à rationaliser l'utilisation des appareils électroménagers. D'autre part, la baisse de leur prix, ainsi que l'étiquetage énergétique (selon une directive européenne) a conduit les ménages à s'équiper d'appareils moins consommateurs. On peut également citer l'initiative de la DENA (agence allemande pour l'énergie), qui a mis en place un programme de coopération avec plusieurs distributeurs d'électroménagers dans le but d'améliorer la communication des vendeurs sur la performance des nouveaux appareils.

En matière d'isolation des bâtiments, le traitement de bâtiments neufs passe par les normes thermiques, domaine dans lequel la France a compensé son retard sur les pays européens les plus performants avec le Grenelle de l'environnement. La principale difficulté concerne le jeu d'incitations permettant la rénovation à grande échelle du bâti existant. Plusieurs pistes innovantes ont été lancées au Royaume-Uni. Les producteurs d'énergie ont l'obligation de financer des améliorations d'efficacité énergétique par un système de Certificats Blancs (économies d'énergie certifiées pouvant être échangées). Selon la nouvelle réforme proposée par le gouvernement, ceux-ci concerneront directement les logements occupés par les personnes les plus pauvres. Autre innovation britannique, dont la coordination avec le précédent mécanisme est encore en cours de réflexion au DECC (*Department of Energy and*

Climate Change), le *Green Deal* aidera les ménages (et/ou entreprises) à rénover leur bâtiment et logement. Il comprend une partie audit (mené par un personnel formé par le gouvernement) dans lequel les principaux gisements de réductions sont identifiés, suivie d'une partie financement, dans laquelle le ménage se voit proposer un plan de financement des mesures identifiées. Règle d'or, ces mesures doivent entièrement être financées par les gains réalisés sur la facture énergétique. Le *Green Deal* n'est pas un prêt classique, au sens où ce financement n'est pas relié à un ménage mais à un logement. Il s'adressera aux particuliers, ainsi qu'aux petites et moyennes entreprises. Contrairement aux expériences suédoises et allemandes précédemment mentionnées, il n'est pas possible de juger *ex post* de l'efficacité de ces dispositifs qui n'ont pas encore été déployés à grande échelle sur le terrain.

Le *Green Deal* du Royaume-Uni trouve son pendant en Suède pour les industries : l'idée est de financer des audits d'industries (période de 2 ans) et de leur proposer des mesures qu'elles pourraient rentabiliser sur les prochaines années (au plus 3 ans), en échange d'une exonération de la taxe sur l'électricité. Ce programme, entré en vigueur au 1^{er} janvier 2005, est un vrai succès, car plus de 100 entreprises y participent aujourd'hui : quelques 70 millions d'euros ont été dépensés pour plus de 1 200 mesures d'efficacité énergétique. Un tel programme s'accompagne d'importantes créations d'emplois, car l'État accompagne la formation de personnels qualifiés de l'audit aux travaux à proprement parler d'efficacité énergétique.

7. Les innovations en matière de financement

Même s'il existe des incitations puissantes du type tarifs de rachat ou prix du carbone, les contraintes de financement peuvent freiner le développement de nouvelles filières industrielles ou de réseaux de transport. Ces types d'investissements sont souvent capitalistiques et nécessitent une importante levée de fonds au démarrage : les énergies renouvelables ont généralement une structure de financement particulière avec d'importants investissements et de faibles coûts opératoires, contrairement à des centrales thermiques par exemple. Compte tenu de cette structure, les producteurs d'énergies renouvelables font appel à l'endettement pour se financer. Mais les banques perçoivent ces projets comme risqués, notamment au démarrage quand les technologies sont nouvelles, et proposent donc des prêts à des taux d'intérêt très élevés.

Consciente de cette difficulté, l'Allemagne a proposé des facilités de financements pour les projets éoliens au travers de la banque publique KfW (*Kreditanstalt für Wiederaufbau*) dès le début des années 1990. Celle-ci octroie des prêts à taux très bas pour les compagnies privées (jusqu'à 75 % des coûts d'investissements pour un volume maximum de 10 millions d'euros). Initialement conçu pour l'éolien, ce dispositif a été étendu aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique. En effet, la KfW est très active dans la rénovation du bâti existant, à travers deux programmes (*CO₂-Minderungsprogramm* et *CO₂-Gebäudesanierungsprogramm*). Le premier permet le financement de mesures ciblées, via des prêts à taux préférentiels. Le second a pour objectif la rénovation du logement et regroupe donc un ensemble de mesures, financées également via des prêts préférentiels mais également via une annulation d'une partie du prêt (jusqu'à 15 %) pour les logements qui atteignent une consommation d'énergie par m² équivalente ou inférieure à celle définie par les normes de construction du bâti neuf. Même si les réductions d'émissions n'ont pas été à la hauteur des attentes du gouvernement, ces programmes ont tout de même

permis la rénovation partielle ou totale de plus de 1 million de logements. Sans oublier qu'ils ont entraîné de nombreuses créations d'emplois dans ce secteur.

Mais la pièce centrale du financement de la politique climatique et énergétique allemande résidera dans l'utilisation du produit des enchères de quotas de CO₂. Sur la seconde période du marché (2008-2012), l'Allemagne va mettre environ 9 % de ses quotas aux enchères ce qui devrait lui procurer une recette de l'ordre de 300 millions d'€ en 2011 et 700 millions en 2012. Entre 2013 et 2020, le pays va recevoir un quart du produit européen des enchères soit une somme de l'ordre de 3 300 millions par an à partir de 2013. Le produit de ces enchères sera versé dans un fonds public, *Energie und Klimafonds*, dont la gouvernance, ouverte sur les Länder et les parties prenantes, devra permettre de trouver les usages optimisant la transition énergétique et climatique. Ce fonds devrait aider au financement de projets renouvelables, de projets d'efficacité énergétique ou d'électromobilité, d'investissements en forêt (majoritairement au niveau domestique mais une partie sera destinée à des projets dans les pays en développement) sous forme de prêts bonifiés et de subventions directes. Il prévoit des subventions pour la R&D. Une partie du fonds sera également redistribuée aux industries intensives en énergies pour compenser la hausse des prix de l'électricité induite par le prix des quotas de CO₂.

Pour réduire les blocages de financement, notamment dans le secteur de la rénovation des bâtiments, le Royaume-Uni compte lancer dès 2012 une banque publique : la *Green Investment Bank*. Comme l'ont indiqué au Comité les représentants britanniques, cette institution s'inspire des organismes du type KfW en Allemagne ou Caisse des dépôts en France. Au départ, entièrement capitalisée par l'État, cette banque deviendra une entité autonome, fonctionnant avec une garantie publique mais pouvant lever des fonds privés. Sa première mission sera de développer des produits de financement pour faciliter la rénovation des bâtiments existants, notamment dans le cadre du *Green Deal* (prêts liés aux bâtiments et non aux propriétaires). Elle pourra aussi emprunter sur les marchés financiers en levant des fonds pour co-investir avec des investisseurs privés dans des projets bas-carbone (voir détails dans le complément 3). Il faut également noter qu'à l'instar de l'Allemagne, le Royaume-Uni a commencé à mettre aux enchères une partie des quotas de CO₂ dès 2008.

S'il est prématuré de juger de l'efficacité de mécanismes qui sont encore largement à l'état de projet, une conclusion s'impose clairement : les deux grands partenaires de la France ayant opté pour des cibles ambitieuses de réduction d'émission en 2020 et en 2050 sont en train de mettre en place des instruments financiers nouveaux faisant intervenir les produits des enchères de quotas de CO₂ et des mécanismes innovants combinant instruments publics et appel aux ressources privées.

Chapitre 3

Construction de trajectoires sectorielles françaises

La construction de trajectoires françaises pour atteindre le facteur 4 à l'horizon 2050 repose sur une analyse sectorielle détaillée. L'analyse rétrospective permet pour chaque secteur de mesurer les grands enjeux, d'identifier les constantes de temps et de mettre en lumière les déterminants des émissions. Elle sert de base à la construction des trajectoires d'émissions à court et moyen termes. Pour le long terme, l'analyse prospective permet de diagnostiquer les innovations de technologie ou d'organisation susceptibles d'accélérer les réductions d'émission à l'horizon 2050.

Dans chaque secteur, les potentiels d'abattement sont appréhendés en fonction des contraintes techniques, économiques et d'acceptabilité. Les trajectoires proposées correspondent à la mise en œuvre de certains potentiels d'abattement et sont forcément un compromis entre les différentes options possibles. L'intérêt de la démarche est d'identifier les contraintes spécifiques à chaque secteur et de mettre en avant les leviers d'action sur lesquels peuvent jouer les politiques publiques.

L'empilement de trajectoires sectorielles, après vérification des cohérences entre secteurs, permet de tracer une trajectoire d'émission pour la France à l'horizon 2050. Cette approche, dite « *bottom-up* », est complémentaire de l'approche macroéconomique, examinée dans la partie suivante. Si elle ne fait pas intervenir explicitement de prix du carbone dans l'économie, elle permet de mesurer « avec les mains » l'intensité des efforts et les ruptures nécessaires à l'atteinte de cibles d'émission.

1. Hypothèses et limites des trois scénarios étudiés

Compte tenu des délais impartis, le Comité n'a pas été en mesure de lancer un travail complet de scénarisation du futur. À l'horizon 2020, il s'est principalement appuyé sur les travaux existants de la DGEC, en reprenant l'ensemble de ses hypothèses sur la situation macroéconomique et l'évolution des prix de l'énergie. Aux horizons suivants, il a travaillé en croisant les dires d'experts, les études sectorielles prospectives et en se situant dans le cadre d'hypothèses standard sur les conditions énergétiques et économiques internationales. Aussi ne pouvons-nous pas, à ce stade, tester la robustesse de nos résultats à des changements macroéconomiques ou à des chocs possibles sur les prix de l'énergie.

Les trois scénarios construits reposent tous sur l'hypothèse d'une atteinte à l'horizon 2050 de l'objectif du facteur 4 au plan national. Cette hypothèse normative reflète le consensus au sein du groupe sur la pertinence de cet objectif cohérent avec les travaux du GIEC. Chaque scénario diffère sur le point de passage atteint en 2020 qui correspond à trois situations possibles, sous l'angle des choix européens :

- le scénario de référence repose sur l'hypothèse, courante de ce genre d'exercice, de stricte application des mesures de politiques publiques déjà prises. Dans le secteur ETS, cela signifie que les entreprises sont soumises aux règles en vigueur pour la troisième phase du système d'échange de quotas de CO₂ avec un plafond d'émission en 2020 en recul de 21 % relativement à 2005. Dans le secteur non ETS, on suppose que toutes les mesures nationales déjà prises seront intégralement appliquées d'ici 2020, mais qu'aucune autre n'entrera en vigueur. Ce jeu d'hypothèses conduit à une trajectoire nationale de réduction d'émission compatible avec l'objectif européen de réduction de 20 % des émissions en 2020 relativement à 1990 ;
- le second scénario simule une situation dans laquelle l'objectif européen passerait à - 25 %, l'intégralité du relèvement de l'objectif étant portée par le secteur hors ETS. La réalisation de ce scénario implique donc la mise en œuvre de mesures ou incitations nouvelles dont les voies ont été explorées par le Comité ;
- dans le troisième scénario, on suppose que l'Union européenne relève son ambition à - 30 % en ajoutant une contrainte supplémentaire de - 5 % sur le secteur ETS sous la forme d'une réduction du plafond d'émission à l'horizon 2020 pour les industries sous quotas. Ceci a pour principale conséquence de faire remonter le prix du quota de CO₂ sur le système d'échanges européen.

Pour être plus précis, le scénario de référence correspond aux résultats du scénario dit « avec mesures supplémentaires - mesures » de l'exercice de projection mené par la DGEC en 2010 et dont les hypothèses sont détaillées dans le complément 4 au présent chapitre. En l'absence de retour d'expérience sur certaines mesures du Grenelle de l'environnement, ce scénario repose pour le secteur non ETS sur certaines hypothèses qui apparaissent aujourd'hui, notamment dans le cadre budgétaire actuel, comme volontaristes. Pour illustrer, en matière de rénovation du parc public et privé de bâtiments, le scénario suppose à l'horizon 2020, des travaux sur 800 000 logements sociaux les plus énergivores et la mise en œuvre totale de l'obligation de rénovation de l'ensemble des bâtiments tertiaires. À l'inverse, il suppose que certaines mesures de soutien (e.g. éco-prêt à taux zéro, crédit d'impôt développement durable) qui existent dans ce même secteur du bâtiment seraient arrêtées après 2012, car aucun texte n'assure la prolongation de ces mesures au-delà de la loi de finance pour 2012 ou encore que des engagements du Grenelle ne seraient pas mis en œuvre, comme l'atteinte en 2020 de l'objectif de réduction de 38 % de consommation énergétique dans le bâti existant ou le retour des émissions à leur niveau de 1990 dans les transports. Par ailleurs, le scénario « avec mesures existantes » de l'exercice DGEC n'intègre pas certains effets de la crise mis en lumière par les récentes statistiques, notamment la faiblesse du rebond des émissions dans l'industrie et les transports routiers de marchandises. Au final, le scénario de référence repose sur des hypothèses légèrement différentes du scénario « avec mesures existantes » de la DGEC mais est supposé conduire globalement aux mêmes émissions. Ce qui est important, c'est qu'il ne doit pas être pris comme acquis mais simplement comme atteignable pour peu que des mesures d'ajustement puissent être mises en œuvre

rapidement en complément des mesures déjà prises si la trajectoire déviait manifestement de la trajectoire projetée.

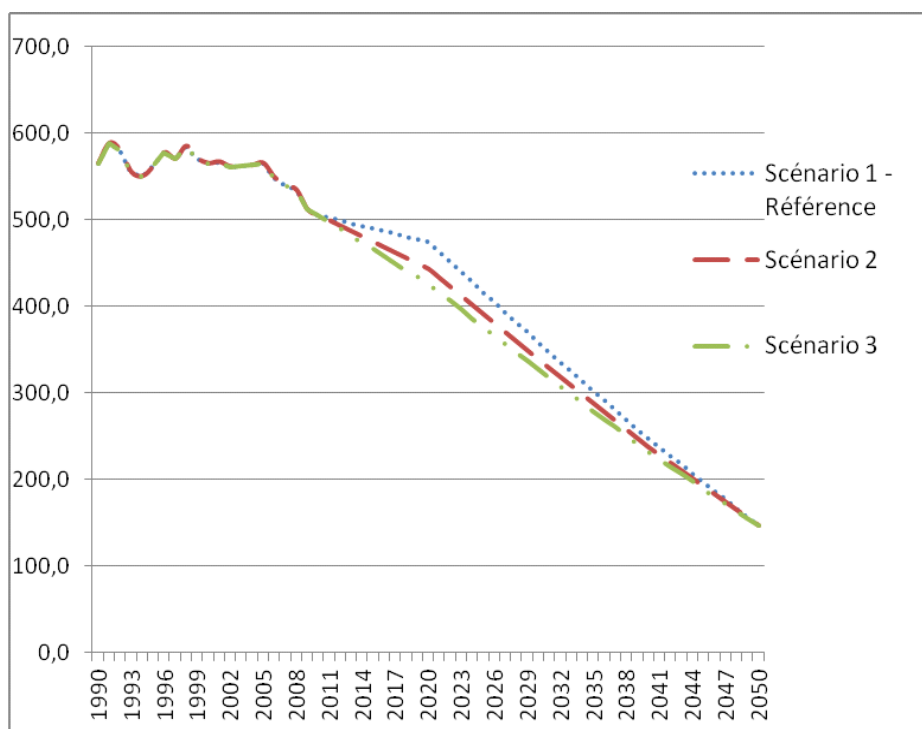
Une fois déterminée les trois points de passage pour 2020, la trajectoire à l’horizon 2050 est obtenue par simple extrapolation linéaire, en croisant les travaux existants de prospectives et les dires d’experts. La cohérence d’ensemble des trajectoires à 2030-2050 a été assurée par la confrontation des résultats avec les sorties sectorielles des modèles POLES, IMACLIM et NEMESIS dont les enseignements sont analysés plus en détail au chapitre 4. Les résultats synthétiques sont donnés dans le tableau 10 et graphique 11 ci-dessous leur déclinaison sectorielle faisant l’objet principal de ce chapitre.

**Tableau 9 : Trajectoires d’émissions de GES de la France
(en relatif/1990 et en MtCO₂éq)**

Évolution/1990 (%)	2009	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 - référence	- 10 %	- 16 %	- 33 %	- 55 %	- 75 %
Scénario 2	- 10 %	- 22 %	- 37 %	- 57 %	- 75 %
Scénario 3	- 10 %	- 25 %	- 41 %	- 58 %	- 75 %

Source : travaux du comité

**Graphique 11 : Trajectoires d’émissions de GES de la France
(en relatif/1990 et en MtCO₂éq)**



Source : travaux du comité

En terme d’émissions cumulées sur 2010-2050, les scénarios 2 et 3 conduisent respectivement à - 5 % et - 8 % d’émissions par rapport au scénario de référence.

**Tableau 10 : Trajectoires d'émissions cumulées de GES de la France
(en GtCO₂éq)**

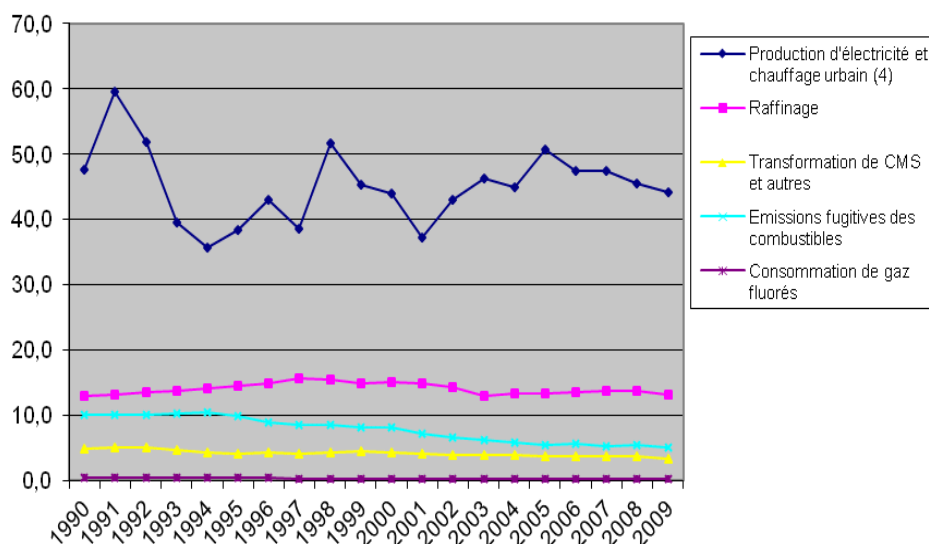
Émissions cumulées de gaz à effet de serre sur 2010-2050 (GtCO ₂ éq)	
Scénario 1 - Référence	14,6
Scénario 2	13,9
Scénario 3	13,5

Source : travaux du comité

2. Énergie : plusieurs voies possibles vers un système bas carbone

Le secteur de l'énergie regroupe la production électrique, le raffinage et le transport des hydrocarbures, la fourniture de vapeur et de chaleur. Il représente environ 13 % des émissions nationales, les deux principales sources étant la production d'électricité et de chaleur et le raffinage du pétrole. Les émissions résultant de l'usage des carburants et combustibles sont comptabilisées dans les secteurs utilisateurs dont les trois principaux sont le bâtiment, les transports et l'industrie manufacturière. Une caractéristique importante de ce secteur est qu'il est soumis à la régulation européenne du système d'échange des quotas de CO₂. Sa dynamique est donc fortement tributaire de l'évolution de ce dispositif européen et du prix du carbone qu'il fait apparaître.

Graphique 12 : Évolution des émissions liées à l'industrie de l'énergie entre 1990 et 2009 (en millions de tonnes équivalent CO₂)



Source : CITEPA 2011

Comparé aux autres pays européens, le secteur de la production énergétique est peu émetteur en France. Cela est dû au mix électrique dont les deux premières sources, nucléaire et hydraulique, ne sont pas émettrices. Aussi le kWh émet en moyenne 60 g de CO₂ en France contre 420 g en moyenne dans l'Union européenne. Une condition

nécessaire pour atteindre le facteur 4 est cependant d'aller plus loin en disposant en 2050 d'un système de production énergétique n'émettant pratiquement plus de carbone. Le Comité a ainsi retenu une cible de – 96 % en 2050, soit de l'ordre de 3 MtCO₂e émis en 2050. Cet objectif de long terme est en phase avec les trajectoires visées au plan européen, mais sa mise en œuvre a des implications particulières compte tenu de la spécificité de notre industrie électrique.

Tableau 11 : Émissions du secteur de l'énergie par rapport au niveau de 1990

Évolution/1990 (%)	2009	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 – Référence	– 14 %	– 28 %	– 51 %	– 74 %	– 96 %
Scénario 2	– 14 %	– 30 %	– 52 %	– 74 %	– 96 %
Scénario 3	– 14 %	– 35 %	– 55 %	– 76 %	– 96 %

Source : travaux du comité

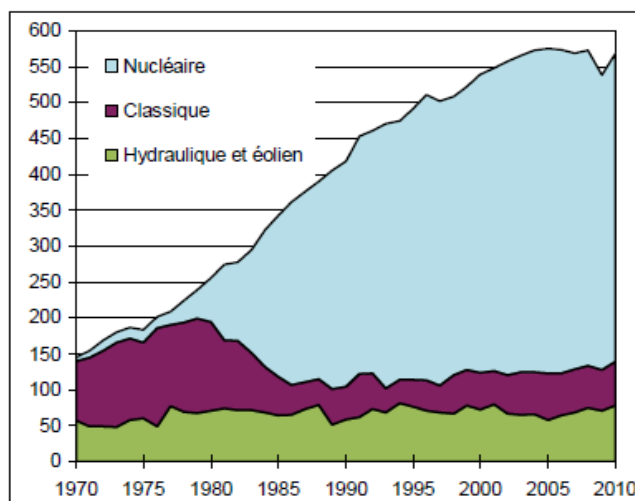
Une première condition pour atteindre la cible de 2050 est d'accélérer **les gains d'efficacité énergétique**. En 2050, la France métropolitaine comptera plus de 72 millions d'habitants, soit près de 14 % de plus qu'en 2011. Si on maintenait le profil actuel de consommation par habitant, l'accroissement de la demande rendrait irréaliste l'atteinte d'un recul aussi rapide des moyens de production émetteurs de carbone. C'est pourquoi les trajectoires discutées dans le cadre du comité s'inscrivent dans le cadre d'une forte accélération de l'efficacité énergétique. Dans la modélisation de POLES qui a servi de support principal aux travaux du Comité, l'intensité énergétique du PIB est divisée par deux entre 2010 et 2050. Ceci permet au système électrique de couvrir en 2050 les usages actuels et de faire face à la pénétration accrue de l'électricité dans les autres secteurs, notamment le transport.

Pour atteindre de tels progrès d'efficacité énergétique de multiples leviers devront être mobilisés : information des consommateurs, éco-conception des produits, systèmes d'incitation du type certificats d'économie d'énergie. Mais nombre d'études indiquent que la question du prix d'usage de l'énergie est centrale. L'atteinte de la cible à 2050 est donc conditionnée par une trajectoire croissante du prix du carbone que les acteurs doivent anticiper dans leurs choix d'investissement. Elle implique aussi que ce prix se traduise dans les tarifs pratiqués à l'aval afin de générer les nécessaires « chasses au gaspi ». De telles répercussions ne sont socialement acceptables que si des mécanismes puissants sont simultanément mis en place pour éviter une aggravation de la précarité énergétique.

La **diversification de l'offre** est le deuxième maître mot de la trajectoire énergétique à **l'horizon 2050**. Elle concerne en premier lieu l'électricité où la part des renouvelables va être amenée à s'accélérer fortement dans tous les cas et le nucléaire à reculer. Dans le scénario de POLES, la part du nucléaire revient ainsi de plus de 75 % en 2010 à moins de 50 % en 2050 quand celle des renouvelables (y compris hydraulique) remonte de 12 % à 40 %. Le solde est couvert en quasi-totalité par des centrales à gaz dont certaines pratiquent la capture et le stockage de carbone. Simultanément, la meilleure utilisation de la bioénergie (biogaz, produits de la forêt, biocarburants avancés, ...) contribue à faire reculer le pétrole dans les approvisionnements. Il en résulte pour l'activité de raffinage de pétrole une dynamique d'adaptation de l'outil de production à l'évolution de la demande de produits raffinés, à la fois en quantité et en qualité (balance entre produits légers et distillats moyens, réduction de la demande de produits soufrés, etc.). Pour être compatibles avec la cible à 2050, les installations de

raffinage localisées sur le territoire français doivent être en capacité de séquestrer l'essentiel de leurs émissions de CO₂ à 2050.

Graphique 13 : Structure de la production totale brute d'électricité (en TWh)



Source : SOeS 2011

Concernant la production de chaleur, elle constitue le principal poste de réductions des consommations énergétiques du résidentiel-tertiaire à 2050. La réduction de – 96 % des émissions du secteur de l'énergie par rapport à 1990 suppose que les modes de production de chaleur connaissent de profondes mutations. Pour les ménages et le tertiaire, outre une part croissante de l'usage de l'électricité (renouvelable) et de la biomasse dans des installations individuelles, la multiplication des réseaux de chaleur utilisant la biomasse, et/ou à même de séquestrer le CO₂, dans les zones denses. Le fioul voit progressivement sa part se réduire jusqu'à être quasi nulle, remplacée par du gaz et du bois. Ces évolutions s'accroissent dès 2020 dans les scénarios 2 et 3.

Le recours aux énergies renouvelables joue un rôle incontournable dans tous les scénarios bas carbone. Leur rythme de développement est tributaire de la vitesse de baisse de leurs coûts, des progrès simultanés dans la gestion des réseaux pour faire face à l'intermittence et de leur acceptabilité sociale. L'hydraulique, l'éolien terrestre et la biomasse ont atteint ou quasi atteint la maturité technique et économique et sont compétitifs avec les moyens thermiques classiques. D'autres technologies, encore non matures sur le plan économique, pourraient se déployer rapidement après 2020 : l'éolien offshore, le solaire photovoltaïque, les biocarburants avancés, dans une moindre mesure le solaire à concentration. Leurs coûts sont aujourd'hui entre deux et cinq fois supérieurs aux moyens de production traditionnels mais devraient connaître des baisses grâce à la R&D et à l'industrialisation de la production. L'extension des réseaux et les changements technologiques dans leur gestion constituent des leviers aussi importants que ceux dans la production, surtout s'ils s'accompagnent d'avancées dans la capacité de stockage de l'électricité, soit par batteries, soit sous forme d'hydrogène, considéré comme une option future. Ajoutons qu'une incertitude croissante entoure le rythme de diffusion des techniques de capture et stockage de carbone en raison d'une double difficulté : les coûts de déploiement sans instrument incitatif et l'acceptabilité sociale.

La mutation du système électrique, quelle qu'elle soit, est très liée à la capacité d'adaptation du réseau de transport : les délais de réalisation des infrastructures de transports, du fait des contraintes administratives et d'acceptabilité, sont souvent supérieures à celles des moyens de production. La capacité de développement du réseau constitue donc un enjeu majeur.

Il existe de multiples façons de combiner ces différentes technologies, et les options diffèrent singulièrement, notamment suivant les choix faits par rapport **au nucléaire**. Ils concernent en premier lieu les décisions concernant l'avenir du parc existant ou en cours de construction, mais aussi le nucléaire dit de « quatrième génération » correspondant à la surgénération qui ne sera vraisemblablement pas mature avant 2030 si son développement reste une priorité. Le Comité n'a pas examiné en détail ces questions qui seront par ailleurs traitées dans un autre groupe de travail. Mais il a porté une attention particulière à l'année 2030, dont la configuration dépend grandement des choix qui sont faits aujourd'hui en matière d'investissement.

Dans le scénario rendu public par l'association Négawatt, la consommation d'énergie primaire est pratiquement réduite des deux tiers à 2050 par rapport à 2010, ce qui permet de construire un scénario qui satisfait à la fois les exigences climatiques et une sortie totale du nucléaire. Cette vision qui anticipe une sortie totale du nucléaire en 2033, repose sur des calculs techniques qui n'intègrent pas les coûts et les bénéfices pour l'économie. Elle diffère de celles apportées par les deux exercices, qui ont été menés par la DGEC et l'Union française de l'électricité, qui comparent des scénarios de montée en régime des énergies renouvelables avec ou sans déclassement accéléré du nucléaire. Sans surprise, ces deux exercices suggèrent que les scénarios de sortie rapide du nucléaire ont un coût de transition correspondant au déclassement d'un capital non encore amorti et à la mise en route de moyens d'appoint thermiques pour faire face à l'intermittence des énergies renouvelables. Dans tous les cas, la baisse maximale d'émission en 2030 est obtenue dans le scénario sans accélération du déclassement du nucléaire.

Tableau 12 : Comparaison des scénarios prospectifs sur le mix électrique à 2030

	Scénario	Outil de modélisation	Taux de croissance annuel moyen 2010-2030 du PIB (%)	Demande en 2030 (TWh)	Solde exportateur en 2030 (TWh)	Capacité nucléaire en 2030 (GW)	Capacité totale en 2030 (GW)	Part des ENR dans le mix électrique en 2030 (%)	Émissions de CO ₂ du secteur électrique en 2030 (Mt CO ₂)	Évolution des émissions de CO ₂ du secteur électrique 2030/2010 (%)
RTBP 2011	Référence	Simulation RTE	1,75	554	67	65	165	29	16	- 53
	Nucléaire bas		1,75	530	1	40	168	38	23	- 32
DGEC	AMS- Mesures Grenelle décidées	MEDPRO/ POLES	1,75	617	100	66		22	28	- 24
	AMS- Objectifs Grenelle Facteur 4			616			23	24	- 35	
UFE	Production nucléaire à 70 %	UFE	1,5	570	101	66	145	22	17	- 50
	Production nucléaire à 50 %				5	41	142	34	44	130
	Production nucléaire à 20 %				1	16	152	40	101	297
Négawatt 2011	Négawatt 2011	Négawatt	-	400	?	13-15		70	?	(réduction des émissions de CO ₂ d'origine énergétique d'un facteur 2)

Source : d'après RTE, UFE, DGEC, Négawatt

À l'horizon 2020, les objectifs de réduction d'émission du scénario de référence sont basés sur un parc nucléaire de 65 GW (en comptant les EPR de Flamanville et Penly), des capacités de production électrique renouvelable d'environ 26 GW (éolien, photovoltaïque et biomasse ; la capacité de production hydraulique est inchangée), la fermeture des raffineries des Flandres, de Reichstett et de Berre. L'atteinte de cet objectif se fait dans le contexte des politiques actuelles, sans poser de problème particulier.

Le scénario 2 se distingue en 2020 du scénario de référence par une baisse de la demande résultant de contraintes plus fortes dans les secteurs clients : baisse de la demande électrique appelée en pointe, en particulier le résidentiel-tertiaire et baisse de la demande en produits pétroliers pour le transport et le chauffage. C'est un peu ce scénario qui se dessine au plan européen avec l'accent nouveau mis sur l'efficacité énergétique dont les objectifs pourraient devenir plus contraignants. Il s'est traduit par une diminution de la contrainte sur l'offre énergétique qui a provoqué une baisse du prix des quotas de CO₂ sur le marché du carbone. Dans le scénario 3, le secteur énergie diminuerait ses émissions de 35 % relativement à 1990, car il y serait incité par le renchérissement des quotas de CO₂ sur le marché du carbone, consécutif à l'abaissement du plafond d'émission européen.

Au-delà des chiffres de réduction d'émission visés en 2020, la différence la plus importante entre les trois scénarios concernera le type d'investissements réalisés d'ici 2020 ; ils seront déterminants pour les cibles 2030 et 2050. Sous cet angle, le comité a jugé qu'il était urgent de définir rapidement un jeu d'objectifs contraignants pour 2030, articulé en France sur des orientations transparentes et crédibles concernant l'avenir du nucléaire.

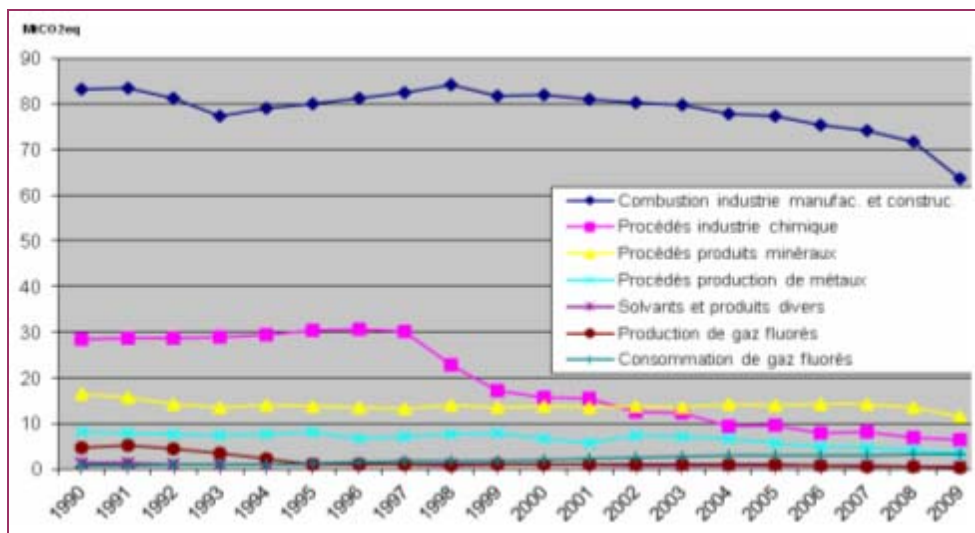
À titre d'approfondissement des travaux du Comité, le coût à la tonne de CO₂ évitée des principales actions de réduction des émissions du secteur de l'énergie mériterait d'être quantifié, et mis en regard d'autres bénéfices ou pertes monétisables. Des analyses coût-efficacité et coût-bénéfice pourraient ainsi aider, dans le cadre d'une approche multicritère, à prioriser les différents potentiels de décarbonation du secteur de la production d'énergie, aux côtés des deux autres leviers que sont la substitution à l'aval et des actions d'efficacité. Une telle approche permettrait également de mieux appréhender le risque de verrouillage technologique (ou *lock-in* en anglais) potentiellement contre-productif pour le climat.

3. Industrie : poursuivre les gains d'efficacité énergétique et agir sur les filières

Le secteur de l'industrie manufacturière et de la construction a représenté 18 % du total des émissions de gaz à effet de serre de la France en 2009. Ses émissions ont baissé de 38 % par rapport à 1990 (dont 10 % uniquement dû à la récession de 2009). Le premier levier a été la division par quatre des émissions de N₂O au sein de la chimie, impulsée par le groupe Rhodia qui a développé dans l'usine de Chalampé un procédé d'élimination thermique aujourd'hui largement diffusé dans le monde. Le second est la réduction des émissions de CO₂ énergétique résultant principalement des gains d'efficacité énergétique, réductions artificiellement amplifiées par la récession en 2009. À plus de 82 %, les émissions du secteur concernent des

installations soumises au système européen d'échange de quotas de CO₂, une caractéristique importante étant leur concentration sur moins de 30 grandes installations fortement émettrices, dans la sidérurgie, le ciment, la pâte à papier, le verre, etc. Ces secteurs sont par ailleurs exposés à la compétition internationale et il faut en permanence veiller à ce que les réductions d'émission n'entraînent pas à de la désindustrialisation.

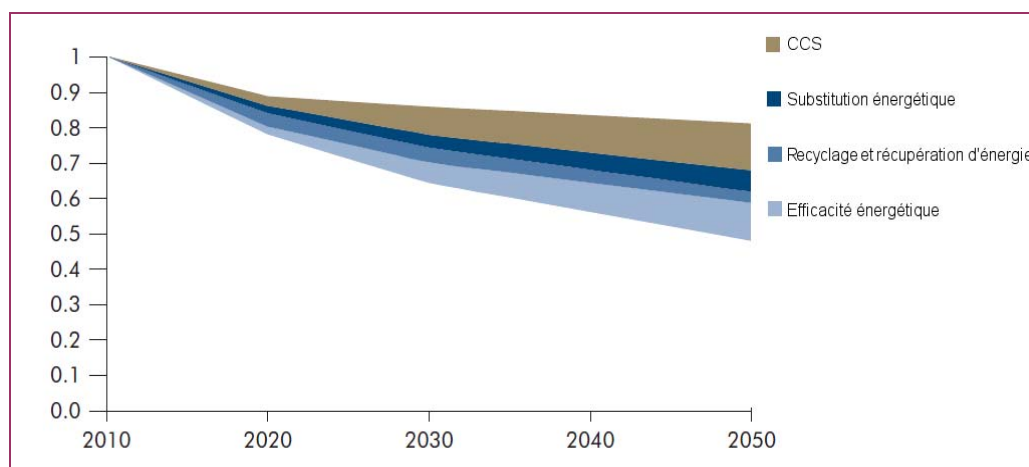
Graphique 14 : Évolution des émissions du secteur industriel



Source : CITEPA 2011

Pour le secteur industriel, les expertises réunies au sein du Comité conduisent à retenir une cible de réduction d'émission de - 85 % à l'horizon 2050 pour l'industrie. Compte tenu des réductions réalisées entre 1990 et 2011, cela représente un effort supplémentaire de 50 % (environ 45 MtCO₂), pouvant être obtenu à hauteur de 30 % par la poursuite des gains d'efficacité énergétique, de 30 % par de la récupération énergétique et du recyclage et de 40 % par la diffusion des technologies innovantes de type capture et stockage de CO₂.

Graphique 15 : Options pour réduire les émissions de CO₂ de l'industrie à horizon 2050 (indice 1 = émissions de CO₂ de l'industrie en 2010)



Source : travaux du Comité d'après AIE

Les approches par filière industrielle sont détaillées dans le complément n° 4. Quatre lignes de force s'en dégagent de façon transversale :

- malgré les progrès d'efficacité énergétique déjà atteints, d'importants gisements supplémentaires pourront être mobilisés. D'après le CEREN, le gisement net d'économies d'énergie finale dans l'industrie s'élèverait à 23 TWh de combustibles (plus de 50 % du total de la consommation de combustible dans l'industrie) et 41 TWh d'électricité (environ 30 % de la consommation électrique de l'industrie). Ces économies représentent un potentiel de réduction des émissions de 8,6 MtCO₂. Plus de la moitié de ces gisements d'économie d'énergie auraient un temps de retour relativement faible. Par ailleurs, il reste des potentiels supplémentaires de réduction des émissions dans les procédés spécifiques à certains secteurs (ciment, sidérurgie,...), par le recours aux meilleures technologies disponibles ;
- la substitution énergétique portera principalement sur l'électrification accrue de certains processus industriels et le recours à la biomasse. Son rythme sera conditionné par la disponibilité de la ressource et l'évolution des prix relatifs des énergies utilisées qui incitera d'autant plus à la substitution que le prix du carbone augmentera ;
- le recyclage et la réutilisation pourraient à terme permettre de limiter la production de certaines branches. Par exemple, une étude à paraître du WWF France suggère qu'il est possible et pertinent de mettre en œuvre la réutilisation des emballages de verre, le taux de recyclage pourrait être porté à 10 % en 2020 et jusqu'à 80 % à long terme. De la même façon pour l'acier, un recyclage de 90 % à long terme est évoqué, contre 75 % en moyenne actuellement. Une autre forme de recyclage pourrait être à terme celle du CO₂ lui-même dont seules 0,5 % des émissions étaient réutilisées comme matière première en 2008 ;

Tableau 13 : Taux de recyclage potentiel dans l'industrie

	2008	2020	Long terme
Aluminium	30 %	50 %	86 %
Papier-Carton	60 %	75 %	80 %
Plastique	6 %	15 %	30 %

Source : d'après E&E

- pour atteindre le – 85 % en 2050, les premières applications de la technologie de stockage et capture du carbone (CSC) devraient commencer à se diffuser dans certains secteurs industriels intensifs en énergie à partir de 2020. Cette technique semble notamment adaptée aux unités industrielles fortement émettrices et proches de centrales électriques. L'industrie semble aujourd'hui disposer de moins d'options bas carbone que le secteur électrique, aussi les obstacles au déploiement de cette technologie devront être levés. L'enjeu concerne aussi l'émergence d'une offre française à l'exportation : si le marché intérieur français de la CSC restera modeste en comparaison de celui d'autres pays, un atout est la présence d'acteurs français parmi les grands industriels et les organismes de recherche présents sur toutes les étapes de la chaîne de valeur du CSC. Si on trouve les bons projets et les bons financements, il y a là les prémices de la naissance d'une nouvelle filière avec la possibilité de devenir un centre d'ingénierie de rayonnement international.

Comme dans le cas de l'énergie, l'analyse des points de passage intermédiaires doit prendre en compte les phénomènes d'inertie et de délais de mise en œuvre des investissements. Dans le scénario tendanciel, l'industrie ne retrouve son niveau de 2009 qu'en 2030, ce qui suggère qu'à cet horizon les investissements destinés à accélérer la mutation vers un appareil de production bas carbone n'ont pas été déclenchés. Avec le renforcement de la contrainte hors ETS, le scénario 2 se distingue en 2020 du scénario de référence par l'action des PME-TPE qui, réagissant aux mêmes signaux que les ménages, mettent en œuvre plus d'actions de réduction, mais il ne change pas fondamentalement la donne. Le scénario 3 se distingue par le resserrement du plafond d'émission qui fait remonter le prix du carbone dès le début de période et modifie les anticipations des industriels qui investissent dès lors plus massivement dans des actions de réduction d'émission.

Tableau 14 : Émissions du secteur de l'industrie manufacturière et de la construction par rapport au niveau de 1990

Évolution/1990 (%)	2009 *	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 - Référence	- 38 %	- 27 %	- 35 %	- 64 %	- 85 %
Scénario 2	- 38 %	- 29 %	- 38 %	- 66 %	- 85 %
Scénario 3	- 38 %	- 38 %	- 50 %	- 69 %	- 85 %

* Les émissions industrielles ont été affectées en 2009 par le vif recul de certaines productions. À titre d'information, on peut se référer aux émissions de 2007 qui ne sont en recul que de 26 % relativement à 1990.

Source : travaux du Comité

Au total, les deux grands enjeux pour la réduction des émissions de l'industrie sont d'une part la visibilité et la prévisibilité du signal prix du carbone et de l'autre le renforcement de sa compétitivité. Sur le premier volet, les industriels souhaitent l'établissement d'une contrainte crédible en 2030, associée à un renforcement immédiat de la régulation du marché du carbone sous l'égide d'une autorité indépendante. Sous l'angle de la compétitivité, le maintien d'une allocation gratuite à partir d'un système de benchmark constitue un dispositif satisfaisant, mais dont la mise en œuvre n'a pas su éviter d'inutiles complexités administratives. À moyen terme, la capacité concurrentielle de l'industrie dépendra cependant surtout de la capacité de l'autorité publique à déployer des systèmes innovants d'aide à la R&D, du financement du développement des entreprises, de la structuration de filières, de la formation, etc. Dans un contexte de longue convalescence économique, plus la contrainte de crédit et l'aversion au risque restent prégnantes, plus l'accompagnement public est utile pour stimuler l'innovation et la conquête des marchés par l'industrie.

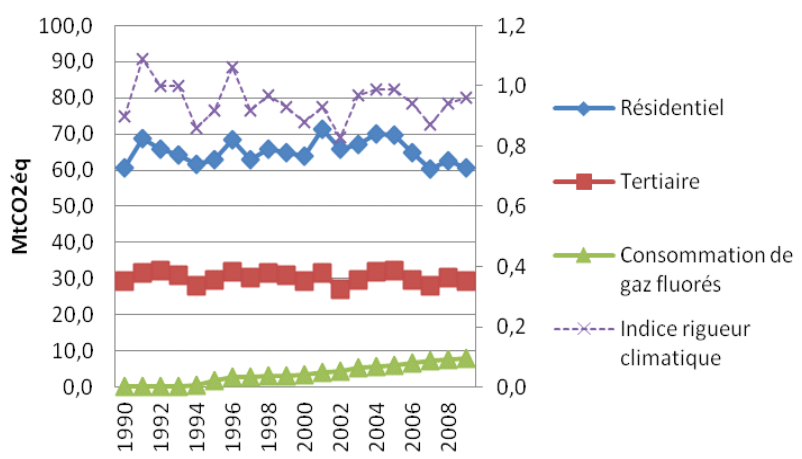
Le rôle des entreprises est aussi déterminant pour l'évolution des émissions entraînées par l'usage de leurs produits : il s'agit pour elles de proposer des produits dont le cycle de vie complet sera moins émetteur (produits efficaces énergétiquement, produits recyclables ou réutilisables, services remplaçant des produits dans l'esprit d'une économie de fonctionnalité).

Des approches par filières sont donc intéressantes et complémentaires à une approche par entreprise pour juger de l'évolution de leurs émissions. La dynamique de l'innovation doit aussi être orientée dans le sens des filières, en complément de l'approche sur l'amélioration des procédés de production.

4. Bâtiments : l'inertie du parc et le rythme de sa rénovation

Le secteur résidentiel-tertiaire a représenté en 2009, 44 % de l'énergie finale consommée en France, mais seulement 19 % des émissions directes et 25 % si l'on ajoute les émissions associées à la production d'électricité et au chauffage urbain comptabilisées dans le secteur énergie. Ces émissions ont augmenté d'environ 9 % entre 1990 et 2009. Au-delà des variations climatiques, cette hausse provient de l'augmentation continue des émissions de gaz fluorés liées au développement de la climatisation et de la réfrigération. Pour le reste, la hausse des consommations de chauffage pour les nouvelles constructions (+ 50 % de logements sur la période 1990-2010) a été contrebalancée par l'amélioration de l'efficacité énergétique du parc existant et une substitution progressive vers des énergies moins carbonées (quasi disparition du charbon et baisse du fioul au profit du gaz et de l'électricité).

Graphique 16 : Émissions de GES du secteur résidentiel-tertiaire



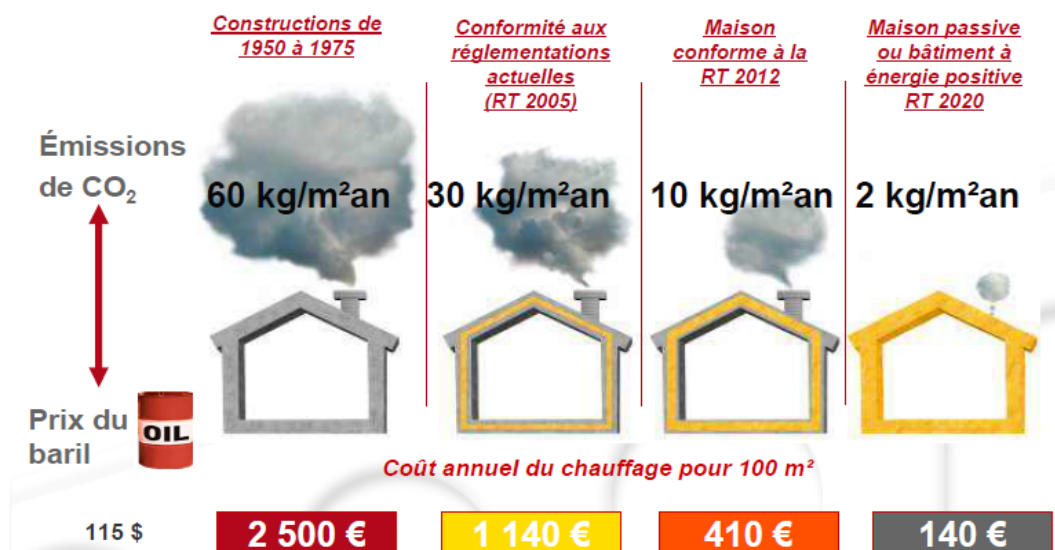
Source : CITEPA avril 2011

Toutefois, poursuivre ce type de gains incrémentaux en améliorant le rendement des chaudières ou généralisant le double vitrage et les lampes basse consommation ne suffira pas. Pour viser une réduction de 85 % des émissions des bâtiments à l'horizon 2050, le Comité a construit un scénario reposant sur trois principes : les bâtiments neufs construits à partir de 2012 consomment très peu d'énergie de chauffage ; au cours des quarante prochaines années, l'ensemble du parc existant est rénové en profondeur afin que les consommations unitaires approchent celles du parc neuf ; les énergies décarbonées (biomasse et électricité renouvelable) gagnent des parts de marché, à la fois dans les constructions neuves et anciennes, via notamment les réseaux de chaleur.

Le durcissement des normes sera la première incitation pour produire massivement des logements neufs qui consomment très peu d'énergie de chauffage et qui seront même capables d'en produire plus qu'ils n'en consomment sur un cycle annuel. Mais gare à « l'effet rebond » : s'il suffit de quelques calories apportées par un chauffage électrique ou un téléviseur plasma pour chauffer ces logements très bien isolés, il ne faudrait pas que la climatisation et surtout l'électricité associée aux usages domestiques et bureautiques doublent ou triplent les émissions de ces nouveaux bâtiments performants. Des incitations complémentaires (information, éducation, instrument de pilotage, voire tarification et obligation) devront donc agir sur les usages

pour compléter l'action sur l'offre, que ce soit pour les constructions neuves ou les rénovations.

Graphique 17 : Évolution des normes de construction en France



Source : Saint Gobain

NB : Les gains en CO₂ engendrés par les nouvelles constructions ou les actions de rénovations sont bien entendu liés aux sources d'énergie retenues.

Compte tenu du faible taux de destruction des bâtiments, entre 60 % et 70 % du parc qui sera utilisé en 2050 est déjà construit en 2010. Trouver des solutions économiques et mettre en place une organisation efficace de la filière permettant de rénover l'ensemble du parc existant en profondeur constitue un enjeu économique et social particulièrement complexe. Sur les quarante ans qui viennent, les bâtiments existants feront l'objet d'au plus une réhabilitation lourde. Il ne faudrait pas que ce soit uniquement un ravalement de façade mais l'occasion d'abaisser la consommation énergétique au niveau des bâtiments neufs les plus performants. À une échelle plus macroscopique, cela peut également être l'occasion de revoir l'agencement urbain en densifiant certains quartiers ou zones centrales ; un impact positif pourrait également être enregistré en termes de transport. Notre cible 2050 suppose que la totalité du parc atteint des consommations unitaires proches de celles du neuf basse consommation (BBC) d'aujourd'hui et que la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique est devenue majoritaire. Pourtant, compte tenu des gains d'efficacité, la demande en biomasse et en électricité appelée par le secteur n'est pas supérieure à celle d'aujourd'hui.

Dans nos trajectoires, les deux points de passage en 2020 se distinguent par le rythme de montée en puissance de la rénovation du parc. La baisse de 13 % par rapport à 1990 (- 11 % par rapport à 2010) correspond à un taux de rénovation inférieur de moitié environ au rythme moyen qu'il faudrait atteindre pour rénover en profondeur l'ensemble du parc (la qualité est également inférieure de moitié à l'objectif recherché), c'est peu ou prou la situation qui prévaut aujourd'hui avec les incitations actuellement en place. La baisse de 22 % par rapport à 1990 suppose que l'on atteint dès 2020 le rythme de croisière nécessaire à la réhabilitation complète du parc sur 40 ans ; dans ce cas, le taux de pénétration des énergies renouvelables (biomasse et pompes à chaleur en particulier) est également légèrement plus important. Même

dans ce scénario, les objectifs extrêmement ambitieux du Grenelle de réduction de 38 % des consommations unitaires du parc existant ne sont toutefois pas supposés atteints.

Tableau 15 : Émissions du secteur résidentiel-tertiaire par rapport au niveau de 1990

Évolution/1990 (%)	2009	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 – Référence	9 %	- 13 %	- 35 %	- 62 %	- 85 %
Scénario 2	9 %	- 22 %	- 43 %	- 64 %	- 85 %
Scénario 3	9 %	- 22 %	- 43 %	- 64 %	- 85 %

Source : travaux du comité

L'atteinte de ces objectifs suppose de lever un certain nombre de contraintes, en particulier de financement et d'organisation de la filière. Les deux vont de pair : si la filière construction gagne en efficacité, la rentabilité des réhabilitations s'améliorera ; réciproquement, si des incitations économiques puissantes sont mises en place, la filière saura trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande. Le Grenelle de l'environnement et le Plan bâtiment Grenelle ont mis en place un certain nombre d'incitations financières¹ pour expérimenter la construction de logements performants, généraliser les équipements performants et lever des contraintes de financement pour les rénovations énergétiques lourdes. Si on veut aller au-delà du scénario a minima, il faudra compléter ces dispositifs, aussi bien en termes de volume que de qualité et intégrer cette dimension, autant que possible, dans le fonctionnement du marché immobilier : l'étiquetage est un premier pas dans cette direction. Mais il est loin d'impacter suffisamment sur les prix des biens pour pousser les investisseurs privés à investir dès aujourd'hui dans la réhabilitation bas carbone !

Pour faire baisser les coûts, garantir la qualité et proposer des solutions adaptées, qui permettraient de rentabiliser ces investissements sur des durées raisonnables, les pouvoirs publics doivent promouvoir la structuration et la montée en compétence de la filière. La labellisation pousse dans ce sens ; le durcissement des normes de construction neuve et de performance sur les équipements et les matériaux est un puissant levier sur l'innovation technologique. La recherche est en effet encore attendue pour offrir des solutions techniques encore moins coûteuses et plus performantes.

Pour limiter le frein économique à la rénovation du bâti pour les ménages, maximiser l'effet levier des aides publiques et contribuer à lutter contre la précarité, les pouvoirs publics devront inciter à un ciblage précis des rénovations pour viser prioritairement les logements dont la performance thermique est la plus mauvaise et pour lesquels une rénovation complète (toiture, parois, ouvrants et ventilation) a le plus de chance d'être rentable.

(1) Le crédit d'impôt développement durable (CIDD) et l'éco prêt à taux zéro (éco PTZ) constituent les principales mesures à destination des ménages ; la bonification conditionnelle des instruments d'aide classiques comme le prêt à taux zéro pour l'accession à la propriété des ménages ou les prêts aux offices HLM a également incité à anticiper les normes de construction.

5. Transports : le rythme de l'électrification, l'organisation des transports urbains et la marchandise

Avec 27 % du total national, le secteur des transports est en France la première source d'émission de gaz à effet de serre. Entre 1990 et 2009, il a de surcroît accru ses émissions de 12 %. À toutes les échelles temporelles et géographiques, les études montrent une corrélation forte entre mobilité et richesse économique. C'est la vitesse qui fait le lien entre les deux comme l'a rappelé Yves Crozet lors de sa présentation au Comité : depuis 1880, une hausse de 1 % du PIB se traduit par un accroissement de 2,7 % de cette vitesse ! La substitution vers des modes de plus en plus rapides (de la marche ou du cheval vers l'automobile ou l'avion) a permis d'accroître considérablement la mobilité sans augmenter le « budget temps » utilisé pour les déplacements. La mobilité permet « l'intensification » des modes de vie et de consommation. Elle est intimement liée à la productivité et à la croissance, ainsi qu'à un certain mode de vie.

Compte tenu du poids de la mobilité dans nos modes de vie et dans notre système économique, les évolutions dans ce secteur apparaissent contraintes à court terme. Les leviers d'action sont cependant différents suivant les segments : la mobilité urbaine pour laquelle les trois leviers prioritaires semblent être l'accroissement de la part des modes doux, l'amélioration des transports en commun et l'électrification des véhicules ; la mobilité à longue distance pour laquelle l'extension du réseau LGV doit se combiner à l'amélioration des performances des véhicules routiers et des aéronefs et l'utilisation des biocarburants avancés ; le transport de marchandises, qui a le plus contribué à l'accroissement des émissions depuis vingt ans, pour lequel il faut combiner les efforts pour augmenter sensiblement les parts de marché des modes alternatifs à la route et pour améliorer les performances des véhicules routiers.

La trajectoire proposée par le comité à l'horizon 2050 vise une réduction de 65 % des émissions de gaz à effet de serre. Elle recherche un équilibre entre deux types de scénarios : ceux reposant essentiellement sur des progrès technologiques massifs sans remettre en cause nos habitudes de transport ; ceux impliquant au contraire une modification radicale de nos habitudes de mobilité en minimisant le recours aux hypothétiques progrès technologiques.

Tableau 16 : Émissions du secteur transport par rapport au niveau de 1990

Évolution/1990 (%)	2009	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 - Référence	12 %	3 %	- 22 %	- 44 %	- 65 %
Scénario 2	12 %	- 8 %	- 29 %	- 48 %	- 65 %
Scénario 3	12 %	- 8 %	- 29 %	- 48 %	- 65 %

Source : travaux du comité

Le point de passage en 2020 dépend d'un certain nombre de paramètres. La trajectoire de référence (hausse de 3 % par rapport à 1990) correspond à une incorporation de biocarburant à hauteur de 10 %, à une flotte d'environ un million de véhicules électriques et hybrides rechargeables (VEH) et à une part modale non routière de 16 % pour le transport de marchandises. Dans le cas où le rebond post

crise du transport de marchandise serait plus limité que prévu, une cible 2020 plus ambitieuse (baisse de 8 % par rapport à 1990) serait accessible si ces mêmes paramètres atteignaient respectivement 13 %, deux millions et 18 %.

Les trajectoires proposées aboutissent à une réduction des émissions de l'ordre de 65 % en 2050. Outre une croissance modérée de la mobilité par rapport à ce que l'on a connu lors des dernières décennies, cela suppose une transformation assez profonde des technologies utilisées : plus de la moitié des véhicules fonctionnerait à l'électricité, les autres, beaucoup plus légers qu'aujourd'hui, auraient une consommation proche de 2L/100 km et près de 40 % du carburant serait issu de la biomasse. Le transport urbain serait largement électrifié, avec une forte complémentarité entre modes ; la voiture « couteau suisse » et personnelle serait remplacée par des véhicules partagés optimisés en fonction de leur usage.

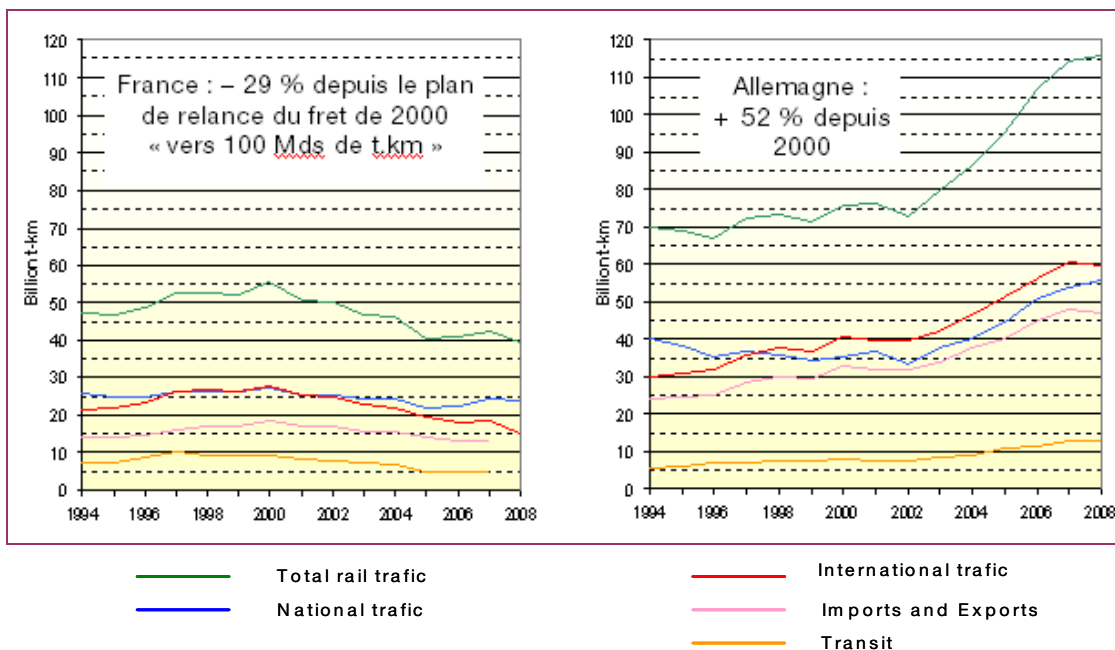
Sur le plan technologique, ces trajectoires supposent que la R&D et l'industrie seront à même d'apporter un certain nombre de solutions à l'horizon 2050. Les véhicules à combustion interne traditionnels ont connu des baisses régulières de consommation unitaire, amplifiées ces dernières années par les effets combinés du dispositif de bonus-malus, des réglementations européennes et de la crise économique ; de l'avis des experts, les potentiels de réduction sont loin d'être épuisés, notamment si le poids des véhicules diminue. Les biocarburants avancés (extraits de la biomasse ligno-cellulosique et des micro-algues) ne viendraient pas en concurrence de la production agricole alimentaire et n'auraient pas les inconvénients de la première génération, mais présentent encore des coûts très élevés et doivent faire l'objet d'expertises complémentaires. Enfin, l'électrification progressive des véhicules constitue une source importante de progrès, depuis le « *stop and start* » qui coupe le moteur à l'arrêt, en passant par les motorisations hybrides, et jusqu'au véhicule tout électrique ou fonctionnant avec une pile à combustible.

Il ne faut pas négliger que la pénétration d'une innovation technologique dans le parc dépend de la durée de renouvellement des véhicules. La voie réglementaire fixant un objectif global contraignant aux constructeurs automobiles et plus largement aux véhicules routiers semble porter ses fruits au niveau européen, tout en laissant ouverte la concurrence entre technologies ; là encore, des objectifs de long terme permettent de donner de la lisibilité et de stimuler l'offre.

Concernant la demande de mobilité et l'organisation des transports, aucun levier d'action ne doit être négligé, comme cela avait été acté lors du Grenelle de l'environnement : restriction de circulation automobile dans les grandes agglomérations, contrôle et réduction éventuelle de la vitesse routière, mise en œuvre rapide de la taxe poids lourds, amélioration de la qualité de service des transports en commun et du fret non routier, fiscalité de la route, entretien et développement des infrastructures des modes alternatifs à la route, etc.

Le transport de marchandise devra faire l'objet d'une attention particulière, de façon à favoriser le déploiement de chaînes logistiques efficaces dans un système de production et de consommation cohérent. L'expérience a montré, à plusieurs reprises en France, que les politiques mises en œuvre jusque là ont été insuffisantes pour entraîner un report significatif vers les modes non routiers ; pourtant l'expérience allemande confirme, s'il en est besoin, que ce n'est pas impossible.

Graphiques 18 : Évolution des trafics de fret ferroviaire en France et Allemagne (en Mds t.km)



Source : Présentation d'Yves Crozet au Comité

Enfin, les transports internationaux qui ne figurent pas dans l'inventaire méritent également une attention particulière car ils croissent en général plus vite que les transports intérieurs. L'inclusion de l'aviation dans l'ETS à partir de 2013 constitue, de ce point de vue, une avancée notable. Une extension du signal-prix à l'ensemble du transport aérien international, d'une part, et au transport maritime, d'autre part, pourrait passer par la mise en place d'un marché de permis.

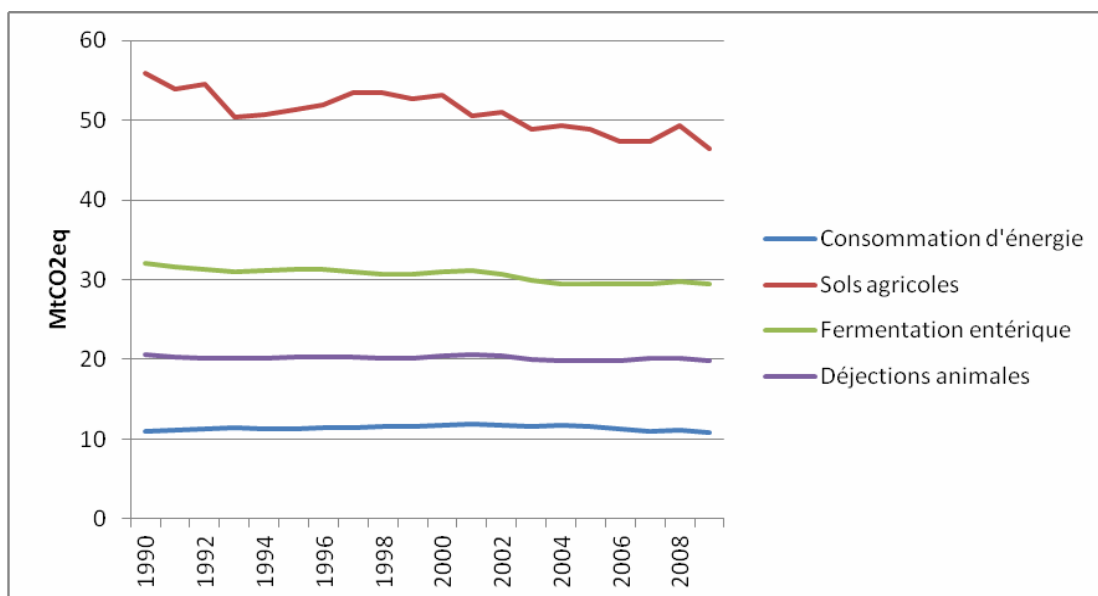
6. Vers une agriculture « écologiquement intensive »

Principale source des émissions de méthane (CH_4) et de protoxyde d'azote (N_2O), le secteur agricole représente le cinquième des émissions nationales de gaz à effet de serre. Par ailleurs, l'agriculture peut contribuer à stocker ou déstocker du carbone dans les sols suivant les pratiques de culture et d'élevage mises en œuvre. Elle concourt à élargir ou réduire cette capacité de stockage suivant les changements d'usage des sols possibles, notamment avec le couvert forestier et agricole d'un côté et les zones périurbaines de l'autre. Enfin, elle est l'un des principaux pourvoyeurs de carbone et d'énergie renouvelable *via* la production issue de biomasse (avec le secteur sylvicole).

Depuis 1990, les émissions d'origine agricole ont baissé d'un peu plus de 10 %, du fait du recul de 17 % des émissions de protoxyde d'azote liées à la fertilisation et de la baisse de 8 % de celles de méthane résultant de la diminution du cheptel bovin. Les émissions liées aux consommations énergétiques et aux déjections animales ont été stables. Ceci s'explique en partie par la méthode de comptabilisation des émissions fondée sur des coefficients forfaitaires (tonnes d'engrais utilisées et nombre de têtes du cheptel) qui conduit à des estimations présentant un niveau élevé d'incertitudes.

Ces évolutions sont assez directement corrélées aux variations de la production agricole et de l'occupation des sols qui en ont résulté. On ne peut donc pas parler de déconnexion entre production agricole et émissions de gaz à effet de serre. Pourtant, pour répondre aux enjeux alimentaires et environnementaux, le secteur agricole devra augmenter sa productivité tout en diminuant ses émissions de gaz à effet de serre.

Graphique 19 : Évolution des émissions agricole depuis 1990



Source : CITEPA 2011

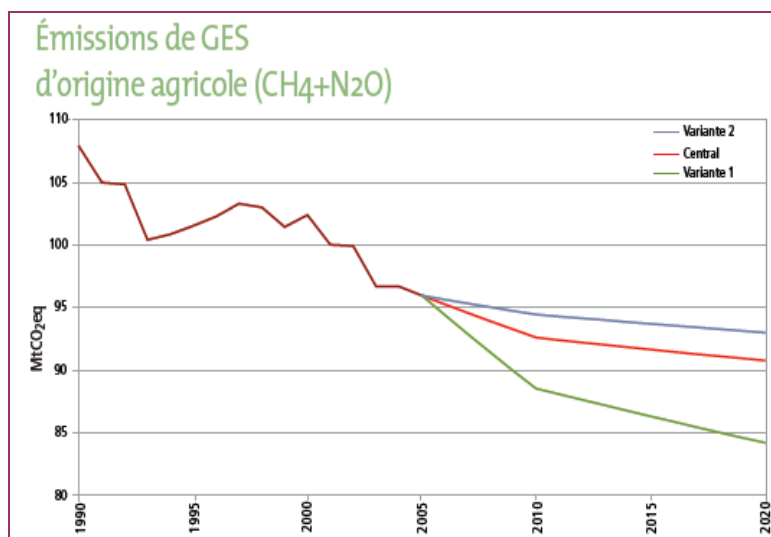
Les scénarios prospectifs consistent précisément à s'interroger, à partir d'une analyse multicritères, sur les capacités à moyen et long terme de l'agriculture à opérer une telle déconnexion. Ceci permettrait à l'agriculture de réduire ses émissions tout en faisant face aux autres défis auxquels elle sera confrontée :

- maintenir une capacité d'adaptation de la production pour faire face à la fois aux variations de la demande intérieure ainsi qu'à celles des marchés internationaux qui devront contribuer à l'horizon 2050 à assurer la sécurité alimentaire de 9 milliards d'habitants de la planète. Il faudra aussi adapter l'outil de production aux demandes nouvelles liées aux valorisations énergétiques et industrielles de la biomasse d'origine agricole ;
- s'intégrer dans les espaces nationaux en valorisant les patrimoines écologiques et les services environnementaux liés au climat, à la biodiversité et aux ressources en eau. Il faudra notamment veiller dans ce domaine aux possibles effets de transferts de nuisance si on privilégie le seul objectif de réduction des émissions ;
- s'adapter aux impacts du changement climatique qui, à l'horizon 2050, va entraîner des déplacements de systèmes de productions, pérenniser l'accès à la ressource hydrique et exiger de la part des agriculteurs de modifier un certain nombre de pratiques culturales.

Nos projections à l'horizon 2020 sont principalement basées sur les travaux de l'INRA ainsi que sur ceux présentés au Comité. La baisse de - 15 % dans notre scénario de référence correspond à la poursuite des gains passés, mais à un rythme ralenti car l'hypothèse retenue sur l'évolution de la production d'ici 2020 a été revue à la hausse.

L'atteinte d'une baisse de 21 % des émissions dans un scénario plus ambitieux implique une accélération des gains principalement obtenus par une plus large diffusion de pratiques agricoles déjà connues : diagnostic énergétique, fertilisation raisonnée, diversification des assolements, introduction de légumineuses dans la rotation, techniques culturales sans labours, amélioration de l'efficacité dans les consommations énergétiques et utilisation du méthane produit à la ferme.

Graphique 20 : Projection des émissions agricoles dans différents scénarios



Source : INRA (2008)

Tableau 17 : Scénarios d'évolution des émissions agricoles (tous gaz à effet de serre) en % d'évolution relativement à 1990

Évolution/1990 (%)	2009	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 – Référence	- 11 %	- 15 %	- 27 %	- 39 %	- 50 %
Scénario 2	- 11 %	- 20 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %
Scénario 3	- 11 %	- 20 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %

Source : travaux du Comité

Les trois scénarios à l'horizon 2050 ont été construits en réunissant les expertises existantes au sein du groupe et sans pouvoir encore utiliser les travaux de prospective lancés par l'ADEME avec la participation du Ministère de l'agriculture dont les résultats n'étaient pas tous établis au moment de nos travaux. En revanche, le groupe a eu accès aux travaux prospectifs réalisés par Solagro à l'horizon 2050¹ qui reposent notamment sur l'hypothèse d'un changement des modes de consommation alimentaire qui faciliterait la réduction des émissions du fait d'une diminution des rations moyennes de viande et de produits laitiers.

Notre scénario vise un objectif de réduction de 50 % des émissions d'origine agricole à cet horizon. Cet ordre de grandeur correspond notamment à un potentiel de réduction fourni par les travaux de modélisation de la Commission européenne, de l'IIASA et du PIK². Cet objectif ne sera atteignable que si des incitations puissantes

(1) On notera que cette étude n'est pas encore validée par l'ensemble de la profession agricole.

(2) Voir Popp et al. (2010).

sont mises en place pour faire évoluer les pratiques agricoles et les comportements alimentaires, et si un certain nombre de barrières technologiques et organisationnelles sont levées notamment grâce au renforcement du réseau de conseil aux agriculteurs.

Sous l'angle des incitations, l'accélération de la diffusion de nouvelles pratiques culturales et d'élevage serait facilitée par un passage à grande échelle du système des projets domestiques, expérimentés avec succès depuis 2009, et dont le groupe a pu apprécier l'intérêt à partir d'une présentation du grand groupe coopératif In Vivo. Ce dispositif, s'il est organisé et simplifié à condition d'éviter tout effet d'aubaine, pourrait demain devenir un élément décisif d'introduction du signal prix pour la réduction des émissions de gaz non CO₂ d'origine agricole et lever simultanément un certain nombre de barrières financières, les crédits carbone contribuant à financer les nécessaires programmes de recherche et développement ainsi que toute autre action permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre (*e.g.* financement des initiatives en faveur du développement durable).

Sous l'angle technique, la diffusion des méthodes « écologiquement intensives » requiert des niveaux accrus de maîtrise agronomique et zootechnique de la part des producteurs agriculteurs ainsi que de leurs organismes de développement. Sous cet angle les efforts de recherche fondamentale et appliquée publics, coopératifs et privés doivent être redéployés ou accrus, notamment en ce qui concerne les modes d'alimentation du bétail, la génétique, la biologie du sol et ses liens avec les pratiques culturales.

Enfin, la recherche est attendue pour mieux comprendre les phénomènes de séquestration du carbone dans les sols, car il y a là un enjeu important à préserver ce stockage (les prairies permanentes stockeraient par exemple plus de carbone dans le sol que les sols forestiers) et à accroître la teneur en carbone des sols agricoles. Cela passera également par une amélioration des méthodes de mesure et de comptabilisation des émissions et des puits dans les inventaires.

7. Forêt et puits de carbone : l'enjeu de la préservation du puits forestier

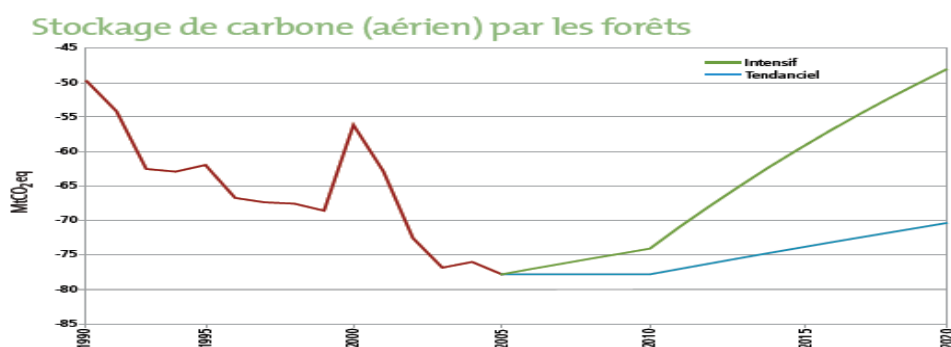
Les activités liées à l'utilisation des terres, leurs changements et la forêt (UTCF¹) peuvent être des sources ou des puits de carbone suivant les cas. La forêt française, du fait de sa jeunesse et de son extension (sauf la forêt Guyanaise), a accru sa capacité à stocker du carbone depuis 1990 dans les sols et dans la biomasse. L'inventaire de 2009 montre que l'UTCF représente un puits de carbone de l'ordre de 64 MtCO₂eq, en hausse de 61 % par rapport à 1990. L'accroissement de ce puits ne résulte que marginalement des changements d'usage de sols : l'accroissement des surfaces forestières métropolitaines a été à peu près compensé par la diminution de celles en Guyane. Il résulte essentiellement de la gestion forestière, plus particulièrement de la croissance nette des arbres et d'une pyramide d'âge très favorable, la forêt française ayant bénéficié durant cette période des investissements importants réalisés après-guerre.

(1) Ce secteur concerne les activités liées au changement d'utilisation des terres forestières, des cultures, des prairies, des zones humides et des zones urbanisées.

Pourtant, la pérennité de ce puits de carbone n'est pas assurée. Dans un système forestier à l'équilibre, la masse de carbone stockée est constante, ce n'est ni un puits ni une source. La forêt française constitue aujourd'hui un puits parce qu'elle est en croissance. Au-delà de la poursuite de la déforestation en Guyane, plusieurs phénomènes risquent d'inverser cette tendance en métropole. D'abord les investissements forestiers ont ralenti ces deux dernières décennies, tournés essentiellement vers des actions curatives (reboisements suite aux tempêtes). Par ailleurs, le réchauffement climatique pourrait entraîner une perte de productivité des forêts composées des essences implantées actuellement et par conséquent, une moindre capacité de stockage de CO₂. Par exemple, la canicule et la sécheresse de l'été 2003 ont entraîné une baisse du stockage de carbone (évalué par la croissance des arbres) estimé à 25-40 % par l'INRA au cours des 2-3 années suivantes. Enfin, la hausse de la demande de biomasse adressée à la forêt pour fournir de la bioénergie, aura tendance à entamer sa capacité de stockage si dans un même temps des investissements forestiers ne sont pas réalisés.

Les travaux de l'INRA à l'horizon 2020 anticipent déjà un recul du puits de carbone forestier à cet horizon. L'IFN a récemment publié des nouvelles données relatives à la production biologique des forêts métropolitaines et aux prélèvements forestiers, à partir d'une nouvelle méthode de comptabilisation permettant de réduire les incertitudes¹. Selon le CITEPA, cela conduirait à une baisse importante du puits forestier observé sur la période 2005-2008, et du puits forestier projeté à horizon 2020.

Graphique 21 : Évolution du puits de carbone dans différents scénarios



Remarque : la pointe de l'année 2000 résulte des dégâts engendrés par les tempêtes

Source : données rétrospectives et projections INRA (2008)

Les exercices de prospective « tendanciels » préliminaires présentent en première approximation pour le secteur forestier une trajectoire linéaire d'un puits allant de 64 MtCO₂eq en 2009 à zéro en 2040, le puits disparaissant à cette date. Ils pourront être affinés grâce au développement d'un modèle de simulation en cours de constitution au laboratoire d'économie forestière de Nancy. Pour modifier la tendance, il faudra agir sur trois leviers :

- une relance de l'investissement forestier destiné préserver et accroître le stockage de carbone par les forêts françaises, favoriser la mobilisation de la ressource et améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources en biomasse forestière. Les leviers de cet investissement sont aujourd'hui mal identifiés : le recours à l'argent

(1) Voir IFN (2011).

public risque d'être limité et la mobilisation de l'investissement privé exige des réorganisations de la filière et des incitations adéquates ;

- une anticipation des impacts potentiels du changement climatique à venir sur la capacité de stockage de la forêt. Cette anticipation exige à la fois de soutenir la recherche sur la vulnérabilité et la résilience des peuplements forestiers, d'approfondir les travaux conduits par l'INRA et de les intégrer dans les choix des nouvelles essences forestières plantées ;
- la redynamisation de la filière forêt-bois et la hiérarchisation des usages qui sont faits du bois permettra d'assurer l'équilibre entre les attentes en matière d'augmentation du stockage de carbone sur pied et les attentes en matière de séquestration de carbone dans les produits bois, de substitution aux matériaux d'origine fossile ou énergivores et d'utilisation pour les bioénergies ;
- accroître l'incitation par un signal-prix : l'inclusion de la forêt dans un système de tarification du carbone, soit par inclusion dans l'ETS suivant le modèle néo-zélandais, soit dans un mécanisme spécifique (avec une décision et un objectif distincts), serait de nature à introduire des incitations nouvelles pour la gestion forestière à long terme.

Ajoutons que le stockage de carbone par les sols agricoles et forestiers offre sans doute un grand potentiel à l'horizon 2050 si les pratiques culturales et d'élevage évoluent en ce sens. Ce stockage est à l'heure actuelle mal suivi dans l'inventaire national et une priorité de la recherche et développement serait d'améliorer les systèmes de mesure des flux de CO₂, d'inventaire, de modélisation et de contrôle dans ce domaine.

8. Comparaisons avec les résultats de la feuille de route européenne

Sans surprise les trajectoires construites pour la France présentent un grand nombre de similitudes avec l'exercice conduit au plan européen. Au niveau agrégé, les trajectoires sont tout à fait comparables. La trajectoire européenne part d'un acquis plus élevé en 2005 et aboutit à des réductions apparentes plus fortes en 2030 et 2050. Elle mobilise de surcroît des potentiels de réduction élevés dans la production énergétique qui ont déjà été utilisés en France. C'est la raison pour laquelle le facteur 4 français à l'horizon 2050 est compatible avec un « facteur 5 » européen.

Il est également important d'avoir en tête le poids relatif des différents secteurs. De ce point de vue, une condition importante d'atteinte des objectifs en 2050 est la mobilisation du potentiel de réduction du secteur agricole qui compte nettement plus dans les émissions françaises qu'européennes. La pérennité du puits de carbone en forêt est également un atout important pour compenser nos émissions de gaz à effet de serre.

Si les mutations à conduire dans le secteur des transports peuvent se comparer, la rupture à opérer dans le secteur des bâtiments semble particulièrement importante en France. Dans notre pays, les émissions ont en effet continué de progresser entre 1990 et 2005 alors qu'elles baissaient significativement dans le reste de l'Union européenne. Il faut dès lors postuler une rupture de trajectoires marquée en France

dans le secteur des bâtiments à l'horizon 2030 pour se mettre sur une trajectoire 2050 compatible avec le facteur 4.

Tableau 18 : Comparaison des évolutions entre la France et l'UE

	Part du total (%)		Évolutions/1990 (%)							
	2005		2005		2020		2030		2050	
	Fr	UE	Fr	UE	Fr	UE	Fr	UE	Fr	UE
Total (tous GES)	100	100	0	- 7	- 16 à - 25	- 23 à - 26	- 33 à - 41	- 40 à - 44	- 75	- 79 à - 82
Industrie de l'énergie (CO ₂)	13	31	3	- 7	- 25 à - 32	- 30 à - 34	- 49 à - 53	- 54 à - 68	- 96	- 93 à - 99
Industrie manufacturière (CO ₂)	18	18	- 8	- 20	- 24 à - 36	- 31 à - 32	- 32 à - 48	- 34 à - 40	- 84	- 83 à - 87
Transport (hors aérien et maritime) (CO ₂)	25	18	18	25	+ 3 à - 8	+ 15 à + 27	- 22 à - 29	+ 8 à - 17	- 65	- 61 à - 74
Résidentiel-tertiaire (CO ₂)	17	13	16	- 12	- 11 à - 20	- 21 à - 25	- 33 à - 42	- 37 à - 53	- 85	- 88 à - 91
Agriculture (non CO ₂)	17	10	- 10	- 20	- 14 à - 19	-	- 26 à - 29	- 36 à - 37	- 49	- 42 à - 49
Autres (non CO ₂)*	8	8	- 30	- 30	- 41 à - 47	-	- 48 à - 58	- 71,5 à - 72,5	- 86	- 70 à - 78

Source : travaux du comité adaptés pour prendre en compte
Uniquement les gaz retenus dans la feuille de route de la Commission européenne

NB :

- * Cette ligne couvre les émissions de GES non CO₂ des secteurs de l'industrie de l'énergie, de l'industrie manufacturière, du transport (hors aérien international et maritime), du résidentiel-tertiaire et des déchets.
- Pour les secteurs, cette comparaison concerne uniquement les gaz retenus dans la feuille de route de la Commission européenne, et ne permet pas de couvrir tout l'inventaire ; il y manque les émissions de CO₂ de l'agriculture, et des déchets, soit environ 2 % des émissions totales hors UTCF ; le secteur UTCF n'est par ailleurs pas traité par la feuille de route climat 2050 de la Commission.
- Le complément 4 revient sur les hypothèses qui ont permis de séparer les émissions CO₂/non CO₂ pour les différents secteurs.

9. Assurer les cohérences spatiales, industrielles et économiques

Les analyses sectorielles ont mis en relief les multiples spécificités d'un secteur à l'autre et même souvent à l'intérieur de chacun d'entre eux. Cette diversité requiert une grande finesse dans les stratégies de réduction d'émission pour utiliser chaque fois des leviers d'action adéquats. Mais simultanément, il faut assurer une cohérence d'ensemble au plan spatial, industriel, économique et social.

Le travail sur les scénarios a rappelé combien les choix d'aménagement et d'occupation d'espace d'aujourd'hui avaient des impacts sur les émissions de demain. D'après l'Institut français de l'environnement, ce sont en France, 600 km² qui sont artificialisés par an, soit l'équivalent d'un département français tous les dix ans. Et la progression des surfaces artificialisées est 4 fois plus rapide que la croissance démographique. L'extension des zones périurbaines rend plus complexe la réduction des émissions dans le transport et exerce une pression croissante sur des terres agricoles ou forestières.

Une meilleure cohérence spatiale pourrait être obtenue par une mise en cohérence des politiques européennes, nationales et locales. L'aménagement urbain en constitue une illustration privilégiée. Il est clair que réduire l'impact de la mobilité locale, optimiser les besoins de chauffage, préserver les terres agricoles et la forêt passent à long terme par une politique d'urbanisation raisonnée à mettre en œuvre dès aujourd'hui. Malgré la multiplication des plans climats à différentes échelles, ils n'assurent pas pour l'instant la cohérence souhaitée entre les différents documents d'urbanisme ; il sera vraisemblablement nécessaire d'aller plus loin dans l'intégration des politiques aux différents niveaux ; une voie pourrait être d'attribuer aux pouvoirs locaux plus de responsabilités et de moyens d'action.

La politique industrielle est également une problématique qui traverse l'ensemble des secteurs. La R&D menée dans l'industrie a vocation à développer des innovations pour tous les secteurs. À l'intérieur même des secteurs, les technologies bas carbone pourront servir le développement de certaines filières mais à l'inverse réduiront fortement l'emploi dans d'autres. Au-delà de la seule innovation technologique, la structuration et la montée en compétence de certaines filières est un point de passage obligé. L'information, la formation, la labellisation sont des leviers complémentaires aux aides publiques conditionnées et aux réglementations.

Influencée par ces nouvelles technologies, l'évolution de l'organisation sociale et des modes de vie pourra également à terme modifier l'équilibre des besoins entre les différents secteurs. Si les technologies de l'information permettent une nouvelle mobilité virtuelle ou offrent plus de services de proximité dans une ville post-carbone, les besoins de transport pourraient par exemple être réduits.

La cohérence économique exige enfin que des critères objectifs de choix permettent de hiérarchiser dans le temps et dans l'espace les différentes actions à entreprendre, compte tenu des moyens et des financements disponibles. D'où l'intérêt de jauger la pertinence de ces actions à partir d'un étalon commun : le prix de la tonne de CO₂ évitée.

L'extension progressive du prix du carbone à l'ensemble des secteurs, que ce soit sous forme de quotas ou de taxe, paraît constituer un puissant levier pour atteindre le facteur 4 à l'horizon 2050. Dans tous les secteurs, les acteurs ont insisté sur la nécessité d'avoir un signal prix crédible et prévisible longtemps à l'avance, sans quoi les investissements d'envergure conduisant au facteur 4 risquent d'être repoussés au profit d'actions n'engendrant que des réductions immédiates. Des jalons intermédiaires, à 2030 par exemple, sont de nature à crédibiliser les objectifs de long terme ; une gouvernance spécifique, indépendante des aléas économiques et politiques, pourrait également apporter de la prévisibilité.

L'analyse sectorielle détaillée dans les paragraphes précédents a montré qu'il était possible, dans chaque secteur, de viser des cibles de réduction plus ambitieuses que celles du scénario de référence, moyennant un certain nombre d'actions sur l'offre comme sur la demande. Plutôt que de reprendre l'ensemble des mesures sectorielles permettant de passer du scénario 1 au scénario 2 ou au scénario 3, comme le Grenelle de l'environnement avait tenté de le faire, la conclusion de ce chapitre est clairement d'affirmer que les réductions atteignables sont d'autant plus élevées que le prix du carbone perçu par les acteurs économiques sera élevé. L'analyse du modèle ZEPHYR de la Chaire économie-climat montre par exemple que le prix du carbone passerait en 2020 de 28 €/tCO₂ à 43 €/tCO₂ si l'objectif de réduction de l'ETS était porté de -21 % à -34 % par rapport à 2005. Les modèles et les analyses technico-économiques donnent les mêmes enseignements pour les secteurs hors ETS. On voit bien là l'importance du prix du carbone ou à tout le moins de cet étalon commun qu'est le prix de la tonne de CO₂ évitée. Cela ne diminue en rien le besoin de politiques sectorielles spécifiques mais facilitera au contraire leur cohérence et leur optimisation.

Un autre effet bénéfique de l'extension de la tarification du carbone est qu'elle permet, sous certaines conditions, de générer des effets bénéfiques en termes de croissance économique et de créations d'emplois. Mais on quitte ici le domaine de l'analyse sectorielle pour entrer dans celui de la macroéconomie qui fait l'objet du chapitre suivant.

Les impacts économiques

Les trajectoires sectorielles construites au chapitre précédent fournissent une analyse des potentiels de réduction d'émission, secteur par secteur, et permettent d'identifier les principales contraintes à lever par les politiques publiques pour atteindre les objectifs visés. Ce chapitre analyse plus en détail les impacts économiques et sociaux de ces trajectoires qui dépendront du choix des instruments mis en œuvre par les pouvoirs publics. Il repose sur un ensemble d'exercices de modélisation réalisés à la demande du Comité et dont les résultats sont présentés plus en détail dans le complément 5 du rapport. Leurs résultats ont servi de support à l'évaluation des impacts économiques présentés dans ce chapitre.

1. Un exercice de modélisation français

Un exercice de modélisation comprenant des modèles d'équilibre partiel et d'équilibre général a été coordonné par le Comité afin de déterminer de manière agrégée (*i.e.* au niveau macroéconomique) la trajectoire de réduction des émissions de GES qui serait cohérente avec les objectifs de la France à horizon 2020 et 2050 et qui assurerait l'atteinte de ces objectifs à moindre coût tout en optimisant ses impacts sur la croissance et l'emploi. Le tableau 20 propose un aperçu des modèles et leurs apports aux travaux du Comité.

Tableau 19 : Modèles ayant contribué aux travaux du Comité

Modèles	Type du modèle	Trajectoire coût-efficace	Trajectoire prix du carbone	Impacts macroéconomiques		Distinction ETS et non-ETS
				Agrégés	Sectoriels	
POLES	Technico-économique	Oui	Oui	Non	Non	Non
ZEPHYR-FLEX	Technico-économique	Non	Oui	Non	Non	Oui
GEMINI-E3	Équilibre général	Non	Non	Oui	Oui	Oui
IMACLIM	Hybride	Oui	Oui	Oui	Non	Non
MESANGE	Macroéconométrique	Non	Non	Oui	Non	Non
NEMESIS	Macroéconométrique	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
THREEME	Macroéconométrique	Oui	Oui	Oui	Non	Non

Source : Comité trajectoires

La modélisation est un outil d'aide à la décision utile qui permet d'évaluer les différents impacts de politiques données. Les modèles simplifient des relations économiques complexes et nous donnent une image de ce que pourrait être l'économie à un temps donné selon un ensemble précis d'hypothèses. Par-là même, les modèles indiquent les actions que nous devons entreprendre maintenant pour atteindre l'objectif de long terme.

Cependant, la réalité économique est très complexe et il est difficile de modéliser les interactions économiques ainsi que les nombreuses imperfections qui existent sur les marchés. Les modèles ont donc recours à de multiples simplifications pour pouvoir apporter des informations précises (à hypothèses données) sur d'autres aspects. Ces hypothèses ont une forte influence sur les résultats. Malgré cette limite, les résultats des exercices de modélisation contribuent à la réflexion mais ne sont que l'un des paramètres devant entrer parmi les critères de la décision.

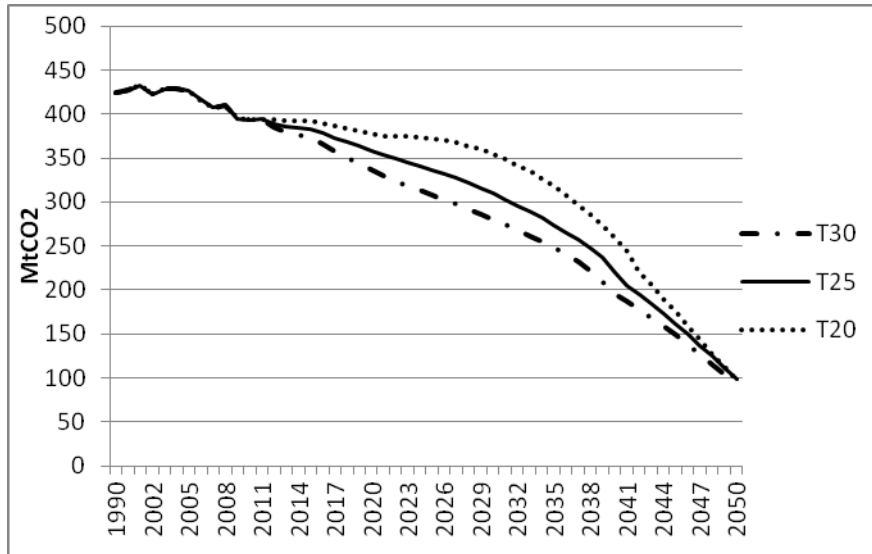
Les exercices de modélisation entrepris dans le cadre de ce Comité ont permis d'apporter des éléments sur trois points cruciaux pour la détermination d'une feuille de route vers une économie sobre en carbone à horizon 2050 de la France. Premièrement, ils ont permis de déterminer une trajectoire de réduction d'émissions coût-efficace pour chacun des points de passage à 2020¹. Deuxièmement, le prix du carbone associé à chacune de ces trajectoires a été identifié. Troisièmement, les incidences macroéconomiques des trois trajectoires ont été évaluées, suivant différentes hypothèses de choix d'utilisation du produit de la tarification du carbone.

2. La répartition des réductions d'émission dans le temps : les gains de l'action précoce

Les modèles d'équilibre partiel (*i.e.* sans bouclage macro-économique) permettent de déterminer la trajectoire coût-efficace des émissions (définie comme la trajectoire d'émissions qui permet d'atteindre l'objectif au moindre coût d'abattement) cohérente avec les objectifs fixés à 2020 et 2050. Cette condition d'efficacité résulte de l'hypothèse que font la majorité des modèles utilisés de l'application d'un prix unique du carbone à l'ensemble de l'économie, conduisant les agents à réduire les émissions tant que le coût de réduction est inférieur à la valeur carbone. Tant qu'il n'existe pas de mécanisme de tarification dans l'économie réelle, ce prix du carbone peut être considéré comme une « valeur tutélaire », susceptible de guider les choix de l'action publique si celle-ci pratique une réelle évaluation de ses politiques.

(1) Trois objectifs de réduction des émissions ont été considérés pour l'année 2020 : - 20 % par rapport à 1990 (objectif européen actuel) ; - 25 % par rapport à 1990 (proposition de la feuille de route européenne) ; - 30 % par rapport à 1990 (objectif initialement subordonné à la signature d'un accord climatique international satisfaisant les demandes européennes de partage de l'effort entre pays).

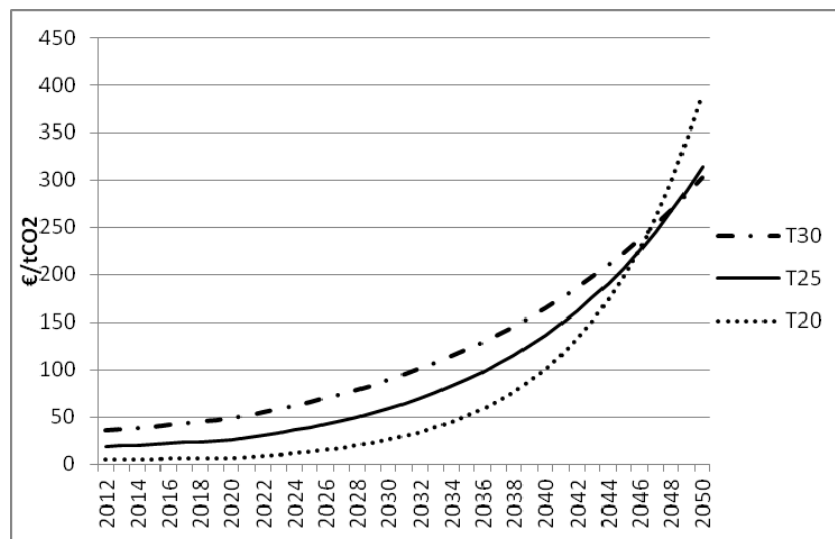
Graphique 22 : Trajectoires coûts-efficaces des émissions, France



Source : POLES

La trajectoire caractérisant un objectif de réduction de - 20 % en 2020, dénommé T20 dans la suite du texte, demanderait beaucoup plus d'efforts entre 2030 et 2050 que la trajectoire T30 qui propose une évolution plus linéaire, bien que plus contraignante entre 2010 et 2020 que les deux autres trajectoires. Ainsi, il apparaît que la trajectoire T30 correspond à un scénario d'action précoce (voir graphique 23) : la valeur du carbone qui y est associée est plus élevée en 2020 par rapport aux scénarios T20 et T25, mais deviendrait en 2050 inférieure de 22 % à celle du scénario T20. Le scénario T20 correspond à un scénario d'action retardée : l'effort est faible jusqu'en 2020, puis, un effort important est nécessaire pour combler le retard, ce qui se traduit par une hausse importante des prix du carbone.

Graphique 23 : Trajectoires des prix du carbone cohérentes avec les politiques climatiques



Source : POLES

Par construction, les trois trajectoires T20, T25 et T30 sont « coût-efficaces ». Trois critères paraissent pertinents pour en évaluer les mérites et inconvénients respectifs :

- d'un point de vue purement climatique, la trajectoire la plus pertinente est celle qui minimise le cumul des émissions entre 2010 et 2050. Ici, il s'agit de T30 qui réduit 8 % d'émissions de plus que T20 sur l'ensemble de la période ;
- un critère d'optimalité inspiré du modèle de Hotelling¹ d'épuisement des ressources non renouvelables préconise de choisir la trajectoire de prix ayant le taux de croissance le plus constant. Sous cet angle, T30 apparaît encore la plus pertinente ;
- un dernier critère est de calculer les coûts globaux associés à chaque trajectoire et de les ramener aux émissions évitées. Dans ce cas, la trajectoire T25 est celle qui minimise le coût tant que le taux de préférence pour le présent utilisé² est inférieur à 1 %. Pour un taux plus élevé, c'est T20 qui minimise le coût sur l'ensemble de la période.

Ainsi, l'approche coût-efficace sur laquelle reposent les travaux de modélisation du Comité suggère qu'il y aura un choix à faire entre un objectif en 2020 de – 25 % ou de – 30 %³. En effet, un objectif de réduction de 20 % en 2020 ne se justifie que si l'on adopte une vision de court-terme où l'on accorde peu de poids aux effets de long terme. Cette perspective n'est pas appropriée dans le domaine du changement climatique car on sait que les impacts ne se feront pleinement ressentir qu'à très long terme.

Le choix entre l'une ou l'autre des trajectoires dépendra du poids que l'on accorde aux critères proposés mais également du choix du taux de préférence pour le présent. Cette question-là fait l'objet de nombreux débats entre économistes notamment suite à la parution du Rapport Stern, bien qu'il y ait consensus sur le fait qu'un taux bas soit plus adapté à ce champ de l'économie qu'un taux élevé, notamment pour des raisons d'équité envers les générations futures. Un taux de préférence pour le présent inférieur à 1 % paraît donc approprié. Dans ce cas, T25 est préférable à T30.

Ces résultats, assez largement convergents avec ceux du modèle NEMESIS, ont été obtenus à partir du modèle POLES. Pour qu'ils puissent s'appliquer dans l'économie réelle, encore faudrait-il qu'il y ait un mécanisme de tarification du carbone dans le secteur hors ETS. Un signal prix unique permet en effet de révéler à l'ensemble des secteurs économiques le prix implicite des émissions de carbone qui ne sont pas prises en compte par les secteurs ou agents économiques émetteurs du fait de leur nature même (*i.e.* un bien public gratuit, non rival et non exclusif). Ce faisant, elle incite les agents économiques à modifier leurs comportements et à s'orienter vers des modes de consommation et de production sobres en carbone. En appliquant une valeur unique du carbone à travers l'économie, la tarification du carbone permet

(1) Ce critère renvoie à un arbitrage inter-temporel : le décideur doit être indifférent entre réduire une unité supplémentaire de CO₂ aujourd'hui ou le faire demain – ces deux actions doivent avoir exactement la même valeur, ou la même utilité sociale si l'on se place du point de vue de la collectivité. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que le prix associé à ce bien croisse dans le temps au rythme du taux d'intérêt ou encore du taux d'actualisation. Voir H. Hotelling (1931).

(2) Il s'agit d'un taux qui s'ajoute au taux de croissance de l'économie implicitement utilisé dans le modèle POLES pour tenir compte des spécificités liées au changement climatique. Par exemple, dans le Rapport Stern, un taux de 0,1 % a été utilisé. Voir Rapport Quinet (2008).

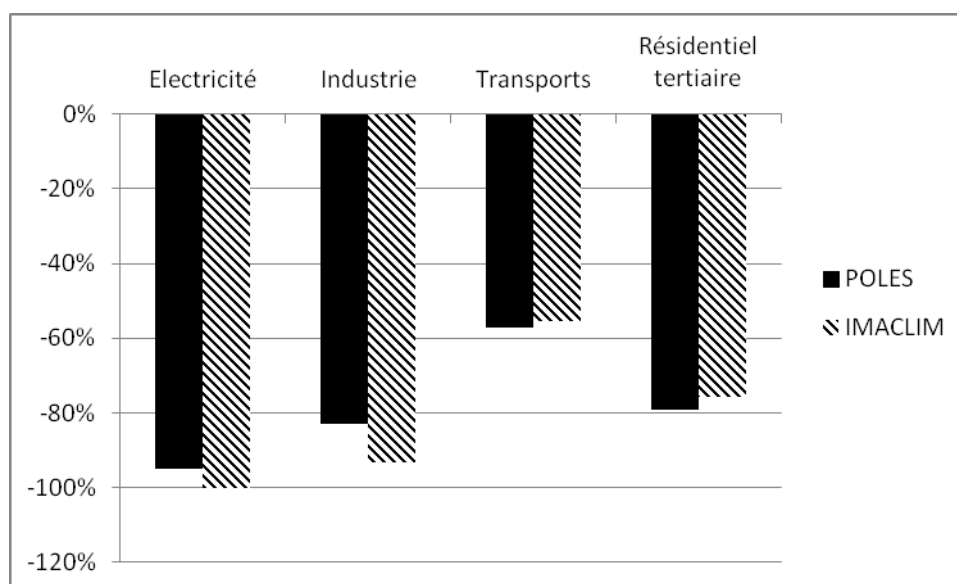
(3) On notera que les modèles ne considèrent pas les conditions requises de financement associées à un tel renforcement de l'objectif.

d'égaliser les coûts marginaux d'abattement entre les secteurs et résulte de fait en une répartition coût-efficace du partage de l'effort entre les secteurs : les efforts sont faits là où ils sont le moins coûteux. L'extension du prix du carbone aux secteurs diffus non couverts par l'ETS est donc cruciale. C'est pourquoi l'instauration d'une telle tarification est l'une des premières propositions du Comité présentées au chapitre 5.

3. Une répartition sectorielle de l'effort qui souligne l'hétérogénéité des secteurs

Les modèles ont apporté un éclairage sur la ventilation des trajectoires de réduction d'émission entre secteurs d'activité. Cette répartition sectorielle est reproduite dans le graphique 24 qui ne couvre que les émissions de CO₂ énergétique, ce qui ne permet qu'une inclusion très partielle de l'agriculture qui n'a donc pas été représentée sur le graphique.

Graphique 24 : Répartition des réductions d'émission entre secteurs en 2050 par rapport à 2005 (CO₂ énergétique uniquement)



Source : POLES et IMACLIM

La modélisation indique ainsi que tous les secteurs doivent contribuer aux réductions d'émission pour atteindre le facteur 4 en 2050. Mais elle suggère également que les contraintes résultant des inerties propres à chaque secteur font que ces rythmes devraient fortement varier d'un secteur à l'autre. Le Comité a noté à cet égard une grande cohérence entre les résultats de modélisation présentés et ses propres analyses conduites lors des séances sectorielles (cf. Chapitre 3) : dans les deux types d'approche, les réductions les plus importantes apparaissent dans l'énergie puis l'industrie, le bâtiment suivant et le transport étant le secteur où les réductions sont les plus longues à se réaliser.

4. Les impacts sur la croissance de l'économie et de l'emploi suivant le mode de recyclage de la valeur carbone

Comment maintenant intégrer les interactions macro-économiques ? Pour aller au-delà des modèles d'équilibre partiel, il faut introduire un bouclage macroéconomique, ce qui a été fait par plusieurs équipes dont les travaux convergent assez largement (à l'exception du modèle IMACLIM comme le rappelle le complément 5). Nous nous appuyons ici principalement sur les résultats du modèle MESANGE développé au sein du Trésor (voir Tableau 21). Ce modèle a simulé une situation dans laquelle la France introduirait une taxe carbone nationale dont le taux suit dans le temps celui du prix du carbone associé à chacune des trois trajectoires précédemment décrites. Le scénario de référence suppose que l'on se situe sur un sentier de croissance régulier et ne prend pas en compte les politiques publiques à venir. Il ne prend donc pas en compte le signal prix unique du carbone sur l'ensemble de l'économie. L'impact d'une politique est mesuré à partir de l'écart entre le *niveau* des variables d'intérêt (ici le PIB et l'emploi) après le choc et le *niveau* de ces variables dans le scénario de référence.

On fait donc implicitement l'hypothèse d'une généralisation du prix du carbone qui provoque un choc sur la demande, mais dont les effets dépendent du type d'utilisation faite des produits de la taxe :

- la mise en place du signal prix au travers d'une taxe carbone sans recyclage des revenus¹ conduirait à une baisse de l'activité économique et de l'emploi d'autant plus marquée que l'objectif de réduction serait ambitieux ;
- le recyclage du produit de la taxe uniquement sous forme de baisse des cotisations sociales employeurs s'accompagne d'un effet légèrement positif sur l'activité et l'emploi, et ce d'autant que l'objectif est contraignant à court terme (*i.e.* en 2020). C'est ce que l'on appelle le « double dividende ». Ce résultat avait déjà été mis en avant dans les travaux préparatoires à la mise en place de la « Contribution climat-énergie » ;
- un recyclage hybride combinant baisse des cotisations sociales employeurs et soutien à l'innovation a un effet optimal : le soutien de la R&D a un impact fort sur la compétitivité, la croissance et l'emploi, et la baisse des cotisations salariales réduit quant à elle le coût du travail et incite à accroître la demande d'emploi. Leurs effets conjugués conduisent à une forte hausse de la croissance et de l'emploi.

(1) On suppose ici que le produit de la taxe va dans les caisses de l'État mais n'a pas d'effet positif sur l'économie. Voir le complément 5.

Tableau 20 : Impacts macroéconomiques d'un prix du carbone selon différents scénarios climatiques et modes de recyclage des revenus

	2020			2030			2050		
	SR*	CS*	CS+CIR*	SR*	CS*	CS+CIR*	SR*	CS*	CS+CIR*
– 30% en 2020									
PIB, en %	– 0,45	0,37	0,59	– 0,56	0,63	0,97	– 0,37	0,82	1,19
Emploi, en millier	– 78	106	125	– 95	152	155	– 55	159	164
– 25% en 2020									
PIB, en %	– 0,25	0,21	0,42	– 0,41	0,40	0,74	– 0,44	0,76	1,13
Emploi, en millier	– 44	59	78	– 72	104	106	– 70	157	162
– 20% en 2020									
PIB, en %	– 0,07	0,06	0,28	– 0,20	0,15	0,49	– 0,58	0,70	1,06
Emploi, en millier	– 12	16	38	– 37	45	48	– 99	163	168

Source : MESANGE

* : SR : sans recyclage (le revenu de la taxe n'est pas utilisée pour réduire la dette) ; CS : baisse uniforme des cotisations sociales employeurs ; CS + CIR : baisse uniforme des cotisations sociales employeurs et renforcement du CIR.

Ces résultats sont corroborés par les travaux réalisés à partir du modèle NEMESIS. Ils doivent néanmoins être interprétés avec les précautions d'usage rappelées dans le complément 5 : la modélisation ne tient pas compte des multiples inerties qui, dans la réalité, limitent la plasticité de l'économie et son aptitude à réagir à un signal prix accompagné d'un recyclage optimal de la taxe. Pour que ces effets positifs puissent apparaître à horizon visible, il faut donc s'interroger sur le fonctionnement réel des mécanismes qui favorisent la diffusion de l'innovation et les bons ajustements sur le marché du travail.

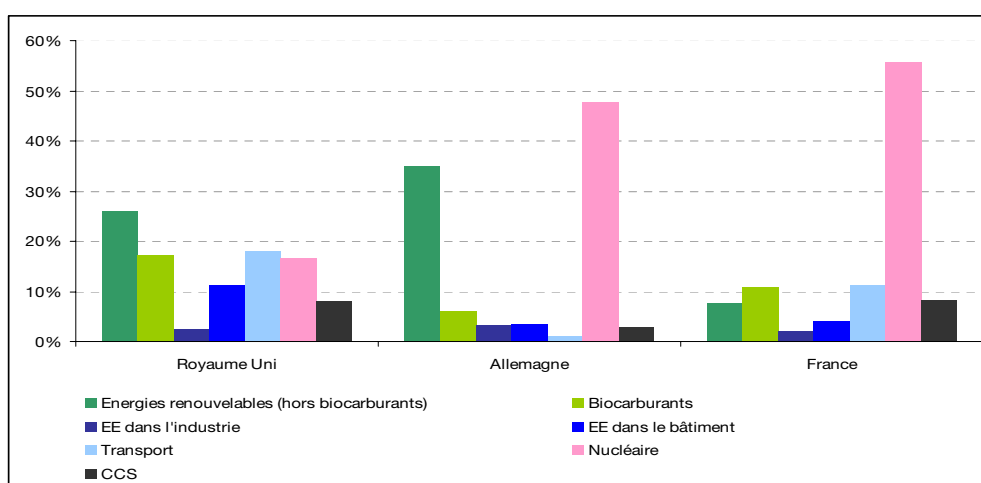
5. Les ruptures technologiques nécessitent des instruments spécifiques

Sous la pression de contraintes que constituent la raréfaction des ressources énergétiques et les changements climatiques, l'innovation technologique apparaît comme une des actions clés dans l'atteinte des objectifs climatiques.

Le premier enjeu ici est le transfert de technologies propres : malgré les nombreux bénéfices qu'elles recouvrent, ces technologies ne se diffusent pas spontanément du fait de nombreuses barrières économiques et non-économiques. Une intervention publique est donc souhaitable pour corriger ces défaillances, en incitant par exemple les entreprises à investir dans ces technologies. L'extension du prix du carbone aux secteurs ne participant pas à l'ETS est un moyen d'y parvenir.

Le deuxième enjeu est que les technologies actuelles ne permettront pas d'atteindre les objectifs fixés. Des ruptures technologiques sont nécessaires dans les différents secteurs et il est nécessaire pour cela d'accroître le soutien à la R&D. Actuellement, l'effort de R&D en France est important mais il porte significativement plus sur l'énergie nucléaire que sur les autres sources d'énergie (voir graphique 25). Pourtant, les grandes entreprises françaises disposent de capacités importantes de R&D dans des domaines bien spécifiques (*e.g.* Alstom dans le CCS, St Gobain dans les matériaux et technologies associées, Air Liquide dans les gaz industriels, EDF et AREVA – entre autres – dans l'énergie, le CEA, *etc.*). Il s'agit de trouver le moyen de transférer ces connaissances, ces « externalités positives » aux petites et moyennes entreprises car, comme les modèles l'ont montré, cela générerait à terme de la croissance et de l'emploi. Les pôles de compétitivité auront donc un rôle clé à jouer.

**Graphique 25 : Allocation des dépenses publiques de R&D en 2009
(en % des dépenses totales pour ces 7 postes)**



Source : base de données de l'AIE sur la R&D

Lors de la conception des politiques climatiques, il s'agira de ne pas favoriser une filière par rapport à une autre, de laisser l'ensemble des choix ouverts et de s'appuyer sur des instruments économiques pour identifier les meilleures orientations. Il sera également nécessaire de limiter les effets d'éviction et d'adopter une approche globale, en favorisant l'exportation des technologies et connaissances nationales.

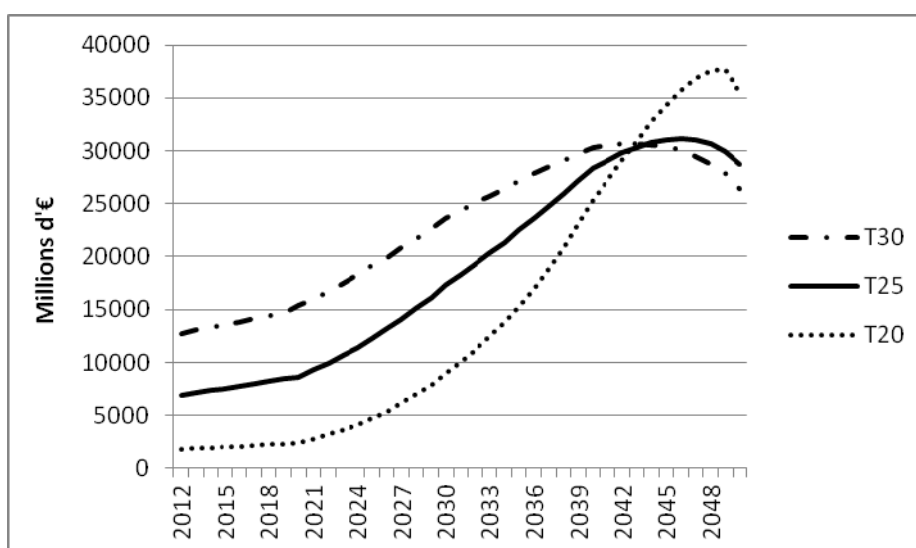
6. La question du financement et son lien avec le prix du carbone

L'extension d'un prix unique du carbone à l'ensemble des secteurs économiques ne se fera pas spontanément et aura un coût certain pour l'économie. À partir du modèle POLES, il est possible d'évaluer le coût d'abattement total (*i.e.* jusqu'en 2050) associé à chacune des trajectoires coût-efficaces. Ces évaluations conduisent à une fourchette indicative de coûts cumulés située entre 256 Md€ et 437 Md€ sur l'ensemble de la période (voir détails dans le complément 4). Ce cumul recouvre à la fois les surcoûts d'investissement par rapport à un hypothétique scénario sans politique climatique, et l'ensemble des coûts de transition. Rapporté au PIB, ce coût est plus faible en début de période pour le scénario T20, pour monter brutalement après 2030. Il se répartit de façon plus régulière dans le temps pour les scénarios T25

et T30. Dans tous les cas se trouve posée la question de son financement qui doit être amorcé dès le début de période.

Les travaux du Comité suggèrent de recourir à un instrument économique (*i.e.* taxe carbone ou marché de permis d'émissions) pour atteindre ces objectifs à moindre coût tout en levant des ressources financières (produit de la taxe ou revenus de la vente aux enchères des quotas d'émissions). Le graphique 26 propose une représentation des revenus attendus d'une taxe carbone cohérente avec les trois trajectoires de réduction d'émissions coût-efficaces.

Graphique 26 : Revenus potentiels de la taxe carbone



Source : MESANGE

Ce graphique amène deux constats :

- 1) la mise en place d'une taxe carbone pourrait être associée à des ressources financières substantielles (le cumul serait compris entre 578 et 891 Md€ selon la trajectoire) ;
- 2) ces revenus ne seront pas pérennes : les revenus vont commencer à décroître lorsqu'il sera plus cher de payer la taxe que de payer le coût de réduction des émissions. Cette situation, bien que souhaitable car révélatrice de l'efficacité de l'instrument retenu, implique que d'autres recettes devront prendre le relais pour financer les dépenses publiques à très long terme.

Les revenus d'une taxe carbone peuvent être en effet utilisés de trois manières : consolidation budgétaire, transfert de fiscalité, financement de dépenses supplémentaires. On peut par exemple décider de réduire l'endettement ; de soutenir la croissance économique ; de financer des politiques publiques, par exemple climatiques, qui permettront d'atteindre plus facilement les objectifs que l'on s'est fixé (en France ou dans les pays en développement). Les modèles macroéconomiques classiques suggèrent que le recyclage optimal consiste à réduire les prélèvements sur le travail tout en soutenant l'innovation. Le second type de dépense s'inscrit bien dans le cadre d'un supplément de dépenses en capital à la charge des pouvoirs publics pendant une période de transition. Le premier type implique d'envisager, ainsi que l'ont rappelé certains membres du Comité, d'autres sources de financement pour la protection sociale à long terme.

Enfin, différents modes de recyclage ont différents effets socio-économiques. Le choix du recyclage devra également tenir compte des conditions sociales de la transition.

7. Les conditions sociales de la transition vers une économie sobre en carbone

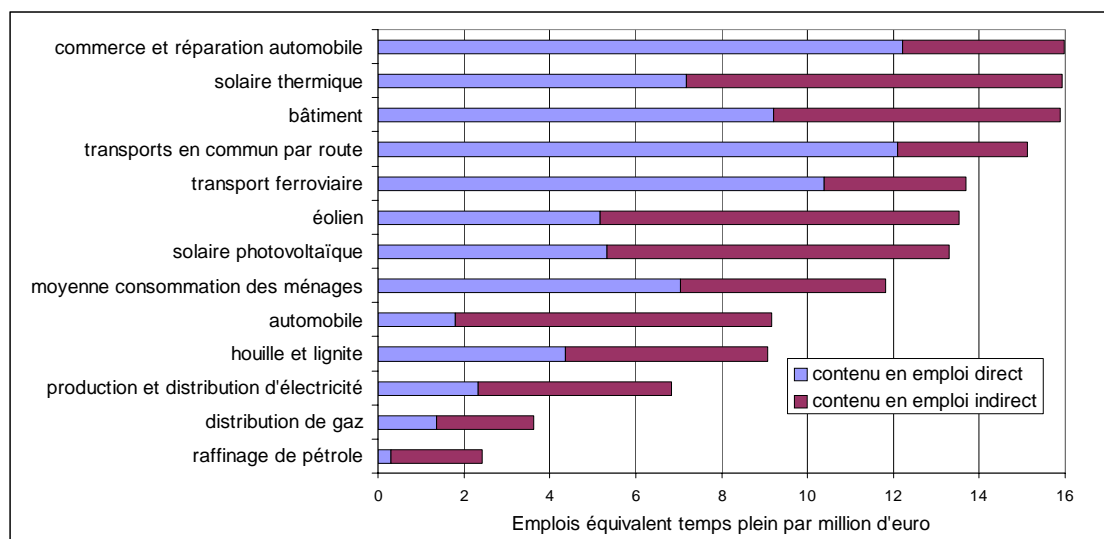
L'une des conditions clefs pour la réussite de la transition vers une économie sobre en carbone est son « acceptabilité sociale ». Ce terme est souvent utilisé dans une conception étroite d'acceptabilité par la population riveraine de tel ou tel investissement susceptible de dégrader l'environnement immédiat. Ce volet est important dans le déploiement de tout nouvel investissement, qu'il s'agisse d'un parc éolien ou d'une installation de CCS, deux objets susceptibles de déclencher des oppositions locales véhémentes.

Les travaux du Comité ont tenté d'analyser de façon plus large, les conditions sociales de la transition vers l'économie sobre en carbone. Au-delà de l'acceptabilité de tel ou tel équipement, cette idée renvoie à la notion d'adhésion sociale pour une telle transition sans laquelle les acteurs ne s'y engageront qu'avec réticence. Cette adhésion suppose en premier lieu un effort d'information et de diffusion des connaissances *via* le système éducatif. Mais elle sera forte si les politiques mises en place créent de l'emploi, anticipent les reconversions professionnelles et corrigent les effets récessifs susceptibles d'être engendrés par l'extension du prix du carbone à l'ensemble de l'économie.

Le Comité a examiné dans le détail les impacts possibles des politiques climatiques sur l'emploi. La méthode la plus simple consiste à comparer le contenu en emploi, direct et indirect, des différentes filières ; les créations nettes d'emploi apparaissent comme la différence entre les créations nouvelles dans les filières bas carbone et les destructions dans les filières ou procédés fortement émetteurs de gaz à effet de serre.

Le contenu en emploi diffère assez sensiblement d'une filière à l'autre pour plusieurs raisons : parts variables d'importation, différences de taux de profits, différences de salaires, rentes de ressources naturelles, rentes foncières, *etc.* En France, les secteurs traditionnels de l'énergie ont un faible contenu en emplois, contrairement au secteur du bâtiment, des transports en commun et plus généralement des services (voir graphique 27). Les énergies renouvelables ont un contenu en emploi qui se situe au-dessus de la moyenne, mais il est difficile de distinguer les emplois liés à leur premier déploiement (travaux de construction et de pauses) de ceux qui seront pérennes en régime de croisière. Le contenu en emplois en France des branches fossiles est faible, car les énergies fossiles sont importées et les emplois liés à la production de ce pétrole sont créés à l'étranger. Ainsi le contenu en emploi dépendra de la capacité des politiques à développer de nouvelles filières industrielles pouvant assurer la fourniture et la pause de nouveaux équipements mais également assurer à l'amont leur production et les efforts de R&D nécessaires à leur mise au point.

Graphique 27 : Contenu en équivalent temps plein par million d'euros pour certaines filières françaises



Source : Présentation de Philippe Quirion au Comité

Si on veut concrétiser les impacts positifs sur l'emploi décrits par certains exercices de modélisation, il est nécessaire de s'assurer que les reconversions professionnelles pourront s'opérer dans de bonnes conditions. Certains secteurs ou métiers connaîtront un déclin, quand d'autres devraient générer des emplois nouveaux. La modélisation macroéconomique indique qu'un recyclage de la valeur carbone vers la réduction des charges et des dépenses additionnelles de R&D est susceptible de faire apparaître rapidement un solde positif. Compte tenu des inerties et de la viscosité du marché de l'emploi, une condition majeure est que les transitions soient anticipées et préparées à l'avance. Ceci concerne tant l'adaptation des formations initiales et continues pour répondre aux nouveaux besoins que l'accompagnement des salariés dans leurs parcours professionnels. Le Comité a avancé dans le chapitre 5 un certain nombre de propositions pour améliorer cette gestion prévisionnelle de l'emploi et des compétences.

Dernière condition d'adhésion sociale : prévenir les possibles effets régressifs de l'extension de la tarification du carbone dans l'économie, notamment du côté des ménages les plus vulnérables. Les études révèlent que la précarité énergétique concerne environ un ménage sur cinq. Si une compensation générale d'une taxation du carbone pour les ménages contrarierait l'objectif de réduction des charges bénéfique à l'emploi, l'absence de toute compensation risquerait de renforcer les inégalités de niveau de vie. Un recyclage combinant baisse des cotisations sociales et compensation différenciée et ciblée vers les ménages les plus vulnérables au renchérissement des produits énergétiques devrait donc être envisagé. L'équité sociale devrait ainsi être conciliée avec l'efficacité économique.

8. Analyse des impacts pour la France d'un rehaussement de l'objectif européen de réduction d'émission en 2020

Les éléments sont maintenant réunis pour fournir une analyse plus complète des impacts pour la France d'un rehaussement de l'objectif européen de réduction

d'émission en 2020. Si tous les membres du Comité ne partagent pas une vision commune face à l'opportunité d'un tel relèvement, ses travaux permettent d'identifier les paramètres que les pouvoirs publics devraient prendre en considération pour la prise de décision.

- 1) Un critère qui vient spontanément à l'esprit pour le choix de rehausser ou non l'objectif est celui du coût additionnel que cela représente. La Commission européenne dans sa communication de 2010¹ avait indiqué que le passage d'un objectif de réduction des émissions de GES de 20 % en 2020 par rapport à 1990 à un objectif de - 30 % (avec possibilité de recours aux mécanismes de flexibilité internationaux) aurait un coût supplémentaire de 10 Md€ en 2020, nettement plus faible qu'initialement estimé du fait de la récession économique. Pour la France, les exercices de modélisation estiment ce coût supplémentaire entre 4 et 9 Md€ (soit entre 0,2 et 0,4 % du PIB) suivant les modèles.

Si on retient comme critère la minimisation du coût par tonne de CO₂ évitée sur l'ensemble de la période, la trajectoire passant par - 25 % en 2020 doit être privilégiée si on utilise un taux d'actualisation bas, ce qui est habituel en matière de politique climatique. Si on utilise un taux qui déprécie rapidement le futur, la trajectoire passant par - 20 % peut être acceptée, mais elle rend très coûteuse, voire improbable, l'atteinte du facteur 4 en fin de période.

- 2) Les travaux de modélisation suggèrent de mettre les bénéfices atteints en regard de ces coûts pour identifier la bonne décision. Si on ne considère que le bénéfice climatique, l'objectif de - 30 % en 2020 doit être privilégié, de même que si l'on cherche la trajectoire de prix du carbone augmentant le plus régulièrement dans le temps. Mais pour garantir l'efficacité de cette trajectoire, il faut faire l'hypothèse de l'introduction d'une valeur carbone dans l'ensemble de l'économie dès le début de période.

La prise en compte des rétroactions macro-économiques résultant de l'introduction de cette valeur carbone suggère qu'un recyclage permet d'obtenir rapidement des effets bénéfiques sur l'activité et l'emploi s'il combine trois usages : la baisse des charges salariales, une compensation ciblée sur les seuls acteurs en situation de précarité et le financement additionnel de la R&D et de l'innovation. Ses effets impliquent cependant des capacités de plasticité et d'adaptation de l'économie que les modèles ne savent guère appréhender.

- 3) Au plan institutionnel, la décision de renforcer l'objectif climatique européen ne dépend pas uniquement de la France et implique de trouver un accord politique au sein de l'UE. Si une telle décision est prise, il faudra revoir la répartition des engagements entre pays à l'horizon 2020, ainsi que la part du supplément de réduction devant être obtenue dans les secteurs ETS et hors ETS.

Les travaux du Comité montrent la position très spécifique de notre pays du fait de la part prépondérante de ses émissions hors ETS pour lesquels peu de mécanismes de flexibilité entre pays européens existent. Pour faciliter l'atteinte d'objectifs ambitieux dans le secteur hors ETS, notre pays pourrait judicieusement proposer à nos partenaires européens d'élargir les mécanismes de flexibilité en Europe pour les secteurs hors ETS.

(1) Commission européenne (2010).

- 4) Un rehaussement de l'objectif de 5 % qui porterait sur le hors ETS ne pourrait être atteint avec la seule application des politiques et mesures actuelles. Il faudrait par conséquent rapidement engager des mesures complémentaires aux mesures existantes, adaptées aux contraintes de chaque secteur. Les analyses du chapitre 3 révèlent que les mesures actuelles sont une combinaison de mesures réglementaires, dont le coût pour l'économie est mal identifié, et de systèmes d'incitations fiscales coûteux pour les finances publiques. Leur extension risquerait donc de peser sur le budget de l'État.

Leur financement serait grandement facilité par l'extension de la tarification du carbone dans l'économie dont la particularité est d'envoyer des incitations à réduire les émissions en procurant simultanément des recettes additionnelles à l'autorité publique. C'est la raison pour laquelle la majorité des membres du groupe s'est prononcé pour une extension du signal-prix carbone dans le secteur non-ETS, de préférence à l'échelle européenne ce qui risque de prendre du temps, mais, à défaut, rapidement au plan national.

- 5) Un rehaussement de l'objectif de 5 % qui porterait sur l'ETS aurait pour conséquence d'abaisser le plafond d'émission sur le marché du carbone d'un peu plus de 10 % en 2020 d'après les hypothèses retenues par la Commission sur la répartition entre ETS et hors ETS. Le premier effet en serait une remontée du prix du quota de CO₂ qui a été estimé à un peu plus de 40 € la tonne par le modèle ZEPHYR. Une telle remontée du prix du carbone est souhaitable au regard de la valeur tutélaire du carbone et souhaitée par les membres du Comité, mais les entreprises considèrent qu'un rehaussement de la cible à 2020 n'est pas le moyen approprié car il ne tient pas compte des délais nécessaires pour les investissements et remet en cause la crédibilité des règles précédemment édictées.

Elles recommandent une évolution rapide du cadre réglementaire qui tienne compte des recommandations du rapport Prada pour la mise en place d'une régulation renforcée et spécifique au marché du carbone. Simultanément, l'institution d'une cible obligatoire et ambitieuse de réduction des émissions à l'horizon 2030 permettrait d'inscrire le fonctionnement du marché du carbone dans une optique de long terme en faisant remonter le prix du quota de CO₂.

- 6) Un rehaussement de l'objectif de réduction d'émission pourrait enfin être l'occasion d'affirmer la nécessité de prolonger les instruments de flexibilité mis en place avec le protocole de Kyoto et d'investir de façon sélective dans des mécanismes de projets, notamment vers les pays les moins avancés jusqu'à présent restés trop à l'écart de ce type d'investissement.

Un large consensus prévaut enfin au sein du Comité pour lier plus étroitement transition vers l'économie sobre en carbone, développement des filières industrielles nouvelles et renforcement de la compétitivité de filières en reconversion. C'est cette vision qui a inspiré une grande partie des propositions présentées au chapitre 5.

Chapitre 5

Propositions pour une transition réussie vers une société sobre en carbone

En croisant les approches comparatives conduites au chapitre 2, les analyses sectorielles menées au chapitre 3 et les résultats des exercices de modélisation étudiés au chapitre 4, le Comité a tenté d'identifier une série de propositions devant permettre à notre pays de mieux conjuguer réduction ambitieuse des émissions de gaz à effet de serre et croissance de l'économie et de l'emploi. Ces propositions sont chaque fois détaillées en mesures élémentaires pour leur mise en œuvre. Ce chapitre ne reprend pas les mesures sectorielles du comité qui sont regroupées dans le chapitre 3 de ce rapport.

Ces propositions visent à constituer un ensemble cohérent de mesures qui pourraient être prises dans un horizon relativement court et dont le suivi devrait au demeurant faire l'objet d'une évaluation récurrente dans le cadre d'une gouvernance renouvelée de la politique climatique. Le lecteur trouvera par ailleurs dans le complément 1 du rapport, une somme de contributions émanant des différentes parties prenantes du Comité reflétant toute sa diversité et sa créativité.

1. Renforcer les mesures de politique industrielle favorisant la transition vers une économie sobre en carbone

Le Comité a émis à de nombreuses reprises le souhait que soient renforcées les mesures de politique industrielle destinées à favoriser la transition vers une société sobre en carbone. Il s'agit, dans le sens des recommandations du centième rapport du CAE sur la croissance de la France, de favoriser la compétitivité des entreprises françaises en mettant en œuvre des politiques horizontales, mais aussi à l'exemple des investissements d'avenir, de favoriser la recherche et le développement des projets présentés par les industriels et considérés comme les plus prometteurs.

Les politiques industrielles actuelles ont pour but de renforcer le potentiel de croissance d'un pays en répondant aux grands enjeux structurels de long terme. La transition vers une société sobre en carbone, dont la mise en œuvre demandera plusieurs dizaines d'années, en constitue probablement l'un des meilleurs exemples. Au-delà des actions dites horizontales destinées à renforcer la compétitivité d'une économie et de ses entreprises (amélioration des formations, réduction des coûts des entreprises,...), une politique industrielle, destinée à favoriser cette transition, aura

pour but de : a) favoriser les innovations technologiques de rupture, b) mettre l'accent sur la recherche appliquée et l'expérimentation pré-industrielle (pilotes, pré-séries...) peu financées jusqu'à présent ; c) concevoir des dispositifs pérennes d'aide aux investissements d'avenir permettant dans une approche *bottom-up* de sélectionner les meilleures initiatives ; d) favoriser des approches européennes dans les dispositifs d'aide afin de créer des entreprises de taille européenne, voire mondiale ; e) favoriser la mise en place de pôles technologiques et de clusters centrés sur les innovations de demain ; f) créer une coordination des entreprises françaises d'une même filière à l'export.

Une telle politique présenterait d'autant plus d'intérêt qu'elle serait menée au niveau européen : elle conduirait en effet à l'émergence de projets à la taille du continent européen qui auraient vocation à être exportés dans le monde entier.

La première mesure, évoquée dans le paragraphe précédent, consiste à financer, grâce à l'utilisation d'une partie de la vente des quotas de CO₂ les projets de recherche et de développement présentés par les industriels et les organismes publics en charge, et considérés comme les plus prometteurs,

PROPOSITION 1-1

Favoriser, sans pour autant disperser les crédits, les pôles de compétitivité, les « clusters » et les filières dites de « croissance verte » qui développeront des projets destinés à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Intégrer en particulier dans les critères de l'évaluation des pôles de compétitivité qui sera réalisée en 2012 la prise en compte de la transition vers une économie sobre en carbone.

PROPOSITION 1-2

Utiliser pleinement les possibilités ouvertes par les aides nationales ou européennes actuelles relatives à la R&D et à l'innovation afin de financer la mise en place de démonstrateurs et de pilotes. Dans le cadre d'une concertation avec la Commission et l'ensemble des États membres, évaluer les ajustements à engager dans la définition des ces aides afin de permettre un financement qui soit le plus proche possible des phases pré-commerciales, de façon à permettre aux acteurs économiques de l'UE d'agir avec les mêmes marges de manœuvre que leurs concurrents des autres zones géographiques, notamment aux États-Unis, au Japon, en Chine...

PROPOSITION 1-3

Mettre en place un « plan export » des solutions françaises en faveur de la décarbonation de l'économie, en coordination étroite entre les pouvoirs publics et les entreprises, fondé sur une coordination volontaire des entreprises françaises par filière d'appartenance.

2. Favoriser le développement de la R&D et la diffusion des innovations technologiques propices à la transition vers une économie sobre en carbone

Cette proposition comporte trois volets : international, européen et national.

Les règles de la propriété intellectuelle apparaissent compatibles avec la diffusion des innovations dans le domaine des technologies sobres en carbone (voir complément 6). Dans le cas spécifique des pays les moins avancés, il apparaît pertinent d'examiner les cas où certaines dispositions freineraient la diffusion des innovations et d'évaluer les solutions compatibles avec le droit international de la propriété intellectuelle.

La création d'un observatoire des technologies destiné à identifier non seulement les bonnes pratiques de diffusion des technologies mais aussi les situations de blocage ou de monopolisation nécessitant des solutions spécifiques dans le cadre du droit international pourrait y remédier. Ces solutions pourraient bénéficier de manière prioritaire aux pays économiquement les plus pauvres (par exemple ceux émettant moins de 2 tCO₂eq par habitant) ainsi qu'à ceux en conformité non seulement avec les droits de propriété intellectuelle, mais également avec les codes des marchés publics, les autres règlements internationaux de marché et les règles sociales élémentaires (travail décent, travail des enfants, ...).

Des progrès technologiques sont absolument nécessaires dans le domaine de l'énergie à l'horizon 2050. La R&D aura à jouer un rôle central dans cette tâche. Au plan national et européen, l'atteinte des objectifs de la feuille de route est subordonnée au développement et au déploiement de nouvelles technologies dont la diffusion est retardée par le rythme de réduction des coûts et souvent une faible acceptabilité sociétale. La réalisation de démonstrateurs visant à passer des essais de laboratoires aux prototypes industriels facilite cette diffusion de nouvelles technologies. Leur surcoût est aujourd'hui élevé et nécessite la mise en place d'aides financières adaptées.

Le dispositif, dénommé NER 300, lancé dans le cadre du Paquet climat-énergie fin 2007 et caractérisé par un premier appel d'offres, toujours en cours, initié fin 2010, constitue une illustration concrète et *a priori* séduisante de l'intervention des pouvoirs publics. Son but consiste à financer au moins huit projets de capture et stockage et une trentaine pour le développement des énergies renouvelables. Il cherche ainsi à accélérer l'introduction sur le marché de technologies innovantes dans le domaine des énergies renouvelables et de la capture et du stockage du carbone. Il serait judicieux de prendre appui sur cette première expérience d'utilisation du produit des enchères pour la diffusion de l'innovation pour la répliquer demain à une plus large échelle.

PROPOSITION 2-1

Créer auprès du Centre pour les technologies du climat, mis en place à Cancun, un observatoire destiné à promouvoir les bonnes pratiques de diffusion des technologies sobres en carbone et à identifier les situations de blocage ou de monopolisation justifiant, pour les pays

respectant le droit international de la propriété intellectuelle, la mise en place de solutions spécifiques compatibles avec le droit international, notamment celles disponibles dans les accords OMC sur les Aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC)..

PROPOSITION 2-2

L'objectif prioritaire de transfert de technologies sobres en carbone vers les pays en développement devra se faire dans le respect des principes du développement durable, en veillant notamment à éviter toute utilisation opportuniste de dumping social ou environnemental :

- conditionner les aides aux transferts de technologie associés à la lutte contre le changement climatique au respect d'un certain nombre de règles sociales (travail décent, travail des enfants, autres règles de l'OIT, etc.) ;
- étudier les conditionnalités possibles permettant d'éviter les délocalisations.

PROPOSITION 2-3

Prélever chaque année sur la vente aux enchères des quotas un montant significatif pour continuer à financer des projets de recherche et développement, ainsi que des démonstrateurs pour des technologies sobres en carbone (énergies renouvelables, capture et stockage du carbone, biomasse avancée, réseaux intelligents, etc.). Mettre l'accent sur la recherche appliquée et l'expérimentation pré-industrielle (plateformes technologiques, pilotes, démonstrateurs, pré-séries, etc.).

3. Allonger la prévisibilité de la politique climatique par la définition de cibles européennes contraignantes en 2030 et renforcer sa crédibilité par la mise en place d'une gouvernance renouvelée

Le besoin d'une visibilité de long terme sur les efforts à fournir correspond à une demande forte de la part des acteurs industriels. L'horizon 2050 apparaît à cet égard trop lointain pour réduire les incertitudes sur la politique publique et celui de 2020 trop proche pour orienter les décisions d'investissement à long terme. C'est pourquoi le Comité préconise, au-delà de la nécessaire clarification de l'objectif 2020, la fixation d'objectifs crédibles à 2030 tant au plan communautaire que national :

- au plan communautaire, il recommande que la France propose rapidement à ses partenaires européens de définir l'évolution du plafond global d'émission sur le marché ETS jusqu'à l'horizon 2030, de façon cohérente avec l'atteinte des objectifs à 2050 définis dans le cadre de la Feuille de route Climat de l'Union européenne. Une telle décision aurait pour conséquence de donner un signal prix du carbone plus en lien avec les objectifs de long terme de la politique climatique ;

- de façon parallèle, les systèmes de normes réglementaires, qu'ils soient nationaux ou communautaires, devraient prévoir rapidement l'évolution des seuils requis à cet horizon. Ceci concerne par exemple les seuils d'émissions par kilomètre des automobiles et des poids lourds, les rendements des équipements énergétiques, les normes de construction et de rénovation des bâtiments, etc.

Compte tenu de la part très importante des secteurs d'émission diffuse dans notre pays, le Comité propose par ailleurs de s'inspirer de l'exemple britannique présenté dans le chapitre II en introduisant un système d'objectifs domestiques de réduction d'émissions de gaz à effet de serre moyennés sur plusieurs années. Ce système indicatif pourrait porter sur des budgets carbone quinquennaux, voire triennaux, révisables pour permettre un ajustement des objectifs si les conditions l'exigent. Il devrait être décliné par grand secteur hors ETS afin de pouvoir suivre la cohérence dans le temps entre les moyens mis en œuvre et la réalisation des trajectoires de réduction d'émissions.

Ce dispositif gagnerait à être mis en place dans le cadre d'une gouvernance renouvelée de la politique climatique avec la mise sur pied d'un comité indépendant, composé de toutes les parties prenantes, et associant des scientifiques et des économistes, dont le but serait d'aider les pouvoirs publics à veiller à la cohérence et à la prévisibilité du dispositif institutionnel dans le temps. Une telle stabilité semble une nécessité pour déclencher les investissements nécessaires à la transition vers l'économie sobre en carbone.

PROPOSITION 3-1

Au-delà de la nécessaire clarification de l'objectif à 2020, définir dès maintenant un objectif ambitieux de réduction des émissions européennes pour 2030, compatible avec la feuille de route proposée par la Commission qui prévoit une réduction à cet horizon d'au-moins 40 à 45 %. Décliner cet objectif entre secteurs ETS et hors ETS, et entre Etats membres, afin de donner une vision claire des efforts à fournir sur le long terme aux différents acteurs.

PROPOSITION 3-2

Fixer dès maintenant les seuils réglementaires, européens ou français, à l'horizon 2030 correspondant aux émissions des automobiles et des poids lourds, aux rendements des équipements énergétiques, aux normes de construction et de rénovation des bâtiments, etc.

PROPOSITION 3-3

Définir pour la France des cibles intermédiaires non contraignantes sur des périodes de plusieurs années, déclinées au plan sectoriel et cohérentes avec le cadre européen afin de renforcer le pilotage des trajectoires. Ces cibles devraient faire l'objet, à intervalles réguliers, d'une évaluation de l'adéquation entre les moyens mis en œuvre et les résultats obtenus par la structure de gouvernance envisagée dans la proposition suivante avant leur examen par le Parlement.

PROPOSITION 3-4

Mettre en place une structure nationale de gouvernance indépendante qui regroupe les expertises scientifiques et économiques requises et associe les différentes parties prenantes pour débattre à l'amont des orientations de la politique climatique, veiller à leur continuité et s'assurer de leur évaluation afin de les réorienter si nécessaire.

4. Renforcer le signal prix du carbone en l'étendant à l'ensemble de l'économie et en améliorant la régulation du système européen d'échanges de quotas de CO₂

Les travaux de modélisation ont montré que l'extension du signal prix du carbone au secteur des émissions diffuses constituait une priorité pour la politique climatique de notre pays. Ce signal prix gagnerait à être mis en place à l'échelle européenne. Il est souhaitable que la France pousse dans cette direction chaque fois qu'elle en a l'opportunité. La Commission a adopté au début de l'année 2010 une proposition de révision de la directive sur la fiscalité énergétique, qui modifierait le cadre européen fixant les minima de taxation des carburants et des combustibles en introduisant une composante basée sur le contenu carbone qui s'ajouterait à un premier terme, déjà existant, sur le contenu énergétique : elle nécessite cependant un vote à l'unanimité de l'ensemble des États membres. Une solution alternative consisterait à étendre le marché de quotas à l'ensemble des émissions de CO₂ induites par les carburants et combustibles fossiles mis sur le marché : elle nécessite, en effet un vote à la simple majorité qualifiée. La mise en place de ce signal prix dans un certain nombre de pays volontaires pourrait également faire l'objet d'une coopération renforcée.

Si l'extension du signal prix du carbone n'est pas atteignable à l'échelle européenne, un grand nombre de membres du Comité souhaite la mettre en place dans le cadre national, sous la forme d'une contribution climat énergie, ou de tout autre mécanisme équivalent, en veillant à ce qu'elle ne distorde pas les échanges intra-européens. Les analyses conduites au chapitre 4 ont montré que l'utilisation du produit de ce signal prix revêtait une grande importance : mal conçue, elle peut pénaliser la croissance de notre économie et entraîner des inégalités entre les ménages ; bien préparée, elle peut, au contraire, permettre de réduire nos émissions de gaz à effet de serre, tout en favorisant, dans une certaine mesure, l'emploi ainsi que la croissance de court et de long terme, sans pour autant pénaliser les ménages les plus défavorisés.

L'introduction du signal prix du carbone dans les secteurs d'émissions diffuses non couverts par l'ETS sera facilitée si le système communautaire d'échange de quotas de CO₂ est sécurisé et soumis à une régulation renforcée. Le rapport publié au début de l'année 2010 par Michel Prada envisage une régulation spécifique du marché du carbone qui en garantisse l'intégrité et la prévisibilité sous l'égide d'une autorité européenne indépendante. Ses conclusions risquent cependant de ne pas être suivies par la Commission qui envisage de simplement appliquer la régulation financière au marché du carbone. Un grand nombre de membres du Comité souhaite que la France continue à agir avec vigueur pour qu'une régulation *ad hoc* soit appliquée au marché

du carbone qui est le prototype des nouveaux marchés de conformité qui pourraient à l'avenir se développer pour protéger les ressources environnementales rares.

PROPOSITION 4-1

Introduire la valeur du carbone dans le secteur hors ETS pour l'ensemble des émissions de CO₂ liés à l'énergie idéalement pour l'ensemble de l'Union européenne, mais retenir la voie nationale si les délais de concrétisation s'avéraient impossibles.

PROPOSITION 4-2

Redynamiser le système européen d'échanges de quotas de CO₂ par la fixation de règles définissant l'évolution du plafond entre 2020 et 2030 de façon cohérente avec les objectifs de la feuille de route à l'horizon 2050.

PROPOSITION 4-3

Conformément aux préconisations du rapport Prada, renforcer la sécurité du marché européen par la mise en œuvre rapide d'une régulation spécifique au système d'échange de quotas de CO₂ qui en garantisse l'intégrité et la prévisibilité sous l'égide d'une autorité européenne indépendante.

5. Améliorer et prolonger les mécanismes de flexibilité dans un cadre international et développer leur utilisation au sein même de l'Union européenne

L'échéance de la fin de l'année 2012, qui marque l'arrêt du protocole de Kyoto, approche à grands pas, sans qu'un accord ambitieux et global n'ait de chance d'être signé avant cette date butoir. Les négociations actuelles avancent sur certains points techniques, sur lesquels la France doit insister lors des prochaines rencontres climatiques à Durban en décembre. Des systèmes de mesure, report et vérification des émissions (MRV) fiables sont ainsi indispensables si l'on veut pouvoir comptabiliser de manière comparable les émissions de gaz à effet de serre, notamment sur la forêt ou l'agriculture.

L'un des enjeux importants de la Conférence de Durban réside dans la prolongation, au-delà de 2012, de certains instruments issus du Protocole de Kyoto : c'est le cas des mécanismes de flexibilité et en particulier des mécanismes de développement propres qui devront cependant être améliorées pour permettre le financement d'approches programmatiques. Ces derniers sont d'ores et déjà inscrits dans l'ETS du Paquet énergie-climat qui prévoit cependant de les réserver aux pays les moins avancés ou à ceux avec lesquels un accord bilatéral aurait été signé, alors qu'aujourd'hui les grands émergents sont les premiers bénéficiaires de ces mécanismes. La poursuite de ces instruments dans le cadre onusien permettrait de centraliser les informations des projets et d'éviter le problème du double comptage.

Le comité s'est également prononcé en faveur de l'extension des mécanismes de projets domestiques en Europe. Il souhaite que la France demande à la Commission la mise à l'examen de l'application de l'article 24 bis de la directive sur le système ETS qui offre une perspective intéressante en la matière. Il recommande notamment la mise en application de ce dispositif pour la réduction des émissions de méthane et d'oxyde nitreux de la part des agriculteurs : les incitations économiques actuelles sont insuffisantes.

PROPOSITION 5-1

Obtenir la poursuite et l'amélioration des mécanismes de projet issus du protocole de Kyoto, si possible dans le cadre d'un accord plus large intégrant une nouvelle période d'engagement et incluant les principaux pays émetteurs.

PROPOSITION 5-2

Négocier des accords bilatéraux avec des États ou des blocs régionaux en favorisant les pays qui s'engagent réellement, les pays les moins avancés (PMA) et les pays méditerranéens, et les approches programmatiques.

PROPOSITION 5-3

Prendre appui sur les expériences conduites en France, en Allemagne, en Suède et en Espagne pour mettre en place un mécanisme de projets « domestiques » à l'échelle européenne dans les secteurs diffus, en application de l'article 24 bis de la directive ETS. Veiller à ce que le schéma évite tout double comptage, limite les effets d'aubaine et s'applique en priorité aux secteurs qui sont insuffisamment aujourd'hui incités à réduire leurs émissions comme l'agriculture pour les autres gaz que le CO₂.

6. Gérer le produit des enchères et des futures contributions climat-énergie en toute transparence dans le but de favoriser la croissance économique, l'équité sociale, le développement d'innovations sobres en carbone et la solidarité internationale.

Les travaux de modélisation ont montré l'importance du mode d'utilisation des produits issus de la tarification du carbone dans notre économie. Ce volet concerne aussi bien le produit des enchères que percevra notre pays à partir de 2013 au titre de sa participation au système communautaire des quotas de CO₂ que les produits issus de l'extension de la tarification du carbone par ailleurs recommandé par le Comité.

Dans le cadre du dispositif européen mis en place, les États membres décident de l'affectation du produit des enchères : les instances européennes ont cependant

recommandé d'utiliser au moins 50 % de la recette aux politiques climatiques. Les travaux de modélisation suggèrent que, dans le contexte économique actuel, la bonne utilisation du produit du signal prix carbone consiste en une optimisation, à l'intérieur des contraintes budgétaires visant à réduire le déficit, entre :

- une baisse du coût du travail pour les entreprises afin de créer des emplois,
- des dépenses de plus long terme favorisant notamment l'innovation ou la R&D, que ce soit dans le domaine strict de l'énergie ou dans un certain nombre de technologies clés ;
- des actions redistributives à l'égard des ménages les plus défavorisés et des acteurs potentiellement défavorisés ;
- du financement de nouvelles formations et d'aides aux reconversions professionnelles ;
- un soutien à la lutte contre le changement climatique des pays les moins avancés.

D'après les exercices de prospective, le puits forestier, qui absorbe 14 % des émissions nationales, pourrait s'annuler et devenir source d'émissions en 2050. Sa pérennisation constitue donc une priorité dans le cadre d'une stratégie sobre en carbone. Son financement devrait être étudié.

À l'image du fonds envisagé par le gouvernement allemand, une structure publique française associant les différentes parties prenantes ainsi que des experts et des économistes pourrait être créée pour gérer le produit des enchères et d'un signal prix du carbone. Elle garantirait le bon usage de ces fonds en toute transparence.

PROPOSITION 6-1

Déterminer une stratégie d'utilisation des fonds tirés de la tarification nationale et communautaire du carbone qui tienne compte des contraintes budgétaires et s'inscrive dans une vision pluri-annuelle, en intégrant les cinq priorités mises en relief par les travaux du Comité : la baisse des charges pour renforcer la compétitivité ; la compensation ciblée sur les ménages en situation de précarité ; le financement de la R&D et de la diffusion des innovations sobres en carbone en France et dans le cadre de la coopération internationale ; le financement de nouvelles formations et d'aides aux reconversions professionnelles ; le soutien à la lutte contre le changement climatique des pays les moins avancés.

PROPOSITION 6-2

Associer les industriels, les experts et les économistes et l'ensemble des parties prenantes pour gérer les revenus des enchères transitant par le compte de commerce existant dans une stratégie pluriannuelle facilitant les transitions industrielles vers l'économie sobre en carbone.

PROPOSITION 6-3

Constituer une structure publique sous forme d'un fonds pour gérer et évaluer dans la transparence l'utilisation des revenus du signal prix du carbone dans le secteur hors ETS afin d'en optimiser les retombées économiques, sociales et climatiques.

7. Anticiper les évolutions du marché de l'emploi et préparer les transitions professionnelles

La croissance économique potentielle associée à la transition vers une économie sobre en carbone prendra corps dans la mesure où l'évolution des emplois, des métiers et des qualifications ainsi que le développement de la mobilité professionnelle, voire la création de nouveaux emplois, permettront de répondre à la demande. On voit ici tout l'intérêt de savoir anticiper l'évolution des besoins de qualification et du marché de l'emploi afin de mettre en place les formations et les outils de signalement des compétences correspondants dans les différentes filières concernées, en particulier dans le secteur du bâtiment qui devrait connaître une hausse notable des emplois qualifiés : la création d'un comité sectoriel bâtiment destiné à examiner les questions liées aux formations initiale et continue, à la reconversion, à l'accompagnement des salariés et des entreprises prend ainsi tout son sens. De plus, la réalisation par les partenaires sociaux d'études prospectives (sectorielles et/ou territoriales) devrait contribuer à un meilleur diagnostic des besoins de recrutement ainsi que de formation et de qualification.

Les modélisations menées dans le cadre du Comité indiquent que les politiques climatiques peuvent avoir un effet, certes modéré, mais positif à la fois sur la croissance et sur l'emploi. Leur acceptabilité en dépend. Cet effet sera très variable suivant les différents secteurs considérés. Certains secteurs, travaillant aujourd'hui avec une empreinte carbone élevée, devront opérer des reconversions. Symétriquement, des emplois nouveaux devraient être créés dans les secteurs les plus contributeurs à l'émergence des technologies sobres en carbone : énergies renouvelables, rénovation lourde des bâtiments, transports publics. Mais là encore, le nombre des créations d'emploi dépendra de la stratégie industrielle (qui impacte le contenu en emplois des technologies) et de l'accompagnement en termes de formation professionnelle initiale et continue qui pourra être impulsé par l'action publique en lien avec les partenaires sociaux.

Organiser le dialogue sur ces questions semble souhaitable à la fois dans les différentes commissions paritaires nationales et dans les comités filières, mais également à un niveau territorial qui reste à préciser. Enfin, les pôles de compétitivité devraient permettre de préfigurer les technologies et les métiers de demain : la mise en œuvre d'un dialogue social destiné à intégrer la réflexion et la veille en matière de besoins de formation (initiale et continue), de ressources humaines, de diffusion de la culture scientifique et technique y prend donc tout son sens.

PROPOSITION 7-1

Demander à chaque Commission paritaire nationale pour l'emploi et la formation professionnelle (CPNEEFP), ainsi qu'aux comités de filière mis en place par la Conférence nationale de l'industrie, d'examiner les conséquences possibles de la transition vers une économie sobre en carbone afin d'anticiper les besoins en qualifications, compétences et formation et les enjeux de reconversion, tant au plan qualitatif que quantitatif. Organiser ce même examen à l'échelle locale (en lien avec la déclinaison territoriale de la GPEC).

Commentaire : cet examen pourrait s'effectuer également au niveau des bassins d'emplois en s'inspirant de l'expérience des 33 maisons de l'emploi, voire leur être confié.

PROPOSITION 7-2

Encourager le dialogue social au sein des Pôles de compétitivité afin d'intégrer la réflexion et la veille en matière de besoins de formation (initiale et continue), de ressources humaines, de diffusion de la culture scientifique et technique.

PROPOSITION 7-3

Compte tenu des efforts à effectuer par tous les professionnels dans le cadre non seulement de la réhabilitation des logements existants mais aussi de la construction neuve, créer un comité sectoriel bâtiment destiné à examiner les volets formations initiale et continue, reconversion, accompagnement des salariés et des entreprises. Dans la perspective de la transition vers une société sobre en carbone, d'autres comités sectoriels devront vraisemblablement être mis en place, notamment dans l'agroalimentaire et l'industrie automobile.

PROPOSITION 7-4

Encourager et soutenir, grâce notamment au fonds social européen, la mise en place de contrats d'études prospective (sectorielles et/ou territoriales) par les partenaires sociaux pour diagnostiquer les besoins de recrutement ainsi que de formation et de qualification.

8. Développer des modes de financements innovants associant capital public et capital privé et utilisant le levier de la valeur carbone

Au plan international (promesse d'un financement Nord-Sud de 100 milliards de dollars par an d'ici 2020 faite au sommet de Copenhague) comme au plan national et européen, la question du financement des politiques climatiques constitue le nerf de la guerre. Cette question se pose aujourd'hui dans un contexte doublement pénalisant :

- la consolidation budgétaire prendra du temps du fait de l'ampleur des déficits publics au sein des pays développés et du doute qui a été introduit en Europe sur la qualité des dettes souveraines ;
- la réévaluation des risques par les acteurs économiques et financiers conduit à une très grande prudence dans les investissements nouveaux. Cette carence d'investissement est l'un des paramètres qui freinent la reprise et accroissent le risque de retombée dans la récession. Elle est très forte depuis deux ans dans un grand nombre de créneaux de l'économie sobre en carbone (chute des nouveaux projets MDP, réticence des investisseurs face aux fonds carbone, contraction des investissements dans les renouvelables, ...).

Les travaux du Comité ont mis en relief un certain nombre de mécanismes innovants mis en œuvre ou en phase de développement chez nos partenaires européens (chapitre 2). Ces mécanismes présentent généralement deux caractéristiques : ils mélangent le capital privé et le capital public avec l'idée que ce type de partenariat permet d'exercer un effet de levier vis-à-vis de l'argent public ; ils cherchent à utiliser la valeur future des économies d'énergie ou des émissions de carbone évitées pour des financements immédiats en prêt ou en fonds propres (mécanisme dit de « tiers-investisseur »).

Il est relativement aisé de tracer le schéma de tels mécanismes de financement sur le papier, mais bien plus difficile de les mettre en place à grande échelle car ils nécessitent un accord des différents partenaires sur le partage des risques. Dans le temps qui lui était imparti, le Comité n'a pu aller plus loin dans ces réflexions. Il lui semble néanmoins nécessaire que soient menées des études pour analyser sous quelles conditions pourraient être développé à grande échelle ce type d'instrument. L'intuition sous-jacente à ces instruments innovants est qu'une politique climatique durable entraînera à terme une valorisation élevée du carbone évité et qu'il doit être possible de capter dès aujourd'hui une partie de cette valorisation. Il s'agit de trouver les moyens adéquats pour transférer dans le temps cette valorisation future

PROPOSITION 8-1

Mettre en place un groupe de travail dont la mission sera d'étudier les conditions pratiques de développement à grande échelle de mécanismes financiers innovants combinant instruments publics, réorientation de l'épargne et appel aux ressources privées et utilisant le levier de la valeur carbone. L'objectif est d'accélérer la rénovation des logements, les investissements d'efficacité énergétique (notamment des petites entreprises) et de développer des projets industriels à la pointe de la technologie

9. Intégrer de façon efficace les objectifs de la politique climatique dans les politiques d'aménagement des espaces urbains et ruraux

Les travaux du Comité ont soulevé la question de la cohérence spatiale des trajectoires sectorielles. Concrètement, les collectivités territoriales seront amenées à jouer un rôle important, dans l'action face au changement climatique, notamment

dans la planification et l'usage des sols. En utilisant à bon escient les documents d'urbanisme (plan local d'urbanisme, schéma d'aménagement...) et les autorisations d'utilisation des sols, mais aussi au travers de leurs compétences d'aménagement foncier (aménagement urbain, aménagement rural, remembrement urbain et rural, opérations de rénovation et de protection...) les collectivités territoriales peuvent influencer de façon décisive sur l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Un usage des sols inattentif aux problèmes de trajets ou de liaison entre habitat et activité, un aménagement foncier inadéquat, une mauvaise localisation des équipements publics peuvent compromettre le succès d'autres politiques ou annihiler les effets attendus de normes plus contraignantes.

Si, depuis la loi Grenelle 2, les SCOT et les PLU « déterminent les conditions permettant d'assurer, dans le respect des objectifs du développement durable, réduction des émissions de gaz à effet de serre », il serait toutefois nécessaire de préciser que ces différents schémas et plans doivent être compatibles, dans leur domaine d'application, avec les objectifs de réduction des émissions retenus au niveau national.

Les collectivités territoriales doivent être amenées à revoir leurs documents d'urbanisme : il devient en effet urgent de mettre en oeuvre une véritable politique de préservation du foncier agricole en France, en se fixant comme objectif de réduire de moitié le rythme de consommation des terres agricoles d'ici 2020, dans l'esprit de l'exposé des motifs de la loi de juillet 2010 de modernisation de l'Agriculture et de la Pêche. Une politique du foncier agricole doit être globale. Il faut s'appuyer sur les mesures existantes, notamment celles qui s'appliquent à une échelle intercommunale comme les schémas de cohérence territoriale. Cette échelle semble la plus pertinente : elle permet en effet de prendre en compte à la fois les spécificités locales, tout en étant suffisamment large pour ne pas conduire à des actions trop éparpillées. La gestion foncière à l'échelon intercommunal doit donc être privilégiée.

PROPOSITION 9-1

Inscrire dans la loi une obligation de compatibilité des documents de planification urbaine (SCOT et PLU) avec les objectifs nationaux de lutte contre le changement climatique.

PROPOSITION 9-2

Mettre en oeuvre une véritable politique de préservation du foncier agricole en France en se fixant comme objectif de réduire de moitié le rythme de consommation des terres agricoles d'ici 2020 et en s'appuyant sur les SCOT et sur les PLU afin de rapidement contenir les tendances à l'artificialisation des sols et à l'étalement périurbain.

Quatre voies d'approfondissement

Ce rapport a exploré les voies d'un renforcement de l'action collective face au changement climatique dans un contexte économique et financier très contraint. En introduction, il rappelait combien l'environnement de crise économique rendait souhaitable la mise en œuvre de politiques climatiques stimulant rapidement la croissance économique et le progrès social. Les travaux du Comité ont identifié deux grandes séries de conditions pour y parvenir :

- étroitement associer l'action publique sur le changement climatique à une politique de l'offre couplant stratégies de développement de filières industrielles compétitives, renforcement de la recherche et développement et diffusion de l'innovation bas carbone dans le tissu économique ;
- crédibiliser le cadre de l'action publique, en rendant prévisible à long terme les objectifs fixés aux agents économiques et les incitations économiques qui les aideront à les atteindre, notamment grâce à une généralisation de la tarification du carbone dans l'économie.

La construction des scénarios sectoriels a analysé les ruptures de technologie et d'organisation nécessaires, secteur par secteur, pour atteindre les objectifs visés. Les évaluations économiques soulignent l'importance de la mise en œuvre d'instruments économiques puissants pour accélérer la transition vers l'économie sobre en carbone. Leur acceptabilité sociale est subordonnée à une double condition : maximiser les impacts positifs sur l'emploi et contrer les effets socialement régressifs de la tarification du carbone.

Il n'a cependant pas été possible d'approfondir tous les sujets passés en revue. Il subsiste ainsi de nombreux terrains d'étude à explorer ou approfondir. Quatre axes nous semblent requérir une attention prioritaire :

- les scénarios prospectifs présentés dans le rapport sont insuffisamment raccordés à des hypothèses d'ensemble concernant l'environnement économique et énergétique et les choix d'instruments de politiques climatiques mis en œuvre au plan national et européen. Un approfondissement de ces scénarios, en lien avec les autres exercices prospectifs conduits à l'horizon 2050 en Europe et en France, est donc souhaitable. Il permettrait à l'avenir de mieux évaluer *ex ante* les incidences des différents choix possibles pour l'action publique et de tester la sensibilité des scénarios à différents chocs en matière économique et énergétique ;

- l'analyse des coûts des scénarios de politiques climatiques est restée trop sommaire. Elle a été basée sur des modèles économiques qui ne savent pas décomposer ces coûts par catégorie économique homogène. Une investigation plus poussée devra distinguer au moins trois catégories économiques : les coûts d'investissement dont le montant doit être mis en regard des retours attendus ; les coûts d'apprentissage et de transition ; les coûts sociaux en terme d'emplois ou de niveau de vie. L'analyse devra de surcroît clairement identifier le partage de ces coûts entre finances publiques et secteur privé ;
- de l'approfondissement de la notion de coût on passe directement à la question des modes de financement et notamment des financements innovants. Le rapport a souligné combien l'extension d'une valeur carbone dans l'économie peut modifier les perspectives de financement, tant pour les pouvoirs publics que pour les acteurs privés. Dans cette optique, toute possibilité d'utiliser la valeur future du carbone comme levier pour élargir les financements actuels de la transition vers l'économie sobre en carbone devrait être utilisée. La concrétisation de tels mécanismes implique une analyse détaillée du partage des risques qui n'a pas pu être menée dans les délais impartis au Comité ;
- avec l'extension de la tarification du carbone, l'échelle des prix et des coûts relatifs au sein de l'économie va se déformer, avec un renchérissement des biens et services à forte empreinte carbone, en particulier les énergies d'origine fossile. Pour éviter les effets régressifs indésirables il faudra évaluer avec grande précision les impacts distributifs des politiques climatiques, ce qui exige beaucoup d'investigations nouvelles, compte tenu de la faiblesse de nos connaissances actuelles en la matière en France.

Si ces voies d'approfondissement retiennent l'attention, il faudra les conduire dans un cadre assurant la capitalisation des connaissances dans le temps et une bonne alimentation du débat public.

Bibliographie

AEE (2011), *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2009 and inventory report 2011*, Submission to the UNFCCC Secretariat, avril.

Aghion, P., Hemous D. and Veugelers R. (2009), *No green growth without innovation*, Bruegel Policy Brief 07

Aghion P., Cette G., Cohen E. et Lemoine M. (2011), *Crise et croissance : une stratégie pour la France*, Rapport du CAE, n° 100, La Documentation française, août.

AIE (2010), *Energy Technology Perspectives 2010*.

AIE (2010), *World energy outlook 2010*.

Bernard A. et Vielle M. (2008), « Évaluation du Paquet climat-énergie à l'aide du modèle GEMINI-E3 », Rapport au Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement.

BMU (2010), *Energiekonzept der Bundesregierung : Langfristige Strategie für die künftige Energieversorgung*, <http://www.bmu.de/energiekonzept/doc/46394.php>.

de Boissieu C. (2006), *Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050*, Rapport du groupe de travail pour le Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie et le Ministère de l'écologie et du développement durable ;

Centre d'analyse stratégique et DG Trésor (2011), *France 2030 : cinq scénarios de croissance*, mai, http://www.strategie.gouv.fr/article.php3?id_article=1425.

Centre d'analyse stratégique et Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des télécommunications (2011), *La voiture de demain : carburants et électricité*, rapport de la mission présidé par Jean Syrota, La Documentation française, août.

Chaire économie du climat (2011), *Climate Economics in progress 2011*, Trotignon R. (Auteur), Simonet G. (Auteur), Boutueil V. (Auteur), de Perthuis C. (Sous la direction de), Jouvét P.-A. (Sous la direction de), Collection Economica.

CEREN (2010), *Le gisement d'économie d'énergie dans les opérations transverses de l'industrie*.

CGDD (2010), *La mobilité des Français, panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008*, La Revue du CGDD, décembre.

CGDD (2011), *Bilan énergétique de la France pour 2010*, Références, juin.

CGDD (2011), *Les véhicules électriques en perspective : Analyse coûts-avantages et demande potentielle*, Etudes et documents, n° 41, mai.

CGDD (2011), *Rapport d'évaluation globale de l'avant projet consolidé de Schéma National des Infrastructures de Transport*, mars.

CGPC (2006), *Démarche prospective transports 2050*, mars.

Château B., Bagard V., Crozet Y. et Lopez-Ruiz H. PREDIT (2008), *De la modélisation à la prospective : ruptures et transitions dans les scénarios de mobilité durable (personnes et marchandises) à l'horizon 2050*, LET-ENERDATA.

CITEPA (2011), *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques - format CCNUCC*.

CITEPA (2011), *Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France (OMINEA)*, édition 2011.

Club de l'amélioration de l'habitat (2010), *Les Points sur le marché de l'amélioration de l'habitat : les résultats 2009 de l'observatoire OPEN*, Les éditions du Club, N° 15.

Commission européenne (2010), *Analysis of options to move beyond 20 % greenhouse gas emission reductions and assessing the risk of carbon leakage, Background information and analysis*, SEC(2010) 650, mai.

Commission européenne (2010), *Analysis of options to move beyond 20 % greenhouse gas emission reductions and assessing the risk of carbon leakage*,

Commission européenne (2010), *Progress towards achieving the Kyoto Objectives*, COM (2010) 569 final.

Commission européenne (2010), *Towards an enhanced market oversight framework for the EU Emissions Trading Scheme*,

Commission européenne (2011), *A roadmap for moving to a low carbon economy in 2050*.

Committee on Climate Change (2010), *The Fourth Carbon Budget : Reducing emissions through the 2020's*, décembre,

<http://www.theccc.org.uk/carbon-budgets/4th-carbon-budget-path-to-2030>.

Crassous R. *et al.* (2006), "Endogenous structural change and climate targets - Modeling experiments with Imaclim-R", *Energy Journal*, Vol. 27, pp.161-178.

DGEC (2010), *Scénarios énergie-climat-air 2020-2030*, Rapports finaux Enerdata, CITEPA, IFPEN.

DGEC (2011), *Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2010*.

EEA (2011), *Approximated EU GHG inventory: early estimates for 2010*, Technical report No 11/2011, <http://www.eea.europa.eu/publications/approximated-eu-ghg-inventory-2010>.

European Commission (2011), *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*, SEC(2011) 288 final.

Eurostat (2010), *Driving forces behind EU-27 greenhouse gas emissions over the decade 1999-2008*.

Fougeyrollas A, Le Mouël P., Zagamé P., Bossier F. et Thierry F. (2002), The NEMESIS model: new econometric model for environment and sustainable development implementation strategies ».

Glachant M., Dechezleprêtre A., Hascic I., Johnstone N., Ménière Y. (2011), *Invention and transfer of climate change mitigation technologies: A global analysis*, Review of Environmental Economics and Policy; 5(1), pp 109-130, doi: 10.1093/reep/req023.

Glachant M., Ménière Y. (2011), *Projects mechanisms and technology diffusion in climate policy*, Environmental and Resource Economics.

Glachant M., de la Tour A., Ménière Y. (2011), *Innovation and international technology transfer: The case of the Chinese photovoltaic industry*, Energy Policy 39.

Gollier C. (2001), *The Economics of Risk and Time*, MIT Press, Cambridge, MA.

Gollier C. (2011), *Le calcul du risqué dans les investissements publics*, rapports et documents, Centre d'analyse stratégique, La Documentation française.

Grenelle de l'environnement (2008), *COMOP 3 : Rénovation des bâtiments existants*.

Guérin E., Spencer T. (2011), *Strengthening the European Union Climate and Energy Package: to build a low carbon, competitive and energy secure European union*; IDDRI, STUDY N°04/11.

Guesnerie R. (2003), « Kyoto et l'économie de l'effet de serre », *Rapport du CAE*, n° 39, Paris, La Documentation française.

Guivarch C., Rozenberg J. (2011), *Is there a case for the EU to move beyond 20 % GHG emissions reduction by 2020?* CIRED, février.

Hotelling H. (1931), "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, Vol. 39, pp. 137-175.

Hubert T. et Vidalenc E. (2011), *Renewable Electricity in France: What Are the Potentials?*

IDDRI et Climate Strategies (2011), "Moving from 20 to 30 % emissions reduction by 2020?".

IIASA (2010), *Potentials and costs for mitigation of non-CO₂ greenhouse gas emissions in the European Union until 2030*, rapport pour la Commission européenne, DG Climate Action.

INRA (2008), « Projections d'émissions/absorptions de gaz à effet de serre dans les secteurs forêt et agriculture aux horizons 2010 et 2020 » ; Rapport pour le Ministère français en charge de l'agriculture coordonné par Stéphane De Cara et Alban Thomas.

IFN (2011), « Prélèvement de bois en forêt et production biologique : des estimations directes et compatibles », revue IF, n° 28.

IPCC (2007), *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*.

Jaeger C.C. *et al.* (2011), « A new growth path for Europe », Rapport au Ministère fédéral allemand de l'environnement, de la conservation de la nature et de la sécurité nucléaire.

JRC (2011), *Long-term trend in global CO₂ emissions*, European commission, octobre.

Klein C. et Simon O. (2010), « Le modèle MESANGE – nouvelle version réestimée en base 2000 », Document de travail de la Direction générale du Trésor et de la politique économique, numéro 2010/02.

Ministère du développement durable (2008), *Étude d'impact du projet de loi programme du Grenelle de l'Environnement*, octobre.

Ministère du développement durable (2009), Bilan des émissions de gaz à effet de serre de la France en 2008.

Nakano S. *et al.* (2009), *The measurement of CO₂ Embodiments in International Trade: Evidence from the Harmonised Input-Output and Bilateral Trade Database*, DSTI/DOC (2009) 3, OECD Working papers.

Négawatt (2011), Dossier de synthèse du scénario Négawatt.

Nordhaus W. (2007a), *The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy*, Yale University, avril.

Nordhaus W. (2007b), *The Stern Review of the Economics of Climate Change*, Mimeo, Yale University.

Nordhaus W. et Boyer R. (2000), *Warming the World: Economic Models of Climate Change*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

OCDE (2011), *Enhancing the cost-effectiveness of climate change mitigation policies in Sweden*, Economic Department Working Paper n° 841.

Pasquier J.-L. (2010), *Les comptes physiques de l'environnement, une base pour de nouveaux indicateurs sur l'interface économie-environnement. Le cas des émissions de CO₂ de la France*, dans Pappalardo M. (2010), « Les indicateurs de développement durable », *La Revue du CGDD*, pp. 75-83.

de Perthuis C., Ellerman A.D. et Convery F.J. (2010), *Le prix du carbone : Les enseignements du marché européen du CO₂*.

de Perthuis C. (2010), *Et pour quelques degrés de plus*, Pearson Education, Les Temps Changent, deuxième édition,

de Perthuis C., Elbeze J. (2011), *Vingt ans de taxation du carbone en Europe : les leçons de l'expérience*, Les Cahiers de la Chaire Economie du Climat, avril 2011.

Popp A., Lotze-Campen H. et Bodirsky B. (2010), *Food consumption, diet shifts and associated non-CO(2) greenhouse gases from agricultural production*, Global environmental change-human policy dimensions, Vol. 20, n° 3, pp. 451-462.

Postdam Institute for Climate Change (2011), *Energy taxes, resource taxes and quantity rationing for climate protection*, KEisenack K, Edenhofer O., Kalkuhl M. (November 2010), PIK report n° 120.

Postdam Institute for Climate Change (2011), *Adaptation to Climate Change in the Transport Sector: A Review*, Eisenack K., Stecker R., Reckien D., Hoffmann E. (Mai 2011), PIK report n° 122,

Prada M (2011), *La régulation des marchés du CO₂*, Rapport pour le ministère des finances, de l'économie et de l'Industrie.

Quinet A. (2008), *La valeur tutélaire du carbone*, Rapports et documents, La Documentation française, Centre d'analyse stratégique.

Réseau Action Climat France (2011), *Objectif climat – 30 % : le choix gagnant pour la France*.

Réseau Action Climat France (2011), *Étalement urbain et changements climatiques : état des lieux et propositions*

Reynes F., Yeddir-Tamsamani Y. et Callonnec G. (2011), « Presentation of the Three-Me model : multi-sector macroeconomic model for the evaluation of environmental and energy policy », Document de travail de l'OFCE, n° 2011-10.

Rocard M. (2009), *Rapport de la conférence des experts et de la table ronde sur la contribution Climat et Énergie*, Rapport remis au Premier ministre.

RTE (2011), *Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France*, octobre.

Sassi O. et al. (2010), *Imaclim-R: a modelling framework to simulate sustainable development pathways*, International Journal of Global Environmental Issues, vol. 10, n° 1-2, pp. 5-24.

Stern N. (2006), *The economics of climate change*, Rapport pour le Trésor du Royaume-Uni.

Syndex (2009), *Les dérèglements climatiques, les nouvelles politiques industrielles et les sorties de crise*, rapport pour la Confédération européenne des syndicats.

Syndex – Alpha (2010), *GPEC dans les secteurs de l'industrie et de l'énergie impactés par le Grenelle de l'environnement*, Rapport pour le ministère de l'environnement et du développement durable

Tirole J. (2009), *Politique climatique : une nouvelle architecture internationale*, Rapport du CAE, n°87, La Documentation française, octobre.


Traisnel J.-P., Joliton D., Laurent M.-H., Caffiaux S. et Mazzenga A. (2010), *Habitat Facteur 4, étude d'une réduction des émissions de CO₂ liées au confort thermique dans l'habitat à l'horizon 2050*, Les Cahiers du CLIP, N° 20, IDDRI.

UK Government (2011), *Carbon Plan*, mars.

UK Government (2011), *Planning our electric future, White paper*, 12 juillet
<http://www.decc.gov.uk/assets/decc/11/policy-legislation/EMR/2176-emr-white-paper.pdf>.

Union française de l'électricité (2011), *Électricité en France 2015–2030 – Scénarios et questions clés*.

COMPLÉMENTS

Complément 1
Propositions des différents
membres du Comité 

Liste des propositions des organismes par ordre alphabétique

Propositions de l'ADEME

Propositions de l'AFEP

Propositions d'ANCRE

Propositions de CDC Climat

Propositions de la CFDT

Propositions de la CFDT et de la CGT

Propositions de la FNSEA

Propositions du MEDEF

Propositions du RAC

Propositions de l'ADEME



Expérimentation fiscale locale (taxe carbone locale)

Objectifs

Les territoires (de l'infra communal au régional) peuvent être sources d'initiatives intéressantes, notamment dans un cadre d'expérimentation visant à être étendu ensuite (cas notamment où une CCE mettrait du temps à être mise en œuvre). Une taxe carbone locale peut ainsi avoir pour double objectif de lutter contre la précarité énergétique et d'inscrire le territoire dans l'atteinte du facteur 4.

Moyens

De la même manière que dans les lois Grenelle, des expérimentations ciblées ont été rendues possibles sur certains types d'actions (par exemple les ZAPA), l'ouverture du champ de l'expérimentation à des initiatives plus larges (et particulièrement fiscales) peut être enrichissante.

Référence

Travaux de recherche Lille Bas carbone (Université Catho Lille - E&E), Programme Repenser les villes dans une société post carbone, ADEME - Mission prospective du CGDD

Évaluation à l'aune du facteur 4 et de la production Enr des documents de planification urbaine (SCOT)

Objectifs

S'assurer que les documents d'urbanisme ayant une influence notable sur l'orientation de la ville ne proposent pas des projets urbains en contradiction avec les objectifs

climatiques. Évoluer vers un document stratégique unique (PCET/SCOT) à l'échelle des aires urbaines.

Moyens

Dans chaque réalisation et/ou actualisation de SCOT, une étude d'impact des politiques de développement proposées (impact GES associés aux nouvelles habitations, transports...) devra être réalisé. L'objectif est de s'assurer que l'orientation proposée dans le cadre de ces documents respectera l'atteinte du facteur 4 (ou l'atteinte d'objectif intermédiaire en cas de visée plus moyen terme, ex : 10 ou 20 ans pour un SCOT) et la déclinaison des objectifs EnR à une échelle locale.

Référence

Travaux de recherche Tours – Axe de progrès pour un SCOT Facteur 4 (AURT – Beauvais consultant), Programme repenser les villes dans une société post carbone, ADEME - Mission prospective du CGDD

Stratégies d'intervention différenciées par type de ménages

Objectifs

Si habituellement la politique publique intervient à travers l'utilisation d'outils homogènes destinés à tous les ménages, des stratégies d'intervention plus ciblées peuvent permettre d'avoir un impact plus fort (parce qu'intervenant sur des populations plus concernées selon leurs activités et impacts et parce que plus réceptives à ces interventions).

Dès lors que les empreintes carbone de certaines catégories, par exemple sur les transports, varient de 1 à 100, (et dans une moindre proportion de 1 à 9 sur le poste Habitat), penser toucher tous les ménages avec un outil unique semble illusoire. L'élasticité de leur demande au prix n'est en rien comparable.

Moyens

Le développement de stratégies d'intervention peut se concentrer prioritairement sur des catégories bien définies de ménages

- 1) qui sont aujourd'hui responsables d'un fort impact carbone dans un ou plusieurs des postes principaux et dont la part au sein de la segmentation de la société française a tendance à rester stable voire à se renforcer.
- 2) qui sont susceptibles de constituer des ménages porteurs pour l'émergence des scénarios verts sans et avec rupture. Ces ménages aux pratiques émergentes peuvent être considérés comme force accélératrice d'une nouvelle culture consommatrice en France. Les interventions proposées viseront alors à *encourager et renforcer* des tendances positives de modes de vie qui ont le potentiel de se diffuser vers d'autres types de ménages.

Référence

Travaux de recherche milieux urbains durable (EIFER – Sociovision), Programme repenser les villes dans une société post carbone, ADEME - Mission prospective du CGDD

Tiers financement, instrument du développement des investissements verts

Objectifs

Dans un contexte où les investissements vont plus naturellement vers l'économie « grise » (perçue comme plus rémunératrice et moins risqué) que vers l'économie « verte », le financement de l'environnement pose 3 problèmes principaux :

- mobiliser de la ressource financière en période de crise des liquidités et de pénurie d'argent public ;
- identifier l'outil de financement adapté à l'objet et au public visés, dans le contexte d'un surendettement généralisé ;
- s'adosser à un mécanisme de garantie pour rendre le financement vert aussi rentable, ou risqué, qu'un financement classique, dans un contexte où les prix ne reflètent pas la qualité environnementale des biens.

Ces éléments doivent être structurés dans un cadre qui se doit d'être simple, et sécurisé pour l'ensemble des intervenants.

Le modèle de tiers financement semble pouvoir répondre à ces enjeux. Notamment, il est adapté pour les publics qui ne peuvent, pour des questions financières ou de gouvernance, porter eux-mêmes les investissements nécessaires. On pense notamment aux ménages ou aux collectivités surendettés, aux copropriétés.

Le modèle peut convenir aux investissements dans le bâtiment, et à certains investissements dans le transport et les systèmes productifs.

Moyens

- le financeur apporte le financement a une structure qui porte l'investissement (syndicat de copropriété, SEM, collectivité, ESCO, autre...) ;
- le bénéficiaire final de l'investissement paye un loyer (ou charges fixes) à la structure portant l'investissement ;
- l'épargne publique (livrets nationaux ou locaux) apport les liquidités nécessaires au tiers financeurs ;
- la collectivité locale, l'État ou l'Europe porte un fonds de garantie pour pallier aux défauts de remboursement ;
- un contrat (type CPE) lie le bénéficiaire et l'investisseur, sur la performance de l'équipement fourni et l'usage ;
- la valorisation des CEE ou du CO₂ permet d'accélérer la rentabilité de l'opération.

Accélération de la contribution de la capture et du stockage de carbone

Objectifs

Accélérer significativement le déploiement de la filière CSC

Moyens

➤ *Nature des politiques de régulation*

La nature des politiques de régulation qui accompagneront le développement et le déploiement du CSC en France, en Europe et dans le monde est de nature à infléchir significativement le déploiement de la filière. Par exemple, des mécanismes réglementaires pourraient aller au-delà du cadre minimum imposé par la directive sur le stockage de CO₂ et ainsi accélérer le déploiement du CSC.

➤ *Architecture financière adaptée*

Afin d'encourager les acteurs privés à investir dans ces technologies, une architecture financière compatible avec les spécificités de la filière pourrait être mise en place. En effet, les coûts d'investissement pour le CSC, comme pour les énergies alternatives, sont élevés.

➤ *Partage de connaissances*

Afin de bénéficier des retours d'expérience et d'accélérer l'effet de série, les acteurs nationaux pourraient s'organiser pour partager les connaissances en respectant la protection de la propriété intellectuelle. Dans ce but et pour informer le public sur ces technologies, la Commission européenne a d'ailleurs déjà mis en place un réseau des démonstrateurs CSC.

Que ce soit au niveau de la recherche ou de la mise en pratique de technologies éprouvées, la dynamique autour du CSC en France doit pouvoir s'appuyer sur des réseaux d'acteurs organisés, ce qui pourrait amorcer la structuration des filières. La levée des verrous technologiques en sera d'autant plus accélérée (ex : la maîtrise des impacts environnementaux et sanitaires des substances annexes au CO₂ passe par la caractérisation et la quantification des substances sur toute la chaîne).

➤ *Analyse du tissu industriel français*

Afin de développer une offre compétitive française sur le CSC, tous les acteurs sont à mobiliser, les grands groupes, mais également les PME, tant sociétés de services que de technologies. Vu la proximité avec le secteur du pétrole, le tissu existant d'entreprises pourrait être analysé afin de voir dans quelle mesure les compétences existantes peuvent être utilisées dans le CSCV.

➤ **Formation**

La filière CSCV ne pourra également exister que si une formation de haut niveau offrant des opportunités à l'international se développe. Des centres de formation d'excellence (LMD¹ ou IUT, écoles d'ingénieurs, formations continues) doivent être des lieux d'échange stratégiques pour la formation d'ingénieurs français et étrangers, assurant ainsi la pérennité du savoir-faire français en CSCV.

(1) LMD : licence, master, doctorat.

Propositions de l'AFEP

1. Les entreprises membres de l'AFEP souhaitent rappeler tout d'abord les éléments de contexte qui apparaissent structurants pour les travaux du Comité

- Les principaux pays développés sont marqués par un contexte de **crise économique** depuis plusieurs années et qui semble devoir se prolonger ; dans ce contexte, la France doit faire face à des tensions très fortes pesant sur les finances publiques.
- Les principaux pays développés hors Union européenne (UE) **refusent de s'engager** dans une 2^{ème} période du protocole de Kyoto et ne souhaitent pas non plus un accord international contraignant à l'horizon 2020 et au-delà ; les grands pays émergents apparaissent également peu ouverts à un tel accord.
- L'offre conditionnelle de l'UE de renforcer l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de – 20 % entre 1990 et 2020 à – 30 % en cas d'accord international sur la base d'engagements comparables, **n'a pas eu l'effet d'entraînement envisagé** par les pouvoirs publics communautaires à l'égard des autres pays émetteurs.
- Il convient de noter que la France devrait faire **mieux que son objectif** (0 % entre 1990 et 2010) dans le cadre du protocole de Kyoto pour la période 2008-2012, mais en partie à cause de la crise. Elle **réduirait ses émissions de GES de 23 % à l'horizon 2020** par rapport à 1990 si tous les objectifs fixés par les lois « Grenelle de l'environnement » sont atteints, en particulier si les mesures de financement prévues sont mises en œuvre jusqu'en 2020. Avec les mesures déjà engagées, la tendance est une baisse des émissions de 16 % entre 1990 et 2020.
- Il convient de rappeler que depuis 1990, le secteur industriel a déjà accompli un **effort significatif** de réduction des émissions de GES.

2. Certaines caractéristiques essentielles de la directive « quotas » (ETS) méritent d'être soulignées

- La directive ETS a été conçue dès le départ pour responsabiliser les entreprises sur la base de leurs **émissions de GES en valeur absolue** ; cette orientation a été confirmée dans le cadre du paquet climat énergie.

- Le système de quotas européen a été choisi avant tout comme un instrument fondé sur **une limitation par les quantités** et **non comme un outil visant une certitude sur les prix** de chaque quota d'émission de GES. Ce choix a été opéré car il était en phase avec les engagements internationaux exprimés également en valeur absolue et qu'il permettait, au niveau communautaire, une adoption dans des délais raisonnables par co-décision alors qu'une taxe aurait nécessité une adoption à l'unanimité, renvoyant le projet à une échéance lointaine.
- Les entreprises ont indiqué depuis le début du processus de construction de la directive ETS, le fait que cet instrument n'était pas construit pour stimuler systématiquement les investissements avec un prix constant du quota, **puisque le système de quota dépend du niveau d'activité**. Les entreprises avaient alors fait part de leur intérêt pour un système reposant sur une amélioration des **émissions spécifiques**, indépendamment du niveau d'activité mais cette proposition n'a pas été validée au niveau communautaire.
- Dans la période actuelle de crise, il apparaît important de **ne pas chercher à faire jouer au système de quotas le rôle de garant à la fois sur les quantités et sur les prix**. Avec la crise, le prix des quotas a baissé car les émissions ont été réduites, ce qui correspond bien à l'objectif initial de l'outil. Pour stimuler les investissements même en période de faible activité, il importe d'agir en recourant à d'autres outils complémentaires d'ETS (ex : stimulation du renouvellement de l'offre avec de nouvelles technologies, soutien à l'investissement en assouplissant les règles européennes sur les aides d'État en faveur de l'environnement et de l'énergie).
- Par ailleurs, la sauvegarde de l'ETS dépend de la **stabilité des règles** notamment dans le cas d'une possible évolution plus favorable du niveau d'activité d'ici 2020. Il convient de :
 - maintenir le niveau d'objectif actuel (- 21 % entre 2005 et 2020) qui est déjà très exigeant (les industriels sous benchmarks devraient acquérir des quotas à hauteur d'environ un tiers de leurs besoins) ;
 - conserver les règles prévues sur les enchères, notamment du point de vue des quantités de quotas ;
 - et d'assurer la poursuite du « *banking* » d'une période à l'autre.

Il y a **déjà beaucoup d'incertitudes** dans les règles telles que prévues notamment avec l'actualisation de la liste des entreprises soumises à fuite de carbone au 31 décembre 2014, ou un manque de règles (régulation du marché), ou le développement de fraudes, ce qui risque de retarder ou dissuader des décisions d'investissements sur le territoire de l'Union européenne.

3. Les orientations de l'AFEP

Aspects internationaux et communautaires

- **Maintenir les objectifs communautaires et internationaux tels qu'ils ont déjà été formulés** et mis en œuvre notamment dans le cadre de la directive ETS (- 21 % entre 2005 et 2020) et de la décision effort *sharing* (pour la France, - 14 % entre 2005 et 2020 pour les émissions nationales hors ETS). Il est important de

rappeler que les décisions d'investissement de nombreuses grandes entreprises industrielles et énergétiques à l'horizon 2020 sont déjà prises ou en passe d'être prises. Ces entreprises ne pourront pas ajuster leurs décisions préparées longtemps à l'avance pour atteindre l'objectif de 20 %. Certaines évaluations présentées lors des exercices de simulation dans le cadre de l'exercice « trajectoire carbone » laissent entendre la nécessité de multiplier par 7 les investissements pour atteindre un objectif de - 30 % en 2020 et **soulignent le caractère irréaliste** d'un relèvement brusque de l'objectif à ce niveau.

- À l'échelon international, privilégier la **conclusion d'un accord international** avec l'ensemble des principaux pays émetteurs **le plus tôt possible** ; éviter une 2^{ème} période du protocole de Kyoto où l'Union européenne serait quasiment seule car cela risquerait de différer jusqu'au terme de cette 2^{ème} période la mise en œuvre de l'accord international attendu ; poursuivre le recours aux actuels mécanismes de flexibilité sans nouvelle période du protocole, ce qui est jugé réalisable par différents juristes.
- **S'agissant de la directive ETS :**
 - L'AFEP souhaite que le revenu des enchères généré à partir de 2013 (environ 1,2 milliard d'euros/an jusqu'en 2020 pour la France), puisse être **utilisé prioritairement en vue d'actions de R&D et d'innovation** permettant de stimuler l'identification des ruptures technologiques, en complément des actions déjà engagées à ce stade par les pouvoirs publics français (investissements d'avenir, crédit d'impôt recherche...) ; l'Association rappelle que le gouvernement allemand s'est engagé à utiliser au moins 50 % de ses revenus d'enchères pour financer les mesures de R&D et d'innovation en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables dans un contexte où le revenu des enchères devrait être triple du revenu français.
 - Les entreprises considèrent essentiel que ces revenus exceptionnels puissent être également utilisés pour **financer l'établissement de filières industrielles et énergétiques performantes** sur le territoire national afin de favoriser la création d'emplois de long terme permettant de mettre au point et de commercialiser les solutions à même d'atteindre le « facteur 4 » en 2050 en France. Une attention particulière devra être consacrée aux **dispositions communautaires relatives aux aides d'État** afin de permettre des niveaux d'aides comparables à ceux mis en place dans des pays concurrents hors de l'UE, mais en assurant une harmonisation suffisante entre États membres. L'AFEP rappelle qu'elle aurait préféré à cet égard que le revenu des enchères soit **communautarisé** pour permettre une utilisation coordonnée de ces revenus en faveur de la R&D, sans risque de qualification d'aides d'Etat. L'Association salue à cet égard le financement communautaire direct du programme « **NER 300** » à partir de revenus associés à une partie des quotas, prélevée sur la réserve communautaire « nouveaux entrants ». Un tel programme pourrait utilement être mis en œuvre **pour d'autres technologies** à partir d'un financement communautaire.
 - Mettre en place une **structure de concertation** ouverte aux acteurs économiques, entre autres, concernant l'utilisation du revenu des enchères, l'avancement des programmes de R&D et d'innovation, et la mise en place des nouvelles filières énergétiques et industrielles.

- Afin de stimuler les réductions d'émission dans les secteurs diffus hors ETS, l'établissement des **lignes directrices en faveur de crédits issus des projets domestiques**, mentionnées dans l'article 24 bis de la directive ETS révisée, **devrait être mis à l'ordre du jour dès maintenant** par la Commission européenne.
- À l'occasion des travaux engagés en ce moment par la Commission européenne dans le cadre de la révision des directives sur les marchés d'instruments financiers et sur les abus de marché, il apparaît indispensable de **mettre en place sans tarder à l'échelon communautaire une régulation efficace du marché des quotas**, notamment pour les quotas échangés au comptant qui doivent conserver leur spécificité et ne pas être qualifiés d'instruments financiers.
- Il apparaît utile de **débuter les travaux communautaires post 2020 sur le système ETS et sur les réductions hors ETS** concernant l'évolution des plafonds de quotas aux horizons 2030 et 2040, la mise en place de périodes d'application plus longues (au moins 10 ans) afin d'apporter la visibilité nécessaire pour déclencher des décisions d'investissement de moyen et long termes, et la communautarisation du revenu des enchères.

Aspects nationaux

- Les entreprises sont ouvertes pour identifier **toute mesure nationale** visant à réduire les émissions de gaz à effet d'ici à 2020, en vue de l'horizon 2050 puis au-delà, et permettant :
 - d'**accroître la compétitivité** des entreprises françaises ;
 - d'**améliorer la balance commerciale** de la France ;
 - de **ne pas accentuer les dépenses publiques** tout en maintenant les programmes publics de stimulation de la R&D et de l'innovation déjà engagés (« investissements d'avenir », crédit d'impôt recherche) ;
 - de **privilégier le meilleur rapport coût/efficacité** en matière de réduction des émissions de GES et de la consommation énergétique ;
 - de **stimuler la création d'emplois** ;
 - et de **prendre en compte un rythme réaliste de mise en œuvre des investissements**.
- Dans ce contexte des **efforts devraient être prioritairement engagés dans le secteur diffus hors ETS**, et en particulier dans le domaine des bâtiments, puis des transports, en assurant tout d'abord la bonne mise en œuvre et le financement des mesures déjà prévues au titre de la loi Grenelle 2, jusqu'en 2020 et au-delà.
 - La mise en place d'une **contribution climat-énergie non superposée au système ETS** – dans la logique adoptée à la fois par le projet gouvernemental finalement censuré en décembre 2009 par le Conseil constitutionnel et par l'actuel projet de révision de la directive taxation de l'énergie – **apparaît une mesure pertinente à condition** que les revenus issus de cette taxe en provenance des acteurs économiques et des ménages soient réutilisés pour aboutir à **une baisse au moins équivalente des charges pesant sur le travail et permettent de traiter les situations de précarité énergétique**.

- Une telle mesure devrait également s'accompagner, notamment pour le secteur des bâtiments, par une **formation** des professionnels et une plus grande sensibilisation du public.

Conclusion

- L'AFEP considère indispensable **que la politique de lutte contre le changement climatique soit conçue comme une partie d'un projet plus vaste** qui intègre la R&D, l'innovation, la mise en place de filières industrielles délivrant des produits performants notamment sur le plan énergétique et environnemental, et la création de nouveaux emplois. C'est la mise au point d'une telle politique qui devrait être la motivation principale des pouvoirs publics et des acteurs économiques, l'objectif de réduction de émissions à l'horizon 2050 à l'échelon national étant une conséquence des efforts accomplis.

Propositions d'ANCRE



L'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie fédère les principaux acteurs de la recherche dans les énergies décarbonées. Elle propose ici des mesures qui devraient contribuer fortement à atteindre les objectifs français et européens de 2020 et 2050, en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

1. Investir les montants des mises aux enchères des futurs marchés de quotas d'émissions de GES dans la R&D énergétique

La dérégulation des marchés induits très généralement une baisse de la R&D des entreprises du secteur dérégulé. L'optimum économique doit alors être recherché par un investissement supérieur des États. L'énergie est un des principaux secteurs qui ont été graduellement dérégulés à partir des années 90. Malgré le lancement d'actions d'envergure par les États, le taux de R&D énergétique en Europe a baissé.

Par ailleurs, les préoccupations environnementales et climatiques ont cru très fortement au cours des années 90 et 2000 et ont donné lieu à des engagements politiques très forts. Ceux-ci pourront être tenus en partie via des changements de comportement ou des modifications de nos modes de vie (ville, transport, bâtiment) à technologie inchangée. Mais une part considérable des enjeux est de nature technologique et ce challenge ne pourra être relevé que via une R&D redynamisée. De surcroît, des approches modélisées montrent que ce type d'investissement (dans la recherche) peut être économiquement rentable.

Pour ces deux raisons, il apparaît que l'effort actuel de R&D énergétique est encore notablement insuffisant.

L'ANCRE propose donc qu'une part importante des montants des mises aux enchères des futurs marchés de quotas d'émissions de GES (3^{ème} phase) soit investie dans la R&D énergétique.

2. Mettre en place des incitations fiscales pour permettre le développement des biocarburants de seconde génération (et au-delà)

Un des enjeux particulièrement fort est la baisse des émissions de GES du secteur des transports.

Outre les progrès des moteurs et des véhicules, outre l'introduction graduelle des véhicules électriques (à base d'électricité décarbonée), l'introduction de carburants à faibles émissions est une solution prometteuse. La première génération de biocarburants marque une étape significative. Mais tous les acteurs s'accordent aujourd'hui sur l'intérêt d'aller rapidement vers la seconde génération, capable notamment d'utiliser la totalité de la biomasse (dont les tiges des végétaux non généralement commercialisées et la biomasse issue des résidus forestiers). L'économie de ces filières apparaît actuellement fragile et cette situation constitue un frein à leur développement.

L'ANCRE propose donc que des mesures économiques nouvelles¹ et fortes soient mises en place pour accompagner le développement de ces filières de seconde génération, au-delà du dispositif actuel. Des mesures particulières devraient en particulier être prises pour le kérosène avion (qui n'est pas assujéti à des taxes spécifiques et constitue un des enjeux forts de la politique de lutte contre les émissions de GES en Europe).

Ces aides devraient être mises en place tout spécialement pour les démonstrateurs et premières usines de seconde génération, avec ensuite un effet dégressif. Les pistes à étudier sont, par exemple, une aide d'un montant fixe par litre de biocarburant produit, et/ou une obligation d'incorporation spécifique aux biocarburants produits par voie thermochimique et enzymatique.

Dans la suite, une réflexion de même nature sur la 3^{ème} génération, qui sera soumise aux mêmes contraintes, devrait être menée.

3. Mettre en place des incitations financières pour favoriser les technologies de captage et stockage du CO₂ (CCS) et de valorisation du CO₂

L'Agence internationale de l'énergie considère que le CCS devrait avoir une contribution équivalente à celle des énergies renouvelables pour satisfaire la réduction par un facteur 2 à l'échelle mondiale.

Le déploiement de ces technologies impose une réduction des coûts et une meilleure acceptabilité sociétale. La réalisation de démonstrateurs vise à atteindre ces objectifs et à préparer les technologies de deuxième génération. Le surcoût de ces démonstrateurs est aujourd'hui élevé et nécessite la mise en place d'aides financières adaptées.

(1) En prenant en compte le retour d'expérience des aides et incitations de la première génération.

La valorisation du CO₂ constitue aussi une voie qui doit être poursuivie en parallèle. Les verrous sont nombreux, de nature scientifique, technologique et économique. Cette voie apparaît complémentaire du CCS.

Propositions de CDC Climat



Impacts macroéconomiques et outils d'accompagnement Quels mécanismes de projets internationaux demain ?

1. En 15 ans, près de 4 000 projets

- Les mécanismes de projet sont des mécanismes qui permettent à un acteur soumis à un objectif de réduction d'émission d'atteindre une partie de cet objectif en investissant dans un projet réducteur d'émissions. Trois concepts essentiels : le caractère « additionnel » des réductions d'émissions, le « scénario de référence », et la vérification par un tiers.
- Dans la mise en œuvre du Protocole de Kyoto, les mécanismes de projets, connus sous le nom de Mécanisme de développement propre (MDP) et de Mise en œuvre conjointe (MOC), jouent un rôle essentiel en complément des plafonds d'émissions que se sont imposés les pays de l'annexe 1. Avec près de 4 000 projets enregistrés à ce jour et d'autres en cours de développement, ces mécanismes ont prouvé leur utilité pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et mobiliser les investissements nécessaires.

2. Un retour d'expérience utile pour améliorer les mécanismes de projet

- Les mécanismes de projet marchent. *Donner à l'oral deux exemples : Sud et Nord. Luzerniers et un projet au Maroc ?*
- Au niveau macro, ils permettent de réduire les coûts liés à la réduction des émissions, en donnant aux acteurs économiques soumis à un objectif de réduction de la flexibilité, et en leur permettant d'aller chercher les réductions d'émissions les moins coûteuses dans l'espace mais aussi dans le temps.

- Ils permettent aux pouvoirs publics d'obtenir des informations sur les techniques de réductions d'émissions, les secteurs où celles-ci peuvent se faire, et contribuent à révéler les coûts. Ceci peut contribuer à la mise en place progressive de politiques sectorielles.
- Ils fournissent une option « *second best* » pour équilibrer l'incitation carbone entre les secteurs soumis et non-soumis à l'ETS, après la solution de l'inclusion dans l'ETS qui n'est pas toujours possible pour des raisons politiques ou techniques.
- Ces mécanismes sont souvent perçus comme étant complexes à mettre en œuvre, mais la mise en œuvre peut être simplifiée et les coûts associés réduits : agrégation des projets en grappes ou programmes, vérification par échantillonnage, niveaux de référence standardisés, etc.
- Ils permettent de mobiliser du financement privé au service de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et donc de ne pas engager des financements publics devenus très rares.
- Ils complètent et bonifient de fait les flux d'investissement traditionnels (fonds propres et dette par exemple) et facilitent ainsi l'investissement dans des technologies, modes d'exploitation ou organisations à faible contenu carbone.
- Ils peuvent également favoriser l'investissement « domestique » dans le cas de projets mis en œuvre sur le territoire national, et ainsi favoriser toutes les composantes du développement territorial tout en contribuant à réduire les émissions européennes pour des projets hors EU ETS.
- La répartition géographique des projets dans le cadre du protocole de Kyoto s'est faite à l'avantage des pays bénéficiant d'institutions stables et fortes, favorisant l'investissement.

3. Une source de financement privé en cours de tarissement

- Les flux d'investissements vers des projets faiblement carbonés pourraient toutefois être remis en cause, dans les pays en développement comme dans les pays développés, en l'absence de cadre international clair après 2012.
- Du côté de l'offre, au niveau international, les « nouveaux mécanismes » en gestation, qui permettront notamment de répondre aux engagements de financement international des pays développés, ne seront selon toute vraisemblance pas opérationnels avant plusieurs années.
- Du côté de la demande, il est aujourd'hui quasiment certain que les négociations climatiques n'aboutiront pas à temps pour assurer une continuité des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre après 2012. Par ailleurs le marché européen n'acceptera plus de crédits de projets enregistrés après 2012, à l'exception de ceux issus des pays les moins avancés. Dans ces pays, le montage financier des projets peut s'avérer ardu, et dans la pratique le nombre de projets qui pourront être menés à bien sera limité tant par le nombre que par la taille. Une

telle restriction limiterait de facto l'intérêt des mécanismes de projet pour les porteurs de projets et les investisseurs.

4. Trois propositions pour l'avenir des mécanismes de projet

- **Proposition 1 : Lors de la conférence de Durban, se prononcer et décider de la poursuite des mécanismes de projet du protocole de Kyoto**
 - Pour éviter un recul de la lutte contre le changement climatique, il semble donc essentiel de confirmer que les mécanismes de projet peuvent continuer à délivrer des crédits après 2012. Dans le cas du MDP, la génération de crédits pourrait se faire sans échéance de fin (ou avec une échéance 2020) ; dans le cas de la MOC, elle pourrait se poursuivre au moins jusqu'à 2015, échéance ultime de mise en conformité des pays dans le cadre de la première période d'engagement du protocole de Kyoto.
 - Une telle continuité permettrait de bénéficier d'un temps supplémentaire précieux pour mettre en place les deux propositions suivantes.
- **Proposition 2 : Négocier des accords bilatéraux avec des États ou des blocs régionaux**
 - Afin d'assurer que les réductions d'émissions auront une valeur sur les marchés, tout particulièrement dans le marché européen qui est le marché prépondérant, il est essentiel que l'Union européenne donne un signal clair sur les crédits qu'elle entend autoriser au sein de l'ETS à l'avenir, notamment au travers de conventions bilatérales avec des pays tiers tel que prévu par l'article 11 bis de la Directive « Quotas ».
 - Il semble dans ce cadre utile de favoriser en premier lieu les accords bilatéraux avec deux types de pays :
 - a) ceux mettant en place des objectifs de réductions sur leurs industriels (Corée, Nouvelle-Zélande, Australie, *Western Climate Initiative*), ces objectifs de réductions pourraient être adossés au développement de mécanismes de projets sur les secteurs non couverts dans ces pays ;
 - b) les pays de la rive Sud de la Méditerranée, en cohérence avec la politique étrangère de l'UE dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée, avec le soutien souhaité aux nouvelles démocraties, ou encore avec une politique industrielle tournée vers l'exportation de technologies permettant une croissance verte.
 - Il semble également utile de rechercher des accords sectoriels visant à préparer, dans un deuxième temps, l'entrée dans des mécanismes avec des objectifs de réduction. L'expérience acquise par l'Europe avec certains types de projets domestiques – notamment émissions industrielles de N₂O – sur la phase II de l'EU ETS (2008-2012) qui permet un atterrissage en douceur lors de la mise sous contrainte en phase III (2012-2020) est un acquis qu'il convient d'exploiter en vue d'attirer les entreprises et les États, au premier rang desquels les grands pays émergents.

- S'il existe des arguments compréhensibles pour interdire les crédits issus de grands pays émergents si ceux-ci ne s'engagent pas sur des objectifs de réduction de leurs émissions, l'acceptation de crédits issus de pays intermédiaires concilierait la volonté de l'UE de conserver son rôle de premier plan dans la lutte contre le changement climatique, et la nécessité de restreindre la quantité de crédits pouvant être acceptés dans le marché européen. De surcroît, les pays intermédiaires disposent souvent d'une infrastructure administrative suffisamment robuste pour garantir la qualité des projets. En tout état de cause, le statu quo signifierait une restriction aux seuls Pays les moins avancés, qui ne serait pas souhaitable. La fin brutale de ce mécanisme de coopération prometteur ne serait pas comprise par beaucoup des pays intermédiaires
 - Enfin, les accords bilatéraux mis en place par l'Europe pourraient permettre d'expérimenter les futurs « nouveaux mécanismes » envisagés dans le cadre des négociations internationales, qui peinent à se mettre en place opérationnellement. En cas d'expérimentation fructueuse, l'Union européenne ferait au processus multilatéral un apport considérable. Pour maximiser les chances de succès, il conviendrait de favoriser les approches programmatiques, plus à même d'assurer une transition vers les nouveaux mécanismes, en particulier sectoriels.
 - La mise en place de tels accords bilatéraux devra se faire de façon transparente en ce qui concerne le « monitoring, reporting et vérification » des réductions d'émissions, afin d'assurer l'intégrité environnementale du mécanisme. À ce titre, il conviendra de veiller à ne pas comptabiliser la même réduction d'émissions à la fois au titre des engagements de l'UE et au titre des engagements du ou des pays bénéficiaires de l'accord bilatéral.
- **Proposition 3 : Mettre en place un mécanisme de projets « domestiques » à l'échelle européenne pour contribuer à réduire les émissions de l'Union européenne.**
- Le système d'échange de quotas européens, pour sa troisième phase, couvre moins de la moitié des émissions européennes. Une part significative des émissions reste en dehors de ce cadre et n'est pas non plus couverte par des réglementations européennes ou nationales. La mise en place d'un système de projets « domestiques » à l'échelle européenne, telle que prévu par l'article 24 bis de la Directive « Quotas », donnerait une incitation à réduire les émissions sur le territoire européen, hors ETS, même après la disparition de la MOC, contribuant ainsi à l'atteinte des objectifs européens.
 - Un tel mécanisme, mis en place avec une ambition suffisante, permettrait donner un prix aux émissions de gaz à effet de serre hors ETS, et faire ainsi un lien entre ETS et hors ETS. Il pourrait donc contribuer à financer des projets, programmes, ou politiques sectorielles rémunérant la performance environnementale dans les secteurs non couverts par l'ETS, par exemple auprès des collectivités territoriales dans le secteur agricole. Ce dernier secteur a déjà fait ses preuves dans le cadre 2008-2012 de la Mise en œuvre conjointe (MOC), de sa capacité à promouvoir et mettre en œuvre des projets significatifs et pertinents, notamment grâce à la capacité fédératrice des coopératives. De surcroît, ses organisations professionnelles tout comme le Ministère de tutelle ont fait part de leur intérêt pour ce nouveau mécanisme.

- Un mécanisme de projets « domestiques » permettrait par ailleurs d'apporter la flexibilité nécessaire aux industries couvertes par l'ETS, mais également aux États membres qui ont des objectifs de réduction des émissions, établissant un second lien entre ETS et hors ETS. Les réglementations exigeantes ne sont pas forcément un obstacle aux mécanismes de projet. Au contraire, elles peuvent constituer des scénarios de référence très utiles pour les projets : si un porteur de projet veut aller plus loin qu'une réglementation existante, les réductions d'émissions additionnelles peuvent être créditées.
- La mise en place d'un tel mécanisme pourrait enfin permettre de renforcer les mécanismes de cohésion intra-européens, en apportant des financements supplémentaires.
- La mise en place d'un tel mécanisme de projets « domestiques » devra, comme pour les accords bilatéraux, se faire de façon transparente en ce qui concerne le « monitoring, reporting et vérification » des réductions d'émissions, afin d'assurer l'intégrité environnementale du mécanisme. À ce titre, il conviendra de veiller à ne pas comptabiliser la même réduction d'émissions à la fois au titre des engagements du pays hôte du projet « domestique » et des engagements de l'utilisateur final du crédit généré par le projet (industriel ou État membre).

Propositions de la CFDT



La CFDT accueille favorablement l'idée de travailler sur la trajectoire vers une économie décarbonée. Cependant, elle souligne deux points importants à prendre en compte par le groupe :

- **les trois piliers du développement durable sont indissociables** (économique, social et environnemental) et constituent la base de la stratégie de développement : on ne peut utiliser seulement l'économie verte (ou le verdissement) pour parvenir à décarboner l'économie ;
- la réduction du recours aux énergies fossiles doit s'accompagner de **la réduction de la consommation des autres matières premières et de la biodiversité** : la surconsommation de biodiversité peut s'avérer un frein à la réduction des GES en cas d'atteinte irréversible, par exemple.

Notre contribution au Groupe traite trois questions : l'objectif intermédiaire de réduction des GES, la contribution climat énergie et son recyclage, les transitions professionnelles.

1. Quel objectif intermédiaire de réduction des GES

Certaines estimations présentées au groupe de travail montrent que les mesures du Grenelle mises en œuvre suffiraient à atteindre – 20 % en 2020.

Les objectifs du Grenelle étaient sur trois piliers : – 20 % de consommation énergétique, – 20 % d'émissions de GES, 20 % d'ENR. **Pour la CFDT, les mesures du Grenelle ajournées** (comme la contribution climat énergie, la taxe kilométrique poids lourds, le bonus malus sur les véhicules propres) **ou rognées** (comme le crédit d'impôt pour amélioration écologique de l'habitat et le soutien financier pour augmenter la part des ENR) **remettent en cause l'atteinte de ces trois objectifs**. Dans ces conditions, il n'est pas pensable d'atteindre – 20 % de GES grâce au Grenelle seul (voir notamment l'évaluation de l'autorité environnementale sur le projet de SNIT). Au pire, nous pourrions les atteindre « *grâce* » à la crise économique, ce qui n'est guère souhaitable.

De plus, comme souligné dans le groupe, la trajectoire 20 % nécessite un ajustement plus brutal du prix du carbone après 2020, alors que la trajectoire 25 % est plus linéaire (par exemple, le prix du carbone trajectoire 20 % dépasse celui des trajectoires 25 et 30 % en 2046). Cela oblige à un changement de paradigme économique, social et environnemental plus rapide d'aller au-delà de 20 %.

La CFDT souhaite que la trajectoire soit supérieure à - 20 % de GES en 2020, alors que nous n'atteignons pas les - 20 % dans la trajectoire actuelle.

2. La contribution climat énergie et son « recyclage »

Le recyclage de la taxe a surtout été analysé sous forme de baisse de cotisations sociales et de soutien à la R&D pour la part entreprise. Ces éléments apportent un accroissement du PIB et de l'emploi, au contraire d'une baisse des deux indicateurs sans recyclage des recettes de la taxe. Il faut souligner que la Suède qui a mis en place une taxe carbone en 1991 a en échange allégé la fiscalité sur le travail et diminué la pression fiscale de l'impôt sur le revenu sur les basses tranches mais n'a pas instauré de chèque vert ou compensation spécifique aux ménages. D'autres pays vont instaurer une taxe carbone (Australie) tandis que d'autres y réfléchissent (Chine, Inde, Afrique du Sud).

La question de la fiscalité écologique, malgré l'échec de la taxe carbone, reste posée dans notre pays. C'est sans aucun doute par le biais de la réforme générale des prélèvements obligatoires que le sujet doit être abordé. L'affectation de la ressource peut concerner les aides aux investissements pour les économies d'énergie (ex. isolation des logements), l'acquisition de produits à faible consommation (voitures, électroménager), les subventions en faveur des renouvelables, l'accès aux nouvelles technologies pour le plus grand nombre, etc.

La CFDT soutient l'idée d'une contribution climat énergie sur la consommation de toutes les formes d'énergies. Elle souhaite que ses recettes soient exclusivement utilisées pour aider à la transition vers une économie décarbonée, tant sur les ménages que sur les entreprises.

Envisager le financement d'une baisse des cotisations sociales par la contribution climat énergie nous pose problème : cela revient à changer profondément le financement de la protection sociale, qui devient moins gagé sur des cotisations affectées et plus fiscalisé via l'État (avec tous les problèmes liés au reversement par l'État vers les régimes de Sécurité sociale). Il paraît peu opportun de réaliser un financement de la protection sociale par un outil de transition énergétique comme la contribution climat énergie pour la CFDT. La mise en œuvre de la contribution climat énergie doit s'accompagner d'une réforme fiscale de plus grande ampleur, qui doit aussi s'intéresser à l'assiette du financement de la protection sociale. Dans ce cadre, une piste intéressante consisterait à basculer une partie des cotisations sociales pesant sur le travail vers d'autres sources fiscales aux assiettes plus larges (comme la CSG), en ce qui concerne la famille, c'est-à-dire les prestations sociales universelles non contributives.

Dans le document « Approche de la compétitivité française » signé par CGPME, MEDEF, UPA et CFDT, CFTC et CFE-CGC, on indique qu'« il ne s'agit pas

évidemment de remettre en cause la protection sociale, mais de réfléchir aux moyens de substituer d'autres sources de financement à une partie des prélèvements reposant actuellement sur les salaires ». De plus, nous pensons qu'il faut prendre en compte l'instabilité potentielle des recettes (la contribution serait amenée à voire ses recettes se réduire dès 2046 d'après les modèles) avec des possibilités d'ajustement de taux ou d'élargissement de l'assiette (CH₄, biodiversité...).

Sur le recyclage de la contribution climat énergie

- sur les ménages : il faudrait certainement mixer une aide à l'énergie des plus pauvres accompagnée d'une **allocation forfaitaire inverse du revenu fiscal de référence**, ou d'une aide plus forte à l'adaptation (isolation du bâtiment, changement de véhicule moins polluant...);
- sur les entreprises : une partie du recyclage peut passer par **davantage d'aide à la R&D**. Mais on ne peut saturer les entreprises d'aides en ce domaine. Nous pourrions proposer que les aides aux entreprises soient vues sous l'angle des financements et **aides à l'amélioration thermique** de leurs bâtiments ou de leur flotte de véhicules. Un autre outil pourrait tourner autour d'une baisse de TVA... ;
- mais il faut ajouter une réflexion sur l'outillage de diagnostic conseil nécessaire tant en direction des ménages que des entreprises sinon l'efficacité attendue ne sera pas là et l'effet d'aubaine en embuscade. Sans doute une extension des moyens/missions des points InfoEnergie de l'ADEME peut être utile.

3. La transition des salariés et des entreprises

Conjointement avec la CGT, nous avons présenté des propositions afin d'améliorer les transitions professionnelles dans le cadre de la trajectoire vers une économie décarbonée.

Plusieurs points ont été identifiés :

- **renforcer les Pôles de compétitivité** en les orientant vers des Pôles de développement durable, en élargissant leur gouvernance (dialogue social, CESER), en évaluant et encadrant les aides diffusées aux entreprises et en instaurant de la RSE dans la chaîne de production et entre donneurs d'ordre ;
- **renforcer le dialogue social à tous niveaux**, notamment dans les entreprises en reconnaissant le droit des représentants du personnel à intervenir et peser sur les choix stratégiques des entreprises, d'interroger les choix de gestion et d'avoir un regard sur les investissements. Au niveau des professions et branches, il est important et urgent de mettre à l'ordre du jour des discussions paritaires les conséquences de la mutation vers une économie bas carbone sur les activités et les métiers (ainsi qu'à l'Agenda social 2012) ;
- **développer une politique industrielle en France et en Europe** permettant de structurer les filières, engager des efforts de R&D dans les secteurs en lien avec le DD et le bas carbone (énergie, bâtiments, transports) en s'appuyant sur les résultats du Grenelle et du Paquet climat-énergie européen. Encadrer les transferts de technologie vers les pays émergents ;
- **assurer la formation des salariés dans la transition en repérant les compétences et qualifications nécessaires**, construisant des filières de

formation, rendant attractifs ces secteurs. Les politiques de reconversion des salariés dans les secteurs industriels susceptibles d'être restructurés doit être mobilisées, par le biais de diagnostics des compétences des salariés et la négociation de plans de reconversion ;

- **accompagner les salariés et les entreprises dans la transition** est indispensable, à l'aide du conseil aux entreprises et le **bilan d'étape professionnelle** pour chaque salarié. **Des plateformes interprofessionnelles territoriales** pourraient être envisagées et l'expérience de l'ADEME dans les maisons de l'emploi évaluée ;
- **des comités sectoriels doivent être mis en place par les partenaires sociaux** avec l'aide de l'État et des régions pour construire des plans d'action emplois compétences négociés dans les secteurs en lien avec l'économie décarbonée (sur le modèle de ceux construits sur la VAS, les IAA ou les centres de relation clientèle) ;
- **des contrats d'étude prospective** sur les secteurs doivent être construits avec les partenaires sociaux pour analyser les perspectives sectorielles et territoriales.

La CFDT ajoute quelques éléments de conteste :

- **l'accès aux financements**, notamment des TPE et PME dans le cadre de la transition pose la question des synergies voir les coopérations nécessaires entre les banques et le tissu d'entreprises ;
- **l'attractivité des territoires** dépend de leur capacité à initier des dynamiques vers une économie bas carbone qui sous-entend un investissement sur les moyens et les orientations de la formation initiale et professionnelle, ainsi que sur les nouvelles technologies. Un territoire devrait aussi être le lieu de capitalisation de tous les bilans carbone des implantations de son territoire et par secteur ;
- **la mobilisation de l'épargne des citoyens** pour des projets structurants (transports, énergie...) peut être sollicitée dans des conditions sécurisées à inventer (livrer LDD nouvelle formule, finance carbone et rôle de l'investissement socialement responsable).

Propositions de la CFDT et de la CGT



Plan global

1. Éléments de contexte
2. Le rôle des Pôles de compétitivité
3. Le rôle du dialogue social
4. Le rôle de la politique industrielle renouvelée
5. Les transitions des salariés (et des entreprises)

1. Éléments de contexte :

■ L'étude Syndex Alpha

- Différentes études ont montré des effets emplois non négligeables de la mutation vers une économie « développement durable ».
- L'étendue des secteurs impacté ne se limite pas aux secteurs pourvoyeurs d'emplois dits « verts ».
- Le changement de modèle de croissance ouvre des potentialités, mais induit aussi le déclassement de certaines activités et l'évolution des besoins de recrutement et des besoins en compétences et qualifications.
 - **Gérer la transition suppose donc : une politique industrielle, la sécurisation des parcours professionnels, l'encouragement et l'articulation du dialogue social à tous niveaux.**

■ La GPEC dans l'étude Syndex Alpha

- **Rendre attractif les métiers** (bâtiment, chimie, métallurgie) : enjeux de statut des salariés.
- **Assurer la transférabilité des compétences** entre secteurs d'un même territoire (notamment dans les clusters, pôles de compétitivité) et structurer les filières industrielles (notamment avec le travail engagé par la CNI).
- **Développer les approches prospectives** territoriales et sectorielles à l'image des CEP en France (contrats d'étude prospective).
- **Développer des outils d'observation** des évolutions tels les observatoires des métiers.

■ Apports de l'étude du COE sur la formation initiale

- **Vers une mise à jour dynamique des référentiels de formation**
Plusieurs filières estiment que les processus de mise à jour des formations au sein des Commissions professionnelles consultatives (CPC) ne sont pas assez rapides. Or, sauf exception, il ne s'agit pas de créer de nouvelles formations, mais de « verdir » les formations existantes. Le plus souvent, ce travail est déjà entamé, mais le processus reste trop long.
- **L'implication de l'Éducation nationale** est nécessaire. L'enjeu est aussi celui de la formation des enseignants.

■ Apports de l'étude du COE sur la formation continue

- **Systématiser des travaux prospectifs dans tous les observatoires des métiers et des qualifications** mis en place par les branches professionnelles.
- **Mettre en place des comités stratégiques** comme celui du *Plan Bâtiment* pour effectuer un suivi.
- **Faire évoluer l'offre de formation** en organisant la formation de formateurs.
- **Assurer une adaptation rapide de l'offre de formation continue** publique et privée aux nouveaux besoins en compétences.
- **Labelliser l'offre de formation** qui doit répondre à des critères de qualité.
- **Développer des formations courtes**, lorsque les salariés doivent seulement acquérir une compétence nouvelle dans le cadre de leur métier.
- **Faciliter et anticiper**, dans l'organisation et le financement de la formation professionnelle, des **formations longues**, en particulier pour la reconversion des salariés dont les métiers vont disparaître.
- **Développer les dispositifs de validation des acquis de l'expérience (VAE).**

2. Le rôle des Pôles de compétitivité :

■ Vers des Pôles de développement DD

- Les pôles définissent aujourd'hui de nouveaux champs d'activité souvent en lien avec le DD.
- Ils sont à la pointe des activités futures et des nouvelles technologies (donc des emplois associés) et concentrent une bonne part des programmes publics de recherche.
- Leur gouvernance intègre rarement les partenaires sociaux :
 - **encourager le dialogue social au niveau de Pôles** permettrait d'intégrer la réflexion et la veille en matière de besoins de formation (initiale et continue), de ressources humaines, de diffusion de la culture scientifique et technique.
 - **le lien avec les CESER est à privilégier.**
- Leur faire promouvoir des partenariats concrets avec l'ensemble des industries de base et les réseaux de service sur les territoires comme volets majeurs de développement de l'emploi.
- Conditionner clairement les aides et financements publics et contrôler leur usage.
- Responsabiliser socialement et environnementalement l'ensemble de la chaîne de production et des donneurs d'ordre (RSE).
- Leur fixer des objectifs de développement l'emploi, des compétences humaines, des niveaux de qualification, des conditions de travail et des statuts de salariés.

3. Le rôle du dialogue social :

■ Une vraie démocratie sociale

- Organiser un véritable dialogue social sur les territoires comme élément de gouvernance
- Reconnaître le droit des représentants des salariés :
 - d'intervenir et peser sur les choix stratégiques des entreprises ;
 - d'interroger et contester les choix de gestion ;
 - d'avoir un regard sur les investissements et l'usage des fonds publics.
- Donner des moyens et droits nécessaires aux salariés pour ces nouvelles prérogatives.

■ Le niveau des professions

Pour anticiper les besoins en qualifications, compétences et formation et les enjeux de reconversion, tant au plan qualitatif que quantitatif :

- **Mettre à l'ordre du jour des discussions paritaires**, dans chacune des branches concernées, **l'examen des conséquences possibles de la mutation DD sur les activités et métiers**.
- Inviter chaque confédération, patronale ou syndicale à interpellier ses fédérations professionnelles, afin que les négociateurs concernés prennent en charge ces dossiers essentiels, tant pour les entreprises que pour les salariés actuels ou futurs.
- En France, le cadre idéal apparaît d'abord au niveau des Commissions paritaires nationales pour l'emploi et la formation professionnelle (CPNEFP), en parallèle des déclinaisons territoriales.
- Dans les secteurs où ils existent, les **Comités de filières** mis en place par la Conférence nationale de l'industrie (CNI) **peuvent être consultés**.

4. Une politique industrielle :

■ En France et en Europe, assise sur les enjeux DD

La politique industrielle (PI) doit reposer sur un État stratège, facilitateur et cofinanceur des projets de R&D. Une PI en France et en Europe assise sur le DD passe aussi par la nécessité de :

- **Structurer et reconnaître les filières** comme outils de mise en cohérence et de solidarité entre unités de production, responsabiliser les donneurs d'ordre et toutes les chaînes de sous-traitance.
- **Penser les circuits courts** comme outils de réduction des GES.
- **Valoriser les ressources en emplois et qualifications** dans la politique industrielle.
- **Engager des efforts de R&D conséquents** dans les secteurs porteurs en relation avec le DD (énergie, bâtiment, transports) en s'appuyant sur les choix du Grenelle et de la politique énergétique (Paquet climat énergie).
- **Soutenir financièrement les entreprises industrielles et les PMI dans la transition**.

■ Face aux transferts de technologie

- Les transferts de technologie vers les émergents et les pays moins avancés sont nécessaires pour leur permettre un développement durable.
- Ils sont aussi un **facteur de solidarité** important dans le cadre des accords internationaux.

- **Ils nécessitent des règles et un encadrement** pour éviter les risques de délocalisation et de dumping.
- D'une façon générale, la France doit confirmer son soutien à une transition socialement juste et un travail décent pour tous.
→ **Le rôle de la France paraît important dans l'optique de Durban.**

5. La transition pour les salariés et les entreprises :

■ Le rôle de la formation

Investir en formation initiale et continue sur les secteurs industriels existants et en particulier sur les secteurs porteurs. Il s'agit de :

- **Repérer les compétences et qualifications nécessaires** dans ces secteurs.
- **Construire les filières de formation** correspondant à ces secteurs porteurs à tous les niveaux de formation.
- **Rendre attractif ces secteurs**, en travaillant tant sur la **visibilité** concrète des métiers existants et émergents que sur les **conditions d'exercice** de ces métiers.

■ La reconversion

- **Travailler sur les politiques de reconversion** des salariés des secteurs industriels susceptibles de connaître une baisse de leurs effectifs, voire une disparition de leur activité.
- **Établir des diagnostics globaux des compétences et savoirs faire acquis par les salariés concernés et de mettre en place des outils permettant de mettre en évidence les compétences et savoirs faire utilisables dans d'autres secteurs industriels.**
- Il s'agira ensuite de **négoier des plans de reconversion** en conséquence.

■ L'accompagnement

- Travailler à la construction de **dispositifs d'accompagnement et de conseil des salariés et des entreprises (surtout TPE-PME).**
- La mise en place du **bilan d'étape professionnel** doit offrir à chaque salarié dans les cinq ans une vision de ses compétences actuelles.
- **Chaque entreprise doit donner à chacun de ses salariés une vision de ses perspectives d'emploi.**
- Des **plateformes interprofessionnelles territoriales** pourraient être chargées de ce travail d'information et de conseil.

■ Des comités sectoriels

- **Des « Comités sectoriels » doivent associer les partenaires sociaux.**

Ils auraient la responsabilité de décliner sur leur champ les mesures nécessaires au développement de ces politiques et à l'accompagnement social de ces mutations. *Des chantiers sectoriels ouverts en décembre 2008 ont permis la signature de conventions ou chartes nationales entre l'État et les partenaires sociaux, voire les Régions (ex : VAD, IAA, centre de relation clientèle...) qui construisent des plans d'action « emploi-compétence » négociés :*

→ de tels processus devraient couvrir l'ensemble des champs sectoriels.
- **Ces politiques sectorielles doivent se faire impérativement par la négociation d'accords collectifs interprofessionnels, sectoriels ou de branche en respectant les critères suivants :**

→ démarche partagée, priorisation des actions et des bénéficiaires, contribution à la sécurisation des parcours professionnels et à la sauvegarde de l'emploi, pilotage de la politique sectorielle associant les partenaires sociaux, évaluation de l'efficacité de la politique sectorielle à court et moyen terme.

■ Les contrats d'étude prospective

- Le dialogue social pourrait utiliser des soutiens financiers européens à la réalisation d'**études prospectives sectorielles et/ou territoriales** pour diagnostiquer les besoins de recrutements et analyser les évolutions des besoins de formation et de qualification. Par ex, dans le cadre du Fonds social européen (FSE).
- **L'appropriation des résultats de ces études implique une initiative et un diagnostic conjoints entre les partenaires sociaux.**
- Les partenaires sociaux doivent être invités à une **mobilisation conjointe des études prospectives par voies d'accord négocié** pour anticiper les transitions professionnelles liées aux mutations économiques et aux évolutions des cadres normatifs, en matière d'efficience énergétique ou de lutte contre le réchauffement climatique et la perte de biodiversité :
 - **améliorer la mobilisation d'outils comme le Contrat d'étude prospective (CEP)** du dispositif Engagements de développement de l'emploi et des compétences (EDEC) ;
 - **améliorer l'information** relative aux dispositifs d'appui à la prospective dans les branches et les territoires.



L'agriculture, un lien étroit avec le changement climatique

1. Des enjeux majeurs pour l'agriculture

Les agriculteurs doivent répondre à des enjeux majeurs :

- la production de denrées alimentaires (priorité) et de biens non alimentaires ;
- le gain en efficacité énergétique dans un contexte de raretés des ressources et de changements climatiques.

L'agriculture française doit contribuer à satisfaire la demande alimentaire mondiale en forte augmentation. Face à la situation actuelle, avec un million de personnes sous-alimentées et dans la perspective de 9 milliards d'habitants en 2050, l'augmentation de la productivité du secteur agricole est indispensable. Les exploitations doivent évoluer en produisant plus et mieux tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et en restant compétitives. Le défi est difficile à relever mais les agriculteurs et leurs partenaires s'y emploient depuis de nombreuses années.

Compte tenu de l'épuisement annoncé des ressources énergétiques, le secteur agricole a aussi plus que jamais un rôle à jouer dans ce domaine. Acteurs dans l'économie d'énergie notamment au travers des certificats d'économies d'énergies (CEE) et des plans de performance énergétique (PPE), les agriculteurs sont aussi producteurs d'énergies renouvelables (méthanisation, photovoltaïque, biomasse avec les biocarburants et autres valorisations, ...). S'ajoute aussi l'enjeu plus large des éco-innovations (biomatériaux, chimie du végétal, ...). L'agriculture contribue ainsi à apporter la matière première utilisée dans d'autres secteurs d'activité (ex : transport, bâtiment, santé, ...).

2. L'engagement des agriculteurs

Les agriculteurs sont parmi les premiers impactés par le changement climatique. Selon les zones de production, les agriculteurs devront s'adapter de façons adéquates aux changements inéluctables du climat. Certaines variations trop fortes de températures ou de pluviométrie peuvent avoir des conséquences catastrophiques sur les productions agricoles. Ils sont donc les premiers à souhaiter protéger leurs moyens de productions (ex : la terre, l'eau, les innovations technologiques, ...). La FNSEA s'est beaucoup impliquée dans les travaux du Grenelle de l'Environnement et plus récemment en 2010 pour l'élaboration du plan national d'adaptation au changement climatique. L'adaptation et l'atténuation sont indissociables. C'est pour cette raison que la profession agricole s'engage aussi depuis de nombreuses années à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Pour le secteur agricole français, les émissions de CH₄ et de N₂O représentent l'essentiel des gaz à effet de serre. Leurs émissions de gaz à effet de serre ont baissé de 11 % entre 1990 et 2009. Les agriculteurs s'investissent au quotidien dans le développement durable mais sont confrontés à de nombreuses obligations (biodiversité, qualité de l'eau, protection des sols, ...). L'approche doit être globale. Les changements de pratiques ou toutes évolutions nécessitent des études d'impact car de mauvaises orientations pourraient conduire à des situations irréversibles et pénalisantes pour la compétitivité des entreprises agricoles.

3. L'agriculture : une des solutions à la réduction des émissions des GES

L'agriculture participe naturellement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. La biomasse, les prairies, les végétaux par la diversité des assolements, sont des puits de carbone. Ainsi, la protection des terres agricoles contre l'artificialisation des sols doit être une priorité.

L'agriculture constitue aussi une source d'émission de carbone qu'elle cherche à réduire depuis de nombreuses années. Des travaux de recherche existent pour agir sur ces deux leviers : stockage du carbone/réduction des émissions. Les productions agricoles découlent d'un savoir faire nécessitant d'appliquer des techniques adaptées pour les optimiser et permettre aux structures de se pérenniser. Les modifications de pratiques nécessitent du temps et souvent des investissements importants.

4. Une approche multi-critères indispensable

Les différences régionales et locales sont marquées en France. Selon les zones de production, les pratiques agricoles sont différentes puisque adaptées aux variétés climatiques, géologiques, économiques,... Par exemple, la gestion des itinéraires culturaux et fourragers sont différents, les relations avec le sujet de l'eau également, ce qui nécessite d'en tenir compte pour engager des évolutions cohérentes et efficaces.

Concomitamment à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, les exploitants agricoles doivent répondre aux réglementations nationales, européennes et mondiales

sur de nombreux sujets fondamentaux (eau, air, biodiversité,...). Il est indispensable de veiller à une cohérence sectorielle de tous ces enjeux et d'éviter les lourdeurs administratives afin de permettre aux agriculteurs de concilier compétitivité économique et performance environnementale.

NOS PROPOSITIONS

1. Pistes de travaux engagés par la profession agricole

Sous la présidence de la première Vice-présidente de la FNSEA, Christiane Lambert, la FNSEA a mobilisé ses Associations spécialisées par production et a réuni les Organisations professionnelles agricoles (OPA) : APCA, Coop de France, JA, ACTA, FN CUMA à plusieurs reprises afin de réfléchir aux pistes d'atténuations envisageables pour les productions agricoles. Sous condition de transitions et de financements adaptés, la profession agricole pourrait contribuer à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre de la façon suivante :

- dans les exploitations agricoles :
 - valorisation du diagnostic énergétique global des exploitations ;
 - mise en place de mécanismes de projets domestiques via la finance carbone ;
 - réduction des consommations et des émissions issues du fioul des tracteurs ;
 - développement de l'agroforesterie et valorisation des haies bocagères ;
- au niveau de l'élevage :
 - approfondissement des travaux de recherche sur les différents modes de conduite (alimentation, fertilisation, pratiques agricoles) et sur la sélection génétique ;
 - optimiser la diffusion des travaux obtenus par la recherche fondamentale et appliquée ;
- au niveau des énergies renouvelables et des éco-innovations :
 - contribution de l'agriculture aux filières industrielles stratégiques de la croissance verte ;
 - biocarburants ;
 - méthanisation, photovoltaïque.

(Cf. Résumé de ces contributions dans une fiche annexe à celle des contributions de la FNSEA).

2. Les mécanismes de projet en agriculture

Les mécanismes de projets domestiques existent depuis peu de temps en agriculture. La FNSEA souhaite étudier la pertinence de ce nouvel outil pour l'agriculture qui consiste à accompagner les changements de pratiques agricoles par la vente de crédits sur le marché du carbone.

3. Un besoin d'accompagner les changements

Pour répondre aux multiples enjeux, il est nécessaire de développer la productivité en intégrant les trois piliers du développement durable (économique, environnemental, social).

D'autres actions sont aussi nécessaires :

- Soutenir les travaux de recherche existants et permettre leur poursuite dans les cas où la profession agricole s'est organisée pour disposer de réseaux de références ;
- Accompagner les nouveaux projets de recherche et développement ;
- Apporter une aide aux investissements pour permettre aux entreprises de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre tout en restant compétitives ;
- Permettre à l'agriculture d'améliorer l'efficacité énergétique des entreprises en :
 - optimisant le financement attribué au plan de performance énergétique ;
 - augmentant le nombre de certificats d'économie d'énergie validés par arrêtés ministériels ;
 - mettant en place des règles claires, stables, cohérentes et durables pour les projets d'énergies renouvelables et des tarifs permettant d'être compétitifs ;
- Conjuguer information, formation et communication :
 - sensibiliser et former les agriculteurs ;
 - sensibiliser et informer le grand public.
- Maintenir les mesures fiscales existantes et encourager d'autres mesures en faveur de l'atténuation des émissions de GES.

Les efforts supplémentaires de réduction des GES réalisés par les autres secteurs grâce aux solutions offertes par l'agriculture (biomatériaux, bioproduits,...) devront être comptabilisés dans son secteur d'origine : l'agriculture.

La FNSEA souhaite que des mesures incitatives soient proposées aux agriculteurs afin qu'ils puissent poursuivre leur contribution à la réduction des émissions des gaz à effet de serre tout en maintenant la compétitivité de leurs entreprises. Pour cela, les leviers sont les suivants :

- accroître les travaux de recherche fondamentale et appliquée visant à atténuer les émissions des gaz à effet de serre du secteur et vulgariser les connaissances actuelles : optimisation de la gestion de l'azote (alimentation animale, fertilisation, gestion des effluents), génétique animale et végétale, pratiques des agriculteurs,... ;
- étudier la pertinence des mécanismes volontaires de projets domestiques afin d'accompagner les changements de pratiques agricoles par la vente de crédits sur le marché du carbone ;
- favoriser les mesures allant dans le sens des économies d'énergies (plan de performance énergétique, diagnostic énergétique, certificats d'économies d'énergies,

itinéraires techniques à bas niveau d'intrants...) et de la production d'énergies renouvelables ou de bio-matériaux et bio-produits ;

- protéger les terres agricoles de l'artificialisation des sols afin de maintenir le potentiel de stockage. Améliorer la connaissance et les références en terme de stockage du carbone (comptabilisation des puits, pratiques à recommander aux agriculteurs).

ANNEXE

Résumé des contributions apportées par la Profession agricole (Fiche annexe à la contribution de la FNSEA)

Dans le cadre du Comité « Trajectoire 2020-2050, vers une économie sobre en carbone », la FNSEA a réuni ses partenaires de la profession agricole afin de réfléchir aux contributions potentielles de l'Agriculture pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Les Organisations professionnelles agricoles (JA, APCA, Coop de France, FN CUMA et FNSEA), certaines Associations spécialisées de la FNSEA (FNB, FNP, AGPB, AGPM, CGB, FOP) et des Instituts de recherche appliquée (ICTA, ACTA, IDELE, ...) ou finalisée (INRA), ont mis en avant des pistes visant à contribuer aux atténuations des émissions des gaz à effet de serre dans le secteur agricole. Voici les résumés des propositions envisagées :

Contribution n° 1

Rédacteur : APCA

Valorisation du diagnostic énergétique global des exploitations agricoles

Le diagnostic énergétique global permet à l'agriculteur d'analyser finement ses consommations d'énergie et émissions de GES, de cerner ses marges de progrès, puis de construire un plan d'amélioration pour son système de production. C'est un outil puissant pour l'accompagnement du changement, par la modification des pratiques, l'intégration d'équipements économes et la production d'énergie renouvelable. Le coût élevé du diagnostic (autour de 1 000 €) est un frein à sa réalisation, qui peut être levé par le maintien d'une subvention (PPE) et/ou la valorisation de ses engagements à améliorer ses pratiques (CEE, crédits carbone). Un projet, mené conjointement par l'APCA, le MAAPRAT et EDF, pour rendre éligible le diagnostic au dispositif CEE est d'ailleurs en cours d'étude par les services du MEDDTL.

Contribution n° 2

Rédacteur : Coop de France

Générer des économies significatives en agriculture et forêt de manière volontaire via la finance carbone

Plutôt qu'une taxation sur le contenu carbone des produits, les démarches volontaires permises par les dispositifs de la finance carbone sont une véritable voie de progrès pour les entreprises, notamment dans le milieu agricole, secteur diffus mais fortement organisé et rattaché au territoire. Par exemple, l'agrégation de crédits carbone par les coopératives a prouvé son efficacité dans la phase d'expérimentation des projets

domestiques en France et de nombreuses nouvelles pistes de projets sont à l'étude actuellement, notamment en fertilisation et en élevage (secteur d'activité encore sous-exploité : gestion des déjections, alimentation animale,...).

- Prolonger le dispositif des projets domestiques après 2012 : la France doit demander à la Commission européenne d'activer l'article 24.a de la directive ETS.
- Favoriser le *bottom-up* pour le choix de moyens de réduction d'émissions de GES, un système d'agrégation par les acteurs économiques et l'approche programmatique, maintenir l'accompagnement au développement de méthodologies (ingénierie).
- Prendre en compte le stockage du carbone en agriculture et forêt : faciliter le développement de projets de compensation volontaire.
- Soutenir les travaux en cours sur les outils de mesure et méthodes d'inventaires territoriaux.

Contribution n° 3

Rédacteur : APCA

Contributeurs : Chambres d'agriculture, FNCUMA, Membres du Réseau mixte technologique agroéquipement et énergie

Réduction des consommations et émissions issues du fioul des tracteurs

L'agrandissement des structures et l'allongement des temps de transport conjugués à la hausse des puissances des machines et la baisse de leur temps d'utilisation sont autant de facteurs qui pourraient rendre difficile la diminution de la consommation de fioul sur les exploitations françaises. Pour y parvenir, il est nécessaire de poursuivre les actions de sensibilisation, de formation et de conseil déjà engagées, d'améliorer les connaissances systémiques et développer des outils d'aide à la décision accessibles aux agriculteurs, et d'inventer de nouveaux types de mécanisation et systèmes agricoles économes en énergie répondant aux besoins des agriculteurs. Ces actions nécessitent des incitations financières (aides, CEE) et la mise en œuvre de projets de R&D mutli-partenariaux, à l'exemple du RMT agroéquipement et énergie.

Contribution n° 4

Rédacteur : APCA

Contributeurs : Chambres d'agriculture, AGROOF

Développement de l'agroforesterie et valorisation des haies bocagères

Le stockage de carbone dans la biomasse et dans les sols est une fonction essentielle des agro-écosystèmes, qui peut contribuer à l'atténuation des émissions d'autres secteurs. L'agroforesterie et les haies bocagères ont un potentiel important de stockage de carbone, respectivement 2 t C/ha/an et 0,1 t C/100 ml/an, tout en permettant à l'agriculteur de capitaliser dans du bois d'œuvre ou bois-énergie, d'améliorer la dynamique agronomique de ses productions et d'accroître les

externalités écologiques de ses parcelles. Du court terme vers le long terme, les actions à mener se situent sur l'information et la sensibilisation des agriculteurs et techniciens, l'accompagnement des collectivités dans la mise en place de plans de gestion des arbres et haies ainsi que de projets d'approvisionnement local, l'accentuation des efforts de recherche et de transfert d'innovation sur l'adaptabilité des systèmes agroforestiers aux différentes filières et régions agricoles. Ces actions en seront possibles qu'avec des aides financières pérennes pour la plantation d'arbres (ex MAEt), des aides aux collectivités territoriales et à la structuration de filières locales, la mise en place de mécanisme de compensation carbone pour les projets agroforestiers.

Contribution n° 5

Rédacteur : ACTA, IDELE

Contribution des travaux de recherche sur les différents modes de conduite (alimentation, fertilisation, pratiques agricoles)

Le Réseau d'élevage pour le conseil et la prospective (RECP) existe depuis 1991 et a été confié à l'Institut de l'élevage (IDELE). Avec près de 30 ans de connaissances accumulées et d'évolutions régulières, ce réseau a mis au point une organisation efficace du partenariat, de la gestion des données mais aussi du développement des compétences des ingénieurs « réseau ». C'est aujourd'hui un réseau important, qui assure un suivi pluriannuel d'un échantillon de 1 420 exploitations réparties entre les filières bovines viande (450) et lait (400), ovines viande (380) et lait (60) et caprine (130). En 2007, il a été étendu à la filière équine (150 suivis) et aux élevages des départements d'outre-mer (200 suivis toutes filières confondues). Le suivi des exploitations est assuré par un ensemble d'ingénieurs « réseau », prenant chacun en charge de 8 à 25 élevages.

Certaines études consistent à conduire un travail qui permette de disposer au sein des structures de développement d'une capacité de production de référentiels agro écologiques portant sur les GES et couplés avec les pratiques agronomiques et zootechniques en usage.

Le Réseau d'élevage est actuellement financé par France agri mer qui tend à se désengager. Or, ce réseau constitue une richesse (temps long – série complète – connaissance des systèmes de productions et d'exploitation) au moment où les critères qui permettent de cerner la durabilité se diversifient tant en conception et en gestion qu'en évaluation de systèmes en place (ici dans leurs contributions aux émissions de GES). Comme pour ECOPHYTO, il est proposé de conforter ce réseau de fermes d'élevage pré existant dont les gestionnaires auront mandat avec les moyens afférents de produire des recommandations et du conseil qui intègrent cette problématique d'émissions des GES. Le réseau doit s'approprier cette problématique par des formations/sensibilisations.

Il est essentiel de s'appuyer sur ce réseau pour appréhender les relations entre pratiques d'élevage et émissions de GES à l'échelle de l'atelier, de l'exploitation et du groupe d'exploitations.

Contribution n° 6

Rédacteur : Réseau ACTA en partenariat avec l'INRA

Synthèse des études engagées par les Instituts de recherche sur le thème de la réduction des émissions des GES

Il s'agit de mieux exploiter les pistes explorées par la recherche pour atteindre les objectifs de réduction : identifier les travaux des chercheurs (approche internationale et pluridisciplinaire) et en faire une lecture opérationnelle (protocole à déployer et résultats à transposer). Il s'agit aussi d'interpeller les chercheurs sur les données et les techniques qui font défaut pour réduire les émissions de GES sans pour autant réduire la production ou la marge (notion d'acceptabilité).

Les travaux récents de l'INRA sur les scénarios d'évolution d'émissions des GES nous indiquent qu'à techniques et pratiques de production inchangées, une réduction significative des émissions d'origine agricole n'est possible que si la production agricole diminue. Ce qui est peu compatible avec les projections démographiques. Le besoin de recherche est donc important pour dégager de nouvelles perspectives de réductions des émissions.

En amont, il est essentiel de constituer un portail des connaissances sur les émissions de GES au service des acteurs du développement et pas seulement des communautés scientifiques.

Contribution n° 7

Rédacteur : Réseau ACTA en partenariat avec l'INRA

Prise en compte des caractères « efficacité GES » dans la sélection et l'innovation génétique

Cette fiche propose de prendre en compte dans les schémas de sélection et de création variétale les caractères qui contribuent à atténuer les émissions de GES par l'agriculture. Malgré les progrès de la biologie et de la génomique, ces schémas restent souvent très longs : leurs effets se font sentir parfois plus de 10 ans après qu'ils aient été lancés. Il est donc essentiel que ces choix stratégiques soient réalisés « à effet retard » des caractères à sélectionner dans le cadre des instances de concertation et de réflexion qui associent notamment professionnels et chercheurs. Ils peuvent concerner les espèces animales et végétales exploitées mais aussi des micro organismes impliqués dans les écosystèmes comme dans les agrosystèmes. Il s'agit :

- à court terme, d'inventorier les caractères liés aux voies métaboliques impliquées dans l'augmentation ou la réduction des GES y compris indirectement : la résistance aux maladies ou à la sécheresse peut permettre de consommer moins d'intrants et donc moins de GES ;
- à moyen terme, de faire évoluer les schémas de sélection et d'innovations génétiques pour prendre en compte ces mécanismes sans dégrader les autres caractères d'intérêt agronomique qui portent en particulier sur les performances économiques. Les apports du phénotypage haut débit et au champ ou à l'étable sont essentiels pour concilier la prise en compte de tous ces caractères ;

- à long terme, de disposer en continu d'un choix de variétés et de populations « améliorées » dans des conditions politiques et économiques acceptables. Les évolutions attendues en matière environnementale imposent de corriger en permanence les caractéristiques de ces innovations qui ne doivent pas dégrader les caractères d'intérêt.

Les leviers des crédits incitatifs ANR et CTPS doivent être activés dans ce sens (notamment pour le court et le moyen terme). Il ne faut pas se leurrer sur le fait que ces schémas ne se mettront pas en place sans incitation.

Contribution n° 8

Rédacteur : Coop de France

Contributeurs : AGPB, AGPM

La contribution de l'agriculture aux filières industrielles stratégiques de la croissance verte

Le secteur agricole/forestier est le 1^{er} maillon de filières industrielles basées sur la biomasse (chimie du végétal, biomatériaux, bioénergies) qui sont stratégiques pour une croissance verte notamment parce qu'elles permettent de réduire les émissions de GES dans certains secteurs. Si la demande de bioproduits doit être encouragée, le secteur agricole/forestier doit être aidé pour s'investir dans la recherche, structurer des filières. L'objectif ambitieux de production non alimentaire pour réduire les émissions dans d'autres secteurs en aval, doit être pleinement intégré lorsqu'il s'agit de réfléchir aux capacités d'abattement d'émissions de GES de la production agricole/forestière.

- Augmenter les aides, en particulier aux dynamiques collectives, le long de la chaîne : soutenir la recherche et les investissements en logistique, machinisme, premières unités industrielles de taille commerciale, démonstrateurs ; favoriser les bioraffineries, accompagner les innovations de rupture sur les marchés de niche.
- Augmenter les incitations à utiliser des produits issus de ressources végétales : TVA allégée, préférence sur les marchés publics, mise en place de normes (produits biosourcés, biodégradables), TGAP sur les sacs plastiques exemptant les bioplastiques, obligation d'incorporation de bioproduits, et des objectifs volontaristes de substitution dans différents secteurs d'application.
- Intensifier la production/mobilisation de biomasse agricole : soutenir la recherche (agronomique, sur les biomasses,...).
- Intensifier la production/mobilisation de biomasse forestière : étudier la faisabilité d'un fonds de relance du reboisement (en résineux) et d'un soutien à l'équipement des entreprises de travaux forestiers, moderniser la conditionnalité fiscale, soutenir le développement des organisations de producteurs.
- Améliorer la gouvernance : accès aux observatoires biomasse, communication dans l'intérêt général sur la nécessité des productions non alimentaires.
- Développer les circuits de valorisation organique (outils de compostage, de méthanisation à la ferme et territoriale) et promouvoir les bioproduits compatibles correspondants : les utiliser en amont, pour une économie circulaire (ex. : engrais). Accepter les produits biodégradables au sens de la norme EN 13432 dans la norme 44051 sur les composts.

- Favoriser le partage de la valeur ajoutée (y compris de la valeur « GES évités ») sur l'ensemble de la chaîne de valeur pour favoriser l'organisation des producteurs, premier maillon ; développer les actionnariats croisés entre amont et aval ; inclure dans l'inventaire du stockage du carbone permis par l'agriculture et la forêt, le stockage supplémentaire via les bioproduits en aval.
- Préserver les surfaces agricoles et forestières : limiter l'artificialisation des sols.

Contribution n° 9

Rédacteur : FOP, CGB, AGPB, AGPM

Biocarburants

Les transports routiers fonctionnent quasiment à 100 % sur la technologie du moteur thermique alimenté par un carburant liquide. Cette technologie sera encore présente en 2050 et les biocarburants sont une source incontournable d'énergie renouvelable décarbonée alors que le pétrole peu onéreux se raréfie. Les biocarburants pourront prendre une place croissante dans le mix énergétique des transports en garantissant leur durabilité, ce qui est déjà le cas, en ajoutant de nouvelles générations de biocarburants à celles existantes, et en améliorant fortement l'efficacité énergétique des véhicules. Les progrès technologiques attendus permettront de conforter l'usage des biocarburants tout en limitant l'impact sur les surfaces.

Contribution n° 10

Rédacteurs : IFIP, Idele, Coop de France

La méthanisation agricole, un levier d'action pour réduire les émissions de GES

La méthanisation est un processus biologique permettant de réduire les émissions de méthane directement, en captant les émissions lors du stockage des déjections animales et indirectement par la production d'une énergie renouvelable. La nouvelle tarification de l'électricité issue du biogaz permettra d'atteindre vraisemblablement quelques centaines d'installations. À l'instar de l'Allemagne, un objectif de plusieurs milliers d'installations serait toutefois nécessaire pour atteindre une réduction notable des émissions de GES. Une augmentation des soutiens publics sera nécessaire, de même qu'une simplification de la réglementation et des démarches administratives. Les actions de recherche et développement s'orientent, par ailleurs, vers d'autres leviers d'actions comme notamment une plus grande autonomie de la méthanisation agricole (par rapport aux intrants exogènes à l'exploitation, aux débouchés de chaleur et à la valorisation des digestats) et sur les différents modèles de méthanisation à privilégier.

Glossaire

ACTA = Instituts des filières animales et végétales ;

AGPB = Association générale des producteurs de blé ;

AGPM = Association générale des producteurs de maïs ;

APCA = Assemblée permanente des Chambres d'agriculture ;

CGB = Confédération générale des planteurs de betteraves ;

Coop de France = Syndicats des coopératives agricoles et forestières ;

FNB = Fédération nationale bovine ;

FN CUMA = Fédération nationale des coopératives d'utilisation de matériel agricole ;

FNP = Fédération nationale porcine

FNSEA = Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles ;

FOP = Fédération française des producteurs d'oléagineux et de protéagineux ;

ICTA = Instituts et centres techniques agricoles ;

IDELE = Institut de l'élevage ;

IFIP = Institut de la filière porcine ;

INRA = Institut nationale de recherche agronomique ;

JA = Jeunes agriculteurs.

Propositions du MEDEF



Le MEDEF participe à l'exercice prospectif « Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone » afin de donner des orientations fortes aux acteurs concernés. Plusieurs groupes ont travaillé sur cette question (facteur 4, valeur tutélaire du carbone, discussions sur le Paquet climat-énergie en général et sur les modalités de l'ETS en particulier). Le MEDEF y a contribué en expliquant la préoccupation permanente de compétitivité des entreprises françaises tant vis-à-vis de leurs homologues européennes que de la concurrence internationale.

La position du MEDEF est la suivante :

- La perspective d'un accord mondial contraignant paraît aujourd'hui très lointaine et l'Europe devra avancer seule vers une économie bas carbone. Le MEDEF souhaite qu'un tel accord émerge au plan mondial et travaille activement avec ses homologues pour contribuer à son succès. Malgré tout il subsistera une période longue avant qu'un tel accord voit le jour.
- La question de la compétitivité des entreprises dans cette période transitoire se pose avec d'autant plus d'acuité. Les mécanismes de protection contre les « fuites carbone » devront intégrer une logique de filières et pas seulement de produits.
- L'efficacité économique et sociale de la gestion de cette transition est un élément clef de succès de la démarche. Pour les entreprises cela implique d'avoir suffisamment de visibilité dans un cadre législatif stabilisé et d'avoir les moyens d'évaluer la rentabilité des investissements nécessaires pour développer l'économie bas carbone.
- La directive d'échange des quotas d'émissions de gaz à effet de serre (ETS) constitue un outil efficace qui permet d'optimiser économiquement les réductions d'émissions dans le cadre du marché installé en Europe. Il est intéressant de constater que dans le cadre du B20 actuellement présidé par le MEDEF dans la perspective du Sommet de Cannes, les entreprises du G20 appellent pour la deuxième fois à un prix du carbone accompagné d'un marché flexible. Il est donc probable que ce marché soit étendu, ou plus exactement que des marchés se mettent en place avec des accords réciproques négociés à terme. Les entreprises

estiment que le marché des quotas fonctionne, la baisse des prix, liée à la crise étant normale. Le prix actuel du carbone reflète les perspectives à plus long terme et remontera avec la reprise.

- À l'inverse, toute manipulation du marché des quotas par des baisses en cours de période de la quantité ou des retraits provisoires (« *set aside allowances* ») fait perdre toute crédibilité au système. Le MEDEF est tout à fait en phase avec le rapport « Prada » et appelle de ses vœux un organisme européen et indépendant de surveillance et de régulation dans des cas précis justifiant une intervention exceptionnelle sur le marché. Cette régulation est indispensable dans une perspective probable de mondialisation.

1. Durcissement de l'étape 2020 pour les entreprises

- Les principaux investissements à l'horizon 2020 sont déjà enclenchés. Modifier les règles à si courte échéance aurait des répercussions économiques et sociales majeures :
 - le comité « Trajectoires 2050 » a montré qu'un passage de – 20 à – 30 % en 2020 entraînerait une baisse de PIB comprise entre 0,7 et 1 % ;
 - de même le passage de – 20 à – 25 % en 2020 triplerait les investissements nécessaires et un passage à – 30 % multiplierait les investissements nécessaires d'un facteur 7 ;
 - l'étude AT Kearney pour le compte de l'Union des Industries Chimiques confirme ces chiffres : passer d'une cible de – 20 à – 22 % nécessiterait 250 millions d'euros d'investissements additionnels. Au-delà de – 22 % le coût deviendrait exponentiel (2-3 milliards d'euros pour passer à – 30 %).
- Les entreprises qui participent à cette réflexion dans le cadre du MEDEF ont toutes en commun la préoccupation de compétitivité ce qui leur fait adopter 3 attitudes différentes :
 - les entreprises non soumises à l'ETS et qui proposent des solutions (tant dans le domaine des services, de l'efficacité énergétique, de l'innovation dans les matériaux, équipements ou systèmes). Ces entreprises sont potentiellement bénéficiaires d'une contrainte plus forte qui favorise le développement de leurs activités ;
 - les entreprises du secteur énergétique qui ont besoin d'un signal prix fort et une visibilité sur le long terme pour rentabiliser des investissements lourds afin d'atteindre les objectifs fixés à l'horizon 2020 et suivants ;
 - les entreprises intensives en énergie soumises à l'ETS qui doivent intégrer la contrainte carbone tout en innovant pour offrir aux marchés des solutions bas carbone. Ces entreprises demandent une stabilité de ces objectifs, et des mesures de protection de leur compétitivité (le système d'allocations de quotas gratuits répond à cette demande).

Seul un raisonnement par filière permettra de créer l'ensemble des synergies nécessaires au succès de cette métamorphose vers une économie bas carbone.

- Les ajustements sur la directive actuelle d'échange des quotas ne permettent pas de répondre aux attentes des différents acteurs. Il est indispensable de maintenir

la directive en l'état et de contribuer à son bon fonctionnement, en particulier en travaillant dès maintenant de façon concertée avec les secteurs sur un objectif contraignant à 2030.

- Il faut – avec un outil législatif distinct – introduire des mécanismes de financement, qui favorisent l'adaptation du mix énergétique et du système électrique (l'Allemagne a modifié sa législation pour accélérer ce processus). Le prix plancher envisagé au Royaume-Uni n'y répond que partiellement et introduit un biais sur le marché du carbone.

2. Les principaux leviers d'action sont spécifiques en France

Il est impératif de mettre en place des mécanismes de financement des investissements indispensables dans le secteur diffus où se situe le plus fort potentiel de progrès. Le Grenelle de l'environnement en a introduit quelques-uns mais leur portée est insuffisante pour obtenir un résultat tangible dès 2020.

Le MEDEF a pris position en faveur d'une contribution climat-énergie qui favorise une véritable métamorphose de la fiscalité existante avec une réduction des cotisations sociales qui permette de mieux répondre à la demande du secteur diffus.

Le secteur du bâtiment est celui dont le potentiel de progrès est le plus fort :

- cela a été mis en évidence dans les négociations du Grenelle de l'environnement ;
- les analyses confiées à McKinsey en Allemagne et au Royaume-Uni ont confirmé ce constat.

Dans le bâtiment, les entreprises disposent d'une offre de produits, de services et de techniques déjà aboutie pour parvenir aux objectifs de réduction, doublée d'un potentiel de progrès intéressant. Mais deux freins apparaissent :

- une capacité d'investissement des ménages pour rénover leur logement ;
- une formation des professionnels du bâtiment pour des travaux de plus en plus techniques et qui présentent des interactions croissantes entre corps de métiers.

Rien n'empêche cependant de lancer des actions fortes dans le cadre de l'État exemplaire et des bâtiments tertiaires pour permettre l'acquisition de la courbe d'expérience qui permettra des baisses de coûts et une meilleure compréhension des enjeux par les ménages. Cette priorité permettra aussi un raisonnement par filière est non seulement par secteur qui montre rapidement ses limites.

Le secteur des transports est celui dont les émissions continuent d'augmenter.

- Les transports de voyageurs ont considérablement évolué ces dernières années par le développement des LGV, des transports collectifs urbains pour les agglomérations et par l'offre de véhicules individuels très performants. La mise en œuvre du bonus-malus automobile a permis d'anticiper des objectifs et de faire du marché automobile français le plus performant en Europe en termes d'émissions. L'avis du CNDDGE sur le schéma national des infrastructures de transport (SNIT) fait état d'un consensus pour développer l'offre de transport collectif régional.
- Les nouveaux véhicules légers particuliers et commerciaux font l'objet de réglementations européennes très ambitieuses, nécessitant la mise en œuvre de

ruptures technologiques coûteuses ou un changement de vecteur énergétique. Mais elles ne pourront pas avoir d'effet immédiat car le renouvellement du parc est très lent (en moyenne 13 ans) et les coûts parfois importants de ces nouvelles technologies ralentissent ce renouvellement.

- Les transports de marchandises restent en grand retard : le report modal, l'organisation du transport de marchandises en zone urbaine, le fret ferroviaire et la diversification énergétique (GNV, bicarburant et biocarburants, électricité...) restent à développer par une politique volontariste dans le cadre législatif institué par le Grenelle de l'environnement.
- Le transport routier présente des possibilités de réduction des émissions de CO₂ en faisant porter les efforts sur l'usage :
 - par la décarbonisation de la chaîne logistique¹ ;
 - par un travail spécifique sur l'urbanisme et l'aménagement du territoire.

Les travaux à mener dans ce domaine sont à entreprendre dès maintenant afin d'en obtenir les effets à long terme indispensables pour atteindre l'objectif.

3. La demande énergétique

L'amélioration de la performance environnementale des bâtiments passe par plus d'efficacité énergétique et une diversification vers les énergies décarbonées. L'amélioration du transport passe aussi par une optimisation de l'efficacité des infrastructures et des chaînes d'approvisionnement et par une diversification des énergies utilisées : biocarburants liquides, biométhane carburant, électricité, ...

Il ne faut cependant pas sous-estimer les besoins en investissement de production d'énergie décarbonée en France. Il y a là un besoin clair d'un signal prix qui permette dès maintenant la mise en œuvre du mix énergétique de demain.

Il ne faut pas non plus sous-estimer la nécessaire évolution des infrastructures d'énergie et de transport. Cette évolution passe par la consolidation et le développement des infrastructures dans un contexte sociétal plutôt hostile. Par exemple, la mise en place d'une ligne à haute tension peut prendre 10 ans avec les procédures actuelles. L'Allemagne a modifié sa législation pour permettre un développement rapide de son réseau électrique.

4. Le secteur industriel

L'industrie assujettie à l'ETS a développé des plans d'action depuis 2005 afin de répondre aux objectifs de réduction. La première crise pétrolière de 1973 a mis la préoccupation des économies d'énergie au cœur des stratégies : les baisses d'émissions spécifiques sont visibles depuis 1990, rapportées à la production ou au chiffre d'affaires. Les émissions absolues elles-mêmes ont baissé. La crise a renforcé cette baisse, toutefois elle n'a qu'un effet temporaire. La reprise est actuellement lente mais réelle en terme de production, tirée par la croissance des autres économies. Il serait dangereux de considérer la baisse d'émissions comme un acquis définitif.

(1) World Economic Forum, Supply Chain Decarbonization, 2010.

Afin d'éviter cette difficulté, et avant la crise, les pouvoirs publics français, soutenus par le MEDEF ont proposé un système de « benchmark dynamique » qui a été refusé par la DG CLIMA. On ne peut maintenant se plaindre de cet effet qui a pu atténuer partiellement les effets de la crise.

Les industries intensives en énergie sont également à forte intensité capitalistique. Les programmes d'investissement sont pluriannuels et mettent au minimum cinq ans à se réaliser. Pour cette raison un durcissement des objectifs sur ce secteur serait extrêmement contre-productif : devant l'incapacité à revoir le programme d'investissement à si court terme la logique industrielle serait d'arrêter les investissements européens devenus non pertinents. Les « fuites de carbone » liées à l'absence d'investissement sont pernicieuses, et les entreprises françaises s'en inquiètent.

En résumé

- L'Europe devra avancer isolée vers une économie bas carbone et en tirer les conséquences en termes de compétitivité.
- La France n'a pas à rougir, loin de là, de sa performance carbone par rapport au reste de l'Europe et du monde.
- Les voies de progrès existent et ont été identifiées dans les négociations du Grenelle de l'environnement : le bâtiment est certainement le secteur sur lequel les progrès seront les plus efficaces tant économiquement que socialement. L'urbanisme et le transport de marchandises restent à travailler en concertation avec l'ensemble des parties prenantes.
- Le marché de quotas mis en place au niveau européen constitue sur le plan économique un outil efficace et optimal de réduction des émissions de CO₂. Ce modèle intéresse les autres économies, il est donc important de le maintenir en l'état.
- Le secteur énergétique a besoin de visibilité et d'un signal fort pour investir dans le mix de demain. Celui-ci ne peut être obtenu par une modification a posteriori des règles du système d'échange des quotas dont l'extension internationale est maintenant probable.
- Le secteur industriel a besoin de stabilité législative et de stabilité à moyen et long terme sur les objectifs. La définition de l'objectif 2030 en concertation avec les secteurs dans une vision stratégique par filière est déjà une priorité.
- Les entreprises ont déjà démontré leur engagement et leur volonté de participer à l'élaboration d'une économie véritablement bas carbone et souhaitent être associées aux réflexions futures pour y parvenir afin de concrétiser leur offre.

Propositions du Réseau action climat - France



Sur requête du Président du comité trajectoires, le RAC-F soumet ci-après ses propositions pour la mise en œuvre efficace d'un objectif plus ambitieux de réduction des émissions de GES au niveau européen.

À travers ces propositions, le RAC-F souhaite porter au débat des idées constructives et consensuelles afin que la mise en œuvre d'un objectif plus ambitieux soit garantie et se fasse dans les meilleures conditions.

Pour connaître le détail de la position du RAC-F quand à la rehausse de l'objectif européen de réduction des émissions de GES voir : « - 30 % : le choix gagnant pour la France » ainsi que le document « Note à l'intention des décideurs et des industriels sur l'importance et la nécessité de passer immédiatement à un objectif de 30 % de réduction des émissions européennes de gaz à effet de serre en 2020 ». S'y ajoute également les diverses contributions du RAC-F à ce comité.

1. Marché européen d'échange de quotas (EU ETS) et revenus des enchères

Propositions :

- **Rehausser l'objectif des entreprises soumises à l'EU ETS pour 2020.**
- **Mettre de côté les 1,7 milliard de quotas excédentaires résultants de la Phase II pour la Phase III.**
- **Créer un fonds français dans lequel seront injectés 100 % des revenus de la mise aux enchères des quotas régit grâce à une gouvernance multipartite sous l'autorité du Ministère de l'environnement.**

Contexte :

Le marché européen d'échanges de quotas (EU ETS) entrera dans sa troisième phase le 1^{er} janvier 2013 et jusqu'en 2020.

Cependant, ce système, porte étendard de la politique climatique européenne est en danger. En effet, la sur-allocation de quotas durant la Phase II de son fonctionnement

ainsi que le manque chronique de mise en cohérence avec les autres instruments de la politique climatique européenne le mettent en danger de mort.

En décembre 2009, Natuur en Milieu, publiait un rapport avant-gardiste¹ montrant les impacts de l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables en 2020 (autre objectif du Paquet énergie-climat) sur les émissions couvertes par l'ETS européen.

L'ONG arrivait ainsi à la conclusion que **l'atteinte de l'objectif de 20 % renouvelables ne couvrirait pas moins de 72 % des réductions d'émissions demandées au sein de l'ETS dans le cas d'un scénario tendanciel**. Rajoutant à ceci l'impact des mécanismes de flexibilité (offsets) ainsi que de l'atteinte de l'objectif de 20 % d'efficacité énergétique en 2020, **ce sont 93 % des réductions de l'ETS qui seraient ainsi couvertes par des efforts réalisés en dehors de son champ d'action**.

Deux nouveaux rapports publiés par des institutions de référence au niveau européen, à savoir ECOFYS² et l'OEKO Institut, viennent corroborer ces conclusions.

Et la conséquence de ceci est que, sans une rehausse de l'objectif européen de réduction des émissions à horizon 2020, il est quasi-certain que le prix du carbone au sein de l'ETS s'effondrera rapidement pour la troisième fois en autant de période d'échange de quotas – évacuant par la même les derniers espoirs de voir cet instrument économique placer l'Europe sur la trajectoire d'une économie bas carbone. Et à l'inverse, si le marché carbone européen venait à périliter, ce serait un coup quasiment fatal porté à la politique climatique européenne. De plus, les États européens se trouveraient devant un manque à gagner de près de 70 milliards de dollars par rapport à un scénario de réduction de 30 % des émissions de GES d'ici 2020 au niveau européen³.

Proposition :

➤ Rehausser l'objectif des entreprises soumises à l'EU ETS pour 2020

Il faut urgemment, dans le cadre de l'adoption d'un objectif européen – 30 % d'ici 2020, resserrer le cap au sein du marché européen d'échange de quotas afin de garantir le bon fonctionnement et la pérennité de cet outil. Cela passera par une révision de la directive ETS dès le début de l'année 2012 pour une entrée en vigueur de cette réforme avant le 1^{er} janvier 2013 et le début de la Phase III de l'ETS.

➤ Mettre de côté les 1,7 milliard de quotas excédentaires résultants de la Phase II pour la Phase III :

Le resserrement du cap dans l'ETS ne sera pas efficace s'il n'est pas mené en parallèle de la mise de côté des nombreux quotas excédentaires émis lors de la première et seconde période de fonctionnement du marché. Selon l'ONG Sandbag ce sont 1,7 milliard de quotas excédentaires qui devront être mis de côté pour faire revenir le marché à l'équilibre⁴.

(1) Natuur en Milieu« *The impact of the Renewable Energy Sources Directive (RES) on the European Emission Trading Scheme (EUETS)* ».

(2) Ecofys, *Consistency of policy instruments - How the EU could move to a – 30 % greenhouse gas reduction target*, 13 April 2011, <http://www.ecofys.com/com/publications/documents/EcofysReportConsistencypolicyinstruments20110413.pdf>

(3) CAN Europe, Tomas Wyns, <http://bit.ly/eO6FZY>, 2011.

(4) Sandbag, Buckle Up, 2011.

La France a une responsabilité particulière dans cette situation : parmi les anciens États membres (l'UE 15), la France est celui qui présente la plus forte sur-allocation. Pourtant, dès la préparation du premier Plan d'allocation des quotas (PNAQ), cette sur-allocation avait été mise en évidence, en particulier par le Réseau Action Climat¹ et par Olivier Godard². Ces deux évaluations concluaient à une sur-allocation d'environ 15 %, très proche de celle constatée par la suite. Pour l'ensemble des secteurs industriels en France, le surplus s'est élevé à 28 % des émissions en 2009 et 22 % en 2010. Toutes installations confondues, le surplus d'émissions en France s'est élevé à 18 millions de tonnes de CO₂ en 2009 et 15 en 2010, soit, au prix actuel de 16,5 euros par tonne, 290 et 255 millions d'euros.

Ce surplus se retrouve dans tous les secteurs de l'industrie manufacturière, presque chaque année depuis 2005. Les quotas de 2^{ème} période pouvant être mis en réserve, la sur-allocation constatée en 2009 et 2010 va faire baisser le prix des quotas de 3^{ème} période et donc l'incitation à réduire les émissions au moins jusqu'en 2020, et ce d'autant plus que l'offre de quotas est encore augmentée par les crédits du Mécanisme pour un développement propre (MDP) et de la Mise en œuvre conjointe (MOC), et que la demande sera diminuée par la mise en œuvre (bien sûr souhaitable) des objectifs européens en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Plusieurs études montrent ainsi que si ces objectifs sont respectés, l'offre de quotas risque de dépasser la demande sur l'ensemble des 2^{ème} et 3^{ème} périodes, même pour un prix du CO₂ nul.

- **Créer un fonds français dans lequel seront injectés 100 % des revenus de la mise aux enchères, régit par une gouvernance multipartite, sous l'autorité du Ministère de l'environnement**

À partir du 1^{er} janvier 2013, une partie des permis d'émissions sera mise aux enchères au sein de l'ETS. Selon l'Okö Institut, si l'on prend la clé de répartition actuelle³ de la mise aux enchères comme prévue par la directive ETS, et que l'on y applique les projections de la Commission européenne (modèle ARRA) des prix de la tonne de CO₂ dans le cas d'un passage à un objectif de – 30 % des émissions en 2020 on obtient :

- prix de la tonne de CO₂ d'ici 2020 : 29€/tonne ;
- revenus total de la mise aux enchères en Europe lors de la Phase III (2013-2020) de l'ETS : 181 milliards d'euros ;
- **revenus pour la France de la mise aux enchères entre 2013 et 2020 : 11,6 milliards d'euros ;**
- dont une moyenne annuelle des revenus pour la France de 1,45 milliard d'euros.

Il s'agit dès à présent pour la France de décider de l'affectation de ces fonds comme l'ont fait par exemple le Royaume-Uni et l'Allemagne.

À ce titre, le RAC-F recommande que soit créé un fonds spécial en dehors de toute logique budgétaire nationale annuelle et qui accueillera l'ensemble des revenus issus de la mise aux enchères des quotas.

http://www.sandbag.org.uk/site_media/pdfs/reports/Sandbag_2011-07_buckleup.pdf

(1) RAC-F, Greenpeace et WWF, Observations du Réseau action climat - France sur la 3^{ème} version du PNAQ, 10 nov. 04, <http://www.rac-f.org/Observationsdu-RAC-F-sur-la-3e.html>

(2) Olivier Godard, « Politique de l'effet de serre. Une évaluation du plan français de quotas de CO₂ », Revue française d'économie, 19(4), pp. 147-186, 2005.

(3) 100 % aux enchères pour le secteur électricité, 100 % d'allocation gratuite pour les secteurs exposés aux fuites de carbone, 80 % d'allocation gratuite pour les autres secteurs en moyenne.

Ce fonds devra être mis sous la tutelle du Ministère de l'environnement qui en aura la gestion. De plus, afin de garantir la cohérence des orientations stratégiques du fonds, un comité exécutif devra être créé regroupant les autres ministères ainsi que la société civile (syndicats, professionnels et ONG).

Selon le RAC-F, de manière générale, les revenus devront être alloués comme suit : mutations sectorielles et développement de nouvelles filières professionnelles, actions d'efficacité énergétique (dans le bâtiment notamment), développement des énergies renouvelables, soutien aux pays en développement pour lutter contre le changement climatique.

2. Instaurer une contribution climat énergie en France

Propositions :

- **Un outil simple : une contribution assise sur la consommation d'énergie.**
- **Une trajectoire de prix conforme, au minimum, à celle des rapports Quinet et Rocard.**
- **Une taxation étendue à la consommation d'électricité.**
- **Une prise en compte de tous les gaz à effet de serre.**
- **Une taxe vraiment générale : pas d'exonérations, pas de baisse des taxes préexistantes.**

Contexte :

Les multiples outils réglementaires, fiscaux et financiers destinés à économiser l'énergie et à développer les énergies renouvelables ne peuvent suffire, à eux seuls, à réduire suffisamment les émissions de gaz à effet de serre, en particulier parce qu'ils influencent uniquement le choix des équipements et non le niveau d'utilisation des équipements consommateurs d'énergie ni les choix de localisation des ménages et des entreprises.

Taxer la consommation d'énergie est efficace pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, comme le montrent des centaines d'études statistiques. Un article récemment publié par l'ancien président de l'Association européenne des économistes de l'environnement et des ressources naturelles, le professeur Thomas Sterner¹ synthétise ces études et montre qu'à long terme, si l'on augmente de 1 % le prix des carburants, la consommation diminue de 0,6 à 1 %. Sur cette base, il montre que si l'ensemble des pays de l'OCDE adoptait le taux de taxe sur les carburants le plus faible (celui des États-Unis), la consommation de carburant dans l'OCDE augmenterait d'environ un tiers, et qu'elle baisserait d'environ un tiers s'ils adoptaient le taux de taxe sur les carburants le plus élevé (celui du Royaume-Uni).

(1) Sterner, Thomas (2007) Fuel taxes: An important instrument for climate policy, Energy Policy 35, pp. 3194-3202.

Propositions :

La contribution climat énergie constitue donc toujours un outil indispensable. Elle doit être mise en œuvre de manière ambitieuse et dans les plus brefs délais au niveau national, étant donné que la règle de l'unanimité empêche l'adoption d'une taxation énergie-climat significative au niveau européen, comme l'a montré le rejet par les États-membres de la taxe carbone-énergie proposée par la Commission européenne au début des années 1990. Pour cela, il est impératif de respecter les points suivants :

➤ **Un outil simple : une contribution assise sur la consommation d'énergie**

La seule solution faisable avec un coût de gestion limité consiste à taxer la consommation d'énergies non renouvelables (pour les émissions d'origine énergétique) et les émissions directes de gaz à effet de serre (pour les autres émissions).

➤ **Une trajectoire de prix conforme, au minimum, à celle des rapports Quinet et Rocard**

Le rapport « Quinet » du Centre d'analyse stratégique publié en 2008¹ a permis d'aboutir à un compromis entre les représentants de l'administration, des ONG de protection de l'environnement, des syndicats et des entreprises autour d'un prix du CO₂ à 32 euros la tonne en 2010, 56 en 2020 et 100 en 2030². Cette trajectoire augmente ensuite de 4 % par an jusqu'à atteindre 200 euros en 2050. C'est également la trajectoire qui a été retenue dans le rapport Rocard de juillet 2009³. Cependant, les dernières publications scientifiques invitent à renforcer l'ambition des politiques environnementales⁴. Les valeurs indiquées dans le rapport Quinet constituent donc un minimum. En Suède, la taxe sur le CO₂ introduite en 1991 s'élève à près de 100 euros par tonne (au taux de change de 2009), soit le taux proposé pour la France par le rapport Quinet en 2030⁵.

➤ **Une taxation étendue à la consommation d'électricité**

Les consommateurs d'électricité qui bénéficient de tarifs régulés (soit, de fait, la totalité des ménages et 90 % de la consommation industrielle, depuis la mise en œuvre du tarif de retour TARTAM) ne paient pas le prix des quotas de CO₂. Si ces consommateurs paient une taxe sur leurs émissions directes de CO₂, dues par exemple à un chauffage au gaz ou au fuel, mais pas sur leur consommation d'électricité, cela pose deux problèmes au-delà même des impasses du nucléaire⁶ : d'une part, ce dispositif renforce l'incitation au choix du chauffage électrique, qui est

(1) Centre d'analyse stratégique, La valeur tutélaire du carbone, juin 2008, http://www.strategie.gouv.fr/IMG/pdf/Valeur_tutelaire_du_carbone-rapport_final-6juin2008.pdf

(2) Ceci en euros constants, c'est-à-dire déduction faite de l'inflation.

(3) Rapport de la conférence des experts et de la table ronde sur la contribution Climat et Énergie disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/01-18.pdf>.

(4) WWF, Climate change: faster, stronger, sooner. octobre 2008, www.panda.org.

(5) Katrin Millock, La taxation énergie-climat en Suède, Document de travail, Centre d'économie de la Sorbonne, juin 2009.

(6) Réseau action climat - France, Agir pour l'environnement, Amis de la terre, France nature environnement, Greenpeace, Réseau sortir du nucléaire, WWF, Face à la menace climatique, l'illusion du nucléaire. Novembre 2007. http://www.rac-f.org/article.php3?id_article=1331.

pourtant plus émetteur de CO₂¹ qu'un chauffage au gaz. D'autre part, plus généralement, cela n'incite pas à réduire la consommation d'électricité alors que cette dernière augmente très rapidement, en particulier pour les usages spécifiques : le secteur résidentiel français a vu sa consommation d'électricité multipliée par 7 entre 1970 et 2010.

➤ **Une prise en compte de tous les gaz à effet de serre**

Les autres gaz à effet de serre que le CO₂ comptent pour environ 25 % des émissions françaises, dont 9 % pour les émissions de N₂O des sols agricoles. Bien qu'il ne soit pas possible d'estimer ces émissions aussi précisément que celles de CO₂, on peut les approcher par la consommation d'engrais azotés. C'est d'ailleurs la méthode retenue dans l'élaboration de l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre. Il est donc nécessaire de taxer la consommation d'engrais. Il y a ici un dividende multiple : réduction des émissions de gaz à effet de serre, des pollutions azotées (nitrates) et des consommations d'énergie fossile.

Dans le secteur du traitement des déchets, la CCE doit s'appliquer sur les deux principaux traitements émetteurs de gaz à effet de serre (non couverts par le système de quotas européen) : l'incinération et la mise en décharge. La CCE sur l'incinération pourrait prendre en compte, en complément de la TGAP², le contenu en carbone fossile des déchets. La CCE sur la mise en décharge pourrait s'appliquer sur le contenu biodégradable des déchets, responsable des émissions diffuses de méthane dans l'atmosphère. Les « CCE déchets » auraient pour effet d'inciter à la réduction des déchets et au développement d'alternatives moins émettrices de GES (compostage, recyclage)³.

Enfin, il serait possible d'instaurer une taxe sur la vente de gaz fluorés en fonction de leur contribution au réchauffement.

➤ **Une taxe vraiment générale : pas d'exonérations, pas de baisse des taxes préexistantes**

Les taxes existantes sur l'énergie (TIPP, TICGN et TICC) souffrent de multiples exonérations. Il est important d'éviter ces exonérations, sauf éventuellement pour les installations industrielles soumises au système de quotas européen. Il est également essentiel de ne pas baisser ces taxes préexistantes, qui sont justifiées par d'autres externalités (dont le coût de l'entretien des routes pour la principale d'entre elles, la TIPP), auxquelles s'ajouterait la CCE, sans quoi cette dernière perdrait une grande partie de son efficacité.

Les recettes de la contribution climat énergie doivent être utilisées pour compenser les ménages à faibles revenus et pour financer les économies d'énergie, en particulier les transports en commun et l'isolation des bâtiments. La compensation pour les

(1) Un chauffage direct par gaz naturel émet environ deux fois moins de CO₂ qu'un chauffage électrique par convecteur alimenté par une centrale à gaz, même si cette dernière est à cycle combiné, du fait des pertes importantes lors de la production de l'électricité (entre 45 et 50 %) et de son transport (environ 10 %).

(2) Taxe générale sur les activités polluantes.

(3) La France a du retard par rapport à ses voisins européens et se distingue par une faible performance de valorisation matière : nous recyclons et compostons 29 % de nos *déchets* municipaux, c'est-à-dire moins qu'en Italie, qu'en Espagne ou qu'en Autriche et en Belgique où ce taux dépasse les 50 %. Pour plus d'informations : <http://www.cniid.org>

ménages ne doit dépendre que du revenu du ménage et pas de sa consommation d'énergie, pour ne pas introduire d'effet pervers qui annulerait l'effet de la contribution.

3. Instaurer une obligation de rénovation des bâtiments existants

Propositions :

- Instaurer une obligation de rénovation pour le parc existant de bâtiments permettant.
- D'atteindre un seuil de 80 kWh_{ep}/m²/an pour les bâtiments à usage d'habitation (modulé selon la zone climatique et l'altitude).
- De réduire la consommation en énergie primaire de 40 % par rapport à la consommation de référence (dite « *Cepréf* ») pour les bâtiments tertiaires (publics et privés).
- Créer des dispositifs innovants de financement dont la réforme du « dispositif CEE ».

Contexte :

Les bâtiments représentent 20 % des émissions de GES¹ et 44 % de la consommation d'énergie finale en France². La consommation moyenne des logements existants est de 250 kWh_{ep}³/m²/an, dont 70 % sont liés aux besoins de chauffage. Le taux de renouvellement du parc ancien de logements est très faible (1 % par an environ). C'est pourquoi, la plus grande partie des efforts pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de ce secteur doit se concentrer sur le bâti ancien.

Le Grenelle de l'environnement a posé un objectif une réduction d'au moins 38 % des consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'ici à 2020. Et prévu de rénover à cette fin 400 000 logements par an à compter de 2013 mais sans fixer de seuil à atteindre dans le cadre de cette rénovation. En outre, l'État s'est engagé à réaliser une étude concernant « les possibilités de mettre en œuvre à terme des obligations de travaux de rénovation ». Plus de deux ans après la publication de la loi Grenelle 1, cette étude n'a toujours pas vu le jour...

Les mécanismes incitatifs existants (taux de TVA réduit, éco-prêt à taux zéro, crédits d'impôt...) ne suffiront pas à rénover l'ensemble du parc. Il est par ailleurs important que la rénovation des bâtiments ne soit pas faite de façon partielle et/ou peu ambitieuse afin de ne pas « tuer le gisement » d'économies d'énergie. **C'est pourquoi, une obligation de rénovation exigeante des bâtiments existants – résidentiels et tertiaires – assortie d'une véritable programmation dans le temps, doit être mise en place.** Une telle mesure devra être assortie d'un programme ambitieux de formation des professionnels du bâtiment (artisans du BTP, architectes...) afin de contribuer réellement à la structuration et au renforcement des

(1) Source : CITEPA.

(2) Source : CGDD, Bilan énergétique pour la France pour 2010, Références, Juin 2011.

(3) EP : Énergie primaire.

filières professionnelles de rénovation énergétique du patrimoine bâti. Elle débouchera ainsi sur la création d'emplois non délocalisables.

Propositions :

1. Pour le tertiaire public et privé

La loi Grenelle 1 fixe comme objectif de réduire d'au moins 40 % les consommations d'énergie et d'au moins 50 % les émissions de gaz à effet de serre des bâtiments de l'État et de ses établissements publics d'ici à 2020. Les collectivités sont engagées à faire de même sur leurs propres bâtiments.

La loi Grenelle 2 prévoit que « des travaux d'amélioration de la performance énergétique sont réalisés dans les bâtiments existants à usage tertiaire ou dans lesquels s'exerce une activité de service public dans un délai de huit ans à compter du 1er janvier 2012 ». Le décret relatif à cette disposition doit être publié d'ici fin 2011. Il faut veiller à ce que cette obligation soit assortie d'un niveau minimal de performance énergétique correspondant à un objectif de réduction de consommation maximale en énergie primaire de **40 % de la consommation de référence (Cep_{réf})**. On pourra commencer par la tranche la plus consommatrice d'énergie, qui recèle le plus gros gisement d'économie d'énergie et de gaz à effet de serre, en procédant de la manière suivante :

- 2012/2014 : Rénovation des bâtiments classés I et H¹
- 2014-2016 : Rénovation des bâtiments classés G et F
- 2016-2018 : Rénovation des bâtiments classés E et D
- 2018-2020 : Rénovation des bâtiments classés C et B

2. Pour le logement

La programmation de ce chantier se fera aussi en commençant par les bâtiments les plus consommateurs d'énergie :

- 2012-2017 : Bâtiments classés G
- 2017-2022 : Bâtiments classés F
- 2022-2027 : Bâtiments classés E
- 2027-2032 : Bâtiments classés D
- 2032-2037 : Bâtiments classés C et B

Concernant le logement social : La loi Grenelle 1 prévoit déjà la rénovation d'ici à 2020 de 800 000 logements sociaux (soit 18 % des logements sociaux) dont la consommation d'énergie est supérieure à 230 kWh_{ep}/m²/an, afin de la réduire à 150 kWh_{ep}/m²/an. **Il est nécessaire d'abaisser ce seuil à 80 kWh_{ep}/m²/an et d'étendre l'obligation à l'ensemble du parc social.**

En matière de copropriétés : les mécanismes d'incitation existants sont mal adaptés aux logements collectifs privés qui représentent un quart du parc total. Les obstacles doivent donc être levés (réforme de la gouvernance², assouplissement des critères relatifs à l'isolation par l'extérieur des bâtiments classés, mobilisation de l'éco-PTZ par

(1) Classes DPE.

(2) Voir les propositions de l'Association des responsables de copropriétés à ce sujet.

le syndicat de copropriétaire et non à l'échelle de chaque copropriétaire...) et de nouveaux outils techniques et financiers doivent être créés (obligation d'élaborer et de mettre en œuvre un plan de travaux pluriannuel, création d'un fonds travaux¹ abondé annuellement par les copropriétaires et servant de provision aux travaux importants, etc.).

➤ **Mettre en place de nouveaux modes de financements et adapter les outils existants**

Réforme du dispositif « CEE »

Via les Certificats d'économie d'énergie, les fournisseurs d'énergie doivent réaliser ou faire réaliser chez leurs clients des économies d'énergie et peuvent, à l'heure actuelle, le faire sur la base d'opérations standardisées identifiées (changement de chaudière, etc.) ou via une opération de rénovation lourde. Cette dernière option est très peu utilisée, alors qu'elle est la seule qui permette d'atteindre un seuil pertinent de performance énergétique des logements rénovés. Il s'agit donc de fixer un pourcentage minimal, qui augmentera progressivement, de réalisation des CEE via la fiche « rénovation lourde », elle-même assortie d'une obligation de résultat à 80 kWhep/m²/an.

Logement social : renforcement des dispositifs existants

- Inscription de l'obligation de rénovation énergétique dans la convention liant le bailleur social et l'État, au titre des « travaux d'amélioration qui incombent aux bailleurs ».
- Contribution du locataire pour le partage des économies de charge suite à la réalisation des travaux de rénovation énergétique².
- Maintien de l'éco-prêt logement social et renforcement au niveau des objectifs de performance énergétique visés (80 et non 150 kWhep/m²/an comme à l'heure actuelle).

Copropriétés : réforme de l'EcoPTZ

Réforme de l'éco-prêt à taux zéro actuel (EcoPTZ) en permettant une souscription de celui-ci par la copropriété (**prêt collectif**) à l'échelle de l'immeuble et non d'un seul propriétaire.

Des dispositifs de financements innovants pour le logement privé

Pour que cette mesure ne pèse pas sur le budget des ménages, il sera nécessaire de créer dans chaque région une **société de tiers-investissement** mêlant capitaux « publics » des collectivités et « privés » d'institutions de financement, qui financerait l'intégralité ou une partie des opérations de rénovation de logements privés. Les économies d'énergie obtenues suite aux travaux constitueront la principale source du loyer qui rémunérera le tiers-investisseur. Étant donné l'ampleur du chantier et la longue durée des contrats (amortis sur 20 ou 25 ans), ces structures nécessiteront des garanties publiques. Un fonds de garantie permettra de sécuriser l'intervention de

(1) Ce type de fonds travaux existe notamment au Québec ou aux Pays-Bas.

(2) Cette possibilité est détaillée dans l'article L. 442-3 II du code de la construction et de l'habitation.

l'opérateur et de couvrir le risque « d'impayés de loyers de tiers investissement¹ ». Enfin, la durée des contrats nécessite de créer un dispositif de prêt attaché au bien et non à la personne/structure.

S'assurer du respect et de la qualité de la rénovation

Pour veiller à l'application de l'obligation de rénovation, des **contrôles seront nécessaires**, lors des cessions par exemple ainsi que la fixation d'une amende en cas de non respect de la réglementation.

4. S'engager sur un schéma national d'infrastructures de transport sobre en carbone et en énergie

Propositions :

- L'abandon des projets routiers/autoroutiers et aéroportuaires.
- Transports de personnes : régénérer et moderniser le réseau existant.
- Transports de marchandises : s'engager sur un plan national pour le fret ferroviaire de proximité et le transport combiné.
- Supprimer les aides publiques privilégiant le secteur routier et aéroportuaire.
- Doter l'Agence de financement des infrastructures de transport de France (AFITF) des moyens nécessaires pour financer les alternatives à la route et à l'aérien.
- Augmenter significativement le financement de la régénération du réseau ferroviaire et des transports en commun en site propre (TCSP).
- Faire payer aux transports leurs coûts complets, y compris les externalités (contribution climat énergie et éco-redevance km poids lourds).

Contexte

Le secteur des transports représente le premier poste émetteur de gaz à effet de serre en France (26 %). Le trafic routier ne cesse d'augmenter depuis plusieurs décennies (+ 688 % entre 1960 et 2009)² ! Parmi tous les modes de transport, la route est le plus important consommateur d'énergie avec 94 % de la consommation du secteur des transports³.

Le Grenelle de l'environnement a posé pour objectif de réduire de 20 % les rejets de GES du secteur des transports d'ici à 2020 (pour revenir au niveau d'émissions de 1990)⁴. Mais, selon les projections du CITEPA⁵, cet objectif ne sera pas atteint. Les

(1) Il sera abondé par les collectivités locales et les banques, qui se rémunéreront via le contrat liant l'opérateur à ses clients et un faible pourcentage du montant total de la rénovation (de l'ordre de 1 % du montant total des travaux).

(2) http://www.citepa.org/emissions/nationale/Ges/ges_co2.htm

(3) Inventaire des émissions de gaz à effet de serre 1990-2009 : citepa.org.

(4) Loi Grenelle 1.

(5) CITEPA: Scénarios prospectifs énergie-climat air à l'horizon 2030. Mars 2011.

politiques actuelles manquent d'ambition. C'est l'ensemble du système transport qui doit être réformé, à commencer par son support : les infrastructures.

En effet, les infrastructures décidées aujourd'hui déterminent largement les trafics de demain. La durée de vie d'une route est estimée à au moins 50 ans. Ainsi, en offrant de nouvelles facilités de circulation, toute infrastructure routière ou aéroportuaire induit du trafic motorisé supplémentaire, ce qui au final et sur la durée génère d'importants rejets de gaz à effet de serre.

Le Grenelle a acté l'élaboration d'un schéma national des infrastructures de transport (SNIT) censé proposer une véritable rupture. Mais, l'avant projet de ce SNIT affiche plus de 1 000 km de routes, ce qui constitue un véritable programme de relance autoroutière/routière en France. Il retient également le projet d'un nouvel aéroport à Notre Dame des Landes. Ces choix contredisent les objectifs pris par la France en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il importe ainsi de réviser en profondeur ce schéma national des infrastructures de transport.

Propositions :

Adopter un schéma national d'infrastructures de transport sobre en carbone et en énergie reposant sur :

1. L'abandon des projets routiers/autoroutiers et aéroportuaires

Au-delà de leur impact écologique, les projets routiers et aéroportuaires contenus dans le SNIT et ailleurs sont coûteux¹ et inutiles², alors même qu'il existe des alternatives dans la plupart des cas. Ils doivent donc être abandonnés.

2. Une mise à niveau, en priorité, du réseau ferroviaire existant

Il convient d'optimiser le réseau ferroviaire existant afin de limiter la création de nouvelles infrastructures.

Transports de personnes : régénérer et moderniser le réseau existant

Le transport ferroviaire de proximité (Intercités, TER) et les trains d'équilibre du territoire sont actuellement en difficulté à cause de l'état des voies ferrées, qui nécessite un investissement considérable. Ces réseaux sont essentiels pour le transport au quotidien des personnes. Il faut donc recréer, à partir des lignes existantes qu'il faut moderniser et d'anciennes lignes à rouvrir, un réseau national Intercités, complémentaire du réseau TGV centré sur les métropoles et des réseaux TER centrés sur les aires urbaines régionales, et exploité en synergie avec eux. Ce réseau, performant et bien maillé, desservirait toutes les villes moyennes³.

L'intermodalité doit également être facilitée par la mise en place de pôles d'échanges multimodaux performants permettant les déplacements des personnes dans les meilleures conditions en tout lieu du territoire. La combinaison gagnante des

(1) 1 km d'autoroute = 6,2 millions d'euros. Source SETRA.

(2) La France est déjà largement en surcapacité autoroutière par rapport à la moyenne européenne (41 % de métrage d'autoroutes en plus par habitant).

(3) Mesure « Réseau intercités » de la FNAUT.

transports collectifs urbains, interurbains et des modes actifs (marche et vélo) doit être un objectif majeur de la politique transport à venir. Des solutions de stationnements sécurisés des vélos dans ces sites sont indispensables.

Au-delà du respect de l'environnement, les nouvelles LGV¹ ne devront pas se faire au détriment du réseau existant. L'amélioration de ce dernier peut être tout aussi efficace avec un coût financier et environnemental beaucoup moins important.

Transports de marchandises : s'engager sur un plan national pour le fret ferroviaire de proximité et le transport combiné

Il est impératif de sauver le fret ferroviaire, actuellement menacé en France en développant un réseau dynamique d'opérateurs ferroviaires de proximité. L'actuel plan Fret SNCF prévoit l'abandon de 60 % de l'activité wagons isolés (fret de proximité), au mépris des objectifs de transfert modal. Du fait du report sur le transport routier et les poids lourds, c'est 300 000 tonnes éqCO₂/an² supplémentaires qui seront rejetées. De plus, l'aide au transport combiné et à la création des plateformes multimodales doit être renforcée de manière significative.

3. Des moyens financiers adéquats

Pour asseoir une véritable politique de transport sobre en carbone et en énergie, il est capital de :

- Supprimer les aides publiques privilégiant le secteur routier et aéroportuaire. Le plan de relance de 2009³ et le grand emprunt national en 2010 ont fortement soutenu les projets routiers et l'industrie automobile (prime à la casse, promotion de la voiture électrique). Il est également nécessaire de supprimer toutes les exonérations de taxe et autres avantages fiscaux dont bénéficient le transport routier et aérien (comme l'exemption de taxe pour le kérosène). À l'inverse, une fiscalité favorisant la pratique du vélo doit être mise en place via l'indemnisation des frais pour les trajets domicile-travail réalisés à vélo comme cela se fait déjà en Belgique et aux Pays-Bas⁴. De même, la faculté pour le contribuable de déduire de ses revenus les frais réels kilométriques de ses déplacements journaliers en automobile doit être fondamentalement revue.
- Doter l'Agence de financement des infrastructures de transport de France (AFITF) des moyens nécessaires pour financer les alternatives à la route et à l'aérien. Pour cela, il est indispensable de lui affecter une partie du produit des nouvelles taxes climat énergie (voir mesure contribution climat énergie) ou autres taxes spécifiques sur le transport routier et aérien.
 - Augmenter significativement le financement de la régénération du réseau ferroviaire et des transports en commun en site propre (TCSP) : les

(1) Le Grenelle de l'environnement a acté la réalisation de 2 000 kilomètres de lignes ferroviaires nouvelles à grande vitesse d'ici à 2020 (liste dans le SNIT).

(2) Etude réalisée en septembre 2009 par le Cabinet « Carbone 4 » et présentée au Comité stratégique fret SNCF le 15 janvier 2010.

(3) Lors du Comité interministériel d'aménagement et de compétitivité des territoires (CIACT) de février 2009, il a été présenté 1 000 projets concrets financés partout en France par le plan de relance de l'économie. Dans ce cadre, 870 millions d'euros sont consacrés aux infrastructures de transports : 400 M€ pour les infrastructures routières, 300 M€ pour les infrastructures ferroviaires et 170 M€ pour les infrastructures fluviales et portuaires.

(4) *L'économie du vélo. synthèse*, 36 pages, Inddigo/Altermodal, publié par Atout France, juillet 2009.

engagements financiers annoncés dans le cadre du Grenelle est insuffisant¹.

4. Une réduction de la demande de transport motorisé fondée sur la proximité

Pour réduire la demande de transport motorisé, il sera essentiel d'agir sur les deux leviers suivants :

- faire payer aux transports leurs coûts complets, y compris les externalités (contribution climat énergie et éco-redevance km poids lourds) ;
- engager une politique d'aménagement du territoire basée sur une relocalisation des activités et ayant comme maître mot la proximité. En favorisant, pour agir sur le transport de marchandises, les structures de production et de distribution à petite échelle. Et en réorientant, pour agir sur les déplacements individuels, les politiques d'urbanisme (en ville : rapprochement des logements, emplois, loisirs, commerces et services les uns des autres pour limiter les déplacements quotidiens/dans les zones rurales : maintien ou redéploiement d'activités et de services, publics et privés).

5. Instaurer une véritable planification stratégique à l'échelle du bassin de vie pour lutter contre l'étalement

Propositions :

- **Transférer la compétence de l'élaboration des PLU à l'intercommunalité**
- **Intégrer une stratégie foncière durable dans le rapport de présentation du PLU**

Contexte

En France, les espaces naturels et agricoles perdent actuellement la superficie moyenne d'un département tous les sept ans, alors que sur la période 1992-2003, cette perte était d'un département tous les dix ans. L'artificialisation des sols constitue l'une des conséquences les plus visibles de **l'étalement urbain**, c'est-à-dire un développement (péri)urbain non maîtrisé, fortement consommateur d'espace et se traduisant principalement par la construction de maisons individuelles isolées. À ce phénomène s'ajoutent la spécialisation fonctionnelle (séparation dans l'espace des fonctions de logements, d'emplois et de services) et la ségrégation spatiale (embourgeoisement du centre-ville, périurbanisation des classes moyennes et « ghettoïsation » des classes les plus pauvres).

La combinaison de ces phénomènes est fortement génératrice d'émissions de gaz à effet de serre, en particulier parce qu'elle a pour conséquence d'augmenter la mobilité locale (d'un rayon inférieur à 80/100 km autour du domicile). Ces phénomènes entraînent également une augmentation de la vulnérabilité des territoires aux impacts des changements climatiques : fragilisation de la biodiversité et réduction des

(1) Concernant la régénération du réseau ferroviaire, voir rapport de l'École polytechnique de Lausanne « audit sur l'état du réseau ferré national français », septembre 2005, disponible sur : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_Rivier.pdf. Pour ce qui concerne les TCSP, l'État s'est engagé à déployer 2,5 milliards d'euros d'ici à 2020 pour investir dans 1 500 km de TCSP supplémentaires, alors que le GART a estimé les besoins à 4 milliards d'euros.

espaces agricoles, alors que leur préservation est essentielle pour maintenir une capacité d'adaptation ; augmentation des risques d'inondation par l'artificialisation des sols, etc.¹.

Au cours des dernières décennies ce phénomène s'est imposé, par défaut, comme le modèle de développement. Malgré l'évolution de certaines lois sur l'urbanisme et des documents de planification territoriale, la lutte contre l'étalement urbain, qui figure pourtant au premier rang du discours politique national et local, n'a globalement, pas porté ses fruits.

Si le Grenelle a permis certaines avancées en matière d'urbanisme, un cadre national cohérent ainsi que des politiques territoriales ambitieuses et efficaces permettant d'endiguer ce phénomène font aujourd'hui défaut. À titre d'exemple, le PTZ+ (prêt à taux zéro+), dispositif visant à faciliter l'accès à la propriété, favorise la construction de logements neufs par rapport à l'achat de logements existants, incitant de la sorte à artificialiser plus de terres et à construire plus loin, même dans les zones peu tendues c'est-à-dire où il n'est pas besoin de construire de nouveaux logements. Il est fondamental de réformer l'ensemble des politiques et mesures ayant un impact sur l'aménagement du territoire, afin qu'elles contribuent à la lutte contre l'étalement urbain – et non l'inverse.

Le Plan local d'urbanisme (PLU) reste majoritairement élaboré par la commune alors que ce niveau manque à la fois du recul nécessaire et des moyens humains et financiers pour réaliser et mettre en œuvre une politique d'urbanisme capable de répondre aux enjeux du développement durable. Si la loi Grenelle 2 encourage le PLU intercommunal, elle ne procède toutefois pas à un transfert d'attribution de la compétence. Alors que l'ensemble des acteurs qui travaillent sur la thématique de l'aménagement du territoire (associatifs, urbanistes, économistes, promoteurs, institutionnels etc.) partagent ce constat, les communes sont réticentes à renoncer à leurs prérogatives en matière d'urbanisme.

Par ailleurs, sur le foncier, la loi Grenelle 2 a certes permis plusieurs avancées puisque le SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) et le PLU doivent présenter une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers et fixer au vu de ce diagnostic des objectifs de lutte contre l'étalement urbain et de consommation économe de l'espace. Le SCoT peut **de plus** imposer, préalablement à toute ouverture à l'urbanisation d'un nouveau secteur, l'utilisation de terrains situés en zone urbanisée et desservis par les équipements ainsi que la réalisation d'une étude de densification des zones déjà urbanisées. Ces mesures permettent de commencer à réfléchir à l'échelle des territoires à une consommation économe de l'espace. Elles restent cependant largement insuffisantes pour impulser une **réelle stratégie foncière**, indispensable à un développement durable des territoires.

Propositions :

➤ Transférer la compétence de l'élaboration du PLU à l'intercommunalité

Il convient dans un premier temps d'inciter financièrement les communes à transférer cette compétence à l'intercommunalité, via par exemple un « bonus » dans les

(1) Pour plus d'informations, voir « Étalement urbain et changements climatiques : état des lieux et propositions », étude du RAC, juillet 2011, disponible sur : <http://www.rac-f.org/IMG/pdf/Etalement%20urbain%20et%20changements%20climatiquespdf.pdf>

dotations globales de financement et de passer par la suite, d'ici 3 à 5 ans, à une obligation de ce transfert.

➤ **Intégrer une véritable stratégie foncière dans le rapport de présentation du PLU**

Les politiques d'urbanisme et d'aménagement structurent le territoire sur le long terme. Il est donc fondamental d'avoir une vision prospective de l'évolution du territoire. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'un diagnostic foncier qui permette à la collectivité de connaître :

- les terrains disponibles, en particulier dans les zones déjà urbanisées ;
- les zones à enjeux spécifiques (friches industrielles, bâtiments tertiaires obsolètes, etc.) qui peuvent faire l'objet d'une transformation (en logements, par exemple) ;
- le maillage en transports collectifs existants et projetés et en circulations douces (vélo, marche...);
- la répartition des services et commerces dans l'espace.

Ce diagnostic foncier doit être croisé avec les différents états des lieux et objectifs définis dans le cadre des politiques d'habitat, de transport, de développement commercial, etc. Il servira à élaborer une stratégie foncière qui définira les priorités en termes de construction, de transformation en espaces verts. Cette stratégie doit figurer dans le PLU.

Enfin, l'évaluation environnementale du PLU telle que prévue par la loi Grenelle 2 doit être réalisée correctement et en incluant les impacts en matière de climat, de vulnérabilité aux changements climatiques, de biodiversité, etc.

Il s'agit au final de privilégier, de manière articulée à la politique de déplacements :

- la rénovation des quartiers et villages existants ;
- « l'intensification » urbaine, c'est-à-dire le fait d'utiliser mieux et davantage les espaces urbains existants : possibilité d'accueillir plus de monde dans une grande maison, mixité d'usage, mais également pénalisation des locaux et logements vacants, etc. ;
- l'exploitation des opportunités foncières pour la création d'« infrastructures » vertes : espaces verts, parcs, terrains de jeux, jardins familiaux ou collectifs, agriculture de proximité, etc. ;
- si nécessaire uniquement et en fonction de la structure urbaine projetée, des projets d'extension urbaine, économes en sol, avec des zones à urbaniser soumises à un seuil de densité minimum.

➤ **Renforcer l'ingénierie territoriale en matière d'urbanisme et d'aménagement**

Ces différentes mesures nécessitent de renforcer les compétences des collectivités. Ce renforcement peut se faire directement en interne, via le développement de formations à destination des élus et services des collectivités relatives à l'urbanisme et ses enjeux majeurs (climat, énergie, mobilité, environnement...) ou en externe, au sein des structures de conseil et d'accompagnement des collectivités en matière

d'urbanisme et d'aménagement¹ dont les moyens financiers se trouveraient par conséquent renforcés.

Enfin, les territoires ruraux et les espaces naturels sont d'une importance fondamentale pour la qualité de vie future sur notre planète, sans commune mesure avec l'importance de leur population. L'étalement urbain est aussi – et même surtout – un enjeu dans les petites collectivités en périphérie éloignée des agglomérations. En conséquence, les territoires ruraux doivent disposer de compétences et de moyens d'étude et d'action analogues aux territoires urbains².

(1) Conseils d'architecture, d'urbanisme et d'environnement (CAUE), Agences d'urbanisme et établissements publics fonciers (EPF).

(2) En utilisant l'Agence d'urbanisme, le CAUE ou l'EPF le plus proche ou en mutualisant des moyens mis en œuvre au niveau départemental ou régional.

L'analyse de l'évolution des émissions européennes et françaises depuis 1990

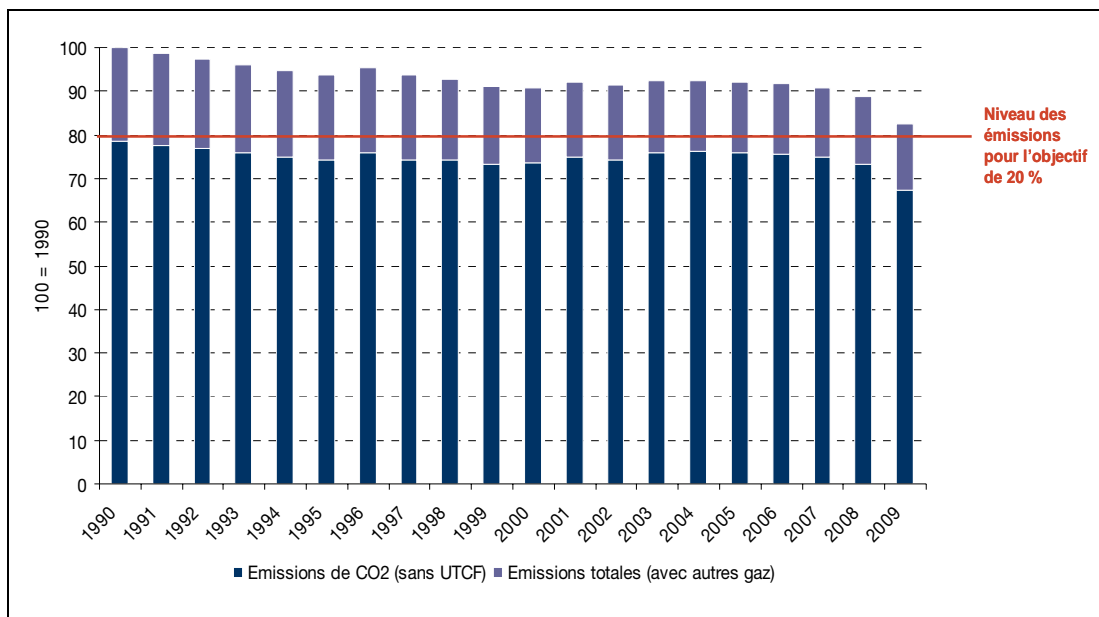
Aurélien Million¹

1. Une très forte baisse des émissions de l'UE-27 depuis 1990

Depuis 1990, l'Union européenne (UE) des 27 est globalement sur une trajectoire orientée à la baisse de ses émissions de GES, qui s'est amplifiée en 2009 avec la crise économique et s'est traduite fin 2009 par une réduction de 17,4 %. L'objectif 2008-2012 au titre du protocole de Kyoto sera dépassé et la cible de - 20 % en 2020 ne semble pas hors d'atteinte. Cette baisse observée depuis 1990 provient principalement de la crise (7 %), d'une diminution très importante des émissions dans les douze nouveaux États membres (supérieure à 30 %, conduisant à une baisse des émissions de l'UE-27 de plus de 6 %) et des réductions des autres gaz à effet de serre que le CO₂ (les émissions de CH₄ et de N₂O ont diminué respectivement de 32 % et de 33 % de 1990 à 2009, ce qui a contribué à réduire d'environ 6,5 % des émissions totales de GES).

(1) Aurélien Million - Responsable du Pôle émissions, projections et modélisations - Département de lutte contre l'effet de serre (DLCES) - Ministère de l'écologie, du développement durable, du transport et du logement - Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC)
aurelien.million@developpement-durable.gouv.fr

Graphique 1 : Évolution des émissions de GES dans l'UE-27 entre 1990 et 2009



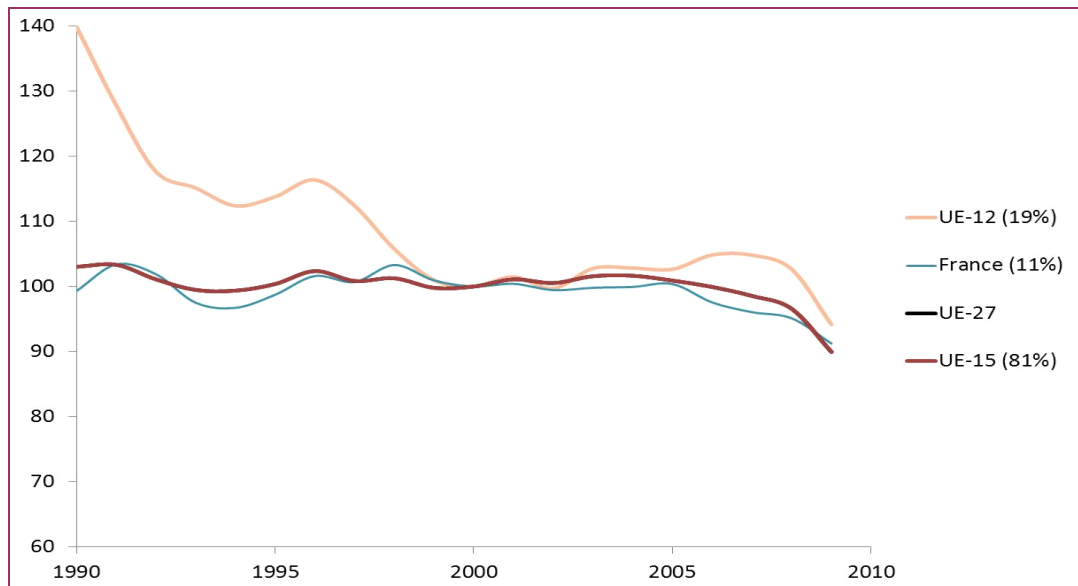
Source : Agence européenne pour l'environnement

D'après les premières estimations de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE), l'Union européenne à 27 enregistrerait **une augmentation des émissions de 2,4 % en 2010 par rapport à 2009**. Les émissions de l'UE-15 étaient de 10,7 % inférieures aux valeurs de l'année de référence du protocole de Kyoto, encore bien en deçà de l'objectif collectif visant à réduire les émissions de 8 % pendant la période 2008-2012. Sur les 15 États membres de l'UE ayant un engagement commun au titre du protocole de Kyoto (l'UE-15), l'Autriche, l'Italie et le Luxembourg étaient en retard en 2010 par rapport à leurs objectifs.

Les efforts de réduction ont été moins porteurs dans l'UE-15, mais correspondent à une baisse importante voisine de - 12,7 % fin 2009 : les émissions de CO₂ n'ont que peu participé à cette baisse, puisqu'elles n'ont diminué que 1,1 % entre 1990 à 2008. Les réductions importantes de l'Allemagne et du Royaume-Uni, en particulier au début des années 1990, ont été compensées dans l'UE-15 notamment par les augmentations observées en Espagne.

Si les tendances historiques d'évolution des émissions ont été très différentes entre 1990 et 2000 entre l'UE-15 et les douze nouveaux États membres, le graphique ci-dessous (avec un indice 100 correspondant aux émissions de l'année 2000) montre que ces tendances ont été très similaires entre 2000 et 2005 dans une période de stabilité économique. Après 2005, l'UE-12 a connu une période de forte croissance économique tandis que l'UE-15 observait une réelle baisse de ses émissions, qui a commencé en 2003, bien avant la crise.

Graphique 2 : Comparaison des évolutions des émissions de GES de l'UE-15 et de l'UE-12 entre 1990 et 2009



Source : Agence européenne pour l'environnement

En fait, ces chiffres moyens cachent une **profonde disparité entre les différents pays européens** avec :

- une très forte réduction des émissions des nouveaux pays membres de l'UE (supérieure à 30 %) ;
- une augmentation importante des pays méditerranéens¹, en particulier de l'Espagne (dont les émissions ont crû de plus de 50 % de 1990 à 2005–2007) et, dans une moindre mesure, l'Italie (hausse de plus de 10 % jusqu'en 2005) ;
- des variations annuelles importantes des pays scandinaves (en y incluant la Finlande) liées aux conditions climatiques et à l'existence d'un marché nordique de l'énergie fortement intégrée entre le Danemark, la Norvège, la Suède et la Finlande ;
- des évolutions plus stables des pays de l'Europe occidentale avec une tendance légère à la baisse depuis 1990, plus accentuée depuis les années 2003–2005 ;
- France se situe dans la moyenne de l'Union européenne à 15.

Si les émissions des transports de passagers semblent à peu près stables depuis 2004 (notamment du fait des tendances observées en Allemagne), celles du transport de marchandises par la route, continuent d'augmenter plus rapidement que la croissance économique et constituent un véritable point noir. Des tendances similaires sont observées pour le transport maritime et l'aérien.

(1) Les pays méditerranéens correspondent à une singularité au sein de l'UE-15 : on peut en effet y observer les plus fortes augmentations depuis 1990. On retrouve en particulier Chypre (près de 80 % de hausse de 1990 à 2009 pour 0,2 % des émissions européennes), Malte (près de 40 % pour 0,1 %), l'Espagne (30 % pour 8,0 % des émissions européennes), le Portugal (environ 25 % pour 1,6 %), la Grèce (17 % pour 2,7 %), mais aussi la Slovénie (dont les émissions avaient augmenté de plus de 15 % avant la crise) et, dans une moindre mesure, l'Italie (hausse de plus de 10 % jusqu'en 2005).

Les émissions de CO₂ du secteur de la production d'électricité et de la chaleur sont en recul de 1990 à fin 2009 mais cette baisse résulte d'abord des réductions observées de 1990 à 2000 ainsi que de l'impact d'une diminution de l'activité économique entre 2008 et 2009. On observe au contraire une augmentation des émissions de 2000 à 2008. La croissance de la demande n'a pas été compensée par l'amélioration de l'efficacité énergétique ou la « décarbonation » de la production électrique.

Plusieurs facteurs explicatifs

Un premier facteur lié aux **événements politiques** explique la baisse des émissions constatée dans les pays de l'ancien bloc soviétique (aujourd'hui faisant partis des nouveaux États membres de l'UE). Ces pays ont connu une baisse très forte de leurs émissions de 1990 à 2000, proche de 60 % : l'éclatement de l'URSS a conduit en effet à une restructuration de leurs économies, avec la fermeture notamment de leurs installations les plus polluantes, une restructuration de leur secteur énergétique, ainsi que pour certains de ces pays, des baisses notables des émissions dans l'agriculture. Ces réductions sont également observables dans une certaine mesure en Allemagne. En effet, la réunification a conduit à la fermetures de certaines usines émettrices de GES dans l'ex-RDA mais également à la fermeture de centrales à charbon, remplacées par la suite par des centrales à gaz (moins émettrices).

L'intensité énergétique finale a connu une variation annuelle de - 0,9 % depuis 1990, un chiffre encore plus important pour les nouveaux membres (- 3,9 % par an)¹. Si cela s'explique notamment par des changements structurels qu'ont opérés les économies européennes (plus de services et moins d'industries), cette décorrélation de la croissance économique et de la consommation énergétique peut également s'expliquer par **les multiples politiques européennes mises en place depuis 1990**. D'abord dirigées contre la pollution locale, les directives, telles que celle sur les Grandes Installations de Combustion pour lutter contre les pluies acides, ont conduit à l'achat de systèmes plus performants (et donc plus efficaces) et à une substitution entre sources de combustibles, bien souvent à la faveur du climat. Parallèlement, la directive nitrates a réduit considérablement l'utilisation des engrais synthétiques, entraînant une diminution importante des émissions de N₂O. Les priorités européennes se sont tournées par la suite vers la réduction de la dépendance énergétique et les problématiques liées aux émissions de GES, notamment par la mise en œuvre de programmes sectoriels (efficacité, transport, etc.), mais aussi de l'ETS.

L'indicateur d'intensité carbone du PIB a davantage diminué que l'intensité énergétique (soit d'environ 2,4 % par an en moyenne pour l'UE-27), ce qui révèle une décarbonation progressive du mix électrique européen. En effet, **la disponibilité des ressources** a conduit, dans un premier temps, à une pénétration du gaz pour la production d'électricité dans les années 1990 en remplaçant du fioul lourd et du charbon, avec la découverte d'importants gisements de gaz en Mer du Nord (cas de la Grande Bretagne). **Le prix des énergies, notamment du pétrole**, a également eu un impact sur l'évolution des émissions depuis les années 2000, sans qu'il sache aisé d'en déterminer précisément la contribution. Néanmoins, il est intéressant de constater que la baisse des émissions coïncide peu ou prou à la hausse du prix du pétrole depuis 2000, et très importante à partir de 2005.

(1) AEE (2007), EN21 *Final Energy Consumption Intensity*.

L'observation des émissions montre également que si les émissions européennes connaissent une inflexion depuis 2005, **la crise économique** a précipité leur baisse. En effet, alors que l'Union européenne connaissait une croissance soutenue en 2006 et 2007 (respectivement + 3,5 % et 3,2 % pour le produit intérieur brut), la crise économique, intervenue à l'automne 2008, a conduit à une chute du taux de croissance européen : 0,69 % en 2008, et -4,13 % en 2009¹. L'industrie manufacturière allemande, italienne, anglaise ou espagnole a été particulièrement touchée : les émissions ont chuté de près de 12,5 % entre 2008 et 2009. Obligées de suspendre certaines unités de production, les industries de l'acier et du ciment ont vu leur production diminuer de près de 30 % entre 2008 et 2009 dans l'UE15². Sous l'effet d'un prix du baril au dessus des 100 \$ durant la première moitié de 2008, les consommations et donc les émissions ont drastiquement diminué dans le secteur résidentiel/tertiaire et dans le secteur des transports (entre 2008 et 2009).

2. En France, une baisse marquée des émissions mais des réductions plus difficiles ?

Les exigences de la Convention cadre sur les changements climatiques et celles du protocole de Kyoto

La France en tant que partie à la Convention cadre des Nations-Unies sur le changement climatique (CCNUCC) et au protocole de Kyoto est soumise à des exigences internationales de rapportage (« *reporting* » en anglais) : inventaire des émissions de gaz à effet de serre, projections d'émissions futures, impacts des politiques et mesures existantes ou à venir.

Ces informations doivent respecter les lignes directrices imposées au niveau international et basées notamment sur les travaux du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les émissions de GES sont rassemblées tous les ans dans des rapports d'inventaire, et l'ensemble des informations tous les quatre ans dans des « communications nationales ». Ces documents sont systématiquement audités par des examinateurs internationaux.

Parallèlement, l'Union européenne, étant elle-même partie à la Convention et au protocole requiert de chaque état membre des éléments similaires à ceux requis dans le cadre onusien.

Les inventaires d'émission de gaz à effet de serre

En France, le Ministère de l'écologie est le point focal pour la CCNUCC sur les inventaires. Le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA) est par ailleurs chargé par l'État français de réaliser chaque année l'inventaire des émissions conformément aux obligations et lignes directrices internationales.

Les inventaires évaluent les émissions de gaz à effet de serre provenant des sources présentes sur le territoire national. Il existe plusieurs formats d'inventaire qui diffèrent selon :

(1) FMI (2011), *World Economic Outlook*, avril.

(2) AEE (2011), *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2009 and inventory report 2011*, Submission to the UNFCCC Secretariat, avril.

- le périmètre géographique couvert : périmètre Convention, comprenant la France métropolitaine et tous les territoires d'outre mer ; périmètre Kyoto, ne comprenant que la métropole et les DOM.
- le format de répartition des émissions par catégories : format international CRF (*Common Reporting Format*), format national plan climat. etc.

Les quantités d'émissions décrites dans les différents formats d'inventaire sont cohérentes entre elles.

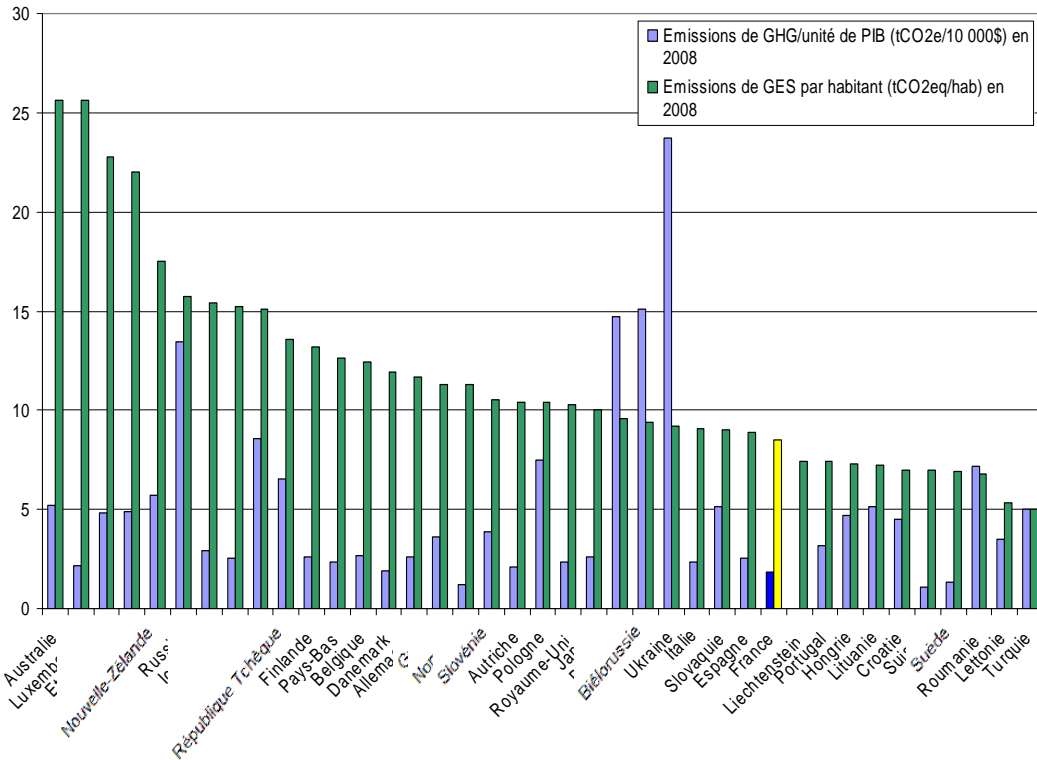
Le chiffrage des émissions de l'année n résulte de la multiplication des données d'activité, collectées sur une centaine de secteurs, par des facteurs d'émission. Ces derniers correspondent soit aux valeurs internationales par défaut, soit à des données spécifiques à la France. L'inventaire d'une année n est délivré en année n+2. Les résultats de l'inventaire 2010 ne seront publiés par exemple que début 2012. Les méthodologies de calcul des émissions diffèrent selon les activités et font l'objet de descriptions précises publiées par le CITEPA¹.

La France : un pays déjà sobre en carbone

La France compte parmi les pays industrialisés les moins émetteurs de gaz à effet de serre, tant en termes d'émissions par habitant que d'émissions par unité de PIB (graphique 3). Ainsi, elle représente 1,1 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre alors qu'elle contribue pour 5,5 % au PIB mondial.

(1) CITEPA (2011) Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France – OMINEA.

Graphique 3 : Classement des principaux pays selon les émissions de gaz à effet de serre par habitant et par unité de PIB (émissions de GES en t_{éq}CO₂/habitant, et en tCO₂eq/10 000\$ de PIB en 2008 - La France en jaune et bleu foncé)



Source : Inventaire d'émission de GES sous la Convention cadre des Nations-Unies sur le changement climatique ; Périmètre Convention, année 2008 ; d'après World Resource Institute – CAIT

Les émissions françaises respectent les objectifs de Kyoto

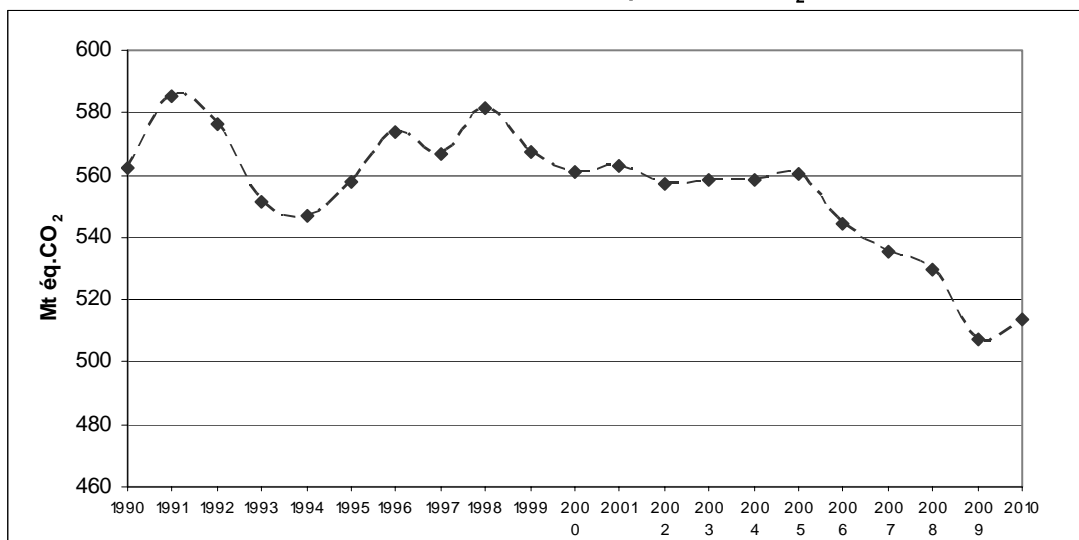
La France est un des rares pays industrialisés à respecter d'ores et déjà l'engagement qu'elle avait accepté dans le cadre du protocole de Kyoto, qui était une stabilisation des émissions¹.

La réduction des émissions de GES de la France entre 1990 et 2009 a été de **- 8,1 % au sens de Kyoto (Métropole + DOM)**². La baisse du seul CO₂ est de l'ordre de 4,5 % sur la période ; les premières estimations pour 2010 font état d'une hausse de l'ordre de 1,5 % (sortie de crise et rigueur climatique). La baisse des émissions semble toutefois être une tendance de fond depuis 2005, avec un recul d'environ 1,5 % par an depuis cette date.

(1) Extrait du Rapport de la France - Au titre du paragraphe 2 de l'article 3 de la décision n°280/2004/CE du Parlement européen et du Conseil du 11 février 2004 - Actualisation 2011.

(2) Du fait d'une récente revue d'inventaire par la CCNUCC, les chiffres officiels, contrairement à ceux figurant dans le texte ci-dessus, ne tiennent pas compte du captage du méthane dans les décharges qui pourrait conduire, par exemple sur 2009, à une baisse de plus de 10 MtCO₂eq. La méthode d'estimation des quantités de méthane captées par les décharges est considérée provisoirement par la CCNUCC comme insuffisamment documentée pour être comptabilisé dans les inventaires.

Graphique 4 : Évolution des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2010 de la France au format Kyoto (Métropole + DOM) de la France en millions de tonnes équivalent CO₂

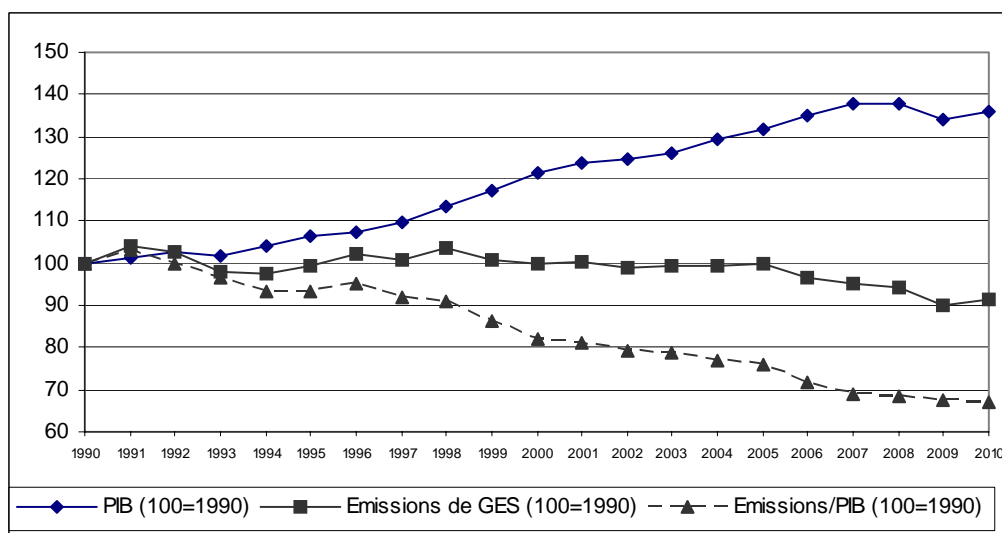


Source : Inventaire de la France, périmètre Kyoto, CITEPA, soumission avril 2010

NB : les émissions de GES pour 2010 correspondent à une première estimation.

En conséquence, on constate un découplage entre la croissance économique et l'évolution des émissions de gaz à effet de serre puisque le PIB a progressé de 40 % dans la même période, correspondant donc à une amélioration de l'ordre de 30 % de son intensité en gaz à effet de serre.

Graphique 5 : Croissance économique et émissions de gaz à effet de serre de la France (évolution du PIB en volume, des émissions de GES et de l'intensité GES - 100 = 1990)



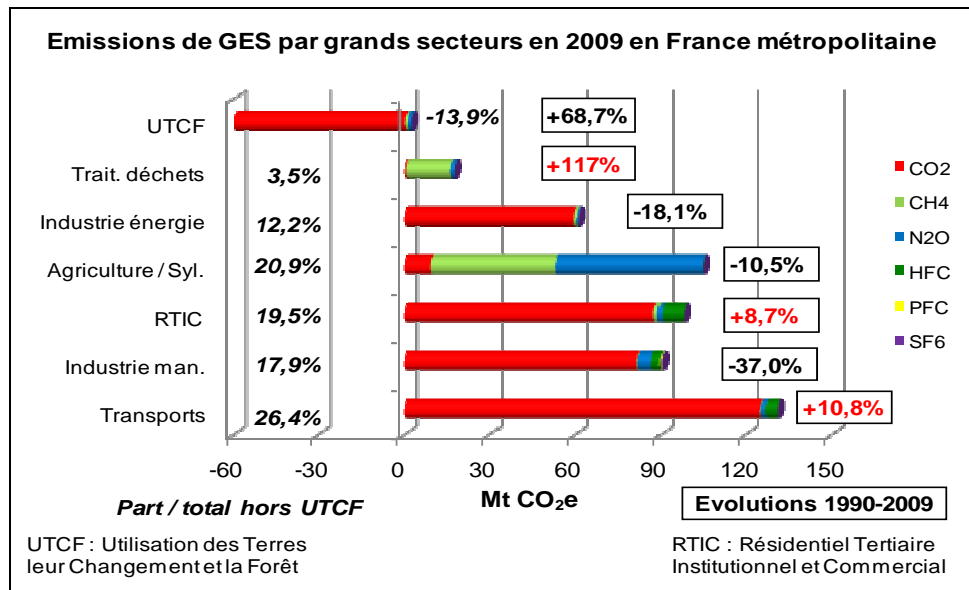
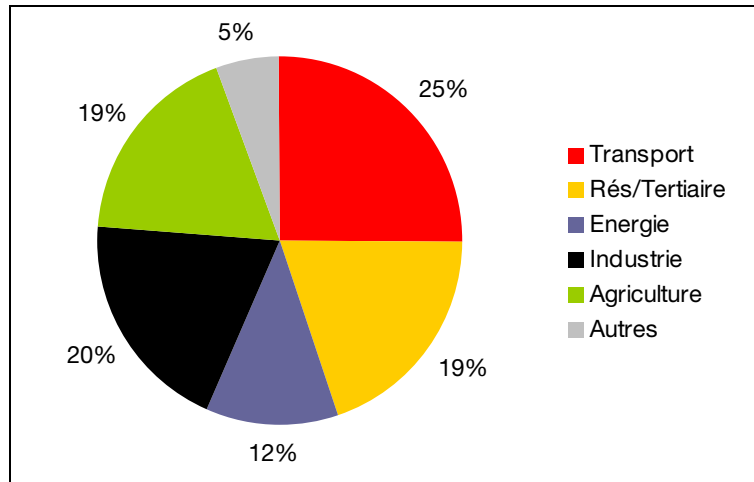
Source : INSEE, inventaire d'émissions au périmètre Kyoto, CITEPA, soumission avril 2011

NB : les émissions de GES pour 2010 sont estimées.

Comme l'indique la figure ci-dessous, les différents secteurs de l'économie, à l'exception du secteur énergétique (dont la part est plus faible en raison de la prépondérance du nucléaire dans le mix électrique), contribuent de manière comparable à l'effet de serre en France.

Du fait de la composition du parc de production électrique et de la structure industrielle de la France, la part des émissions incluses dans l'ETS est de l'ordre de 20 %, une des plus faibles d'Europe.

Graphiques 6 : Émissions de GES par secteur en France en 2009



Source : d'après inventaire CITEPA

L'évolution de leurs émissions en métropole entre 1990 et 2009 est très contrastée : recul dans l'industrie (- 37 %), l'énergie (- 18,1 %) et à un moindre degré l'agriculture (- 10,5 %) mais hausse significative dans le secteur des transports (+ 10,8 %) et du bâtiment (+ 8,7 %), avec par ailleurs des oscillations en fonction des conditions météorologiques pour ce dernier.

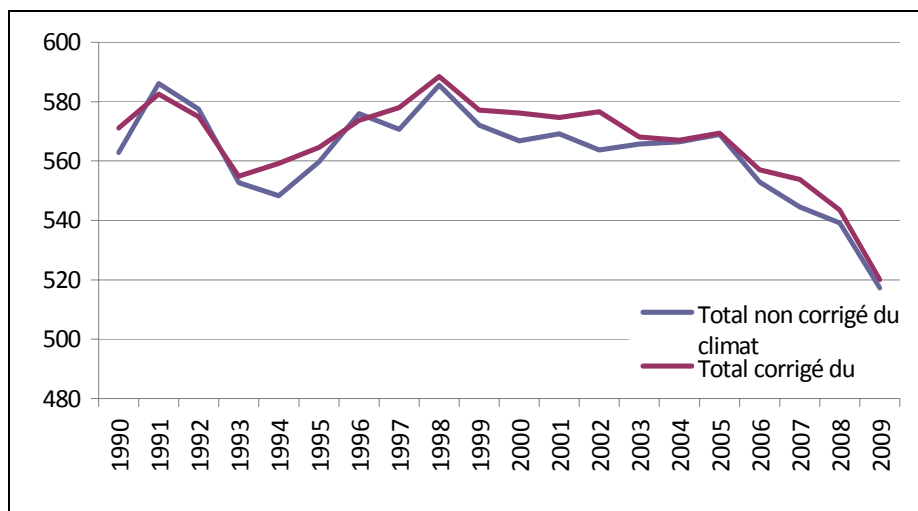
L'élargissement du couvert forestier a par ailleurs conduit à un élargissement de la capacité de stockage de carbone atmosphérique passée de l'ordre de 50 Mt de CO₂e en 1990 à un peu plus de 80 Mt de CO₂e en fin de période, soit une hausse de près de 70 %.

Des évolutions différenciées par la variation climatique annuelle

Pour appréhender un peu mieux l'effet de la variation climatique annuelle sur les émissions, le CITEPA a réalisé pour le Comité une évaluation de l'évolution des émissions métropolitaines en prenant en compte, les corrections du climat telles que calculées dans le cadre du bilan énergétique national¹. Les différences de consommations s'observent sur les secteurs de l'industrie (influence limitée) mais surtout du résidentiel/tertiaire (qui intègre le chauffage urbain dans le bilan de l'énergie). Le calcul prend en compte les émissions de CO₂, CH₄ et N₂O liées à la combustion.

Cette évaluation met en évidence un écart relativement faible (2 à 3 % au plus) entre les deux séries corrigée et non corrigée. Il convient cependant de souligner que la seule prise en compte de la correction climatique basée sur les nombres de degrés-jours est insuffisante pour intégrer l'ensemble des variations de consommations et d'émissions liées à l'effet climatique annuel, en laissant de côté certains effets comportementaux dans d'autres secteurs comme le transport, avec par exemple la hausse de mobilité liée à un été chaud.

Graphique 7 : Évolution des émissions de gaz à effet de serre la France (périmètre Kyoto) entre 1990 et 2009 avec et sans correction climatique (MteqCO₂)



Source : CITEPA

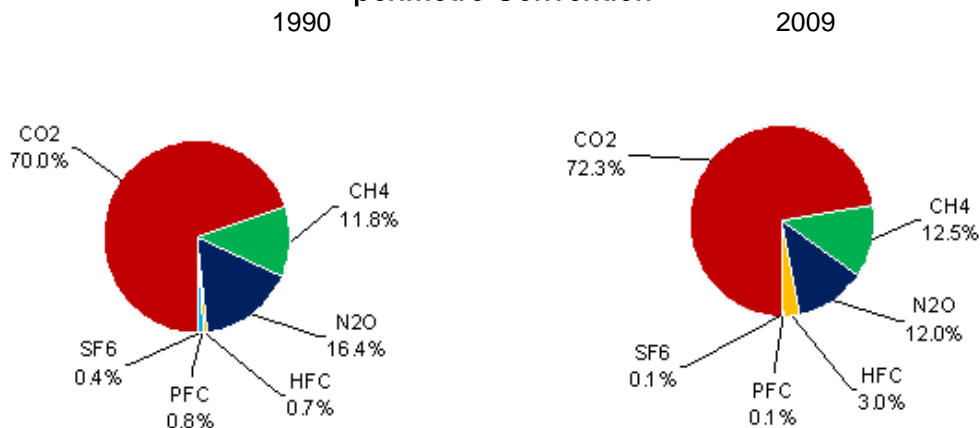
(1) Le principe de la correction climatique est que l'on calcule ce qu'auraient été les consommations énergétiques si les températures avaient été « normales », c'est-à-dire égales à celles d'une période de référence (1981-2010 dans le dernier bilan 2010). On obtient ainsi des séries de consommation qui ne dépendent plus des aléas climatiques et qui rendent compte de la seule évolution des comportements des consommateurs. Pour chaque énergie et pour chaque secteur, la part sensible au climat est réputée proportionnelle au nombre de degrés-jours observés dans l'année.

Des évolutions fortement différenciées selon les gaz

Les évolutions sont cependant contrastées suivant les différents types de gaz :

- hors stockage-déstockage du carbone dans les sols et les plantes, le niveau d'émission de CO₂ fin 2009, 374 MtCO₂e, est inférieur de 5 % à celui de 1990 (394 MtCO₂e). Avant la crise, fin 2007, il était de 398 MtCO₂e après un maximum en 2005 à près de 420 MtCO₂e, équivalent à + 7 % par rapport à 1990) ;
- les émissions de protoxyde d'azote (N₂O) sont en baisse de 33 % fin 2009 par rapport à 1990, conduisant à une réduction de 30 Mt de CO₂e. Elles résultent principalement d'une baisse considérable des émissions de N₂O de l'industrie chimique (- 84 %) et à un degré moindre des sols agricoles (- 16,5 %). La production d'acide adipique (qui entre dans la fabrication du nylon) en particulier ne représente plus que 1,4 MtCO₂e fin 2009 contre 14,8 MtCO₂e en 1990 ;
- un accroissement très sensible des émissions de HFC qui s'est substitué à partir de 1995 aux CFC (impact indirect du Protocole de Montréal) : au total, les émissions de HFC sont passées de 3,7 MtCO₂e en 1990 à 15,5 MtCO₂e fin 2009 ;
- la réduction effective de méthane devrait être de l'ordre de 17 % au cours des douze dernières années, mais la réduction officiellement affichée n'est que de 2 % suite à la position conservatoire retenue par la France consistant à considérer l'efficacité du captage du méthane comme nulle en attendant de disposer des informations suffisantes ;
- la réduction des émissions de PFC entre 1990 et 2009 a été de 92 % : 4,3 MtCO₂e en 1990 contre 0,4 MtCO₂e en 2009. À noter cependant des incidents de process, dans l'industrie de l'aluminium, en 1999, 2002 et 2003 qui ont conduit à des pics.

Graphique 8 : Émissions de GES par gaz en France en 2009, périmètre Convention



Source : CITEPA

Il en résulte une structure d'émission par gaz à effet de serre assez stable entre 1990 et 2009 : le CO₂ est passé de 70 % à 72 %, le CH₄ de 12 % à 13 %, le N₂O de 16 % à 12 % et les gaz fluorés de 2 % à 3 % (substitution du HFC au CFC).

La réduction des émissions de gaz à effet de serre de 1990 à fin 2009, peut être vue comme la résultante de trois évolutions principales :

- la baisse constatée des émissions de CO₂ de 2007 à 2009, soit environ 20 MtCO₂e ;
- la baisse des émissions de protoxyde d'azote de 1990 à 2009 : 30 MtCO₂e ;
- la hausse des émissions de HFC d'environ 12 MtCO₂e.

Des facteurs multiples

On constate un découplage entre la croissance économique et l'évolution des émissions de gaz à effet de serre puisque depuis 1990, le PIB a progressé de 40 %, ce qui correspond une amélioration de l'ordre de 30 % de l'intensité en gaz à effet de serre.

Comme dans le cas de l'Europe, l'évolution constatée des émissions depuis 2005 s'explique par de multiples facteurs influant à la hausse ou la baisse des émissions :

Facteurs de hausse des émissions :

- la variable démographique : hausse de la population de 11 % au cours de la période, et de la baisse du nombre de personnes par ménage (2,9 en 1975 contre 2,3 en 2005) ;
- la croissance économique jusqu'en 2008.

Facteurs de baisse des émissions :

- l'évolution des prix de l'énergie ;
- la structure de la production industrielle avec une industrie lourde en repli ;
- les politiques et mesures climatiques mises en œuvre aux niveaux national et européen ;
- le ralentissement de l'activité économique depuis fin 2008.

Autres facteurs :

- les variables spécifiques liées aux émissions agricoles et aux mouvements de stockage-déstockage de carbone dans les sols et les forêts ;
- les conditions climatiques (le climat a par exemple été très rigoureux en 2010 : coefficient de rigueur de 1,11 et très doux en 1990, avec un coefficient de 0,9).

En particulier, **la hausse des prix de l'énergie** s'est répercutée sur les différents secteurs de l'économie. Dans la production électrique, l'augmentation des prix du fioul lourd et du gaz est en partie responsable de la substitution des moyens thermiques par davantage de production renouvelable (hydraulique, éolien, et biomasse)¹. D'autre part, le prix élevé des carburants a contribué à une réduction des émissions du transport.

Les politiques et réglementations ont très certainement contribué à la baisse des émissions françaises :

(1) CGDD (2011), *Repères : chiffres clés de l'énergie*, décembre.

- le volet « renouvelable » du Paquet énergie-climat a été traduit dans la législation française par la loi Grenelle 1, votée en 2009 : la France s'est astreinte à un objectif de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale. Pour y parvenir, elle a mis en place des tarifs d'achat, soit l'obligation pour l'opérateur d'acheter l'électricité renouvelable à un prix garanti (depuis 2006 par arrêté) ;
- l'impact de l'ETS est difficile à évaluer : du fait de la composition du parc de production électrique et de la structure industrielle de la France, la part des émissions incluses dans l'ETS est de l'ordre de 20 %, une des plus faibles d'Europe ;
- la directive européenne sur le développement des agrocarburants (2003/30/CE) explique en partie la baisse des émissions des transports en France. Si la directive fixe un objectif d'incorporation des agrocarburants de 5,75 % en 2010, la France est allée encore plus loin avec une cible de 7 %. Sans rentrer ici dans le débat sur le contenu du puits à la roue des agrocarburants, l'utilisation de ces derniers est comptabilisée comme zéro émission. Ainsi la moitié des gains des émissions dans le secteur des transports proviendrait de l'incorporation des agrocarburants, le reste s'expliquant par une diminution des consommations unitaires et une diminution du kilométrage parcouru¹. En effet, la mise en place en 2008 du bonus/malus à l'achat de véhicules neufs moins émetteurs de CO₂ a également permis l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules : ainsi début 2010, la moyenne des émissions de CO₂ des voitures neuves vendues en France serait de 130,1 g de CO₂/km contre 148 fin 2007. La baisse serait donc de 12 % en deux ans. Cette politique semble avoir bénéficié en premier lieu aux véhicules diesel. Elle conduit également les constructeurs à offrir des véhicules essence moins émetteurs dans la mesure où l'écart de prix des carburants se réduit. Il en résulte une progression des véhicules essence parmi les véhicules les moins émetteurs.

De plus, la récession économique a fortement amplifié la baisse des émissions, qui ont diminué de 5 % entre 2007 et 2009. En effet, alors que la France connaissait une croissance économique entre 2,3 et 2,5 % en 2006 et 2007, en 2008, la croissance du PIB a été négative en 2008 (- 0,1 %) et 2009 (- 2,6 %). Les premières estimations pour 2010 font état d'une hausse des émissions de l'ordre de 1,5 %, principalement liée à la rigueur du climat.

(1) Ministère de l'environnement (2009), Bilan des émissions de gaz à effet de serre de la France en 2008, http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Bilan_GES_2008_cle5c8dc5.pdf

Complément 3

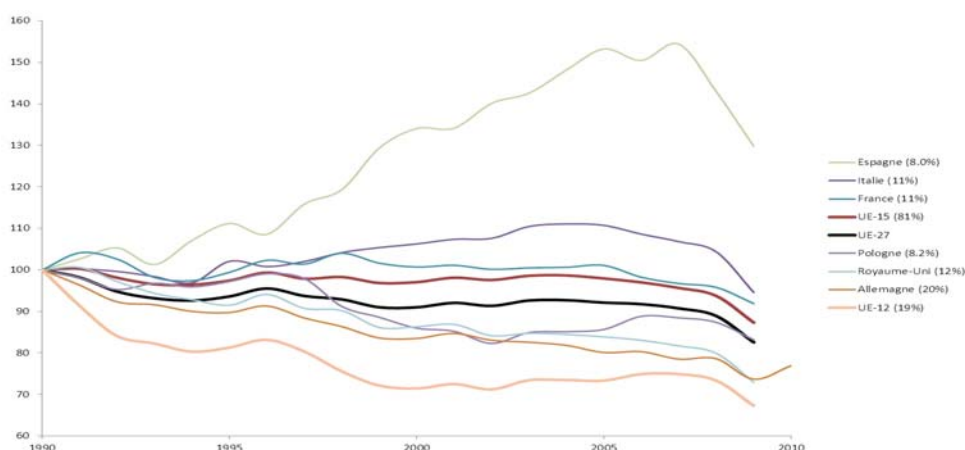
Une illustration des politiques climatiques étrangères



Johanne Buba¹

Les émissions des nouveaux États membres de l'Union européenne (UE) ont suivi une trajectoire bien différente des membres historiques de l'UE-15 : les premières ont fortement diminué jusqu'en 2000 pour ensuite augmenter sous l'impulsion d'un rattrapage économique, alors que les deuxièmes ont stagné jusqu'en 2003 puis ont ensuite diminué. Mais ces évolutions cachent des disparités : alors que l'Allemagne et le Royaume-Uni ont connu une baisse régulière de leurs émissions depuis 1990, les émissions de certains États (France, Italie) n'ont diminué que récemment (2004/2005), et un troisième groupe, composé de la Pologne et de l'Espagne, voit ses émissions fortement augmenter. **Six pays représentent 70 % des émissions européennes** : Allemagne (20 %), Royaume-Uni (12 %), Italie (11 %), France (11 %), Pologne (8,2 %), Espagne (8 %).

Graphique 9 : Évolution des émissions de 1990 à 2010



Source : Dejean F. (2011), *Tendances historiques des émissions de gaz à effet de serre en Europe*, Agence européenne pour l'environnement, présentation devant le Comité, 30 juin

(1) Johanne Buba – Chargée de mission – Département Développement durable - Centre d'analyse stratégique.
johanne.buba@strategie.gouv.fr

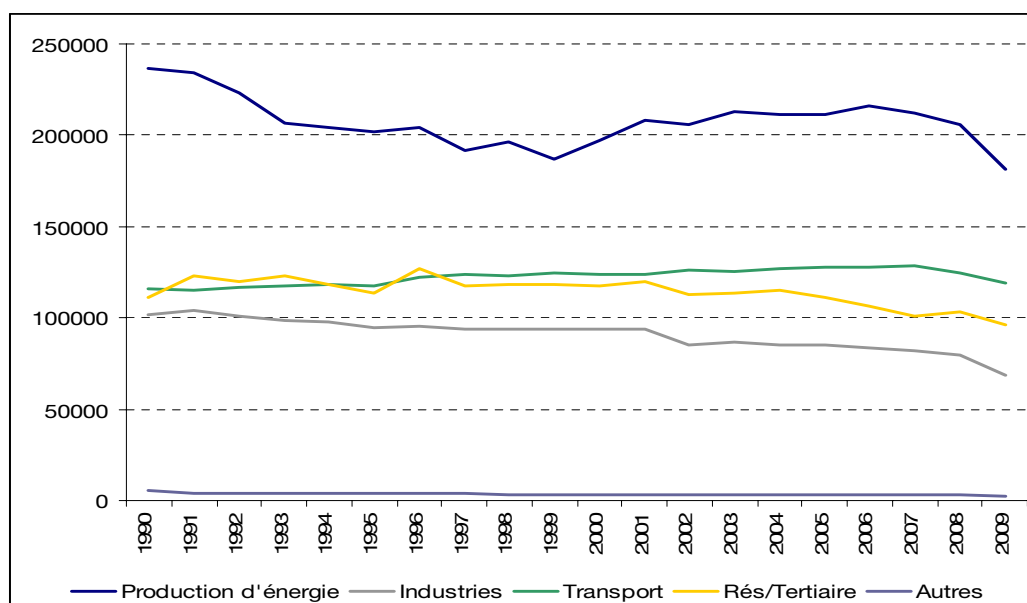
1. Royaume-Uni

Le *Climate Change Act 2008* fixe un objectif de long terme de 80 % de réduction d'émissions à horizon 2050. Le Royaume-Uni est en faveur d'un relèvement de la cible à 2020 à 30 %.

1.1. Analyse des émissions de 1990 à 2009

Les émissions de GES ont fortement diminué de 1990 à 2007 : -18,3 % (sans changement d'affectation des terres), une baisse qui s'est accentuée avec la crise, puisque la réduction a atteint -27 % en 2009. Néanmoins ce chiffre masque des disparités entre secteurs. En effet, si l'amélioration des processus industriels (diminution des émissions liés aux procédés de fabrication) a fortement progressé (notamment entre 1998 et 1999) et que le management des déchets a permis une réduction drastique des émissions de CH₄ (-71 % entre 1990 et 2009) et de CO₂ (-77 % entre 1990 et 2009), le secteur Énergie comme défini par la CCNUCC (combustion d'énergie, incluant alors la production d'énergie, la consommation d'énergie liée à l'industrie, le transport, le résidentiel et le tertiaire) a connu une évolution plus erratique. En effet, **le secteur de la production d'énergie a vu ses émissions diminuer considérablement entre 1990 et 1999 (-21 %), puis remonter (+13,5 % entre 1999 et 2007) sans que les données montrent un quelconque point d'inflexion pendant cette dernière période.** Le ralentissement économique en 2008 et 2009 a évidemment conduit à une diminution des émissions du secteur de la production d'énergie (cf. Graphique ci-dessous). Si les émissions du secteur Énergie (au sens de la CCNUCC) apparaissent stagnantes depuis 1999, c'est avant tout grâce à la diminution des émissions du secteur résidentiel/tertiaire mais aussi de l'énergie utilisée dans l'industrie.

Graphique 10 : Émissions du secteur énergie de la comptabilisation de la CCNUCC (en ktonnes de CO₂eq)

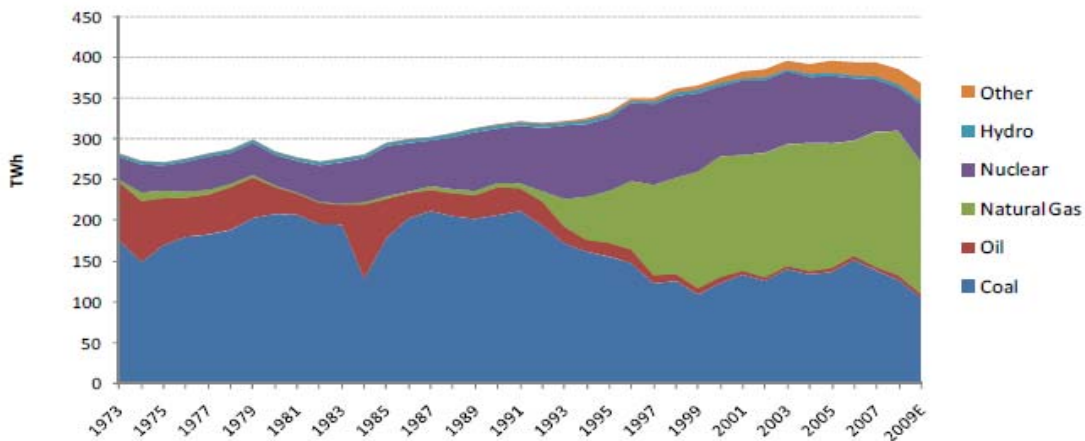


Source : Inventaire CCNUCC

L'évolution des émissions, notamment du secteur de la production d'énergie, s'explique avant tout par la volonté du gouvernement de conserver son indépendance énergétique. Dans les années 1970, le Royaume-Uni découvre progressivement de larges champs gaziers en Mer du Nord et développe son industrie gazière. La privatisation du secteur gazier (*Natural Gas Act*), et notamment de la *British Gas*, contribue alors à diminuer les coûts de production du gaz ainsi que le prix de l'électricité produite à partir de centrales à gaz. **Principal soutien du secteur charbonnier, le marché de l'électricité se privatise réellement en 1989 (*Energy Act* 1989), favorisant alors le gaz au détriment du charbon.** La substitution du charbon par du gaz dans la production électrique se double de considérations environnementales, puisque le gouvernement signe en 1988 une directive européenne lui adjoignant de réduire de 60 % les émissions de dioxyde de soufre en 2003 par rapport à 1980¹.

La rupture observée en 1999 dans les émissions du secteur de la production d'énergie se retrouve dans le graphique présentant l'électricité produite par les différentes sources. **La structure du mix électrique (et donc le niveau des émissions) s'explique avant tout par la disponibilité des réserves de gaz.** En effet, si le charbon reprend une place importante à partir des années 2000, c'est que le pic de production des anciens champs de Mer du Nord est atteint cette même année.

Graphique 11 : Production d'électricité par source



Source : AIE (2010) « United Kingdom », *Oil & Gas Security*.

1.2. La politique climatique britannique : vers le facteur cinq

Le *Climate Change Act*, daté de 2008, fixe des objectifs quinquennaux de réduction d'émissions permettant de respecter l'objectif de long terme de 80 % à 2050 par rapport aux niveaux de 1990. Ainsi les « budgets carbone » établissent les objectifs sur une période de cinq ans (2008-12, 2013-17, 2018-22) et doivent être votés par le Parlement. Approuvé en Juin 2011, le dernier et quatrième *Carbon Budget*, s'étendant sur la période 2023-2027, fixe l'objectif de réduction, particulièrement ambitieux, de 50 % sur cette période. L'effort supporté par le secteur non-ETS sera néanmoins conditionné par les objectifs européens et le relèvement de l'objectif de 20 % à 30 % en 2020. Ainsi, si la quantité de quotas présents sur l'ETS

(1) Pour une histoire complète des secteurs de l'énergie au Royaume-Uni : <http://www.eia.gov/emeu/pgem/electric/ch2.html>

était trop importante, et les efforts portés par les entreprises britanniques soumises à l'ETS alors faibles, le gouvernement verrait à la baisse, en 2014, les objectifs de réduction prévus par les *Carbon Budgets*¹ afin d'éviter de faire porter le poids de l'objectif national essentiellement sur les secteurs hors ETS. D'importantes politiques et mesures sont en cours d'élaboration afin de fixer les orientations concrètes permettant de parvenir à l'objectif de réduction.

Tableau 1 : Cibles retenues dans les *Carbon Budgets*

	Budget 1 (2008-12)	Budget 2 (2013-17)	Budget 3 (2018-22)	Budget 4 (2023-2027)
Budget carbone (Mt CO _{2eq})	3 018	2 782	2 544	1 950
Pourcentage de réduction en dessous du niveau de 1990	22	28	34	50

Source : DECC

1.2.1. La réforme du marché de l'électricité

Près des trois quarts de l'électricité est produite à partir de gaz ou charbon, ce qui porte le problème de la décarbonisation du système électrique au rang des priorités. Aujourd'hui moins de 7 % provient de sources renouvelables, alors que l'objectif fixé par le Paquet énergie-climat prévoit que cette part soit portée à 30 % en 2020. Le secteur électrique est responsable de 34 % des émissions britanniques.

Le Committee on Climate Change, en charge de la réflexion en amont sur les instruments, préconise un objectif de « zéro émission » en 2030 pour le secteur électrique. Côté offre, à l'image des solutions technologiques apportées par la *Roadmap* européenne, **le gouvernement mise principalement sur le développement des énergies renouvelables, des réseaux de chaleur et du CCS** (capture et stockage du CO₂ dans les aquifères salins ou les anciens gisements pétrolifères), **mais aussi du nucléaire**². Le gouvernement a promis environ 1,15 milliard d'euros pour couvrir l'investissement du premier pilote de stockage du carbone. D'après Ofgem, le régulateur britannique, l'investissement dans la génération, la transmission et la distribution d'énergie pourraient s'élever à quelques 225 milliards d'euros, dont 125 milliards dans les seules infrastructures liées à l'électricité³. Côté demande, **l'accent est mis sur la diminution des consommations, via l'amélioration de l'efficacité énergétique mais aussi le développement des réseaux intelligents.**

Dans les années 1990, la Grande-Bretagne a fait le choix d'une complète libéralisation de son marché de l'électricité. Face aux objectifs renouvelables, elle introduit aujourd'hui progressivement des mesures réglementaires :

(1) Site du DECC dédié au Carbon Budget :

http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/emissions/carbon_budgets/carbon_budgets.aspx

(2) UK Government (2011), Carbon Plan, mars.

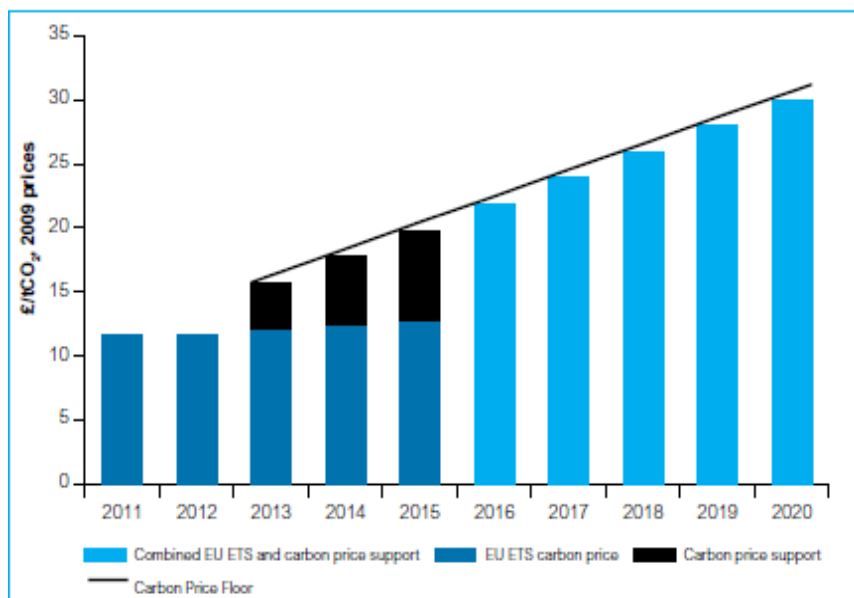
(3) Avis du Committee on Climate Change : Committee on Climate Change (2010), The Fourth Carbon Budget: Reducing emissions through the 2020's, décembre,

<http://www.theccc.org.uk/carbon-budgets/4th-carbon-budget-path-to-2030>

- en 2002, les *Renewables Obligations* (RO) deviennent le principal mécanisme incitatif pour la génération d'électricité renouvelable à grande échelle, puisque l'Ofgem oblige chaque fournisseur d'électricité à vendre un pourcentage fixé à l'avance d'électricité renouvelable ou à payer des pénalités. Certifiées par l'Ofgem, ces quantités d'électricité générée prennent alors la forme de crédits échangeables entre producteurs. Depuis le 1^{er} avril 2009, toutes les sources renouvelables ne sont pas équivalentes. Par exemple, les technologies plus coûteuses, telles que l'éolien offshore, sont davantage valorisées ;
- depuis le 1^{er} avril 2010, des tarifs d'achat ont cours pour les petites unités de production renouvelables installées par des communautés, des entreprises ou encore des particuliers, que l'électricité soit réinjectée sur le réseau ou non. Comme en France ou en Allemagne, le niveau du tarif (de 1,4 à 27 centimes d'euros le kWh) et la période de paiement (de 10 à 25 ans) dépendent de la technologie développée.
Mais **l'administration actuelle estime que ces mesures ne suffiront pas à remplir l'objectif de décarbonisation du système électrique et elle a donc lancé une consultation sur une possible réforme du marché de l'électricité et la création de nouveaux instruments.** La libéralisation du secteur a conduit au développement d'un important marché de gros : le prix sur ce marché est bien souvent celui du coût des centrales à gaz (voire du charbon), puisqu'il est fixé par le coût marginal de production. Ces centrales ont une structure de coûts (important coûts opératoires contre faible coût d'investissement) bien différente de celle des nouveaux moyens de production renouvelables. Au-delà du fait que ces dernières présentent des coûts totaux annualisés supérieurs à ceux des unités gaz ou charbon, il est bien souvent difficile de prendre la décision d'investir dans des moyens de production capitalistiques alors que le prix de l'électricité fluctue avec les cours du gaz. Ainsi, si les règles portant sur l'ETS détermineront en partie la transition du secteur électrique britannique, elles ne suffiront pas à engranger un rythme de décarbonisation suffisant¹. Le gouvernement propose plusieurs pistes pour réformer le marché de l'électricité ;
- considérant que les investisseurs ont besoin d'un prix du carbone plus stable qu'il ne l'est aujourd'hui sur le marché ETS, **le gouvernement propose la mise en place d'un prix plancher du carbone pour les entreprises soumises à l'ETS** : ce prix sera décidé deux ans à l'avance, et le taux payé en sus dépendra donc du prix du carbone sur l'ETS. De manière indicative, le gouvernement propose un prix de 35 euros la tonne de CO₂ en 2020 et 80 euros la tonne de CO₂ en 2030. Les combustibles utilisés pour la production d'électricité seront également taxés d'un prix correspondant à ce prix plancher selon leur contenu carbone ;

(1) UK Government (2010), Electricity Market Reform – Consultation document, <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/Consultations/emr/1041-electricity-market-reform-condoc.pdf> .

Graphique 12 : Prix plancher du carbone



Source: UK Government (2011), *Planning our electric future, White paper, 12 juillet*, <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/11/policy-legislation/EMR/2176-emr-white-paper.pdf>

- **les tarifs d'achat pourraient être revus**, selon un mode opératoire se rapprochant de ceux mis en place aux Pays-Bas ou au Danemark pour l'éolien offshore¹, **que l'on peut qualifier de tarif d'achat avec Contrat pour la Différence**. Celui-ci consiste en un paiement en sus du prix de vente sur le marché de l'électricité, paiement correspondant à la différence entre un tarif garanti et un indice de prix du marché. Puisqu'il garantit des revenus stables à l'investisseur, cet instrument minimise les coûts du capital pour celui-ci, entraînant un moindre impact sur le consommateur. De plus, il évite les rentes, puisque le paiement s'ajuste en fonction du prix de l'électricité sur le marché de gros. Selon l'indice de prix du marché choisi, il préserve l'efficacité du signal prix, puisque si le remboursement est fixé par rapport à un prix moyen, le producteur est incité à vendre son électricité au dessus de ce prix moyen ;
- le gouvernement cherche à sécuriser l'approvisionnement en électricité, considérant que la transition vers une société bas-carbone se traduira par des capacités moins flexibles (notamment car les centrales thermiques seront progressivement remplacées par des moyens de production renouvelables comme l'éolien, peu flexible) et donc que les risques de *blackout* seront plus importants à l'avenir. **L'introduction d'un mécanisme de capacité** permettrait de s'assurer que les capacités seront suffisamment diverses et fiables pour répondre à la demande, même dans des conditions climatiques particulières. Le terme « capacité » inclut aussi bien les technologies de production comme les écrêtages de pointe, le stockage ou encore les interconnexions. Deux mécanismes sont envisagés : i) des réserves stratégiques achetées par un coordinateur central, et placées en dehors du marché électrique, mais qui y seraient réintégrées au dessus d'un certain prix de l'électricité ; ii) la création d'un marché de capacités, où un coordinateur central déterminerait la demande et fournirait des contrats de long-

(1) En Allemagne comme en France, les producteurs reçoivent un tarif d'achat fixe de la part du régulateur. En Espagne, les producteurs revendent leur électricité sur le marché et reçoivent un « premium » en plus de ce prix de vente.

terme aux producteurs en échange de l'assurance d'une délivrance des capacités. Dans ce dernier cas, l'on garantit un revenu fixe aux producteurs sur quelques années, ce qui peut faire doublon avec le tarif d'achat. Si les impacts de ces deux mécanismes sont encore à l'étude, la deuxième solution semble séduire davantage le gouvernement, qui y voit une manière plus efficace de faire émerger des solutions innovantes, telles que le management de la demande¹. Néanmoins l'application d'un tel mécanisme compliquerait l'intégration du secteur électrique britannique dans le marché de l'électricité européen.

1.2.2. Une amélioration de l'efficacité énergétique, notamment dans le résidentiel

En 2001, la Grande-Bretagne a progressivement avancé sur le terrain de la tarification du carbone, en imposant le *Climate Change Levy*, une taxe sur les consommations d'énergie des entreprises (hors du périmètre de l'ETS). Les revenus issus de la taxe sont recyclés sous forme d'allègement des cotisations sociales. Cette taxe a pour but d'inciter les entreprises à améliorer l'efficacité énergétique des équipements utilisés, ou l'empreinte énergétique de leurs bâtiments.

Depuis le 1^{er} avril 2010, le gouvernement a mis en place le *Carbon Reduction Commitment Energy Efficiency Scheme*, sorte de marché de permis d'émissions sur les entreprises non couvertes par l'ETS, les supermarchés, les banques, les autorités locales ou encore les administrations (représentants environ 10 % des émissions britanniques). La simplification du système est aujourd'hui soumise à consultation, puisqu'il est prévu que cette mesure soit prolongée jusqu'en 2023.

Le *Green Deal* constitue la mesure phare de la nouvelle loi sur l'énergie *Energy Bill 2010-11*, loi en cours d'élaboration dont l'objectif est principalement d'améliorer l'efficacité énergétique en levant les barrières à l'investissement, notamment dans le bâtiment, qui représente 24 % des émissions britanniques. Il permet aux particuliers de financer la modernisation de leur logement *via* les économies sur leur facture énergétique. Pour ce faire, ce mécanisme innovant s'appuie sur une règle d'or : **ne sont comptabilisées au titre de *Green Deal* que les améliorations dont le coût est inférieur aux économies d'énergie**. Ainsi un institut agréé par le gouvernement évaluera les travaux optimaux pour l'augmentation de l'efficacité énergétique d'un logement, qui ne pourront être réalisés que par des installateurs agréés. Ce mécanisme a aussi la particularité d'associer ce « crédit » à un logement et non à une personne, de sorte que le *Green Deal* est transmis au nouveau propriétaire lors de la vente du bien².

En 2008, le gouvernement avait imposé aux distributeurs de gaz et d'électricité des objectifs en termes de réduction d'émissions dans les foyers, appelés les CERT (pour *Carbon Emissions Reduction Target*) (anciennement le *Energy Efficiency Commitment* mis en place en 2002). Ces derniers devaient alors démontrer que les mesures qu'ils avaient mises en place avaient effectivement conduit à une diminution des émissions de leurs clients. Plus communément appelés les *White Certificates* ou certificats d'économie d'énergie, ils ont conduit à des économies d'énergie importantes, notamment dans les domaines de l'isolation, de l'éclairage, des appareils électrique et du chauffage. Au total, en septembre 2010, 3 millions de ménages ont reçu des

(1) DECC (2011), *Planning our electric future: a White paper for secure, affordable and low carbon electricity*, juillet et Annexe C "Consultation on possible models for a Capacity Mechanism".

(2) http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/tackling/green_deal/green_deal.aspx

travaux d'isolation et 300 millions de lampes fluocompactes ont été distribuées. **Ce mécanisme devrait être rénové pour favoriser les personnes les plus démunies ou touchées par la « pauvreté énergétique » et renommé *Energy Company Obligation*.** Il viendrait en complément du *Green Deal* puisqu'il pourrait aider à financer l'investissement pour les personnes à faible revenu, qui ont une facture énergétique et une consommation trop faible pour imaginer faire des économies d'énergie avec des travaux d'efficacité énergétique.

L'incitation à la rénovation du bâti ancien est une question cruciale en Grande-Bretagne comme en France, notamment quand cela touche à la location. En effet, l'incitation du propriétaire à financer des travaux, dont il ne profite pas, est nulle. Le gouvernement britannique prévoit, à partir de 2016, d'obliger les propriétaires à recevoir les requêtes des locataires pour une rénovation de type *Green Deal*.

1.2.3. La Green Investment Bank pour corriger les imperfections de marché

Les dépenses d'investissement pour remplir les objectifs européens et britanniques fixés par les différentes lois et directives s'élèveraient à quelques 250 milliards d'euros (voir tableau ci-dessous). Le secteur privé doit manifestement contribuer largement aux efforts. Si certains instruments, cités précédemment, comme un prix du carbone ou un tarif d'achat, permettront de rediriger les investissements privés vers des projets bas-carbone, certaines imperfections de marché existent et pourraient freiner la participation du privé. **Celles-ci doivent donc être corrigées par une intervention publique, notamment par la création d'une banque, la *Green Investment Bank*, (à partir de 2012) qui proposerait des produits permettant de réduire le risque perçu par les investisseurs, et de faciliter l'accès au financement.**

Tableau 2 : Besoins d'investissement à l'horizon 2020

Secteurs	Montants des investissements d'ici à 2020 (milliards d'euros)	Détails
Secteur électrique	125	
Renouvelable	57-70	Environ 34 GW renouvelables installés d'ici à 2020 (biomasse, éolien offshore)
CCS	1,15	Projet pilote à échelle commerciale
Nucléaire	20	Maximum 6 GW installés à 2020
Transmission	5,4	Renforcement du réseau pour l'intégration des unités renouvelables et nucléaires
Réseaux intelligents	12,6	Déploiement de compteurs « intelligents » et d'un réseau
Chaleur renouvelable	11,5	Production possible de 68 TWh de chaleur renouvelable
Efficacité énergétique	21-30	
Domestique	5,2	Potentiel de 16 millions d'installations et de rénovation
Non domestique	16-24	Pour l'industrie et les bâtiments commerciaux

Secteurs	Montants des investissements d'ici à 2020 (milliards d'euros)	Détails
Transport	39 - 41	
Ferroviaire	4,5 - 7	Électrification du réseau existant, <i>Thameslink, the Intercity Express programme and the Crossrail</i>
Véhicules du futur	34	Construction des infrastructures, notamment de recharge (9000 points d'ici 2013)
Eau	23	Amélioration du service public
Déchets	17	Amélioration du management des déchets, production d'énergie à partir de déchets
Adaptation	13	Dépenses d'adaptation de 1,3 milliard par an pour la protection contre les inondations
Total	250 - 260	

Source : UK government (2011), *Update on the design of the Green Investment Bank*.

2. Allemagne

L'Allemagne s'est astreinte à des objectifs de réduction de ses émissions de GES de 40 % d'ici à 2020, 55 % à 2030, et 80-95 % à 2050 (par rapport au niveau de 1990). Pour se faire, elle a mis en place sa feuille de route, le *Energiekonzept*. Ce plan et les mesures évoquées pourraient être en partie remis en cause par les récents événements de Fukushima.

2.1. Analyse des émissions de 1990 à 2009

L'Allemagne a fortement réduit ses émissions depuis 1990, puisque celles-ci en 2009 étaient 26,3 % en dessous du niveau de 1990 (contre 21,5 % en 2007). Comme pour le Royaume-Uni, l'on observe que les émissions entrant dans la catégorie Énergie de la CCNUCC sont stables¹. **Le profil des émissions liées à la production d'énergie est assez proche de celui du Royaume-Uni, puisque les émissions diminuent drastiquement de 1990 à 1999 (-18,9 %), ce qui s'explique par la fermeture de centrales à charbon dans les nouveaux Länder. Mais la tendance s'inverse à partir de 2000 : les émissions augmentent alors régulièrement (+11,9 % entre 2000 et 2007) notamment en raison de la construction de nouvelles centrales à charbon.** La politique énergétique allemande est clairement contrainte par une volonté de s'assurer une certaine sécurité énergétique, tout en prenant en compte des considérations environnementales. Possédant des ressources pétrolifères limitées, l'Allemagne a jusqu'à maintenant assuré son indépendance énergétique grâce à ses réserves en charbon (le charbon assure 56 % de l'énergie primaire), en subventionnant ce secteur. D'autre part, en 2000, le gouvernement s'engage à initier le démantèlement du parc nucléaire, sous pression du lobby anti-nucléaire. Depuis 2005, soit que le gouvernement cherche à remplir ses objectifs environnementaux, soit que l'ETS a porté ses fruits, les capacités renouvelables ont fortement augmenté.

(1) *German Greenhouse Gas Inventory (2011), Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol, National Inventory Report 1990 – 2009*.

Contrairement à la plupart des pays européens, **les émissions du transport en Allemagne connaissent une tendance baissière régulière depuis 2000**. En effet, les gains d'efficacité technique ont été supérieurs à l'augmentation de la performance des véhicules. Une réduction des émissions de CO₂ de 10 % a été observée entre 1998 et 2007 chez les véhicules neufs. Le report vers des véhicules diesel ainsi que l'utilisation plus importante de biocarburants, considérée comme neutre en carbone, ont également contribué à cette inversion de tendance¹.

2.2. Politique climatique : vers le facteur quatre

2.2.1. *Le Energiekonzept : un plan ambitieux...*

Le *Energiekonzept* propose une vision à long terme permettant de parvenir à l'objectif de réduction en 2050, tout en assurant à l'Allemagne des emplois et des entreprises compétitives. Il a été ratifié par les organes législatifs. Il propose quelques 140 mesures concrètes (dont certaines sont encore en cours d'élaboration) articulées autour de trois piliers² :

- pour devenir moins carboné, le système électrique allemand devra se tourner plus massivement vers les énergies renouvelables. Le gouvernement maintient un soutien fort à ces filières au moyen de tarif d'achat mais aussi de l'obligation d'achat sur le réseau. Les réseaux de chaleur et la production de chaleur à partir de sources renouvelables sont fortement encouragés par la nouvelle législation ;
- la demande en énergie doit diminuer, nécessitant des efforts importants en matière d'efficacité énergétique dans l'ensemble des secteurs. Il existe de grands potentiels de réduction dans l'industrie et dans le bâtiment (80 % des bâtiments doivent être mis aux normes ; aujourd'hui le taux de rénovation est de 1 %, et l'objectif est de 2 %) ;
- et le réseau électrique au niveau national comme au niveau européenne devrait être amélioré, adapté et prolongé, en partie pour permettre à l'Allemagne d'importer de l'électricité renouvelable, notamment d'Afrique du Nord.

Le tableau ci-dessous présente les objectifs chiffrés pour différents secteurs.

(1) <http://www.umweltbundesamt-daten-zurumwelt.de/umweltdaten/public/theme.do;jsessionid=F6316191AB18A0E3A5EE09458170F219?nodeId=ent=5677>

(2) Pour plus de renseignements sur le Energiekonzept, consulter le site du BMU : http://www.bmu.de/english/energy_efficiency/doc/46721.php

Tableau 3 : Les objectifs sectoriels du *Energiekonzept*

	Climat	Énergies renouvelables		Efficacité			
		GES	% de l'électricité	% de l'énergie primaire	Énergie primaire	Électricité	Effacité énergétique
2020	- 40 %	35 %	18 %	- 20 %	10 %	Augmente de 2,1 % par an	Rythme de rénovation doublé d'ici à 2020 : de 1 % à 2 % ; Abaissement des besoins de chauffage de 80 % d'ici à 2050
2030	- 55 %	50 %	30 %				
2040	- 70 %	65 %	45 %				
2050	- 80 - 95 %	80 %	60 %	- 50 %	25 %		

Source : *Energiekonzept*, BMU

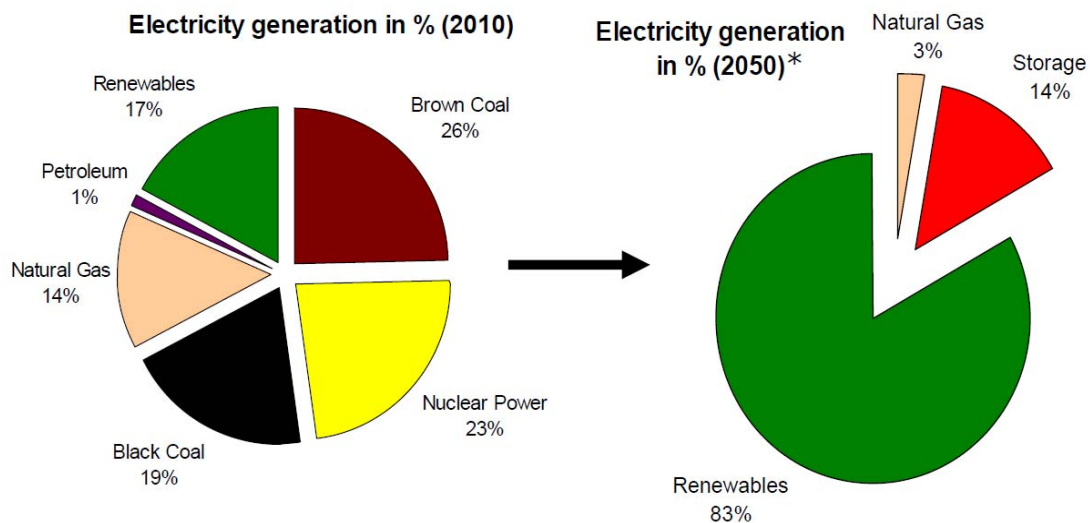
La décarbonisation est un des enjeux importants de cette feuille de route, et l'objectif est ambitieux : parvenir à produire 80 % de l'électricité à partir de sources renouvelables (cf. Graphique ci-dessous). Si aujourd'hui l'éolien (36 %) et la biomasse (28 %) sont les énergies renouvelables majoritaires, **l'éolien devraient se tailler la part du lion dans le bouquet électrique à 2050 (avec 62 % de la production)**, dont une grosse partie proviendrait de l'éolien *offshore*¹. En effet, les capacités d'implantation *onshore* sont presque toutes épuisées. Ainsi, la plupart des installations aujourd'hui consistent à remplacer les anciennes unités par de nouvelles plus performantes (*repowering*).

L'Allemagne mise également sur les importations d'électricité « verte » en provenance de l'étranger, notamment d'Afrique du Nord (20 % des besoins électriques)². Cela suppose notamment d'étendre et d'améliorer le réseau de transport de l'électricité au sein de l'Union européenne, mais aussi de construire une (voire deux) câbles à courant continu sous la mer Méditerranée, pour acheminer l'électricité vers l'Allemagne.

(1) Graichen P. (2011), The German Energy Concept, BMU, conférence organisée par l'IDDRI, 1^{er} juin.

(2) Fraunhofer Institute (2010), Energiekonzept 2050: Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100 % erneuerbaren Energien, Juin.

Graphique 13 : Évolution envisagée du mix électrique à 2050



Source : Graichen P. (2011), *The German Energy Concept*, BMU, conférence organisée par l'IDDRI, 1^{er} juin

L'éolien *offshore*, le choix renouvelable

Le gouvernement prévoit l'installation de près de 25 GW de capacités éoliennes en mer, pour un investissement de 75 milliards. Cette technologie est encore peu mature, contrairement à celle utilisée en *onshore*, notamment car les conditions climatiques sont plus extrêmes, mais aussi car l'installation demande des équipements spécialisés, sans parler du raccordement des unités au sol. Pourtant compte tenu de la saturation des sites les plus ventés sur la terre ferme mais aussi compte tenu de son expérience industrielle dans le domaine, l'Allemagne mise sur un développement de l'*offshore*, qui devrait représenter pas moins de 40 % de l'électricité renouvelable en 2050. Pour cela, le gouvernement souhaite mettre en place divers instruments :

- la technologie étant encore incertaine, le risque perçu par les banques est élevé, conduisant à des taux d'intérêt élevés. Cinq milliards devraient donc être mis à disposition d'un programme spécial « *Offshore Wind power* » pour des prêts aux taux du marché par la KfW (équivalent allemand de la Caisse des dépôts). Cela devrait permettre la construction des dix premiers champs offshore et améliorer, par la suite, la confiance des banques vis-à-vis de tels projets ;
- la réforme de l'EEG pourrait prévoir notamment de mieux refléter les coûts de l'*offshore*. Très capitalistique, cette technologie pourrait se développer davantage par l'instauration d'un tarif d'achat plus haut mais sur une période plus courte.

Le gouvernement mise sur une diminution de la demande énergétique totale, notamment grâce à la rénovation des bâtiments. Le nœud du problème ici comme ailleurs est d'inciter les propriétaires ou les locataires de logement à rénover leur habitation. La mise en place d'une taxe sur l'énergie afin d'internaliser le coût du CO₂ dans le marché de la chaleur, ainsi que des déductions d'impôts pour les rénovations permettront d'initier des changements. L'Allemagne est souvent citée en exemple dans ce domaine, notamment via la banque publique KfW, qui propose des instruments financiers permettant de lever les inerties dans ce secteur en particulier. La KfW (*Kreditanstalt für Wiederaufbau*) est très active dans la rénovation du bâti existant, à travers deux programmes (*CO₂-Minderungsprogramm* et *CO₂-Gebäudesanierungsprogramm*). Le premier permet le financement de mesures

ciblées, via des prêts à taux préférentiels. Le second a pour objectif la rénovation du logement et regroupe donc un ensemble de mesures, financées également via des prêts préférentiels mais également via une annulation d'une partie du prêt (jusqu'à 15 %) pour les logements qui atteignent une consommation d'énergie par m² équivalente ou inférieure à celle définie par les normes de construction du bâti neuf. Même si les réductions d'émissions n'ont pas été à la hauteur des attentes du gouvernement, ces programmes ont tout de même permis la rénovation partielle ou totale de plus de 1 million de logements. Sans oublier qu'ils ont entraîné de nombreuses créations d'emplois dans ce secteur.

D'importantes subventions de recherche devraient se poursuivre, notamment dans les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, le stockage de l'énergie, et l'intégration des énergies renouvelables au réseau.

En Allemagne, comme ailleurs, il existe de fortes résistances, qui pour être dépassées, nécessitent un support éducatif et une stratégie transparente. L'acceptabilité est une donnée primordiale dans les choix nationaux. Au-delà des coûts trop importants associés à cette technologie, le CCS rencontre de fortes oppositions dans le pays, ce qui a conduit le gouvernement à revenir sur son projet de loi. Ces problèmes d'acceptabilité et de coûts conduisent à ce qu'aucune entreprise privée ne cherche aujourd'hui à se lancer dans un tel projet. Un cadre législatif ne sert donc à rien dans ce contexte.

2.2.2. ... mais difficile à financer

La KfW estime la facture du tournant énergétique à 250 Mds€. Ce chiffre prend en compte les investissements nécessaires à la réalisation de nouvelles capacités de production, dont les ENR, les éventuelles importations d'électricité depuis l'étranger, le démantèlement prématuré des installations existantes etc.

La décision allemande de l'arrêt immédiat de huit centrales nucléaires est intervenue brusquement alors que les décisions politiques tendaient jusqu'alors à réintégrer le nucléaire dans le mix électrique futur. Plusieurs problèmes vont se poser à court terme, notamment pendant cet automne et cet hiver, puisque cette décision risque de mettre à rudes épreuves les interconnexions électriques européennes. À moyen terme, la question du financement reste centrale. Les énergies renouvelables devront constituer la grande majorité du mix électrique, mais il est probable que l'Allemagne aura aussi recours plus massivement aux centrales à gaz et au charbon (11 300 MW sont en construction), ainsi qu'à de l'électricité venue des pays limitrophes.

D'après le représentant allemand, intervenu le 22 septembre devant le Comité, des gains importants sur les technologies sont attendus, notamment grâce à un effort accru de R&D. Si la facture énergétique des consommateurs finaux pourrait augmenter sous l'effet d'un changement de bouquet énergétique, cette hausse sera en partie compensée par une diminution de la demande (par une rénovation des bâtiments notamment). In fine, un ménage pourrait réduire sa facture de 140 euros par an, grâce à l'achat d'appareils plus performants.

Fin 2010, le Bundesrat a validé deux lois importantes du Energiekonzept : la loi sur la taxe sur les combustibles – à cette occasion, la chancelière Angela Merkel a aussi obtenu la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires – et la loi sur la

création d'un fonds d'investissement énergie-climat (le *Energie – und Klimafonds*). Ainsi selon la loi, ce dernier serait abondé par la taxe sur le combustible nucléaire jusqu'en 2017 (environ 18 euros le MWh, soit 2,3 milliards d'euros par an) et par la vente aux enchères des permis d'émissions du SCEQE¹. Il devrait être abondé par la totalité des futurs revenus des enchères sur l'ETS (environ 300 millions d'€ en 2011, 780 millions en 2012 et 3 300 millions à partir de 2013²). Ce fonds devrait aider au financement de projets renouvelables mais également de projets d'efficacité énergétique ou d'électromobilité sous forme de prêts bonifiés, et de subventions directes. Une partie du fonds sera également redistribuée aux industries intensives en énergies pour compenser la hausse des prix de l'électricité, qui résultera de la mise aux enchères des permis. Ce fonds devrait être géré par le gouvernement fédéral lui-même mais en lien étroit avec les autorités régionales et locales.

La catastrophe de Fukushima a conduit la chancelière Angela Merkel à décider la fermeture progressive et définitive des centrales nucléaires. Cette décision a entraîné l'arrêt immédiat des transferts, jusque là volontaires des opérateurs de centrales nucléaires, vers ce fonds. **Le gouvernement revoit donc sa copie sur l'utilité et le financement de son fonds.** D'une part, il devrait être abondé par la totalité des enchères du SCEQE, et non par une partie comme initialement prévu fin 2010, ce qui porterait les sommes disponibles à plus de 3 milliards d'euros par an. Cependant, les objectifs initiaux de ce fonds pourraient évoluer. En effet, celui-ci proposait d'investir directement ou de prêter à des taux préférentiels aux investisseurs afin de lever des fonds privés pour des projets domestiques comme internationaux (dans le cas des promesses faites à Cancun de financer 100 milliards de dollars par an d'ici à 2020). Aujourd'hui, certains membres du gouvernement évoquent la possibilité que la plupart de ce fonds aille à destination de projets nationaux, dont la subvention à la construction de nouvelles capacités au charbon (technologie CCS) et au gaz (seulement pour les petits producteurs ayant moins de 5 % de part de marché sur le segment de la production).

La fermeture des huit centrales nucléaires a eu un impact sur les prix plus faible que prévu (les prix à terme ont augmenté d'environ 5€/MWh en avril 2011, pour passer de 55 à 60€/MWh). Le gouvernement allemand estime que les importations d'électricité resteront, au total, faibles. En automne et en hiver, les besoins pourraient augmenter, auquel cas l'Allemagne ferait appel à des importations d'Autriche, et non de France comme souvent évoqué – certains reprochant à l'Allemagne d'arrêter le nucléaire, mais d'importer de l'électricité d'origine nucléaire de la France.

L'Allemagne et le nucléaire

En juin 2000, le gouvernement rouge-vert de l'époque et les grosses entreprises énergétiques s'entendent sur un « consensus nucléaire », visant l'abandon progressif de l'ensemble des centrales nucléaires. La loi de 2002 en fixe les termes : un arrêt progressif des différents réacteurs après 32 ans d'exploitation (soit au plus tard en 2021), ainsi que la fermeture de 18 centrales nucléaires encore actives à l'heure actuelle en Allemagne. Les différentes crises entre la Russie et les pays satellites (Biélorussie, Ukraine) ravivent la controverse sur l'utilisation de l'énergie nucléaire, réponse possible à la sécurité énergétique. Le paysage politique se décompose en deux camps opposés : arguant de risques d'accident et du problème du traitement des déchets, les Verts et le SPD appuient la sortie du nucléaire ; La CDU et la CSU, partis chrétiens-démocrates, ainsi que le FDP sont partisans d'une prolongation de la durée de

(1) <http://www.gesetze-im-internet.de/ekfg/BJNR180700010.html>

(2) Avec un prix du permis de 17 euros.

vie des centrales nucléaires, puisqu'ils se représentent l'atome comme étant un moyen de s'affranchir d'une dépendance énergétique, de réduire les émissions et d'assurer des prix de l'électricité bas et stables. Sans décider de la construction de nouvelles centrales nucléaires, la chancelière Angela Merkel avait adopté un allongement de la durée de vie des centrales existantes. La catastrophe nucléaire de Fukushima a conduit la chancelière à revoir sa politique énergétique. Ainsi, **toutes les centrales nucléaires devraient être arrêtées d'ici à 2022** : 8 centrales en 2011 et les 9 centrales restantes entre 2012 et 2022. **Peu d'alternatives existent pour prendre le relai du nucléaire, qui représente aujourd'hui 15 % du parc et 23 % de la production d'électricité**.

3. Suède

Adoptée en septembre 2009 par le Parlement, la nouvelle politique suédoise pour l'énergie et le climat fixe des jalons à moyen et long terme très ambitieux. Le gouvernement s'est donc fixé la cible de réduction de ses GES sur l'hors ETS de 40 % en 2020 (par rapport au niveau de 1990), une cible plus ambitieuse que celle prévue par le Paquet climat-énergie qui est de 25 %. Il propose que la Suède devienne un pays non émetteur (« neutralité carbone ») en 2050.

3.1. Analyse des émissions de 1990 à 2009

La Suède possède l'empreinte carbone par habitant la plus faible des pays nordiques et de l'Union européenne (hors nouveaux entrants). En 2008, les émissions de GES étaient inférieures de 9 % par rapport à celles de 1990, alors que le PIB suédois a crû de 44 % sur cette même période. Les émissions du secteur Énergie, au sens de la CCNUCC, ont lentement diminué depuis 1996, année de grand froid. Mais c'est à partir de 2003 que la transition s'accélère. À y regarder de plus près, **les émissions ont avant tout diminué régulièrement dans le secteur industriel** (- 7,6 % entre 1990 et 2007, - 28,7 % entre 1990 et 2009) **et drastiquement dans le secteur résidentiel/tertiaire** (- 61 % entre 1990 et 2007 et - 65 % entre 1990 et 2009). Sur ce dernier point, l'instauration d'un ensemble de taxes environnementales (cf. ci-dessous) est très largement à l'origine d'un changement de comportement individuel.

3.2. Vers une société zéro émission en 2050

3.2.1. Un fort volontarisme environnemental depuis les années 1990

D'abord préoccupée par une forte dépendance pétrolière, **la Suède a mis en place très tôt une taxe sur l'énergie**. Dans les années 80, le mouvement anti-nucléaire s'organisa : le parlement décida alors de l'abandon progressif du nucléaire (fixé à 2010). L'arbitrage entre un système électrique sans nucléaire et une volonté de diminuer la dépendance énergétique du pays aiguilla les pouvoirs publics vers la biomasse.

En 1991, lors d'une vaste réforme fiscale, **la Suède décida de mettre en place une taxe carbone en sus de la taxe sur l'énergie**, dont le taux a été diminué pour compenser en partie l'instauration de cette nouvelle taxe. D'abord fixée à 31€/tCO₂, elle était de plus de 100 € en 2010. Pour préserver la compétitivité des industries

(1) Données issues du Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

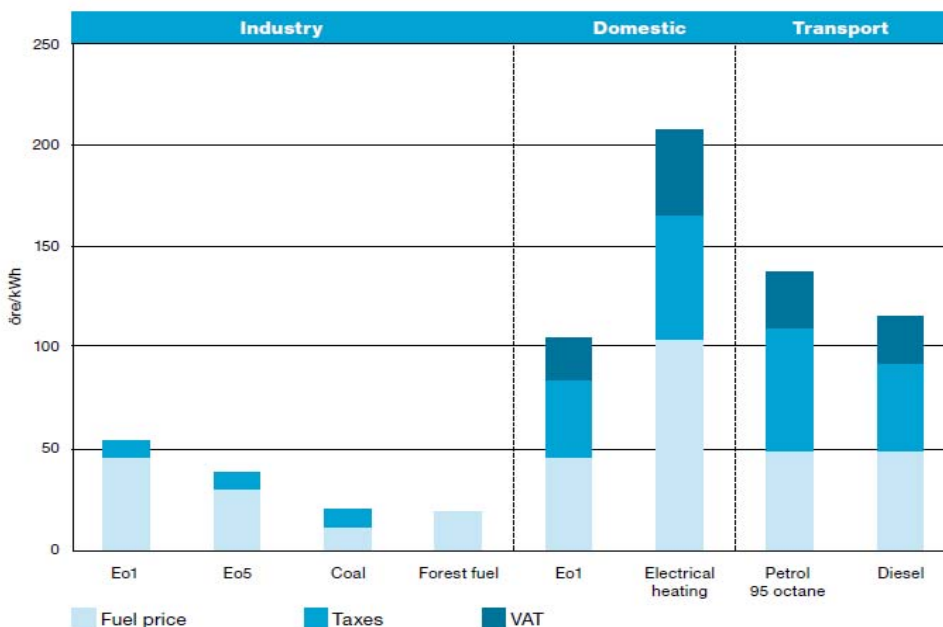
suédoises, le gouvernement décida d'exempter l'industrie, l'agriculture et l'industrie forestière de la taxe sur l'énergie et de leur faire bénéficier d'un taux préférentiel pour la taxe carbone (21 % du taux pour l'industrie, voire 15 % pour les industries dans l'ETS). Celle-ci a eu pour effet le développement de la biomasse dans les réseaux de chaleur urbain. De plus, d'après le Ministère de l'environnement suédois (1997), les **émissions de CO₂ en 1995 étaient 15 % moins élevées que dans le cas où la réforme n'aurait pas eu lieu** ; les émissions de 2000 auraient été inférieures de 20-25 % au scénario sans réforme. 90 % de cette réduction serait liée à la réforme fiscale.

D'autres taxes ont également été mises en place :

- une taxe sur les sulfures (1991) sur le fioul lourd, le charbon et la tourbe ;
- une taxe sur la production d'électricité d'origine nucléaire afin de pénaliser le nucléaire par rapport à d'autres moyens de production ;
- une taxe sur la consommation d'électricité, dont les industries sont là encore exemptés ;
- une taxe sur la valeur ajoutée est aussi levée sur le prix de l'énergie.

En 2009, l'ensemble des taxes liées à l'environnement aurait rapporté plus de 70 millions de SEK, soit 7,7 milliards d'euros, soit 9,3 % des revenus de l'État. Si l'industrie bénéficie de nombreuses exemptions, le consommateur d'énergie, lui, est fortement incité à réduire ses consommations énergétiques. En effet, le prix de l'électricité est composé à 48 % de taxes, et le prix d'un litre de pétrole à 63 %.

Graphique 14 : Poids des taxes environnementales pour les usagers



Source : Gouvernement (2011), *Energy in Sweden 2010*.

En 2008, la Suède a annoncé qu'elle serait neutre en carbone d'ici à 2050. Cette annonce très ambitieuse s'accompagne d'un ensemble de mesures et de réformes, d'une part basées sur la mise en œuvre d'un prix du carbone mais également sur des incitations fiscales permettant de dépasser certaines inerties. Suite à la reconduction

de l'Alliance centre-droit en septembre 2010, la politique nationale suédoise en matière de croissance verte assure la continuité des mesures prises durant le mandat 2006-2010. La trajectoire bas carbone envisagée a été formalisée par deux lois dites « Énergie et Climat » adoptées en novembre 2009. Elles prévoient la levée historique du moratoire sur le nucléaire par le remplacement progressif des 10 réacteurs existants et des objectifs climatiques pour 2020 parmi les plus ambitieux du monde, incluant notamment :

- part de 50 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique (allant légèrement au-delà de l'objectif communautaire fixé à 49 %) ;
- réduction de 40 % des émissions de GES hors ETS par rapport à 1990 (allant au-delà de l'objectif communautaire fixé à 25 %) ;
- hausse de 20 % de l'efficacité énergétique ;
- disparition des combustibles fossiles dans le secteur du chauffage en 2020 ;
- production de 30 TWh d'énergie éolienne (dont 10 TWh *Offshore*) en 2020 ;
- 10 % d'énergies renouvelables dans les transports.

À plus long terme:

- un parc de véhicules indépendant des énergies fossiles en 2030 ;
- aucune émission nette de GES (« neutralité carbone ») en 2050.

L'une des difficultés que le gouvernement devra surmonter, est celle de la décarbonisation du mix électrique. Le plan « zéro émission », qui s'applique également au mix électrique, s'appuie en grande partie sur **le nucléaire**. Celui-ci a fait l'objet de nombreux revirements. Les différents accidents nucléaires ont fait la force du lobby anti-nucléaire, qui a finalement obtenu, en 1980 suite à un referendum, la fermeture progressive des centrales nucléaires et l'interdiction de construire de nouveaux réacteurs. Mais en 2002, le gouvernement social-démocrate a renoncé officiellement à l'objectif de retrait total en 2020. La majorité du PM M. Reinfeldt (conservateur) s'est entendue en 2009 pour lever le moratoire sur la modernisation du parc nucléaire. Cette décision, qui prévoit le remplacement progressif des 10 tranches existantes (fin d'exploitation à partir des années 2020) sans limitation de puissance pour les nouveaux réacteurs, a été permise par le changement de position du parti du centre. Le gouvernement planifie une hausse de la production nette d'électricité provenant du nucléaire de 10 TWh avant 2025, ce qui implique la construction d'un nouveau réacteur en complément de la modernisation des autres.

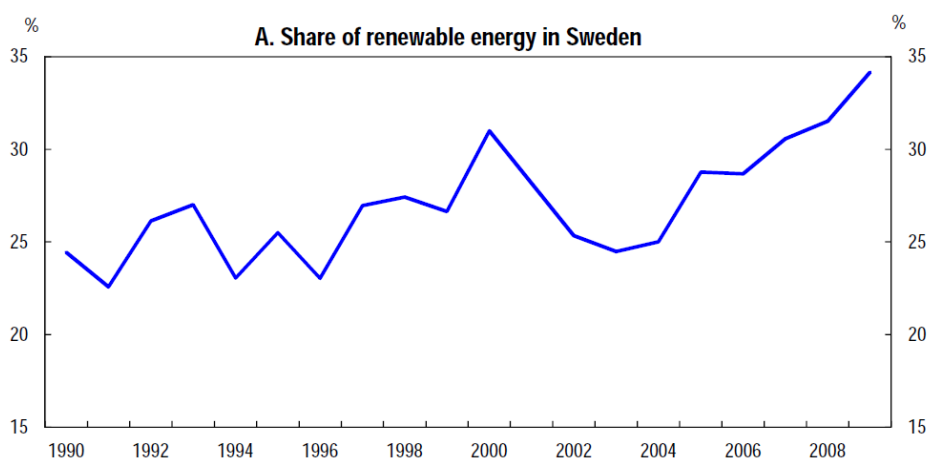
En effet, la construction de nouveaux réacteurs nucléaires est autorisée en Suède depuis le 1^{er} janvier 2011, grâce à l'adoption par le Parlement de la loi « Énergie nucléaire : pour de nouveaux réacteurs et une responsabilité accrue » à une très courte majorité le 17 juin 2010 et à la reconduction de l'Alliance gouvernementale aux élections de septembre 2010 (l'opposition rouge-verte y reste très opposée). La loi stipule qu'aucune subvention publique ne sera accordée pour la construction de nouveaux réacteurs.

L'énergéticien public Vattenfall, soutenu dans cette démarche par l'industrie électro-intensive suédoise (papetiers et métallurgistes), a annoncé de son côté en décembre 2010, avoir signé un contrat de quatre ans d'un montant total de 100 M€ avec l'entreprise de conseil technique ÅF pour la planification de deux nouveaux réacteurs nucléaires qui pourraient être connectés au réseau d'ici dix ans.

Suite à l'accident de Fukushima, l'Alliance gouvernementale a indiqué très tôt qu'elle ne reviendrait pas sur la levée du moratoire pour la construction de nouvelles centrales nucléaires, mais l'opposition verte et sociale-démocrate a pris position en faveur du démantèlement, à plus ou moins long terme pour tenir compte de la lourde dépendance actuelle des industries électro-intensives suédoises.

La part renouvelable dans l'électricité produite en Suède était de 56 % en 2010, essentiellement grâce à l'hydroélectricité (46 %), aux biocombustibles (8 %) et à l'éolien (2 %, en progression de 40 % par rapport à 2009). Le reste de la production électrique est essentiellement assuré par le nucléaire (38 %). La Suède a pour objectif d'augmenter la production d'électricité renouvelable de 25 TWh d'ici 2020 (par rapport au niveau de 70 TWh en 2002, dont 90 % étaient alors fournis par les grands barrages hydroélectriques).

Graphique 15 : Énergies renouvelables en Suède dans la consommation primaire



Source : OCDE (2011), *Enhancing the cost-effectiveness of climate change mitigation policies in Sweden*, Economic Department Working Paper n° 841

3.2.2. Des objectifs de long terme très ambitieux

La Suède est le premier pays européen à annoncer sa volonté de devenir un pays sans émission à long terme et d'édicter, pour y parvenir, un ensemble d'objectifs sectoriels à moyen terme. Des instruments ont été mis en place dans chaque secteur.

En 2020, la proportion d'énergies renouvelables dans la demande totale en énergie devrait atteindre 50 %. En vigueur depuis 2003, le système des « *Green certificates* » est prolongé jusqu'en 2035. Les certificats verts fonctionnent comme des permis échangeables, chaque producteur d'électricité étant obligé d'acheter un certain nombre de certificats (en proportion de l'électricité vendue) et certains utilisateurs (exemption pour les industries intensives en électricité) devant faire de même (à hauteur de 17 % de l'électricité utilisée). Des producteurs d'électricité renouvelable reçoivent un certificat pour chaque MWh produit, certificat qu'ils peuvent vendre aux utilisateurs et producteurs soumis à des quotas. Le « *Green Certificate* » tente donc d'augmenter la rentabilité des projets renouvelables, puisqu'en plus du prix de l'électricité, le producteur d'électricité renouvelable peut faire valoir le prix du

certificat¹. L'objectif entre 2002 et 2016 était de 17 TWh de production électrique d'origine renouvelable additionnelle. Il pourrait néanmoins être encore durci dans les mois à venir afin de promouvoir davantage le développement de l'éolien.

Parallèlement, la Suède a mis en place un **programme d'amélioration de l'efficacité énergétique** (*Energy Efficiency Improvement in Energy Intensive Industry*), **basé sur une exemption possible de la taxe sur l'électricité à la condition que l'industrie s'engage dans ce programme**. En effet, depuis 2004, les industries manufacturières, avant exemptées, sont soumises à une taxe sur l'électricité. Seules les industries considérées comme de grandes consommatrices d'électricité peuvent entrer dans ce programme, qui comprend dans un premier temps un audit permettant de déterminer le potentiel de réduction de leurs émissions (sur deux ans). Elles reçoivent également un soutien technique pour la mise en place de processus plus efficaces en énergie. Dans un deuxième temps, celles-ci se voient dans l'obligation de réaliser toutes les mesures identifiées par l'audit qui ont un retour sur investissement de moins de 3 ans.

Les principales mesures du plan carbone suédois en matière d'**efficacité énergétique des bâtiments** sont des normes élevées pour la consommation énergétique des bâtiments neufs. La réglementation nationale² prévoit depuis 2006 que les appartements et maisons neuves doivent consommer annuellement au maximum 110 kWh par m² dans la partie sud du pays et 130 kWh par m² dans la partie nord en raison de contraintes climatiques plus rudes. Pour ceux chauffés uniquement par un système électrique, les limites sont annuellement de 75 kWh par m² dans la moitié sud et 95 kWh par m² dans la moitié nord. Pour les autres locaux (commerce, industrie, etc.) neufs, la réglementation suédoise impose une consommation annuelle maximale de 100 kWh/m² dans la partie sud du pays et de 120 kWh par m² dans la partie nord.

Pour atteindre une indépendance pétrolière complète, le gouvernement mise sur le développement d'agrocultures, mais surtout des véhicules électriques. Il a mis en place un **système de taxe sur le véhicule basé sur les émissions de CO₂ au kilomètre**, afin de favoriser leur développement. De plus, la moitié des dépenses de R&D est dédiée au secteur des transports.

L'objectif de réduction des GES de 40 % sur le secteur non-ETS est plus ambitieux que celui proposé par le Paquet énergie-climat. Mais pour ce faire, la Suède compte s'appuyer pour 1/3 sur l'achat de crédits *offsets*.

4. Italie

Comme les autres pays européens, l'Italie s'est engagée sous les termes du Paquet énergie-climat à réduire ses émissions à 2020. Son objectif hors ETS est de 13 %. Cependant elle n'a pas pris d'engagement complémentaire et se positionne défavorablement vis-à-vis de la Communication de l'union européenne sur le passage à un objectif de 30 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020. Dans le cadre du protocole de Kyoto, l'Italie s'est engagée à réduire ses émissions de 6,5 % à 2012 en dessous du niveau de 1990.

(1) Le prix du certificat atteint près de 40 euros par MWh, soit les 2/3 du prix de l'électricité sur le marché en Suède : <http://www.nordicenergyperspectives.org/Fritz080514.pdf>

(2) Règlement BFS 2006:12 : Règles de construction de l'Agence suédoise de l'Habitat (Boverket).

Les mesures mises en place par l'Italie se sont révélées insuffisantes. La diminution des émissions de gaz à effet de serre observée ces dernières années est d'avantage imputable à la diminution de l'activité due à la crise économique, qui a durement touché le tissu industriel italien, qu'à une politique active de réduction des émissions. De ce fait, et selon le Document d'économie et de finance 2011 (DEF 2011), l'Italie ne serait à priori pas en mesure de remplir les objectifs assignés par le protocole de Kyoto. Elle se verrait donc contrainte de racheter des quotas d'émissions sur le marché.

De 1994 à 2004, les émissions de GES ont régulièrement augmenté. **L'année 2005 marque une rupture**, notamment dans les secteurs de la production d'énergie et de l'industrie. En effet, dans le secteur de production d'électricité, les émissions stagnent à partir de 2002. D'une part, le gouvernement privilégia la sécurité énergétique et décida de fermer progressivement les centrales à fioul, qui représentaient près de la moitié de la production électrique en 1990 (en 2005 seulement 16 %). Le gaz prit alors le relais : aujourd'hui il représente environ la moitié de la production électrique. D'autre part, le gouvernement a mis en place des instruments de promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique :

Les instruments de promotion des énergies renouvelables sont les suivants :

Les certificats verts : mis en place en 2002. Il s'agit de titres annuels délivrés aux entreprises de production d'énergie électrique, qui attestent la production d'1MWh d'énergie produite à partir de sources renouvelables. Ces titres sont négociables sur un marché géré par le GSE (Gestionnaire des services électriques) et permettent aux entreprises énergétiques de sources conventionnelles de respecter la loi qui oblige chaque producteur ou importateur d'énergie à utiliser les sources renouvelables pour 2 %. La part de 2 % a été fixée en 2004, avec une augmentation de 0,35 % par an. Pour satisfaire aux objectifs, les producteurs peuvent soit acheter des permis échangeables (à titre indicatif le prix du certificat vert s'élève à 113,1 €/MWh en 2011), soit produire eux même de l'énergie renouvelable. La loi de Finance 2008 prévoit que les petits producteurs d'électricité puissent choisir entre faire valoir leurs certificats verts ou se faire racheter l'électricité à un tarif d'achat fixé.

Le « Conto Energia », est le système d'incitation dont bénéficie l'énergie photovoltaïque. Ce système, très avantageux pour les opérateurs, permet aux installations photovoltaïques de bénéficier du rachat de l'électricité produite à un prix fortement subventionné pour une durée de 20 ans. Il est financé par les consommateurs sur les factures d'électricité. En Italie, le tarif de rachat était très favorable, et a permis l'essor exponentiel du secteur, en attirant en masse les investisseurs.

Les instruments de promotion de l'efficacité énergétique sont les suivants :

Les certificats blancs : mis en place par les décrets de juillet 2004 et du 21 décembre 2007. En échange de travaux de requalification énergétique d'un bâtiment, l'opérateur se voit doté de certificats blancs de la valeur de l'énergie épargnée. Celui-ci, valable de 5 à 8 ans, pourra ensuite être revendu sur le marché des certificats blancs. (à titre indicatif, la valeur d'un certificat blanc en 2009 est de 88,92€/tep). Ce système est valable jusqu'au 31 décembre 2012.

Afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre dans le bâtiment, depuis 2007, l'État a mis en place un **crédit d'impôt** de 55 % pour tous les travaux d'efficacité

énergétique. Cet instrument, qui devait arriver à terme fin 2011, pourrait être finalement prolongé au-delà de cette échéance.

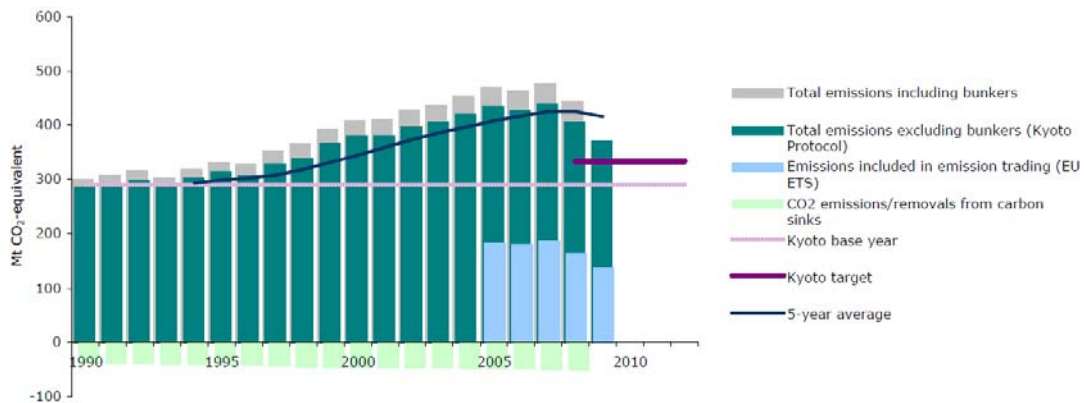
Le ministère du développement économique italien a lancé une réflexion dans le cadre de l'article 27 de la nouvelle directive ETS, sur la mise en place d'un système de veille et de recommandations pour les structures non comprises par la directive. Ce serait un moyen d'assurer le partage de l'objectif avec toutes les entreprises. La discussion est engagée entre le ministère du développement économique, le ministère de l'environnement et l'autorité de l'énergie pour inclure ce système dans le système des certificats blancs. Cette disposition pourrait être introduite à l'occasion de la transposition de la directive 2009/29/CE. Cela reste au niveau de projet pour le moment.

5. Espagne

Dans le cadre du protocole de Kyoto, l'Espagne s'est engagée à n'augmenter ses émissions que de 15 % à 2012 au dessus de son niveau de 1990. En 2007, les émissions étaient situées 54 % au dessus de cette référence. Devant la difficulté à remplir cet objectif, le gouvernement a davantage axé sa politique climatique sur l'élaboration de mesures avec des effets de court terme.

Les émissions du pays ont très fortement augmenté depuis 1990 mais connaissent depuis 2008 un revirement, notamment en raison de la crise économique, qui a fortement impacté l'industrie mais aussi les consommations, notamment les consommations d'électricité.

Graphique 16 : Évolution des émissions depuis 1990



Source : AEE (2011), *GHG trends and projections in Spain*

Consciente des efforts à accomplir, l'Espagne a mené une réflexion sur la stratégie à mener pour atteindre l'objectif de Kyoto à 2012, et au-delà sur le moyen de revenir parmi les « bons élèves » de l'Union à 2020. En effet, elle doit atteindre les 10 % de réduction dans le secteur hors ETS. La *Climate Change and Clean Energy Strategy*, publiée en 2007, se fixe donc 2 jalons : 2012 et 2020, avec quelques 198 mesures dans 11 domaines, que sont l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, la R&D, les puits de carbone, le développement du CCS et les mécanismes de flexibilité.

Pour parvenir à l'objectif de Kyoto, le gouvernement table avant tout sur l'utilisation de l'ETS, mais aussi des crédits issus des MOC et des MDP. De plus, le gouvernement a publié un plan d'actions pour la période 2008-2012, soit 80 mesures qui permettraient d'économiser 12 Mt de CO₂ par an¹.

Sur 2011–2020, le Gouvernement espagnol vient d'approuver en Conseil des ministres le 29 juillet 2011 un nouveau **Plan d'action d'économie et d'efficacité énergétique pour la période 2011-2020**, dans la lignée des plans antérieurs (2005-2007 et 2008-2012) et dans le cadre de la Stratégie d'économie et d'efficacité énergétique de 2003. Ce nouveau plan d'actions centré sur l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de l'Espagne prévoit sur 10 ans d'investissements à hauteur de 46 Mds € pour des bénéfices de près de 80 Mds € (répartis en 12 % pour la réduction des émissions, et 88 % pour l'efficacité énergétique).

Ce plan et ces objectifs (non soumis à vote du Parlement et pris dans le cadre d'un objectif européen) ne devraient pas – sous toute réserve – être remis en cause par le nouveau gouvernement au vu des élections en fin d'année en Espagne (fin de législature Zapatero), et ce en dépit de l'acuité de la crise et de la réduction budgétaire qui touchent l'Espagne.

L'Espagne a mis en place un moratoire sur la construction de nouvelles centrales nucléaires (20 % du mix électrique espagnol). De ce fait, elle a jusqu'à maintenant tenté de diversifier ses approvisionnements afin de s'assurer d'une certaine sécurité énergétique. Cette politique se construit autour de deux piliers : le développement des énergies renouvelables (grâce à un premium que reçoit le producteur d'électricité renouvelable en sus du prix de vente de l'électricité sur le marché) et la construction de terminaux GNL lui permettant là encore de diversifier les approvisionnements gaziers (elle dispose de 6 terminaux GNL sur les 12 que compte l'Europe, afin de se positionner comme hub gazier Nord-Sud de l'Europe). L'utilisation massive de gaz explique que le pays soit loin de respecter ses objectifs en termes d'émissions de GES.

L'idée selon laquelle l'Espagne est un leader en production d'énergies renouvelables est tronquée : si 32 % de l'électricité consommée était renouvelable en 2010, avec des pointes mensuelles au printemps 2011 de plus de 50 %, les ENR ne représentent que **11,3 % de la consommation d'énergie primaire totale donc loin de l'objectif de 20 % du paquet énergie climat**. Consciente de l'effort à fournir, l'Espagne mise sur le Plan 2011-2020 actuellement à l'examen, avec lequel elle compte atteindre voire dépasser les exigences de l'UE en la matière : 20,8 % au lieu de 20 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique en 2020.

En matière **d'efficacité énergétique**, l'Espagne a atteint en 2010 l'objectif de 9 % d'économie d'énergie fixés par l'UE pour 2016. Le futur plan 2011-2020, dont l'objectif est de réduire de 2 % par an la consommation d'énergie, devrait confirmer les efforts de l'Espagne en matière d'efficacité énergétique. Cet objectif vise à économiser sur 10 ans l'importation de 1 Md de barils de pétrole (1,3 fois la consommation énergétique de l'Espagne) et l'émission de 400 Mt de CO₂, soit 10 % sur sa facture énergétique (soit 7 à 8 Mds € d'économie moyenne par an) pour un

(1) <http://www.uncsd2012.org/rio20/content/documents/Saving%20and%20Energy%20Efficiency%20Strategy%20in%20Spain%202004-2012.pdf>

investissement en efficacité énergétique de 46 Mds € (soit 4 à 5 Mds par an en moyenne).

Mesures prioritaires pour les secteurs hors ETS

Transport

Objectif : 33 % d'économie d'énergie (EE). Entre les mesures envisagées : report modal, rénovation de flottes de véhicules, plans de mobilité urbaine durable, plans transport/entreprises, couloirs aériens, etc.

BTP

Objectif : 15,6 % EE. Mesures notamment dans le domaine de la réhabilitation énergétique des bâtiments, installations thermiques et d'illumination, les certificats de haute qualification énergétique, plan de renouvellement des matériels électroménagers, etc.

Agriculture et pêche

Objectif : 4,7 % EE. Amélioration de l'efficacité des installations d'irrigation, implantation de cultures de conservation.

Industrie hors ETS

Objectif : 14 % EE. Application de projets stratégiques et de systèmes de gestion énergétique dans l'industrie, appui aux audits énergétique.

6. Pologne

Le passage à une économie de marché entre 1988 à 1990 a conduit à une baisse considérable des émissions, notamment dans l'industrie lourde. Les périodes de forte croissance 1993-1999 et 2002-2006 expliquent l'augmentation substantielle des consommations énergétiques et donc à celle des émissions (notamment car la Pologne s'appuie essentiellement sur le charbon). De plus, depuis les années 2000, la demande en transport augmente considérablement : entre 1990 et 2009, les émissions de ce secteur ont augmenté de 80 %.

Compte tenu des objectifs du Paquet climat, le gouvernement a édicté un plan *Energy Policy of Poland until 2030* (EPP 2030), dont le but est d'établir des cibles sectorielles et de réfléchir aux instruments possibles. En août 2011, il a également annoncé sa volonté de développer un plan national de développement d'une économie bas carbone, soit un plan à 2050, sans que des objectifs chiffrés soient évoqués pour cet horizon¹.

D'une part, le mix électrique polonais devra être progressivement décarboné. Si la Pologne a progressivement abandonné le pétrole au profit du gaz, elle a néanmoins conservé un mix électrique essentiellement produit à partir de charbon (à 90 %). Consciente de la prépondérance de cette énergie dans son bouquet énergétique, elle tente de diversifier ses sources d'énergie tout en conservant son indépendance en termes d'approvisionnement : les énergies renouvelables, notamment la biomasse, ainsi que le nucléaire sont les alternatives retenues. La première centrale nucléaire devrait être mise en production en 2020, l'objectif étant d'en construire deux d'ici à 2030. Le gouvernement prévoit également qu'en 2020, 15 % de son énergie finale

(1) http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/events/20110707-warsaw/jrc_20110707_blaszczyk.pdf

proviennent de sources renouvelables. Pour ce faire, **un système de *Green Certificates* a également été mis en place depuis 2005**. Ce mécanisme de marché n'a pour le moment profité qu'à la biomasse pour la production de chaleur.

D'autre part, l'efficacité énergétique, et ainsi la réduction de la demande par rapport à un scénario tendanciel, est primordiale. L'EPP 2030 prévoit ainsi que l'intensité énergétique du pays soit abaissée au niveau de celle de la moyenne des pays de l'UE-15 et également que la croissance économique se fasse sans augmentation de la consommation d'énergie.

ANNEXE 1

Les mesures en cours et envisagées par le Royaume-Uni

Source : OCDE

2000 : *Climate Change Programme*

Ce rapport liste les politiques et les priorités d'action tant pour le Royaume-Uni que pour la Communauté internationale. Mis à jour en 2006, il prévoit que ces mesures conduiront à une réduction des émissions de CO₂ de 15 à 18 % en dessous du niveau de 1990 en 2010 et une réduction des émissions de GES de 23 à 25 %.

2001 : *Climate Change Levy*

Ce mécanisme, introduit le 1^{er} avril, remplace le *Fossil Fuel Levy*, mis en place en 1989. Cette taxe sur l'énergie est levée sur l'utilisation d'énergie par les industries et le secteur public afin d'initier des réductions d'émissions via notamment des gains d'efficacité énergétique. Une partie des revenus est utilisée pour alléger les contributions de sécurité sociale. Les entreprises intensives en énergie ont la possibilité d'entrer dans un programme, le *Climate Change Agreement*, dans lequel elles doivent remplir des objectifs de réduction de leur empreinte carbone, en échange d'une réduction de la taxe de 80 %.

2002 : *Renewables Obligations (RO)*

Ce mécanisme oblige les distributeurs d'énergie à acheter une certaine quantité d'électricité renouvelable en pourcentage de l'électricité qu'ils vendent. En réalité, ceux-ci achètent des certificats échangeables correspondant à 1 MWh, vendus par les producteurs d'électricité d'origine renouvelable.

2002 : *Energy Efficiency Commitment*

Les distributeurs d'énergie doivent aider leurs clients à améliorer l'efficacité énergétique de leur logement. L'objectif de 2002 à 2005 était une économie de 62 TWh, soit l'équivalent de 1 % des émissions nationales. L'objectif de la seconde phase (2005-2008) était de 130 TWh.

2007 : *Code of Sustainable Homes*

Ce code établit des normes précises sur la construction des nouveaux bâtiments, notamment pour leur consommation d'énergie et d'eau et l'utilisation de matériaux.

2008 : *Climate Change Act*

Cet acte introduit l'objectif de 80 % de réductions d'émissions à 2050 (par rapport à 1990), et le rend légalement contraignant. La cible de 34 % pour 2020 a également été adoptée, avec la possibilité de la revoir si le contexte européen et international venait à changer. Il met en place une gouvernance du carbone, avec le principe de *Carbon Budgets* (objectif de réduction sur une période de 5 ans). Il crée également le *Committee on Climate Change*, chargé de formuler des recommandations.

2008 : *Carbon Emission Reduction Target*

Ce mécanisme remplace le précédent *Energy Efficiency Commitment*, et s'attache davantage à favoriser la rénovation des bâtiments mais aussi des gains à destination des ménages les plus défavorisés souffrant de pauvreté énergétique. De 2008 à 2012, ce mécanisme pourrait permettre une diminution des émissions de quelques 293 millions de tonnes.

2008 : *Renewable Transport Fuel Obligation*

Cette loi oblige les distributeurs de carburants à incorporer un certain pourcentage de carburants d'origine renouvelable, soit des agrocarburants dans les carburants conventionnels (3,25 % en volume en 2009/2010).

2008 : *Energy Performance Certificates*

Ces certificats notés de A (bonne efficacité énergétique) à G (mauvaise efficacité énergétique) sont donnés à tous les bâtiments construits, vendus ou reloués. La moyenne du stock est aujourd'hui aux alentours de D.

2009 : *Community Energy Saving Programme*

Ce programme vient en complément du *Carbon Emission Reduction Target* et vise spécifiquement les foyers défavorisés avec l'objectif de réduire les émissions de CO₂.

2010 : Mise en place de tarifs d'achat

Le gouvernement propose aux petites unités de production de vendre leur électricité produite à un prix décidé à l'avance et en sus du prix de vente sur le marché. Ce tarif sera valable pour une période allant de 10 à 25 ans et à un niveau qui dépendra de la source renouvelable utilisée.

2010 : *Projet de démonstration du CCS*

Un milliard de £ a été annoncé par le gouvernement pour développer un pilote de capture et stockage de carbone.

2012 : *Green Investment Bank*

Cette banque devrait être abondée par des fonds publics pour commencer (3 milliards de £) et devrait ensuite avoir la possibilité d'emprunter à partir de 2015-2016. Elle devrait permettre de faciliter l'accès au financement pour des porteurs de projets liés aux énergies renouvelables ou à l'efficacité énergétique.

2012 : *Energy Bill*

Cette loi est centrée sur le *Green Deal*, un programme dont le but est d'accompagner la rénovation des bâtiments et plus généralement les mesures d'efficacité énergétique dans le bâtiment ou les petites entreprises.

Annexe 2

Tableau 4 : Objectifs de réduction légalement contraignants ou non des pays étudiés, à moyen et long termes

PAYS	MOYEN TERME	LONG TERME
Royaume-Uni	<i>UK Low Carbon Transition Plan (2009)</i> - Programme	<i>Climate Change Act 2008 (2008)</i> - Loi
	Stratégie à 2020 pour parvenir à l'objectif de long terme	Fixation d'un objectif de long terme (2050) et d'une structure contraignante pour y parvenir : <i>Carbon Budget</i> , rapport annuel du <i>Committee on Climate Change</i> 80 % de réduction d'ici à 2050 par rapport au niveau de 1990
	<i>Carbon Budgets (Plans quinquennaux jusqu'à 2027)</i> - Lois	<i>Electricity Market reform (2011)</i> – <i>White Paper</i>
	Réductions des GES par rapport à 1990 : Budget 1 (2008-2012) : – 22 % Budget 2 (2013-2017) : – 28 % Budget 3 (2018-2022) : – 34 % Budget 4 (2023-2027) : – 50 %	Réforme du marché de l'électricité pour atteindre l'objectif à 2050 : prix plancher, tarif d'achat (Contrat pour la différence), marché de capacités
	<i>Energy Bill (2010, 2011 et 2012)</i> - Loi	
	Loi qui vise à mettre en place une partie du <i>Low Carbon Transition Plan</i> : <i>Green Deal, Green Investment Bank, etc.</i>	
Allemagne	<i>National Climate Protection Programme (2000 et 2005)</i> – Programme	<i>Energiekonzept</i> - Loi
	Stratégies à 2012 pour remplir l'objectif fixé par le protocole de Kyoto et 2020 pour remplir l'objectif de 40 % par rapport à 1990	80-95 % de réduction d'ici à 2050 par rapport au niveau de 1990
	<i>Integrated Energy and Climate Programme (2007)</i> - Programme	
	Programme de 14 propositions législatives (amendements) permettant de réaliser 36 % de réduction d'émissions de GES à 2020 : revue des tarifs d'achat, augmentation du taux d'incorporation d'agrocarburants etc.	
	Propositions traduites en différents amendements et lois	
Italie	-	-

PAYS	MOYEN TERME	LONG TERME
France	Grenelle de l'Environnement (2007) - Programme	
	Établissement d'objectifs sectoriels à 2020	
	Grenelle I (2009) - Loi	Grenelle I (2009) - Loi
	Confirmation des orientations prises dans le Grenelle de l'environnement, dont les 23 % d'énergies renouvelables à 2020 57 articles	Confirmation du facteur 4 Réduction de 75 % par rapport à 2000
	Grenelle 2 (2010) - Loi	
	Suite de la mise en application du Grenelle de l'Environnement 248 articles	
Pologne	<i>Energy Policy of Poland until 2030 (2010) - Programme</i>	Plan pour une économie bas-carbone (à venir) - Programme
	Plan d'action pour 2008-2012 Stratégie à 2030 avec deux mesures phares : la réduction de l'intensité énergétique du pays au niveau moyen des pays de l'UE15 (2005) et une croissance économique de « zéro émission »	Objectifs non encore précisés
Espagne	<i>Climate Change and Clean Energy Strategy (2007) - Programme</i>	
	Objectifs à 2012 et 2020 mais non contraignants	
Suède	<i>Climate and Energy Policy: Bills No. 2008/09:162 and 2008/09:163 (2009) - Lois</i>	<i>Climate and Energy Policy: Bills No. 2008/09:162 and 2008/09:163 (2009) -</i>
	Objectif à 2020 de 40 % de réduction pour les émissions des secteurs non couverts par l'ETS par rapport à 1990 Objectifs sectoriels	Vision (non contraignante) de l'évolution des émissions à 2050 : zéro émission <i>Roadmap to 2050 (en cours) - Programme</i>
		Élaboration des trajectoires d'émissions et mesures pour parvenir à un pays zéro émission à 2050

Sources : multiples, analyse CAS

Complément 4

Construction de trajectoires sectorielles françaises

Aurélien Million¹
Pascale Scapecchi²
Olivier Teissier³

Le but de cette partie est de compléter le chapitre 3 du rapport qui porte sur la construction de trajectoires sectorielles. Si elle peut se lire de manière autonome, elle a surtout vocation à développer les éléments d'analyse ayant contribué à la construction des trajectoires présentées dans le chapitre 3. Reprenant le même découpage par grand secteur, elle détaille l'analyse rétrospective des émissions, elle donne plus d'éléments sur les déterminants des émissions et les grands enjeux par secteur et fait une synthèse des principaux exercices de prospective. En particulier, elle précise les hypothèses sur les mesures considérées à 2020 dans le scénario de référence décrit dans le chapitre 3, et basé en grande partie sur les résultats du scénario dit « Avec mesures supplémentaires – Mesures » (AMS-M) de l'exercice DGEC-CGDD de 2010. À la fin, elle fournit également les ventilations des trajectoires bâties dans le cadre du Comité à l'horizon 2050 en fonction de divers découpages : ETS/hors ETS, CO₂/autres gaz, et les hypothèses associées.

1. Énergie : le rôle pivot du secteur électrique dans la décarbonation

1.1. Les émissions de GEC du secteur sur la période de 1990-2010

Aujourd'hui, la France dispose déjà d'un secteur électrique très faiblement émetteur de gaz à effet de serre (environ 60 gCO₂/kWh contre 420 gCO₂/kWh en moyenne au niveau européen). Les émissions du secteur des industries de l'énergie (production d'électricité, chauffage urbain, raffinage) ne représentent que 13 % des émissions

(1) Aurélien Million - Responsable du Pôle émissions, projections et modélisations - Département de lutte contre l'effet de serre (DLCES) - Ministère de l'écologie, du développement durable, du transport et du logement - Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC)
aurelien.million@developpement-durable.gouv.fr

(2) Pascale Scapecchi - Direction du Trésor, Bureau Environnement et agriculture, est membre de l'équipe de rapporteurs du Comité Trajectoires – pascale.scapecchi@dgtresor.gouv.fr

(3) Olivier Teissier - Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement puis Centre scientifique et technique du bâtiment. – olivier.teissier@cstb.fr

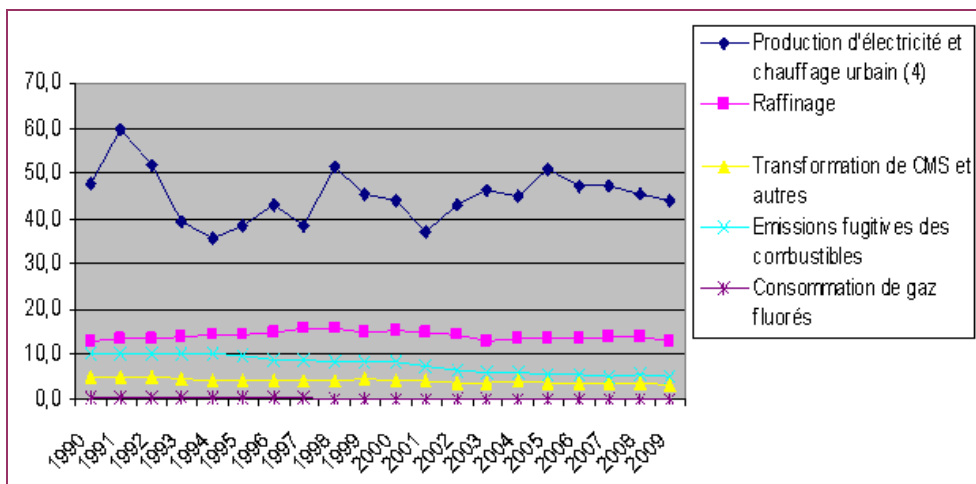
totales de la France (soit 66 Mt CO₂ équivalent en 2009). Elles ont baissé de près de 14 % entre 1990 et 2009. Outre les variations liées aux conditions climatiques, les baisses les plus importantes sont attribuables à une substitution progressive de la production électrique traditionnelle au charbon et au fioul par du gaz et à l'arrêt en 2004 de l'extraction de charbon en métropole (émissions fugitives). Les émissions du raffinage sont relativement stables entre 1990 et 2009, les efforts de réduction d'émissions ayant été compensés par les contraintes législatives sur la qualité des carburants et par l'accroissement de la part de consommation de gasoil dans le parc automobile français.

Le principal poste d'émission concerne le CO₂ lié au chauffage urbain et à la production d'électricité. Sur la période 1990-2009, les émissions ont baissé de 14 %, les baisses les plus importantes sont attribuables :

- au CO₂ dans la production d'électricité (- 10 MteqCO₂ en métropole), en raison notamment d'une variation du mix énergétique au profit du développement des ENR ;
- au CO₂ lié à l'extraction de charbon (- 4 MteqCO₂ en métropole) dont l'activité a cessé en 2004, mais qui restent cependant émettrices de méthane ;
- alors que les émissions du raffinage sont relativement stables entre 1990 et 2009, les émissions fugitives de combustibles sont réduites de moitié en particulier par une réduction des émissions de méthane.

En 2010, les émissions de CO₂ de la branche énergie ont diminué de 4,5 % : cette baisse est essentiellement due aux difficultés du secteur du raffinage. Les centrales thermiques classiques ont augmenté leur production d'électricité en 2010 (+ 6,4 %), mais elles ont moins utilisé de charbon, très émetteur, ce qui se traduit par une légère baisse des émissions (- 0,8%).

Graphique 17 : Évolution des émissions liées à l'industrie de l'énergie entre 1990 et 2009 (en millions de tonnes équivalent CO₂)



Source : CITEPA

Environ 85 % des émissions du secteur sont sous ETS : 85 % de la production d'électricité et du chauffage urbain, la totalité du raffinage et 65 % des émissions fugitives des combustibles. L'industrie de l'énergie pèse pour environ 40 % des

émissions françaises soumises à l'ETS (au total : 131 MtCO₂éq en 2005 et 1 174 installations à partir de 2013).

Le bilan 2011 de RTE donne un certain nombre d'indications sur le devenir du parc thermique actuel :

- concernant les groupes charbon en exploitation au 1^{er} janvier 2011, hormis les deux qui utilisent la technologie du Lit fluidisé circulant (puissance cumulée de 370 MW) d'emblée conformes à la réglementation, seuls les cinq groupes de 600 MW les plus récents ont fait l'objet de la nécessaire mise à niveau pour respecter les nouvelles valeurs limites d'émission dès 2008. Les performances des équipements de dépollution rajoutés assurent la conformité avec la réglementation qui entrera en vigueur au 1^{er} janvier 2016. L'ensemble des treize autres groupes charbon (puissance cumulée de 3 600 MW) est soumis au crédit des 20 000 heures de fonctionnement depuis le 1^{er} janvier 2008. Compte tenu des prévisions d'utilisation actuellement envisagées par les exploitants, de la rentabilité des installations et du planning d'entretien aujourd'hui annoncé par les producteurs, les fermetures devraient s'étaler, pour la plupart, entre 2013 et 2015 ;
- concernant la filière fioul, les trois groupes de 250 MW qui avaient opté pour le crédit de 20 000 heures sont ou seront arrêtés d'ici à la fin de l'année (avril 2009 pour le premier, mars 2011 pour le second et mars 2012 pour le dernier). Ils seront remplacés par deux Cycles combinés à gaz actuellement en cours de construction sur le même site. Les autres installations fioul fonctionnent aujourd'hui et jusqu'à fin 2015 sous les contraintes du Plafond national d'émissions. Pour continuer à fonctionner au-delà de 2015, ces installations devront a minima respecter les valeurs limites d'émissions fixées par la directive GIC (400 mg/Nm³ SO₂, 400 mg/Nm³ NOx), ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Une expérimentation en cours sur deux groupes permettra de déterminer si, et à quelles conditions, ces valeurs limites d'émission pourront être respectées. L'état technique actuel des six autres groupes ne permet pas de les considérer comme aptes à fonctionner à compter du 1^{er} janvier 2016.

1.2. Les principaux déterminants des émissions du secteur à l'horizon 2050

Le secteur de production de l'énergie apparaît comme la clé de voûte du système dans une perspective de trajectoire « facteur 4 ». En effet, les scénarios sectoriels permettant de tendre vers le facteur 4 sont fondés pour l'essentiel sur deux piliers : (i) l'amélioration de l'efficacité énergétique et (ii) le recours accru à l'énergie électrique « décarbonée » (industrie, bâtiment, transport). L'atteinte du facteur 4 repose donc sur un secteur de production d'électricité qui n'émet pratiquement plus de CO₂.

Dans le secteur énergétique, les paramètres influant les trajectoires sont multiples :

Dans le secteur électrique :

- l'évolution de la demande en volume ;
- la répartition journalière de la demande en base, semi-base, pointe ;
- la nature du mix de production électrique appellable en fonction des tranches horaires (part des énergies décarbonées) ;
- le taux de disponibilité des centrales, en particulier nucléaire ;

- la diffusion de la technologie de stockage et capture du carbone pour les centrales thermiques ;
- la possibilité de stocker temporairement de l'électricité décarbonée (hydraulique,...).

Dans le secteur du raffinage :

- l'évolution de la demande de carburants/combustible ;
- l'évolution de la demande de matière première d'origine pétrolière ;
- le taux d'incorporation de biocarburant dans les carburants.

Le Comité n'a pas été mandaté pour étudier dans le détail l'évolution du mix énergétique français, il s'est contenté d'examiner les options disponibles pour tendre vers une production électrique proche de zéro émission en 2050.

➤ ***Les énergies renouvelables (ENR)***

Comme l'explique le chapitre III, **le recours aux ENR joue un rôle incontournable dans tous les scénarios bas carbone** et les filières renouvelables sont à différents stades de maturité technique et économique.

L'ADEME a réalisé récemment une évaluation des ordres de grandeur de potentiel technique de production d'électricité d'origine renouvelable en France métropolitaine¹. Ce potentiel technique n'intègre pas les problématiques de réseau et d'équilibre offre-demande, ni la dynamique de transition du mix électrique et les conditions économiques nécessaires au développement des filières. Le solaire photovoltaïque installé sur le bâti résidentiel pourrait représenter un potentiel de production de 75 TWh. En comparaison, la France entend produire 5,2 TWh à 2020 par du solaire photovoltaïque, avec l'objectif de 5 400 MW de la programmation pluriannuelle des investissements.

L'Agence européenne de l'énergie a évalué le « potentiel technique sans contrainte » à 5 260 TWh pour l'éolien terrestre et à 2 000 TWh pour l'éolien *offshore*. En prenant en compte plus finement les contraintes géographiques concernant les zones exploitables, l'ADEME évalue le potentiel technique de l'éolien terrestre à 1 530 TWh et celui de l'éolien offshore à 198 TWh. Les objectifs français à 2020 représentant respectivement 42 TWh et 16 TWh.

En prenant en compte la ressource disponible et les contraintes environnementales, l'hydraulique (tous types confondus) représenterait un potentiel supplémentaire de l'ordre de 13 TWh, la géothermie jusqu'à 50 à 120 TWh/an et l'énergie marine (énergie des vagues et des marées) entre 72 et 200 TWh par an avec les technologies actuelles.

En ne considérant que la biomasse forestière, la ressource pourrait atteindre 48 TWh d'électricité (à 30 % de rendement) et 72 TWh de chaleur (à 45 % de rendement) via des installations de cogénération.

(1) Tanguy Hubert, Eric Vidalenc (2011), *Renewable Electricity in France: What Are the Potentials?*

Tableau 5 : Ressources renouvelables disponibles pour la production d'électricité en France métropolitaine

Filière	Ressource disponible pour la production électrique (TWh par an)
Éolien terrestre	1 530
Éolien <i>offshore</i>	198
Photovoltaïque sur le bâti résidentiel	75
Hydraulique	13
Énergie marine	72 à 200
Biomasse forestière	45
Géothermie	50 à 120
Total	1 983 à 2 181

Source : d'après Tanguy Hubert, Eric Vidalenc (2011)

L'ensemble des sources renouvelables dont les technologies sont actuellement identifiées représenterait ainsi un potentiel supplémentaire de production électrique de près de 2 000 TWh par an en France métropolitaine. La France aurait la ressource pour produire 100 % de ses besoins électriques actuels et futurs par des sources renouvelables puisque le bilan prévisionnel de RTE évalue dans son scénario référence la consommation électrique métropolitaine à 523 TWh en 2020 et 554 TWh en 2030. Cependant, comme le souligne les auteurs, ce résultat est à nuancer par des analyses complémentaires d'une part sur les conditions économiques associées au développement des filières électriques renouvelables, d'autre part sur la gestion de l'intermittence, l'équilibre du réseau électrique, et enfin sur les conflits d'usages et l'acceptabilité sociale.

Le développement des ENR passe par une politique de soutien stable et cohérente, et une mobilisation des collectivités territoriales, dans le cadre d'un système électrique combinant production centralisée et décentralisée d'électricité.

➤ *Capture et stockage du carbone, stockage de l'électricité*

Deux autres technologies pourraient, si elles parviennent à la maturité économique, jouer un rôle important dans le devenir du mix électrique : la capture et le stockage du carbone (CSC) et le stockage de l'électricité.

Actuellement à l'état de prototype, le CSC ne sera vraisemblablement pas déployé massivement avant 2030, pour des raisons économiques. Par ailleurs, l'acceptabilité sociale de cette technologie est loin d'être acquise, d'autant que, suivant l'éloignement des implantations industrielles et des sites de stockage géologique, elle peut nécessiter un véritable réseau de transport du CO₂. L'abandon des projets de démonstrateurs en Allemagne semble confirmer cette difficulté. Enfin, en cas d'essor de cette option, on peut anticiper une compétition entre les usages des stockages souterrains.

La DGEC¹ estime, à partir des émissions actuelles du secteur de la production d'électricité et des secteurs industriels (aciéries, raffineries, cimenteries) que le volume d'émissions concerné par le CSC pourrait approcher les 80 Mt de CO₂/an à terme. Le CSC pourrait permettre d'éviter environ 1 Gt de CO₂ entre 2020 et 2050.

(1) DGEC (2011), Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2010.

À court terme, l'enjeu principal sur le CSC est de réduire les coûts de captage du CO₂, mais aussi de disposer de procédés de captage flexibles, de démontrer la faisabilité technique du stockage géologique, d'étudier les impacts environnementaux et sanitaires, de prendre en compte la faisabilité sociale. À plus long terme, l'enjeu majeur est l'infrastructure de transport.

S'il est très difficile de dire quelles seront les technologies disponibles en 2050 : le stockage de l'électricité est certainement l'une des technologies les plus discriminantes. Notre monde sera en effet très différent suivant que nous pourrons ou non stocker l'énergie électrique. Le stockage de l'électricité par des batteries est déjà mature pour certains usages mais ne devrait se développer que lentement dans le système électrique : d'abord pour les services de réseau et la gestion de l'intermittence dans les systèmes insulaires, à plus large échelle uniquement en cas de rupture technologique.

Le stockage sous forme d'hydrogène, centralisé en cavité sous-terrain ou décentralisé, présente également un fort potentiel pour l'équilibrage du réseau électrique et pour augmenter la part de renouvelables dans le mix énergétique total. En effet le stockage de l'énergie intermittente via hydrogène permet de valoriser cette énergie : l'hydrogène en tant que vecteur énergétique peut être stocké sous différentes formes, conservé longtemps dans des stations, des réservoirs ou des cavités souterraines et utilisé pour de multiples applications, telles que la génération de chaleur et d'électricité pour le résidentiel, pour le transport, réinjecter sur le réseau sous forme d'électricité à la demande, etc. La *supply chain* correspondante devient elle-même un moyen de stockage et un levier efficace pour équilibrer le réseau.

D'ici 2020 les projets en Europe pour le stockage d'hydrogène seront essentiellement des projets de démonstration et les industriels du secteur envisagent les premières références commerciales pour la décennie 2020-2030, les projets de démonstration commençant à être lancés en ce moment, pour l'instant en Allemagne.

La France possède une avance technologique dans ce domaine prometteur à la fois sur le volet du stockage et de l'électrolyse intermittente.

➤ ***Place du nucléaire***

Le recours au nucléaire constitue également une option de production décarbonée. S'il ne pose pas de problème d'approvisionnement avant longtemps (ressources abondantes et bien réparties dans plusieurs pays), l'expérience récente a montré une fois de plus l'impérieuse nécessité de garantir le maximum de sûreté. Régulièrement annoncé et repoussé dans le temps, le nucléaire dit de « quatrième génération » correspondant à la surgénération ne sera vraisemblablement pas mature avant 2030.

➤ ***Moyens thermiques classiques efficaces***

Enfin, à court terme, le recours aux technologies les plus efficaces pour les centrales au charbon ou au gaz et la substitution du gaz au charbon offrent des potentiels de réductions non négligeables. Passer d'une technologie moyenne à une technologie efficace sur les centrales thermiques à charbon permet de réduire d'environ 20 % les émissions, tandis que la substitution du gaz au charbon conduit à diviser par deux les émissions. Un choix de sortie partielle du nucléaire à l'horizon 2030 rendrait probable la mobilisation de telles technologies dans une période transitoire ; c'est une des voies envisagées en Allemagne. En tout état de cause, ces installations restent des moyens

d'ajustement pour répondre à la pointe de demande et combler les intermittences de la production des énergies renouvelables. Pour éviter le risque de *lock-in*, elles pourraient être conçues dès leur installation pour pouvoir par la suite être associées à des installations de CSC.

La mutation du système électrique, quelle qu'elle soit, est très liée à la capacité d'adaptation du réseau de transport et de distribution : les délais de réalisation des investissements, du fait des contraintes administratives et d'acceptabilité, sont souvent supérieures à celles des moyens de production. La capacité de développement du réseau constitue donc un enjeu majeur.

➤ ***Les principaux leviers d'action***

Le pilotage de la baisse des émissions dans le secteur dépend essentiellement de l'évolution des cibles fixées par le système européen ETS et ne peut être envisagé qu'au niveau européen. Des politiques nationales sont toutefois indispensables pour accompagner les évolutions attendues du mix énergétique français. En premier lieu, la mise en œuvre de dispositifs de soutien aux énergies renouvelables apparaît encore indispensable à leur développement : tarifs d'achat, subvention à l'investissement et appels d'offres sont des instruments bien adaptés, qu'il faut faire évoluer régulièrement à mesure que les coûts de ces technologies diminuent. En second, ce développement d'installations de production décentralisées et intermittentes ne peut se faire sans l'optimisation des réseaux de transport et distribution. Par ailleurs, les politiques publiques d'efficacité énergétique conduites dans les secteurs consommateurs d'énergie ont un impact direct sur le niveau d'émission de l'industrie de l'énergie. Le chauffage urbain constitue même un cas à part puisqu'il pourrait parfaitement être inclus, dans une logique d'usage, dans le secteur résidentiel-tertiaire.

Dans ce secteur, comme dans les autres, la R&D doit figurer au cœur des politiques publiques. Des innovations technologiques d'ampleur sont escomptées dans les énergies renouvelables (éolien, solaire, biomasse), pour les solutions de stockage et dans les systèmes CSC.

1.3. Les exercices de projections de référence

➤ ***Les scénarios à 2020-2030***

Scénarios DGEC 2010 :

Dans le cadre des scénarios réalisés pour la DGEC et le CGDD en 2010, le scénario « objectif facteur 4 » (AMS-Objectif facteur 4¹) suppose que les objectifs du Grenelle de l'Environnement sont intégralement atteints et que la trajectoire de baisse des émissions est cohérente avec une baisse de 75 % à l'horizon 2050. Le scénario « avec mesures » (AMS-M²), qui sert de base jusqu'en 2020 au scénario de référence bâti dans le cadre des travaux du comité, ne simule quant à lui que l'impact des mesures déjà décidées à ce jour. Les hypothèses et les résultats de ce scénario sont détaillés dans les paragraphes ci-dessous et dans les parties suivantes selon les secteurs considérés. Même si certaines hypothèses sectorielles, critiquées au regard

(1) Avec mesures supplémentaires – objectifs.

(2) Avec mesures supplémentaires – mesures.

des dernières statistiques ou de la conjoncture économique, ne sont pas intégralement reprises dans le scénario de référence du Comité, elles constituent néanmoins les grandes lignes de ce scénario.

Les scénarios DGEC-CGDD ont fait appel aux modèles Med-pro et POLES d'Enerdata, ainsi qu'à l'expertise du CITEPA, de l'IFPEN et de l'école des Mines.

Au niveau macroéconomique, les scénarios DGEC-CGDD se basent sur un scénario de la DG Trésor de 2010, réalisé dans le cadre des travaux du comité d'orientation des retraites, soit un scénario de reprise lente. Dans ce cas la crise aurait un effet de cliquet à la baisse sur le niveau de richesse. La perte de PIB due à la crise serait ainsi de l'ordre de 3,2 % du PIB en 2020 soit environ 1,6 années de croissance perdues à l'horizon 2020.

Tableau 6 : Hypothèses de croissance du PIB en France

	Année de la prévision	2008-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
DGTE (Scénario B)	2010	1,3**	2,2	1,6	1,6

Source : Direction générale du Trésor

Sur le plan démographique, le scénario s'appuie sur le scénario « fécondité haute » de l'INSEE réactualisé en 2006.

Tableau 7 : Prévision d'évolution de la population française à l'horizon 2030 selon le scénario Fécondité haute

	1990	2005	2010	2020	2030
Population	56 577 000	60 702 284	62 461 038	65 928 218	68 937 420

Source : INSEE (2006)

Tableau 8 : Prévision d'évolution du nombre de personnes par ménage en France métropolitaine à l'horizon 2030

	1990	2005	2010	2020	2030
Personnes/ménage	2,65	2,40	2,34	2,27	2,20

Source : d'après INSEE (2006)

Pour l'énergie, les prix internationaux considérés sont ceux des projections AIE de 2009.

Tableau 9 : Hypothèses de prix des énergies (scénario de référence)

	Prix (\$2008)	2008	2015	2020	2025	2030
Pétrole	Crude IEA import price/barrel	97,19	86,67	100	107,5	115
Gaz	Mbtu	10,32	10,46	12,1	13,09	14,02
Charbon	Tonne	120,59	91,05	104,16	107,12	109,4

Source : Prix du pétrole AIE, WEO 2009, « Reference scénario »

Les mesures mises en œuvre à 2020 dans le secteur de l'énergie sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Mesures prises en compte dans les scénarios AMS (avec mesures supplémentaire) DGEC 2010, dans le domaine énergétique

Intitulé de la mesure	Scénario AMS
Maîtrise de la demande	
Certificats d'économie d'énergie (CEE)	X (1 ^{ère} et 2 ^{ème} périodes)
Directive eco-conception	X
ENR électriques	
Objectifs de la PPI 2009	X
Obligation d'achat et tarifs d'achat	X
Appels d'offres (éolien, PV)	X
ÉNRT thermiques	
Objectifs de la PPI 2009	X
CIDD	X
Eco-PTZ	X
Fonds chaleur	X

Source : DGEC

Concernant les capacités électriques, les hypothèses retenues sont celles de la Programmation pluriannuelle des investissements (PPI) dans l'électricité de 2009. Il a été supposé qu'aucun dispositif de CSC ne serait mis en œuvre dans le secteur électrique d'ici 2030.

Alors que le scénario AMS-M est prolongé tendanciellement à 2030 (sans nouvelles mesures ni objectifs), le scénario AMS-O-facteur 4 est prolongé à 2030 de façon à obtenir le facteur 4 en 2050 sur le CO₂ énergie. Dans la modélisation, cela se traduit par l'implémentation d'une valeur du carbone sur les secteurs hors ETS à partir de 2020 de manière à s'inscrire dans une trajectoire compatible avec l'atteinte de l'objectif du facteur 4 à l'horizon 2050 (soit 140 Mt d'émissions de GES et 90 Mt de CO₂ liées à l'énergie).

Tableaux 11 : Évolution des émissions de GES dans les secteurs de l'industrie et de l'énergie à 2020 et 2030 – scénario AMSO-F4 et AMS-M

Scénario Grenelle Mesures (AMS-M)					
	1990	2020	2020/1990	2030	2030/1990
Industrie de l'énergie	76	54	- 29 %	59	- 22 %

Scénario Grenelle Objectifs (AMS-O F4)					
	1990	2020	2020/1990	2030	2030/1990
Industrie de l'énergie	76	49	- 36 %	53	- 30 %

Source : DGEC

Les émissions du secteur de l'énergie sont supérieures dans le cadre du scénario AMS-M par rapport au scénario AMS-O F4 en raison de la moindre réduction de la consommation énergétique notamment dans les secteurs résidentiel-tertiaire et des transports entraînant des besoins accrus de production d'électricité et de raffinage.

Scénarios référence et « nucléaire bas » du Bilan Prévisionnel RTE 2011

La simulation RTE repose sur une simulation fine du bouclage entre l'offre et la demande par les différents moyens de production disponibles en Europe, par ordre croissant de coût d'utilisation. Ces scénarios analysent le système ouest-européen interconnecté et notamment la sortie du nucléaire de l'Allemagne avec deux conséquences : une réduction de la possibilité d'import par la frontière de la France avec ce pays, un phénomène de saturation des réseaux induit par la modification des flux d'électricité sur les réseaux intérieurs allemand et transfrontalier.

Dans le scénario de référence de RTE la consommation nationale croît de 16 TWh entre 2016 et 2020, puis de 31 TWh entre 2020 et 2030. Cette croissance à long terme est principalement couverte par le développement des énergies renouvelables (leur contribution augmente de 48 TWh entre 2020 et 2030) mais un besoin en puissance complémentaire de 4,3 GW subsiste en 2030. Le solde des échanges est d'environ 65 TWh en 2030.

Dans la continuité des variantes étudiées dans le Bilan Prévisionnel 2009, RTE a examiné un scénario de réduction de la capacité nucléaire en France à l'horizon 2030. Ce scénario retient l'hypothèse d'une puissance nucléaire installée de 63,5 GW en 2020 et 40 GW en 2030 ainsi qu'une hypothèse de maîtrise de la demande d'énergie renforcée, un développement accru du parc de production renouvelable avec des objectifs de 40 GW d'éolien et 25 GW de photovoltaïque en 2030, un renforcement significatif des capacités d'échanges transfrontaliers et une puissance de 10 GW de nouvelle production de pointe ou d'effacement de consommation.

Étude de l'Union française de l'électricité

L'Union française de l'électricité (UFE) a réalisé différents scénarios à 2030 reposant sur plusieurs combinaisons d'intensité de l'effort de maîtrise de la demande électrique et de mix de production électrique. Si le rapport de cette étude n'est pas encore public, nous avons fait figurer dans le chapitre 3 les résultats préliminaires présentés au comité.

Les travaux de l'UFE, comme ceux de RTE¹ montrent une baisse partielle ou significative du nucléaire dans le mix français peut conduire à une croissance importante des émissions de CO₂ du secteur électrique et par conséquent du pays. L'étude UFE (qui envisage une part de 20 % du nucléaire à 2030 et une consommation de 570 TWh) conduit ainsi à cet horizon à une multiplication par 3 des émissions du secteur électrique par rapport à 2010 et à une augmentation de près de 20% ses émissions totales de CO₂ rapport à 2010.

➤ ***Les scénarios à 2050***

Scénario Négawatt 2011

Le scénario Négawatt 2011 est l'un des seuls exercices français de prospective énergétique récent à 2050. Il s'appuie sur une modélisation technique des besoins et du bouclage offre-demande, **sans évaluation économique**. Il adopte une vision très volontariste de sobriété et d'efficacité énergétique, conduisant à une réduction de la demande en énergie primaire de 65 % en 2050 par rapport à 2010. Côté offre, il met en œuvre une logique de recours prioritaire aux énergies renouvelables (qui représentent en 2050, 91 % des ressources énergétiques), et de sortie totale du nucléaire en 2033.

Ce scénario conduit à une division par 2 des émissions de CO₂ du secteur énergétique en 2030 par rapport à 2010 et par 16 en 2050.

2. Industrie : aller au-delà des gains d'efficacité incrémentaux

2.1. Les émissions de GES du secteur sur la période 1990-2010

En 2009, le secteur de l'industrie représente près de 18 % du total des émissions de gaz à effet de serre de la France hors UTCF, soit environ 89 MteqCO₂ (périmètre Kyoto, format plan climat), et est le troisième secteur contributeur à l'inventaire derrière le transport et le résidentiel-tertiaire. De l'ordre d'un quart de ce total provient du sous-secteur des minéraux non métalliques et matériaux de construction, un quart du sous-secteur de la chimie.

(1) http://www.rte-france.com/uploads/Mediatheque_docs/vie_systeme/annuelles/bilan_previsionnel/bilan_complet_2011.pdf

Tableau 12 : Décomposition des émissions de l'industrie manufacturière en 2009, par activité et gaz

KteqCO ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆
Combustion industrie manufac. et construc.	62 748	128	782			
Procédés industrie chimique	2 490	60	3 909			
Procédés produits minéraux	11 512	0	0			
Procédés production de métaux	3 343	1	0	0	29	239
Solvants et produits divers	595	0	0			
Production de gaz fluorés	0	0	0	245	25	0
Autres productions	0	0	0			
Consommation de gaz fluorés	0	0	0	2 750	311	141
Total	80 688	190	4 691	2 995	365	380

Source : CITEPA 2011

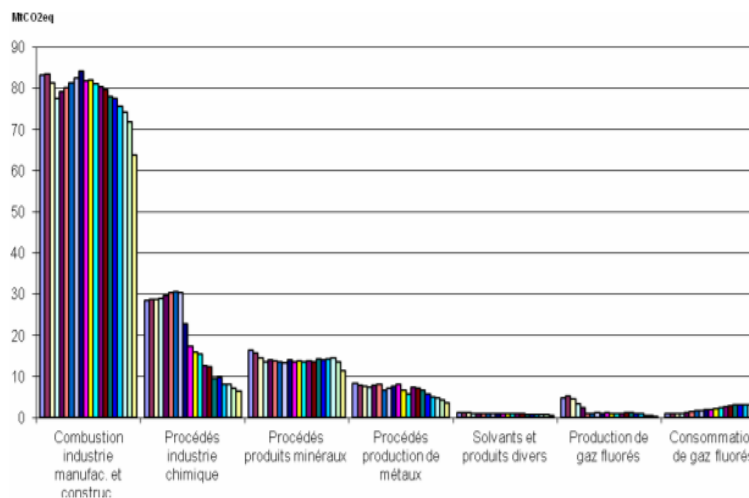
En 2009, les émissions de l'industrie manufacturière sont représentées à :

- 71 % par le CO₂ lié la combustion (par ordre d'importance : métallurgie des métaux non ferreux, chimie, métallurgie des métaux ferreux, agroalimentaire, construction, papier carton) ;
- 13 % par le CO₂ des procédés de fabrication de produit minéraux ;
- 7 % par les procédés de la chimie (N₂O et CO₂) ;
- 4 % par les procédés de fabrication de métaux (CO₂ et SF₆) ;
- 4 % par la production et consommation de gaz fluorés (HFC, PFC, SF₆) ;
- 1 % par les solvants et produits divers.

Bien qu'il s'agisse d'une source faible à l'échelle de l'inventaire national, on peut noter que la totalité des émissions de PFC sont imputables à l'industrie manufacturière en France (métallurgie, chimie et biens d'équipement et matériels de transport).

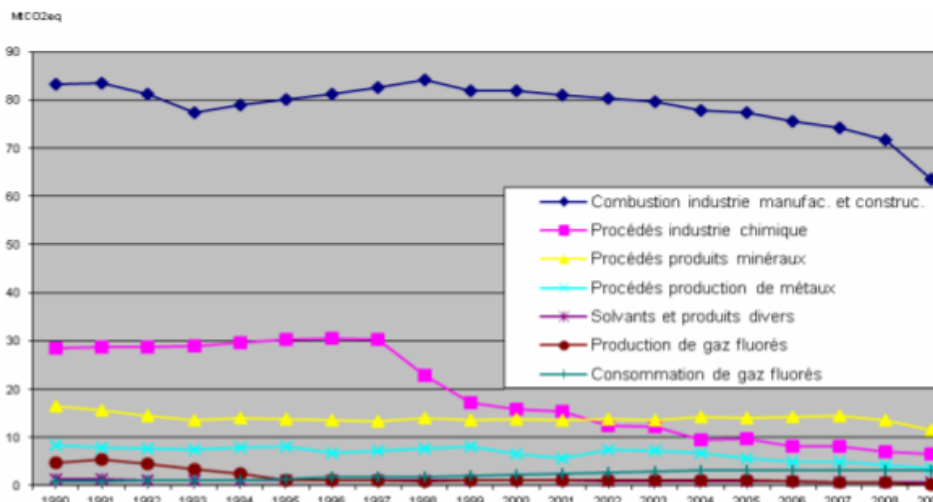
Les émissions de l'industrie manufacturière sont inférieures de 38 % à leur niveau de 1990. Sur les seules années 2008 et 2009, la baisse représente près de 10 % par rapport à 1990, du fait essentiellement de la très forte baisse d'activité du secteur de la sidérurgie en relation avec la crise économique.

Graphique 18 : Évolution des émissions liées à l'industrie entre 1990 et 2009 (en millions de tonnes équivalent CO₂)



Source : CITEPA 2011

Graphique 19 : Évolution des émissions liées à l'industrie entre 1990 et 2009 (en MtCO₂,eq)



Source : CITEPA 2011

Parmi les plus fortes évolutions entre 1990 et 2009 en volume d'émissions, on peut noter :

À la baisse :

- le N₂O dans les procédés de la chimie (- 20MteqCO₂), lié à l'introduction de technique de réduction des émissions pour la production d'acide adipique, d'acide glyoxylique et d'acide nitrique dans les années 2000, ainsi qu'à une baisse d'activité ;
- le CO₂ lié à la combustion (- 19 MteqCO₂), qui reflète globalement la réduction de l'activité industrielle en France et les gains d'efficacité énergétique¹ ;

(1) La baisse observée à partir des années 90 dans l'industrie s'explique d'une part, par la poursuite du processus d'économies d'énergie et de substitution du pétrole au profit de l'électricité et du gaz naturel

- Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone -

- le CO₂ dans les procédés minéraux (- 4 MteqCO₂) et métallurgiques (- 1Mt eq CO₂), liée à une baisse d'activité.
- les PFC dans la production de métaux (- 3 MteqCO₂), en particulier liée aux efforts des industriels (limitation de l'effet d'anode) dans la production d'aluminium, ainsi qu'à la fermeture de deux sites de production d'aluminium ;
- le HFC dans la production de gaz fluorés (- 3,3 Mteq CO₂), lié à la mise en place d'une unité de traitement des produits fluorés par oxydation thermique dans l'unique site de production de HCFC-22.

À la hausse :

- forte hausse de l'usage des HFC (+ 2,6 Mteq, soit + 2 500 % par rapport à 1990), du fait de la substitution des CFC et HCFC par des HFC suite à l'application du protocole de Montréal et de la réglementation communautaire.

Le CO₂ étant un produit fatal de la combustion et, en l'absence à ce jour de dispositifs de récupération de ce gaz sur les installations de combustion, les émissions suivent l'évolution de la consommation d'énergie fossile du secteur.

La consommation énergétique de la sidérurgie, après avoir connu une baisse de 28 % en 2008, est remontée de 21 % en 2009. Plus généralement, le secteur de l'industrie a connu une hausse de sa consommation énergétique de 8 % en 2010 (après le décrochage de 2008 : - 3,1 % et surtout de 2009 : - 12,9 %) ; en 2010, la reprise de l'activité industrielle s'est répercutée sur les émissions de CO₂ qui sont en hausse dans ce secteur de 10,9 %. Près de la moitié de ces émissions supplémentaires sont dues au charbon consommé dans la sidérurgie.

2.2. Les principaux déterminants des émissions du secteur à l'horizon 2050

Le signal prix sur l'énergie et le carbone est des paramètres fondamentaux pour le secteur de l'industrie manufacturière. Plus spécifiquement, les principaux paramètres pouvant influencer sur les trajectoires d'émissions du secteur de l'industrie manufacturière sont :

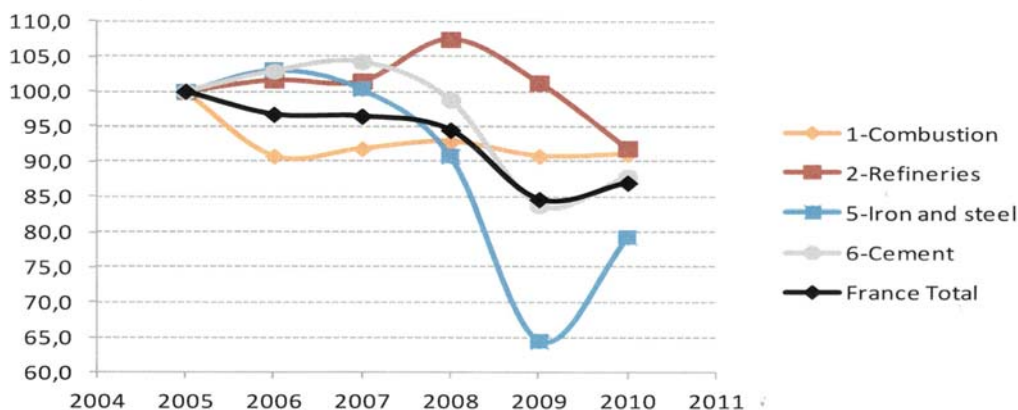
- l'évolution de la demande nationale et internationale de produits industriels, notamment pour les industries les plus émettrices (IGCE) ;
- l'efficacité énergétique de la production industrielle ;
- la nature de l'approvisionnement énergétique et la pénétration des énergies décarbonées ;
- la diffusion de la technologie de stockage et capture du carbone ;
- l'intensité GES des procédés.

L'industrie étant un secteur très hétérogène, ces différents facteurs ont un impact différencié selon les filières industrielles. Le graphique ci-après montre combien les

réalisées, suite au premier choc pétrolier survenu en 1973, et, d'autre part, par les nouvelles réglementations élaborées en 1998 visant à imposer des rendements minimaux aux chaudières industrielles ainsi qu'un contrôle périodique des installations de combustion supérieures à 1 MW.

émissions de gaz à effet de serre de certaines industries intensives en énergie comme le ciment et la métallurgie ont un caractère cyclique, lié à la conjoncture économique.

Graphique 20 : Évolution des émissions des industries sous ETS, par secteur, en France (Indice 2005 =100)



Source : ITL

Faire de la prospective sur l'industrie suppose par conséquent de développer une approche par filière à même de capter les composantes de l'arbitrage multicritère que chaque groupe conduit en permanence selon sa vision de la croissance nationale et internationale, de l'évolution du signal prix sur les énergies, le carbone, le prix des facteurs travail et capital, etc. On peut identifier plusieurs leviers permettant d'abaisser les émissions.

L'efficacité énergétique est un levier majeur de réduction des émissions de l'industrie. Si les installations industrielles françaises ont déjà réalisé des progrès importants en termes d'efficacité, des potentiels de gains supplémentaires demeurent. D'après le CEREN, le gisement net d'économies d'énergie finale dans l'industrie, en ne considérant que les opérations transverses, c'est-à-dire non spécifiques à un secteur, s'élèverait à 23 TWh de combustibles (plus de 50 % du total de la consommation de combustible dans l'industrie) et 41 TWh d'électricité (environ 30 % de la consommation électrique de l'industrie). Ces économies représentent un potentiel de réduction des émissions de 8,6 MtCO₂. Plus de la moitié de ces gisements d'économie d'énergie auraient un temps de retour relativement faible.

Tableau 13 : Le gisement d'économie d'énergie (et d'émissions de CO₂ associées) dans les opérations transversales de l'industrie par secteur d'activité

	Champ (GWh)	Gisement énergie (BWh)	Gisement/champ	Gisement CO ₂ (Kt)
Combustibles	42 958	23 042	54 %	6 023
Électricité	104 694	41 014	39 %	2 541
Toutes énergies	147 652	64 056	43 %	8 564
Moteurs	95 349	23 449	25 %	1 195
Air comprimé	9 625	3 381	35 %	124
Froid	9 333	3 547	38 %	196
Ventilation	13 379	5 797	35 %	319
Pompage	15 291	3 860	25 %	213
Chaufferies	10 787	7 577	70 %	2 622
Réseaux	8 355	5 215	62 %	1 105
Transformateurs	2 254	1 086	48 %	60
Éclairage	5 827	3 344	57 %	364
Chauffage	25 079	12 261	49 %	2 839

Source : CEREN

Nota bene : les gisements par opérations transversales ne sont pas additionnables.

Tableau 14 : Émissions de CO₂ évitables en milliers de tonnes

	Maintenance	Investissement avec temps de retour		
		Faible	Moyen	Élevé
Moteurs	0	0	0	1 195
Air comprimé	90	11	0	96
Froid	62	74	0	87
Ventilation	111	0	53	172
Pompage	0	46	58	114
Chaufferies	251	309	870	1 201
Réseaux	443	366	0	296
Transformateurs	0	0	0	60
Éclairage	0	144	62	226
Chauffage	0	29	2 321	892

Source : CEREN

Le WWF France estime les économies d'énergie possibles à l'horizon 2020 dans l'industrie à 18 %, et plus de 40 % sur le long terme par rapport à 2008. Les secteurs représentant les gains les plus importants sont principalement les secteurs où le recyclage peut être mis en œuvre de façon encore plus ambitieuse : sidérurgie, métaux non ferreux, papier-carton. Le ciment et le verre présentent eux aussi des gains importants liés à la mise en œuvre de procédés plus efficaces. Pour les secteurs de la chimie et dans une moindre mesure de l'agroalimentaire, la diversité des procédés rend la tâche d'estimation des gains plus difficile, il a donc été retenu des gains plus modestes et sans doute conservateurs.

Tableau 15 : Le gisement d'économie d'énergie dans l'industrie par secteur d'activité à 2020 et à long terme.

Consommation totale nette (énergie finale)	En TWh			Réduction (%)		
	2008	2020	Long terme	2008	2020	Long terme
Sidérurgie	83,6	69,2	32,9	0	17	61
Autre chimie organique	64,6	56,1	45,4	0	13	30
Agroalimentaire	56,1	45,4	35,6	0	19	37
Papier	43,7	32,9	20,4	0	25	53
Ciment et autres	29,8	25,5	16,1	0	15	46
Chimie minérale	28,2	25,1	21,5	0	11	24
Travail des métaux	22,5	18,4	15,2	0	18	33
Verre	15,3	9,8	3,9	0	36	74
Mat. construction	14,8	13,0	11,0	0	12	26
Métallurgie non ferreux	14,1	11,4	6,7	0	19	52
Plastiques	12,9	10,4	7,5	0	19	42
Constr. de véhicules	11,2	8,6	6,8	0	23	39
Divers	11,2	9,2	8,0	0	17	28
Engrais	10,1	9,0	7,8	0	11	22
Transformation plastique	9,1	7,3	5,5	0	20	40
Construction élec.	8,7	7,2	6,1	0	18	30
Construction mécanique	6,4	4,8	3,9	0	24	39
Parachimie	5,8	4,4	3,6	0	25	37
Textile	4,8	4,0	3,5	0	18	28
Caoutchouc	4,4	3,7	3,2	0	16	26
Constr. navale et aéronautique, armement	4,0	2,9	2,4	0	28	40
Total industrie	461,3	378,1	267,0	0	18	42
* Chaleur	341,7	272,9	183,2	0	20	46
* Électricité	125,8	110,7	88,8	0	12	29

Source : E&E – WWF, E&E (2011)

Rq : Le total chaleur + électricité est légèrement supérieur à la consommation totale et cette différence correspond à l'autoproduction d'électricité.

La substitution de combustibles et de matière première pétrochimique par de la biomasse et des déchets constitue une autre solution importante, mais comme la ressource sera relativement limitée, la concurrence pourrait faire monter les prix et amoindrir l'intérêt des applications industrielles. La décarbonation du secteur de l'électricité créera aussi de nouvelles possibilités d'abaisser l'intensité de CO₂ grâce à l'électrification des procédés industriels. La substitution énergétique, vers des ressources non émettrices (biomasse ou électricité décarbonée), constitue également un potentiel d'abattement à mobiliser sur le long terme.

La capture et stockage du carbone (CSC) est pointée dans la majorité des études prospectives comme une option majeure pour réduire le dioxyde de carbone provenant des applications industrielles.

Alors que le secteur de l'énergie peut profiter de nombreuses solutions de substitution aux combustibles fossiles, dans certaines industries (par exemple la sidérurgie, l'industrie chimique et pétrochimique, l'industrie du ciment, le secteur des pâtes à

papier et papier), les réductions d'émissions significatives ne peuvent être atteintes que grâce au CSC. L'AIE¹ estime que cette technologie pourrait réduire les émissions de CO₂ mondiales de 4 gigatonnes (Gt) par an d'ici 2050 dans les applications industrielles, ce qui représentent environ 9 % des réductions nécessaires pour réduire de moitié les émissions énergétiques de CO₂ d'ici 2050. Pour atteindre cet objectif, 20 % à 40 % de toutes les installations doivent être équipées de CSC.

Le CSC semble plutôt adapté pour les unités industrielles émettant de grandes quantités de carbone ou pour celles proches de centrales électriques qui développeraient également cette option. Pour que les résultats soient à la hauteur des espoirs que suscite cette technologie, il convient de développer leur démonstration à grande échelle dans l'industrie, parallèlement à la réalisation des projets de démonstration prévus dans le secteur de l'électricité. Comme indiqué plus haut pour le secteur de l'énergie, l'acceptabilité du CSC par la population est un enjeu majeur qui pourrait, avec la concurrence sur les sites de stockage, réduire la diffusion de cette technologie.

Si la France ne dispose pas d'un marché intérieur significatif sur le CSC, en comparaison d'autres marchés comme la Chine, en revanche, des acteurs français parmi les grands industriels et les organismes de recherche sont présents sur toutes les étapes de la chaîne de valeur du CSC et très bien positionnés pour participer à la croissance de la filière avec la possibilité de devenir un centre d'ingénierie de portée mondiale.

Le CO₂ peut aussi être valorisé comme matière première ; environ 0,5 % des émissions mondiales de CO₂ anthropiques étaient valorisées en 2008. Il est utilisé dans les industries agroalimentaire et chimique, pour des applications industrielles et pour la récupération assistée d'hydrocarbures. L'enjeu principal de la valorisation du CO₂ consiste à trouver de nouvelles applications en s'appuyant sur des technologies de rupture permettant d'augmenter les volumes concernés. Dans le contexte français, il pourrait être utilisé comme matière première dans des procédés industriels, être transformé pour obtenir des produits chimiques, comme des plastiques ou des produits à valeur énergétique, ou être utilisé dans des procédés biologiques pour produire des biocarburants ou des produits pharmaceutiques. La filière est émergente, les pays les plus avancés sont les États-Unis et le Japon, mais aussi la Chine. Plusieurs projets de recherche ont démarré ces cinq dernières années en Europe et en France.

Dans un scénario compatible avec l'objectif européen à 2050, la CSC représenterait de l'ordre de 40 % des réductions des émissions de CO₂ de l'industrie à 2050, l'efficacité énergétique environ 30 %, le reste étant obtenu par substitution énergétique, récupération d'énergie et recyclage.

2.3 Les exercices de projections de référence

➤ *Les scénarios à 2020-2030*

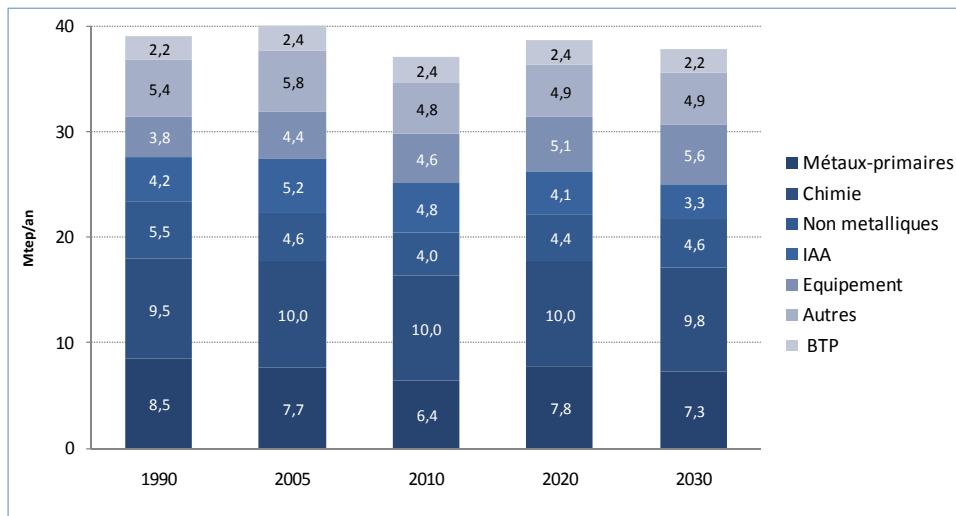
Pour l'industrie, les deux scénarios AMS-M et AMS-O évoqués plus haut intègrent la mise en œuvre de la directive ETS et retiennent pour les Industries grandes consommatrices d'énergie des hypothèses de production et d'intensité énergétique à

(1) AIE (2011), Technology Roadmap, Carbon Capture and Storage in Industrial Applications.

2020, 2030 calées avec les industriels pour les secteurs ETS et les données d'une étude prospective BIPE pour le hors ETS. La modélisation des secteurs soumis à ETS dans les deux scénarios est identique, et repose sur la mise en œuvre de la troisième phase du dispositif, avec un prix du quota de CO₂ à 25 €/tCO₂ en 2020 et 39 €/tCO₂ en 2030, valeurs issues du scénario « Baseline » de la modélisation PRIMES pour la Commission européenne en 2009.

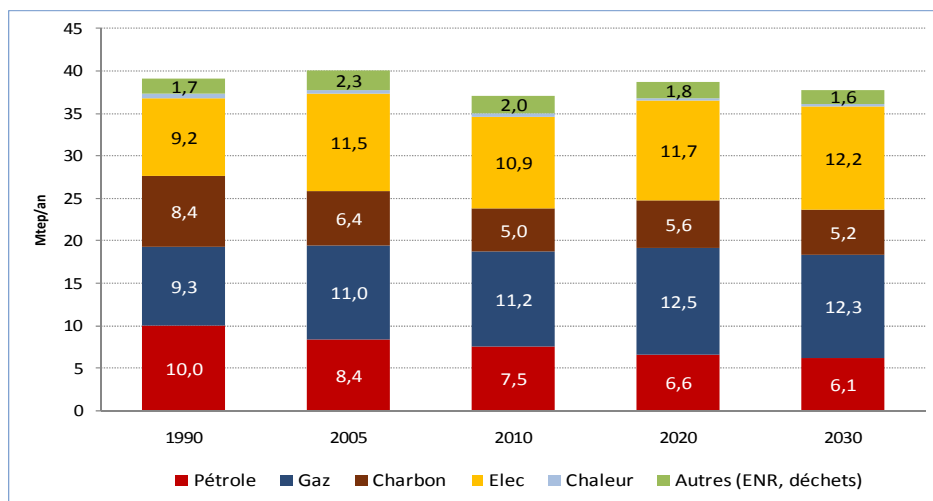
En moyenne, les scénarios décrivent une diminution légère de la consommation d'énergie entre 2010 et 2020, pour atteindre 38 Mtep : la hausse des tonnages produits par certaines IGCE est presque exactement compensée par les gains d'efficacité espérés au niveau des procédés de production.

Graphique 21 : Composition par secteur de la consommation industrielle (usages énergétiques, scénarios « mesures »)



Source : DGEC

Graphique 22 : Composition de la consommation énergétique de l'industrie (usages énergétiques, scénarios « mesures »)



Source : DGEC

Si la consommation totale d'énergie de l'industrie diminue peu, le mix énergétique sous-jacent change quant à lui fortement. L'électricité et le gaz devraient en effet jouer un rôle prépondérant aux horizons 2020 et 2030 (environ 30 % chacun). Les parts du pétrole et du charbon devraient diminuer fortement.

Ces scénarios conduisent à une réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'industrie de 27 % en 2020 par rapport à 1990. En 2030, l'effet combiné de la croissance et des gains d'intensité GES de la production industrielle conduit à un niveau équivalent d'émission.

➤ *Les scénarios à 2050*

L'exercice Négawatt 2011 projette la consommation énergétique et les émissions de GES de l'industrie française à 2050. Très volontariste, ce scénario couple :

- des efforts de sobriété et d'efficacité énergétique supplémentaires (gain d'efficacité de 35 % en moyenne pour l'ensemble des moteurs, réduction des besoins de combustible de 32 % dans la sidérurgie, de 50 % dans les cimenteries, développement de la cogénération et de la récupération de chaleur, etc.) ;
- le développement massif du recyclage (passage de 52 % de recyclage de l'acier à 90 %, de 4,5 % des plastiques à 30 %) et de la réutilisation des produits (par exemple consigne sur les bouteilles en verre, etc.) ;
- la réduction des emballages, permettant de réduire les besoins de production ;
- la baisse de demande émanant des autres secteurs (réduction de 10 à 70 % des besoins de matériaux selon les secteurs, de 45 % des engrais agricoles, de 30 % des matériaux pour la construction automobile) ;
- l'extension de l'usage de l'électricité en substitution aux combustibles fossiles dans la sidérurgie et la cimenterie, le développement du solaire thermique pour les besoins de chaleur basse et moyenne température.

En parallèle, le scénario Négawatt fait l'hypothèse forte d'une relocalisation à long terme en France de l'essentiel des industries de transformation, dans une optique de réduction de « l'exportation des impacts de nos achats de produits manufacturés ». Au moment de la rédaction de notre rapport, les documents disponibles sur ce scénario ne permettent pas de désagréger la consommation énergétique et les émissions de l'industrie.

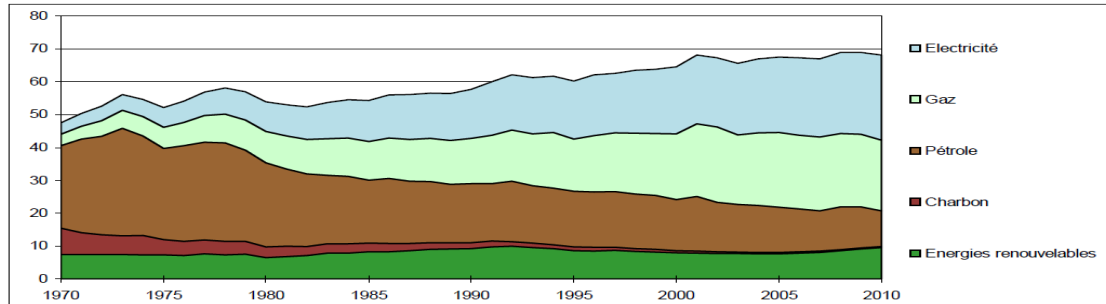
3. Bâtiments : l'inertie du parc et le rythme de sa rénovation

3.1. Les émissions de GES du secteur sur la période 1990-2010

Le secteur résidentiel-tertiaire représente en 2009 44 % d'énergie finale consommée en France et 19 % des émissions de GES (environ 25 % si l'on ajoute les émissions associées à la production d'électricité et au chauffage urbain). Les logements représentent environ 3/4 des surfaces et 2/3 des consommations et émissions ; le tertiaire 1/4 des surfaces et 1/3 des consommations.

Après une baisse sensible au cours de la décennie 1980 (de l'ordre de - 25 %) du fait du développement du programme nucléaire, les émissions de gaz à effet de serre du secteur ont augmenté d'environ 9 % entre 1990 et 2009. Au-delà des variations climatiques d'une année à l'autre, cette hausse s'explique essentiellement par une augmentation régulière des émissions de gaz fluorés liées au développement de la climatisation et de la réfrigération (cf. graphique du chapitre 3).

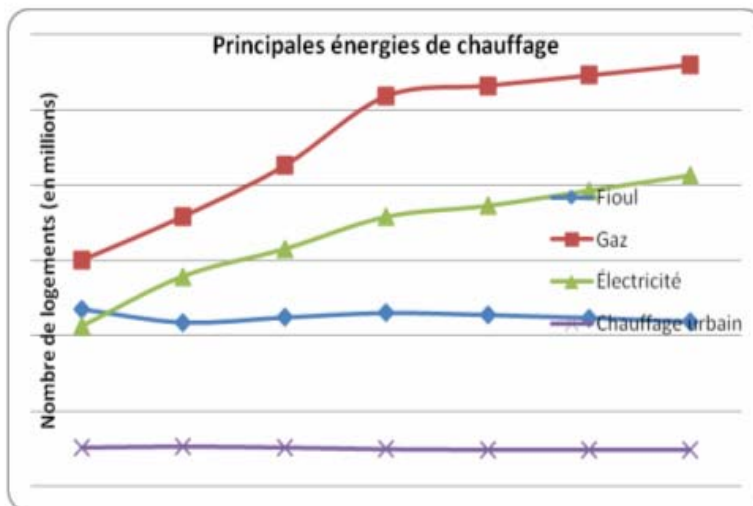
Graphique 23 : Consommation d'énergie finale dans le secteur résidentiel-tertiaire (données corrigées des variations climatiques, en Mtep)



Source : SOeS

Malgré une forte croissance du parc sur la période 1990-2010 (+ 50 % pour les logements, cf. graphique ci-dessous), les émissions hors gaz fluorés sont restées relativement stables sur la période. D'une part, les nouveaux logements étaient mieux isolés que le parc existant ; d'autre part, les énergies utilisées de façon croissante (gaz et électricité) ont un contenu CO₂ inférieur au fioul et au charbon, dont la consommation a fortement chuté ; enfin, l'amélioration régulière des performances du parc existant a permis de compenser la consommation liée aux nouveaux bâtiments.

Graphique 24 : Principales énergies de chauffage



Source : SOeS, CEREN

3.2. Les principaux déterminants des émissions du secteur à l'horizon 2050

Ce secteur se caractérise à la fois par une grande inertie et une grande hétérogénéité.

➤ *L'inertie du parc de bâtiments*

La durée de vie des bâtiments peut aller bien au-delà de 100 ans. Le taux de destruction des logements, difficile à évaluer, est faible et serait de l'ordre de 0,3 à 0,4 %. Le taux de construction sur période récente est de l'ordre de 1 %/an. Compte tenu de l'évolution démographique relativement lente projetée à l'horizon 2050, une grande partie du parc de 2050 est déjà construit en 2010. Suivant les hypothèses retenues pour la croissance démographique, l'évolution de la taille des ménages et l'augmentation de la surface par habitant, et sauf bouleversement dans les rythmes de destruction/construction, entre 60 % et 70 % du parc de 2050 est déjà construit en 2010.

Même si le parc tertiaire est plus récent et connaît une dynamique plus rapide, plus de 50 % du parc de 2050 est déjà construit en 2010.

Une baisse sensible des émissions du parc à l'horizon 2050 passe donc forcément par un traitement en profondeur du parc existant. Pour initier ce mouvement, il faut traiter des situations très diverses du fait de la grande hétérogénéité du parc.

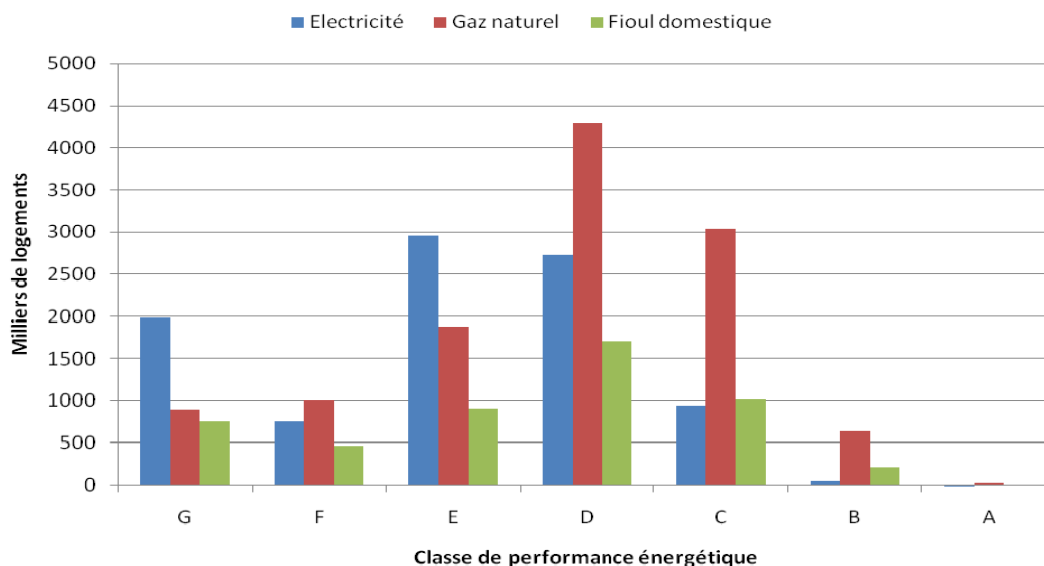
➤ *L'hétérogénéité du parc de bâtiments*

La description du secteur en quelques chiffres (2009) suffit à montrer l'hétérogénéité :

- 33 millions de logements dont près de 28 millions de résidences principales, 3 millions de résidences secondaires et 2 millions de logements vacants ;
- sur les résidences principales, 16 millions de propriétaires occupants (dont 1/3 accédants) et 12 millions de locataires (dont 5 millions de logements sociaux) ;
- sur les résidences principales, près de 16 millions de maisons individuelles et 12 millions de logements collectifs ;
- le tertiaire se répartit en 480 millions de m² dans le secteur tertiaire privé et 370 millions de m² dans le secteur tertiaire public (250 millions de m² pour les collectivités territoriales et 120 millions de m² pour l'État et ses opérateurs).

Par ailleurs, les performances énergétiques intrinsèques de ces bâtiments sont très dispersées (cf. graphique ci-dessous pour le parc de logements), à cause notamment des différentes années de construction (réglementations thermiques de 1974, 1989, 2000, 2005), de procédés de construction, d'énergie de chauffage et de la situation géographique.

Graphique 25 : Structure du parc de logements en 2007



Source : ANAH (Marchal, 2008)

Tableau 16 : Consommations d'énergie conventionnelles du diagnostic de performance énergétique

Étiquette DPE	G	F	E	D	C	B	A
Consommation conventionnelle (kWhep/m ² /an)	> 450	450-330	330-230	230-150	150-90	90-50	< 50

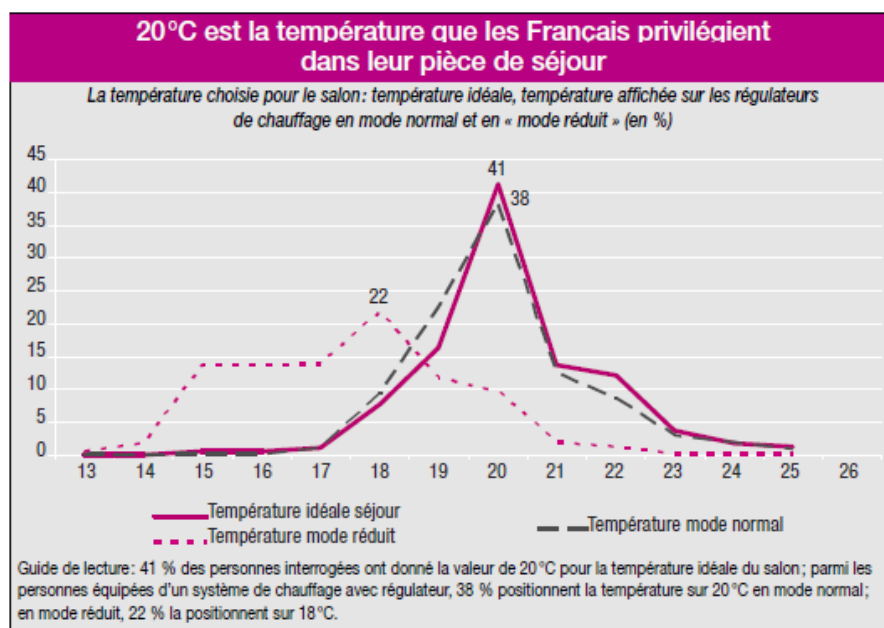
Source : Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine.

La moyenne de consommation du parc français de logements se situe à environ 240 kWhep/m²/an en énergie primaire¹. Aujourd'hui, le chauffage représente environ 70 % de l'énergie consommée (exprimée en énergie finale), l'eau chaude sanitaire 10 %, la cuisson 6 % et l'électricité spécifique 14 %. Par ailleurs, les besoins en électricité spécifique (éclairage, électroménager, télévision, informatique,...) augmentent plus vite (+ 2,8 %/an) que ceux liés aux usages thermiques (chauffage, eau chaude, cuisson) (+ 1,8 %/an). En 2009, la consommation d'électricité spécifique représente entre 50 % (résidentiel) et 75 % (tertiaire) des besoins en électricité du secteur.

Enfin, au-delà des caractéristiques techniques des bâtiments, le comportement des occupants et l'usage des bâtiments entraînent également de fortes disparités en termes de consommation énergétique et d'émission de GES. D'une part, les préférences de confort peuvent varier (cf. graphique ci-dessous) ; d'autre part, les ménages doivent composer avec leurs contraintes budgétaires. Par ailleurs, les usages dans le tertiaire sont extrêmement variés (du centre commercial à la tour de bureaux).

(1) L'énergie primaire représente l'énergie nécessaire pour extraire, distribuer, stocker, et produire l'énergie mise à disposition chez le consommateur. Dans le cas de l'énergie électrique, le kWh primaire amène par le réseau est égal à 2,58 fois le kWh final, énergie mesurée au compteur de l'abonné.

Graphique 26 : Température choisie pour le salon par les ménages



Source : Credoc 2010

Les capacités et incitations aux investissements de rénovation dépendent aussi fortement des ressources des occupants et de leur statut d'occupation. Un propriétaire occupant reste près d'une trentaine d'année dans son logement, tandis qu'un locataire du parc privé en change en moyenne tous les 5 ans (cf. tableau ci-dessous).

Tableau 17 : Taux de rotation annuels entre 1999 et 2007 (France métropolitaine, hors meublés)

	1999-2001	2001-2003	2003-2005	2005-2007
Propriétaire occupant	3,7 %	3,5 %	3,5 %	3,5 %
Locatif privé	18,3 %	17,5 %	17,7 %	18,0 %
Locatif social	11,6 %	10,5 %	10,1 %	9,7 %
Collectivités publiques	12,9 %	12,4 %	12,2 %	11,8 %
Personnes morales	14,3 %	14,1 %	14,6 %	14,7 %
Parc total	8,6 %	8,1 %	8,1 %	7,9 %

Source : INSEE, Filocom

Pour finir, comme dans tous les secteurs, des effets « rebond » sont à attendre suite à une amélioration de la performance thermique des logements. L'effet rebond peut être direct lorsque l'amélioration thermique ne se traduit pas intégralement par une baisse de facture énergétique mais est récupérée également sous forme d'augmentation de confort et de hausse de la température de chauffage. L'effet rebond peut également être indirect lorsque la baisse de facture énergétique ouvre la possibilité d'un surcroît de consommation supplémentaire (équipement électro-ménager, voyage, habillement, etc.) générateur d'émissions de GES.

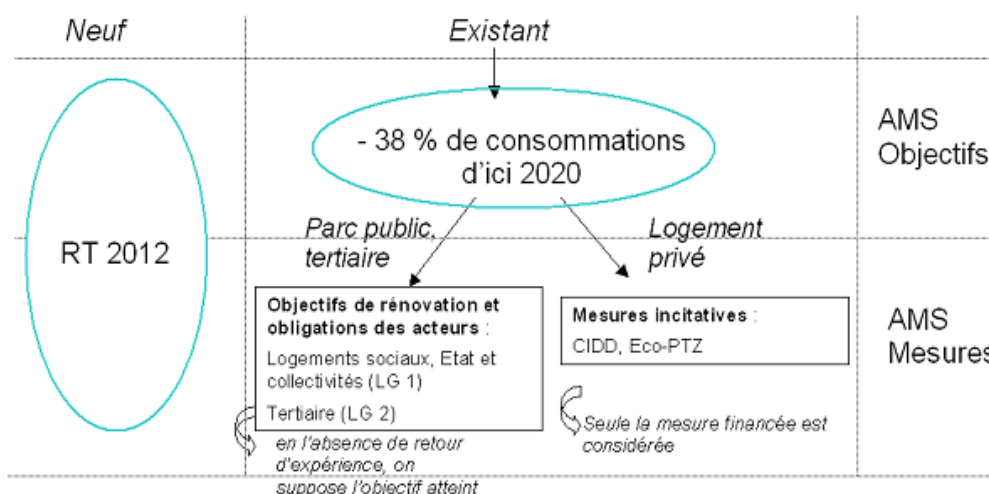
3.3. Les exercices de projections de référence

a) Les scénarios avec mesures existantes à 2020-2030

Le scénario avec mesures existantes de l'étude DGEC-CGDD 2010¹ fait les principales hypothèses suivantes :

- croissance du parc : 400 000 constructions neuves par an, dont 58 % de maisons individuelles ;
- performances des constructions neuves : application de la RT2012 à partir de 2011 pour le tertiaire et 2013 pour les logements ;
- rénovation du parc existant :
 - rénovation de 800 000 logements sociaux les plus consommateurs ;
 - éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ) : montée en charge progressive (150 000 actions en 2009 à 320 000 en 2012) ; crédit d'impôt développement durable (CIDD) : prolongation du rythme de 2009 ; ces dispositifs permettent une baisse des besoins de chauffage de l'ordre de 3 % ; ils sont supposés arrêtés en 2012 ;
 - le taux d'entretien des chaudières passe de 60 % en 2010 à 90 % en 2020 (gain d'efficacité énergétique de l'ordre de 10 %) ;
 - rénovation massive d'ici 2020 des bâtiments du tertiaire public de l'État (- 40 % de consommation d'énergie et - 50 % d'émission de GES) et des collectivités (amélioration deux fois moindre) ainsi que pour le tertiaire privé (- 38 % de consommation d'énergie).

Graphique 27 : Bâtiment - correspondance entre mesures et scénarios



Source : DGEC

Dans ces conditions, la trajectoire d'émission de GES du secteur est proposée dans le tableau 18.

(1) Il s'agit de l'étude DGEC-CGDD 2011 sur les Scénarii 2030 Énergie, Climat, Air.

Tableau 18 : Trajectoire d'émissions de GES du secteur (en MtCO₂)

	1990	2000	2010	2020	2030
Scénario avec mesures	90,6	96,9	96,8	78,8	73
Évolution/1990		7%	7%	- 13%	- 19%

Source : DGEC

Un certain nombre d'hypothèses de ce scénario apparaissent quelque peu critiquables : il paraît difficile par exemple d'arrêter purement et simplement en 2012 les dispositifs de type crédit d'impôt développement durable (CIDD) et éco prêt à taux zéro (éco PTZ) si le secteur du bâtiment est sensé contribuer de façon significative à l'objectif climatique de la France et si l'on souhaite tendre vers les objectifs du Grenelle ; le rythme de rénovation du parc tertiaire (public et privé) semble au contraire très optimiste au regard de la tendance actuelle et des moyens que la puissance publique pourra mettre en œuvre alors que les priorités budgétaires iront au désendettement.

Une modélisation simplifiée montre toutefois que les gains associés à la poursuite jusqu'à 2020 de dispositifs comparables au CIDD et à l'éco-PTZ seraient à peu près équivalents à ceux liés à une rénovation massive et en profondeur du parc de bâtiments publics. Prendre des hypothèses plus équilibrées permet donc d'atteindre un résultat sensiblement équivalent à l'horizon 2020.

b - Les scénarios « facteur 4 » à 2050

La réduction des consommations énergétiques et des émissions de GES dans le secteur passe à la fois par une rénovation massive (en volume) et profonde (en qualité) du parc existant et par une amélioration rapide des standards de construction neuve (sous l'effet des normes thermiques BBC et BEPOS).

D'un point de vue technique, les scénarios facteur 4 à l'horizon 2050¹ se résument en général simplement de la façon suivante (au-delà des gains d'efficacité énergétique incrémentaux) :

- le respect des normes thermiques annoncées dans le Grenelle² limite drastiquement la consommation et les émissions du parc construit à partir de 2012 ;
- le parc existant est rénové en profondeur afin d'abaisser la consommation moyenne de 240 kWh/m²/an le plus près possible de la cible BBC de 50 kWh/m²/an ; de façon schématique, cela signifie que, sur la période 2010-2050,

(1) On peut citer par exemple le scénario de l'association Negawatt publié en octobre 2011, l'étude CLIP-IDDDI de novembre 2010 (Jean-Pierre Traisnel, Damien Joliton, Marie-Hélène Laurent, Sylvie Caffiaux, Anthony Mazzenga) – Habitat Facteur 4, étude d'une réduction des émissions de CO₂ liées au confort thermique dans l'habitat à l'horizon 2050, l'étude Futuribles de juillet 2008 (Christophe Marchand, Marie-Hélène Laurent, RouzbehRezakhanlou et Yves Bamberger) - Le bâtiment sans énergies fossiles ? Les bâtiments pourront-ils se passer des énergies fossiles en France à l'horizon 2050 ? ou encore le travail d'Axenne, TML, Ecofys de 2007 - Scénarios de forte réduction des émissions de GES à l'horizon 2050.

(2) La réglementation thermique 2012 correspond en moyenne à une consommation d'énergie primaire de l'ordre de 50 kWh/m²/an ; celle en préparation pour 2020 devrait généraliser le bâtiment à énergie positive, c'est-à-dire produisant autant d'énergie qu'il n'en consomme sur un cycle annuel.

chaque bâtiment doit faire l'objet d'au moins une rénovation profonde¹ (enveloppe et système de chauffage) ; en rythme annuel, cela représente environ 500 000 rénovations « lourdes » par an pour le parc de logements et la même proportion pour le parc tertiaire ;

- les énergies décarbonnées (bois, gaz renouvelable, électricité renouvelable et solaire thermique) sont privilégiées à la fois dans les constructions neuves et dans les opérations de rénovation.

Globalement, les technologies et techniques nécessaires pour atteindre les objectifs sont déjà disponibles à des coûts abordables ; elles ne constituent pas des verrous même si toute amélioration (des coûts, des matériaux et équipements, des procédés de mise en œuvre, etc.) facilitera le processus.

En général, ces scénarios permettent des réductions de consommations et d'émissions théoriques très importantes ; ils offrent une marge capable d'absorber les probables effets rebond associés à une augmentation des températures de chauffage dans des bâtiments mieux isolés. Jouant en sens inverse, le changement climatique aurait un effet favorable sur les consommations énergétiques du parc de bâtiments, la diminution des besoins de chauffage l'emportant sur la hausse des besoins de climatisation.

L'étude la plus récente publiée par CLIP-IDDR en 2010 évalue le coût de réhabilitation des bâtiments (hors système de chauffage) entre 350 et 700 Mds€ sur une période de 40 ans, soit un effort annuel supplémentaire de l'ordre de 10 à 20 Mds€. Une partie de ces investissements est en réalité incluse dans les investissements traditionnels d'entretien (le surcoût d'un système optimal est en général limité par rapport au coût du système de base). Compte tenu du poids économique de la construction (neuve et rénovation), ce surcroît d'activité n'apparaît pas comme impossible à absorber. Pour la filière, le défi semble moins résider dans le volume de l'activité que dans la qualité, comme cela est largement développé dans le chapitre 3.

4. Transports : le rythme de l'électrification, l'organisation des transports urbains et la marchandise

Le secteur des transports représente en 2009 32 % de l'énergie finale consommée en France et 27 % des émissions de GES. Les émissions ont augmenté de près de 12 % entre 1990 et 2009. Le CO₂ représente plus de 95 % des émissions ; les émissions du seul CO₂ ont augmenté de 9 % sur la même période².

La route génère plus de 90 % de ces émissions³, les véhicules particuliers (VP) représentent environ 55 % de ces émissions, les poids lourds 27 %, les véhicules utilitaires légers (VUL) 18 % et les deux roues 1 %. Ces proportions sont relativement

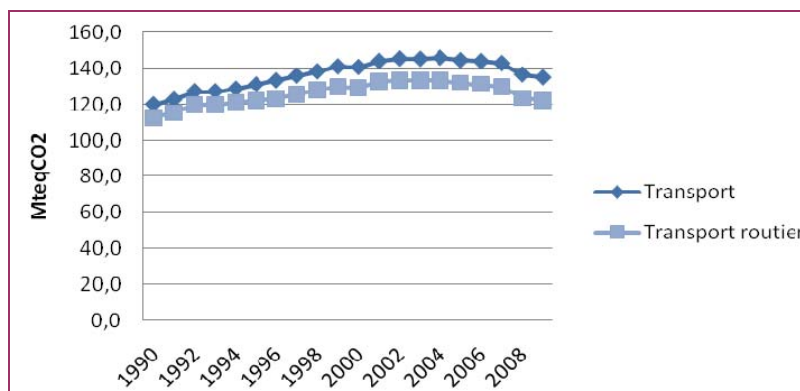
(1) Plutôt qu'une rénovation, la solution de déconstruction et reconstruction peut être particulièrement pertinente pour densifier des zones urbaines centrales, en économisant des émissions associées au transport.

(2) Sur la même période, les émissions de gaz fluorés liés aux climatisations ont augmenté régulièrement pour atteindre plus de 4 MtCO₂éq en 2009.

(3) Seuls les trafics domestiques sont pris en compte.

stables du fait d'évolutions de trafic assez proches sur longue période (cf. graphique 28 ci-dessous).

Graphique 28 : Émissions du secteur transport



Source : CITEPA avril 2011

En termes de carburant, les émissions liées à l'essence représentaient plus de 30 % des émissions en 2000 (plus de la moitié des émissions des véhicules particuliers) contre à peine 20 % en 2010 (le tiers des émissions des véhicules particuliers), du fait de la « diésélisation » progressive du parc automobile français¹.

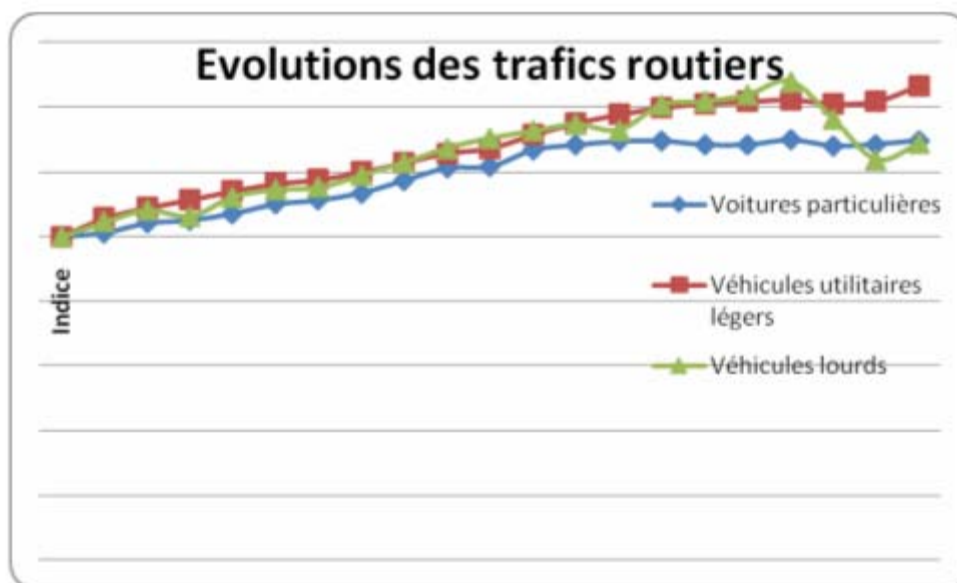
Depuis 1990, les différents trafics routiers ont connu des croissances relativement comparables (+ 1,3 %/an pour les voitures particulières et les véhicules lourds), avec toutefois les différences suivantes (cf. graphiques ci-dessous) :

- le trafic des voitures particulières connaît une stagnation depuis une dizaine d'année ; dans certaines agglomérations, le trafic est même en recul ; toutefois le trafic de VUL² connaît une croissance plus forte, de l'ordre de + 1,9 % sur la période et le trafic longue distance continue à croître ;
- le trafic des poids lourds a connu une forte baisse en 2008 et 2009 du fait de la crise économique (près de 20 % au total) ; sur la période 1990-2007, le taux de croissance annuel moyen était sensiblement plus fort, de 2,3 %.

(1) En 2010, les véhicules diesel représentaient environ 70 % des immatriculations neuves de voitures particulières contre 50 % en 2000 ; ils représentent désormais près de 60 % du parc contre 35 % en 2000.

(2) Environ 40 % des VUL sont utilisés par des particuliers et 60 % par des professionnels.

Graphique 29 : Évolutions des trafics routiers



Source : CCTN 2010

4.1. Les évolutions de la demande de transport à long terme et ses déterminants

En sus de l'observation de la période récente 1990-2010, une analyse rétrospective plus longue permet de pointer les principaux déterminants de la demande de transport, de marchandises et de voyageurs.

Pour le transport de marchandises, les facteurs explicatifs des évolutions des dernières décennies sont :

- la croissance économique, avec toutefois une relation de moins en moins directe : si dans le passé, la croissance des tonnes x kilomètres (tkm)¹ était liée à la croissance de la production industrielle, la croissance du trafic est aujourd'hui plus tirée par l'évolution des chaînes de production et de la logistique (mondialisation, ouverture des frontières, flux tendus, fractionnement des lots et augmentation des fréquences, etc.) ;
- dans ce contexte, la route répond mieux à ces évolutions (délais, fiabilité, etc.) que le rail et la voie d'eau, plus compétitifs pour les produits industriels pondéreux ;
- pour les mêmes raisons, le trafic international croît plus vite que le trafic intérieur et le trafic de transit encore plus, la France occupant une position de carrefour géographique au sein du marché européen.

Pour le transport de voyageurs, les principaux déterminants de la demande sont :

- la croissance économique : malgré une saturation progressive, le taux de motorisation continue à augmenter, passant de 0,47 voiture par adulte en 1982 à

(1) Tonne x kilomètre : unité de mesure du trafic marchandises qui correspond au transport d'une tonne de marchandises sur un kilomètre. De la même façon, pour les voyageurs, l'unité de trafic couramment utilisée est le voyageur x kilomètre.

0,6 en 1994 et 0,7 en 2008 ; par ailleurs, alors que la mobilité locale se stabilise, les voyages à longue distance continuent à augmenter (en distance et en nombre) sous l'effet des modifications des modes de vie (tourisme, temps libre, retraités, etc.) ;

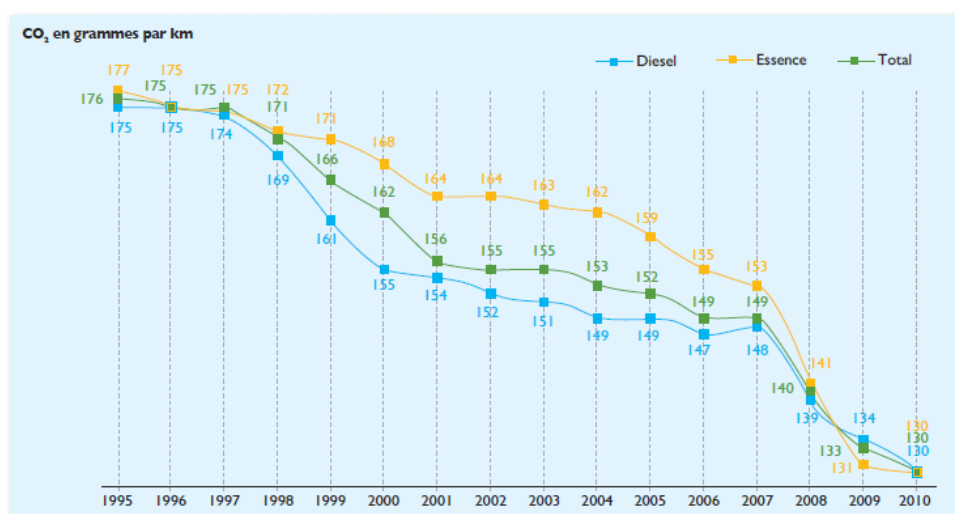
- la vitesse de transport (cf. illustration ci-dessous) : en lien avec la croissance économique, le développement des infrastructures (10 000 km d'autoroutes, 2 000 km de lignes à grande vitesse, aéroports, etc.) a permis aux modes rapides de se généraliser sur toutes les catégories de distance : milieu urbain (voies rapides urbaines, RER), interurbain (autoroutes, TGV) et international (aérien) ; si le budget temps de transport évolue peu au cours des dernières décennies, les distances parcourues continuent à augmenter. À l'inverse, l'augmentation de la congestion urbaine et le durcissement des politiques de sécurité routière ont vraisemblablement joué un rôle dans le ralentissement de la croissance des trafics de voyageurs au cours des dernières années.

4.2. Les progrès technologiques envisageables

À l'horizon 2050, les progrès technologiques envisageables dans le domaine des transports sont :

- la réduction des consommations des véhicules à combustion interne traditionnels : les baisses tendanciennes historiques, de l'ordre de 1 %/an, semblent s'être amplifiées ces dernières années (cf. graphique ci-dessous) sous l'effet combiné du dispositif de bonus-malus, des réglementations européennes et de la crise économique ; de l'avis des experts, les potentiels de réduction sont encore importants, notamment en diminuant le poids des véhicules ; pour les poids lourds, les perspectives relatives sont plus limitées du fait de la masse à tracter mais la flotte pourrait être optimisée en fonction de la taille des colis (en volume et masse) ;

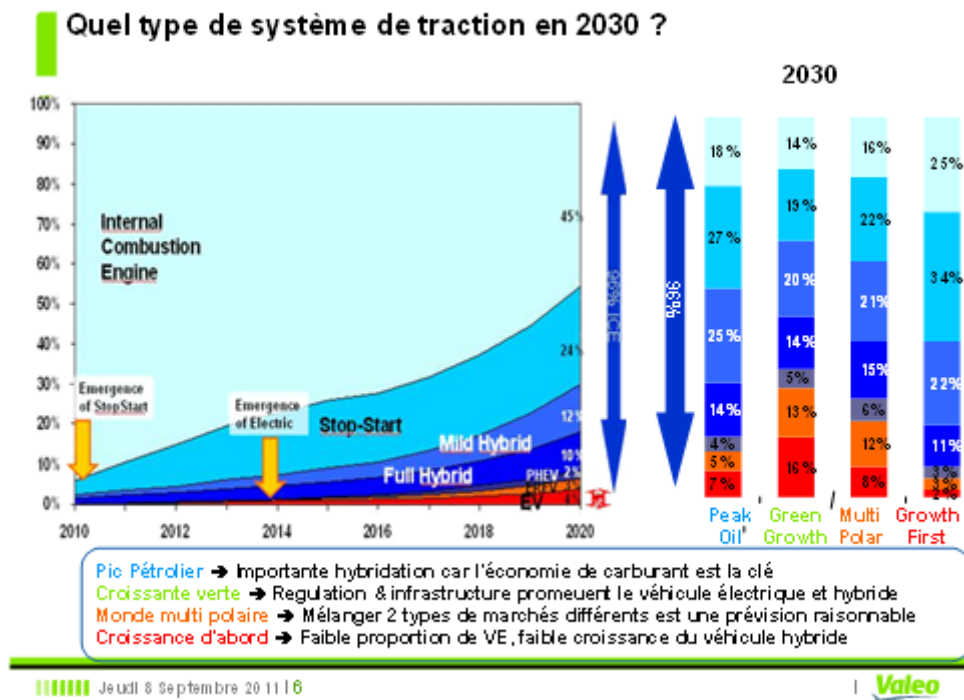
Graphique 30 : Évolution des émissions moyennes des véhicules neufs en France (en gCO₂/km)



Source : Ademe

- les biocarburants : déjà incorporés à hauteur de 7 % en 2010, ils constituent à terme un potentiel de décarbonation important lorsque les deuxièmes (biomasse ligno-cellulosique) et troisièmes (micro-algues) générations seront compétitives ; ces biocarburants n’auraient pas les inconvénients de la première génération, la matière première serait produite sans compétition avec les usages alimentaires et avec peu d’impact sur le changement d’affectation des sols (direct ou indirect), la production essentiellement locale (prairies, forêt, algues) permettrait d’en maîtriser l’impact environnemental ; le biogaz, produit à partir de déchet, représente également un potentiel intéressant pour remplacer les carburants classiques ;
- l’électricité : déjà largement présent dans le transport ferroviaire, le vecteur énergétique se développe aujourd’hui en complément des motorisations à combustion interne (hybrides) et représente vraisemblablement à terme un potentiel important de décarbonation, l’énergie étant stockée soit dans des batteries soit dans des piles à combustible (hydrogène) et approvisionnée à partir d’un réseau électrique alimenté par de la production décarbonée ; les technologies actuelles de batteries présentent l’inconvénient d’offrir une autonomie limitée, la solution pile à combustible et hydrogène présente un coût élevé du fait de l’infrastructure de distribution.

Graphique 31 : Scénarios de pénétration de l’électricité dans les véhicules particuliers



Source : Valeo

Si les technologies faisant appel à la biomasse et à l’électricité sont connues depuis longtemps et bien maîtrisées d’un point de vue scientifique et technique¹, elles ne sont pas encore compétitives vis-à-vis des filières classiques des combustibles fossiles et des motorisations à combustion interne.

(1) C’est une voiture électrique qui dépassé pour la première fois les 100 km/h en 1899. La voiture électrique n’a été supplantée par la voiture à moteur essence qu’au début du 20^{ème} siècle.

Par ailleurs, la pénétration d'une innovation technologique dans le parc dépend également de la durée de renouvellement des véhicules (environ 15 ans pour les voitures particulières et 5 ans pour les poids lourds).

Pour les années à venir, le plan biocarburants français prévoit un taux d'incorporation de 10 % dès 2015¹ et le plan gouvernemental pour les véhicules électriques, très volontariste², table sur 2 millions de véhicules (électriques et hybrides rechargeables) en 2020.

4.3. Les exercices de projection de référence

➤ *Les scénarios avec mesures existantes à l'horizon 2020-2030*

Le scénario avec mesures existantes de l'étude DGEC-CGDD 2010³ fait les principales hypothèses suivantes :

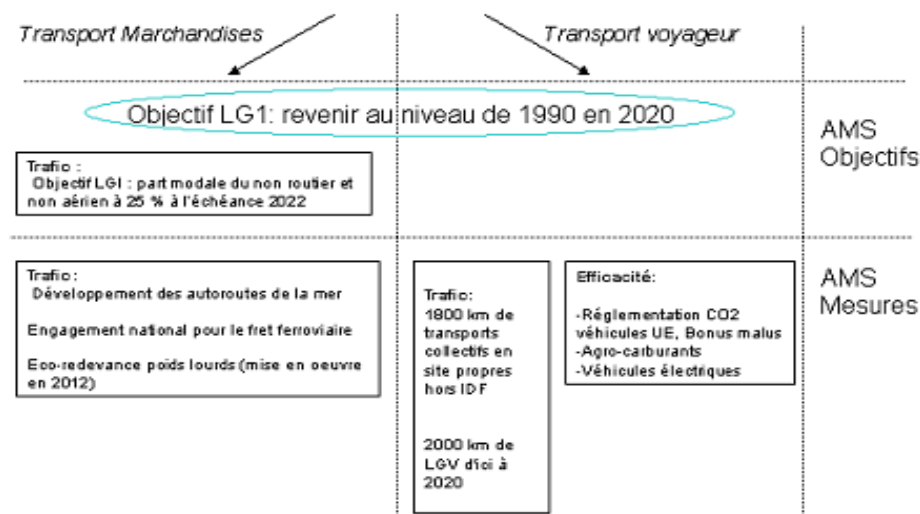
- croissance de la demande : + 1,5 %/an pour les marchandises et + 0,4 %/an pour les trafics automobiles ; ces projections intègrent le report modal associé à la mise en œuvre des mesures du Grenelle (écotaxe poids lourds, développement des infrastructures LGV et amélioration du réseau de fret ferroviaire, augmentation de la fiscalité sur les carburants), la part du non routier dans le trafic de marchandises passe ainsi de 12 % en 2010 à 21 % en 2030 ;
- évolutions technologiques :
 - intégration de 10 % de biocarburant en 2020 et 2030 ;
 - amélioration des performances des véhicules classiques : 130 gCO₂/km en 2010, 103 en 2020 et 102 en 2020 en moyenne pour les véhicules neufs ;
 - part des véhicules électriques et hybrides rechargeables (à parts égales) dans les immatriculations neuves : 7 % en 2015, 20 % en 2020 et 50 % en 2030.

(1) Le plan est assorti d'incitations fiscales fortes qui s'apparentent à une quasi-obligation.

(2) Dans un premier temps, ces véhicules électriques devraient se développer pour des usages spécifiques : flottes d'entreprises, autopartage, taxis, etc. Pour une diffusion en masse, il faudrait que leur coût et leur performance s'améliorent encore.

(3) Il s'agit de l'étude DGEC-CGDD 2011 sur les Scénarii 2030 Énergie, Climat, Air.

Graphique 32 : Transports, tableau de correspondance entre mesures et scénarios



Source : DGEC

Dans ces conditions, la trajectoire d'émission de GES du secteur est présentée dans le tableau 19 :

Tableau 19 : Trajectoire d'émissions de GES du secteur (en MtCO₂)

	1990	2000	2010	2020	2030
Scénario avec mesures	120	141	133	124	113
Évolution/1990		17%	11 %	3 %	- 6 %

Source : DGEC

Un certain nombre d'hypothèses de ce scénario apparaissent quelque peu critiquables : la pénétration des véhicules électriques à l'horizon 2020-2030 ne reflète pas le manque de maturité de cette technologie, que ce soit sur le plan technique ou sur le plan économique ; à l'inverse, le développement limité de biocarburant à 2030 revient à supposer que la 2^{ème} génération n'est toujours pas compétitive à cette date.

Comme dans le secteur du bâtiment, une modélisation simplifiée montre que les potentiels de réduction des émissions associés à ces différentes hypothèses (véhicules électriques vs. biocarburants par exemple) pouvaient se compenser à l'horizon 2020 et que les résultats du scénario « avec mesures » pouvaient tout à fait servir de référence aux scénarios du Comité.

Les scénarios « facteur 4 » à l'horizon 2050

Compte tenu du poids prépondérant de la route dans les émissions du transport, les scénarios facteur 4¹ jouent en général sur ces deux leviers : l'évolution de la demande

(1) On peut citer par exemple le scénario de l'association Negawatt publié en octobre 2011, l'étude PREDIT de 2008 réalisée par LET-ENERDAT – De la modélisation à la prospective : rupture et transition dans les scénarios de mobilité durable à l'horizon 2050, le rapport du CGPC de 2006 – Une prospective 2050 pour les transports, ou encore le travail d'Axenne, TML, Ecofys de 2007 - Scénarios de forte réduction des émissions de GES à l'horizon 2050.

de transport, en particulier routier, et la pénétration de technologies décarbonées dans les véhicules. Ils se différencient par l'effort qu'ils font porter à l'un ou l'autre de ces deux leviers.

Certains privilégient une réorganisation assez forte de la mobilité, de l'organisation urbaine et des changements de comportement pour éviter de faire reposer leur scénario sur des changements technologiques hypothétiques ; d'autres, au contraire font reposer l'essentiel des évolutions sur la technologie, sans imposer de rupture en termes de mobilité. Dans tous les cas, l'atteinte du facteur 4 apparaît comme difficile dans ce secteur.

Le scénario Negawatt fait porter par exemple une part importante de la réduction des émissions sur la baisse de la demande. Il suppose par exemple que la densification urbaine, le recours au télétravail et le développement du commerce en ligne peuvent permettre d'abaisser de 25 % les kilomètres parcourus par une personne en une année. Dans le même temps, la part de la voiture passerait de 63 % à 42 % du nombre total de kilomètres-passagers. L'étude LET-ENERDATA montre que si la demande n'est pas sensiblement infléchie, atteindre des réductions sensibles nécessite une forte pénétration des technologies nouvelles : 35 % de biocarburants et une très large pénétration de l'électrification (30 % de véhicules électriques purs et 70 % de véhicules fonctionnant à l'hydrogène).

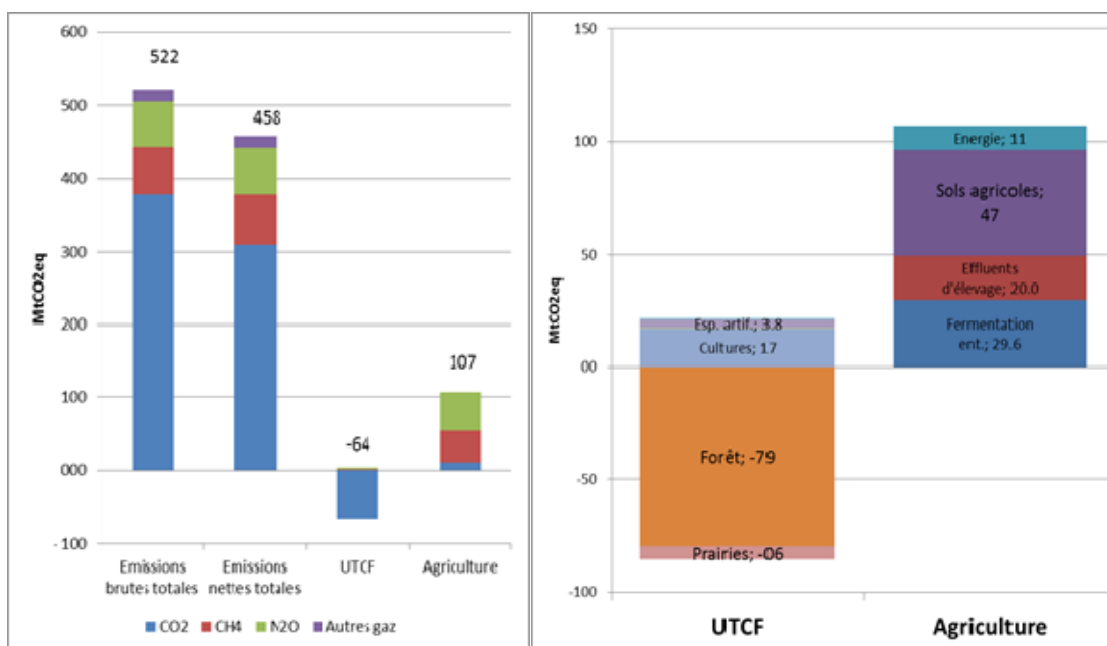
5. Agriculture : intensive et écologique

5.1. Les émissions de GES du secteur sur la période 1990-2009

En France, les émissions agricoles représentent une part importante des émissions hors ETS. En 2009, le secteur agricole représente 21 % du total des émissions de gaz à effet de serre (GES) de la France (sans prendre en compte les émissions provenant des forêts ou du changement d'affectation des sols – UTCF), soit environ 107 MtCO₂eq (périmètre Kyoto, format plan climat) et le second secteur contributeur à l'inventaire derrière le transport. Ce secteur a la particularité d'être également un « puits » de carbone par le biais de la séquestration du carbone dans les forêts : le puits actuel est évalué à 64 MtCO₂¹ et permet d'absorber près de 13 % des émissions brutes de GES de la France (voir graphique 33).

(1) Source : Inventaire de la France, format Plan climat périmètre Kyoto, CITEPA, avril 2011.

Graphique 33 : Source et puits de GES d'origine agricole en 2009



Source : de Cara, d'après CITEPA (2011)

Les cultures représentent plus de la moitié des émissions agricoles totales et l'élevage contribue à hauteur de 46 % (voir tableau 20). La fermentation entérique représente 54 % des émissions françaises de méthane et 28 % des émissions de GES d'origine agricole comptabilisées en CO₂eq par le CITEPA en 2009. La contribution des effluents d'élevage aux émissions est importante (19 % des émissions de l'agriculture française en 2009).

Tableau 20 : Décomposition des émissions de l'agriculture en 2009, par activité et gaz

KteqCO ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Gaz fluorés
Consommation d'énergie	10 750	16	78	
Sols agricoles			46 400	
Fermentation entérique		29 484	0	
Déjections animales		13 804	5 995	
Cultures du riz		110	0	
Total	10 750	43 414	52 473	115

Source : CITEPA 2011

En 2009, le secteur agricole représente 79 % des émissions totales de méthane (CH₄), 84 % des émissions totales de protoxyde d'azote (N₂O) et 3 % des émissions totales de dioxyde de carbone (CO₂). Entre 1990 et 2009, on observe que les émissions agricoles ont baissé de plus de 11 %. Plus précisément, les émissions de CH₄ de l'agriculture n'ont que très légèrement régressé suite à une diminution du cheptel (environ 2,5 MtCO₂). En ce qui concerne le N₂O, une utilisation maîtrisée des engrais azotés a permis de réduire les émissions de N₂O d'un peu plus de 10 MtCO₂eq. Les émissions liées aux consommations énergétiques et aux déjections animales ont été relativement stables entre 1990 et 2009. On observe ainsi une forte baisse des

émissions liées aux sols agricoles (– 17 % entre 1990 et 2009) et une baisse légère des émissions liées à la fermentation entérique (– 8 % entre 1990 et 2009).

L'agriculture peut également constituer un puits. En effet, les sols agricoles ont la capacité de séquestrer du carbone, tout comme la forêt (voir section 6). Le stock naturel en France est estimé à 3 milliards de tonnes (Mdt) de carbone (C), soit 11 MdtCO₂. Il est cependant difficile d'établir une mesure générale du stock de carbone dans les sols agricoles car cette mesure dépend du sol et de l'usage qui en est fait. Dans les 30 premiers centimètres du sol, il y a autant de CO₂ que dans l'atmosphère. Le carbone dans les sols est donc un enjeu partout, et pas seulement dans certaines zones du monde (*i.e.* forêt tropicale).

En termes d'usage, on constate qu'en moyenne les prairies stockent plus de carbone que les sols forestiers¹ (voir tableau 21). Les quantités de carbone stockées à l'hectare sont très variables selon les écosystèmes. Les terres agricoles (cultures annuelles, cultures pérennes) stockent moins de carbone que les prairies, savanes ou forêts. De même, les pratiques agricoles et sylvicoles influencent l'accumulation de matières organiques dans les sols et donc le stockage du carbone à plus ou moins long terme. Ainsi, la conversion d'écosystèmes naturels (prairies, forêts...) déstocke massivement le carbone contenu dans les sols et dans la végétation et représente environ 17 % des émissions mondiales de GES. Les causes sont multiples : agriculture, utilisation du bois pour l'énergie, exploitation du bois, urbanisation, développement d'infrastructures de transports... Plus précisément, les besoins alimentaires mondiaux augmentent et l'agriculture se développe et occupe de plus en plus d'espace, entraînant un changement d'affectation des sols important. À l'inverse, la conversion de terres cultivées en forêts ou en prairies, comme c'est le cas tendancielle en Europe aujourd'hui, permet de stocker du carbone à la fois dans les végétaux et dans les sols.

Tableau 21 : Mesures des stocks selon l'usage des terres

Occupation du sol	Stocks de carbone organique (t/ha) dans les 30 premiers centimètres du sol		
	1 ^{er} quartile	Moyenne	3 ^{ème} quartile
Cultures en terres arables	38,7	51,2	59,3
Prairies permanentes	56,5	81,2	99,2
Forêts	53,0	77,8	97,9
Vergers et cultures pérennes	34,7	47,3	55,9
Vignes	24,0	34,4	47,2
Autres	22,8	24,2	25,9

Source : A. Bispo

Même si la dynamique de stockage de carbone dans les sols est temporaire (elle tend vers un stock d'équilibre), elle permet de réduire de manière significative les émissions de CO₂. La dynamique entre stockage et déstockage de carbone par les sols est fondamentale. Or, le déstockage du carbone est plus rapide que son stockage et il faut donc éviter que les sols riches en carbone ne le relâchent dans l'atmosphère à cause de mauvaises pratiques ou de changements d'affectation des sols. Cependant, la tendance mondiale cache d'importantes disparités régionales : on observe dans les

(1) Si on prend en compte la biomasse aérienne, les prairies stockent en fait moins de carbone que les forêts.

pays industrialisés une réduction significative des superficies cultivées et une croissance des couverts forestiers, contrairement à ce qui se passe dans les pays en développement.

On observe une tendance au déstockage dans les sols agricoles avec une perte de 6 MtC/an (soit environ 22 MtCO₂/an) alors que le stock croît dans les sols forestiers (+ 0,7 MtC/an soit 2,56 MtCO₂/an) et que l'on estime le potentiel de stockage national entre 1 à 3 MtC/an (INRA, 2002)¹. Le bilan global est donc négatif, avec un déstockage de 53 MtC sur 10 ans (soit - 1,7 %). L'artificialisation des sols (principalement due à une extension urbaine) est une des causes de ce déstockage important et aurait contribué à une perte équivalente à 2 Mha (pour une surface agricole utile totale de 30 Mha).

Agir sur les stocks de carbone est rendu d'autant plus difficile que la mesure du stock de carbone dans les sols agricoles est complexe. Il est en effet très difficile d'estimer avec précision le niveau de séquestration de carbone dans les sols car cette mesure est liée à (i) des facteurs qui affectent le stockage de carbone dans les sols (le climat (température); l'usage des sols; les pratiques agricoles); (ii) des phénomènes biologiques complexes et interconnectés; (iii) des phénomènes lents et asymétriques (*e.g.* le stockage est plus lent que le déstockage et il n'est pas infini); (iv) des incertitudes sur les facteurs d'émissions. On aurait donc un bilan global brut alors qu'un bilan global net serait préférable.

Dans cette perspective, un projet « Équipements d'excellence » (EQUIPEX) porté par l'INRA, le CEA et le CNRS vise à développer un équipement de surveillance des émissions nationales de GES. Cela devrait permettre notamment de développer la capacité de mesure et de modélisation, en résolution et en précision avec la mise en place de nouveaux capteurs et systèmes de mesure, l'assimilation de données sur les stocks de carbone et sur les surfaces continentales concernées ainsi que le développement de modèles atmosphériques, de végétation et sectoriels assimilant ces données. Ce programme pourrait donc permettre d'aboutir d'ici quelques années à une méthode plus fiable d'inventaire des GES atmosphériques, permettant en particulier une meilleure comptabilisation des stocks de carbone contenu dans les sols agricoles et forestiers.

Les travaux récents de Chakir, de Cara et Vermont (2011)² permettent une représentation spatiale des émissions de GES d'origine agricole et forestières (voir graphique 34). Les émissions de N₂O sont concentrées dans les zones de grandes cultures (quart nord-ouest de la France) alors que celles de CH₄ sont concentrées dans les grandes zones d'élevage (ouest et centre de la France). Le quart sud-est du pays se caractérise par un fort stockage du carbone (forêts) alors que le nord-ouest est plutôt en phase de déstockage. Au total, dans une grande moitié nord et ouest de la France, les sources d'émissions dominent, alors que dans la moitié sud-est, ce sont les puits de carbone qui dominent.

Cette analyse souligne l'importance de l'aspect spatial de l'étude des émissions de GES, en particulier celles provenant du secteur agricole. Cela suggère également que

(1) D. Arrouays et al. (2002), « Stocker du carbone dans les sols agricoles en France ? », Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'écologie et du développement durable.

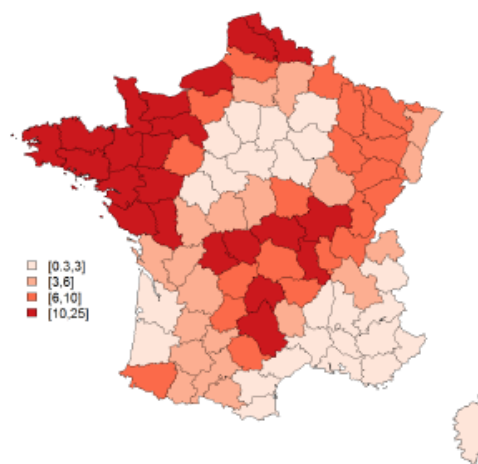
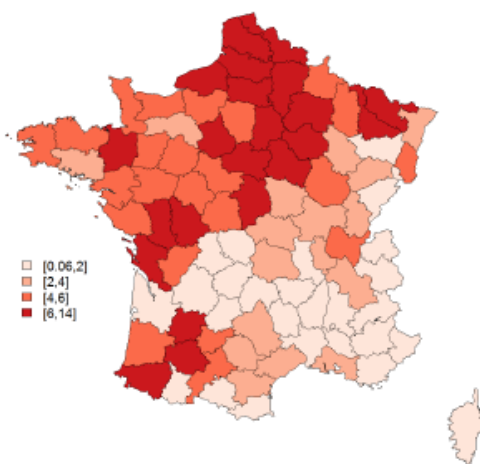
(2) R. Chakir, S. de Cara et B. Vermont (2011), « Émissions de gaz à effet de serre dues à l'agriculture et aux usages des sols en France : une analyse spatiale », à paraître dans la revue *Économie et Statistique*.

cette dimension doit être correctement prise en compte lors de la définition de politiques climatiques efficaces et pertinentes.

Graphiques 34 : Émissions agricoles et forestières nettes par catégorie (cumul 1993-2003, en tCO₂/ha)

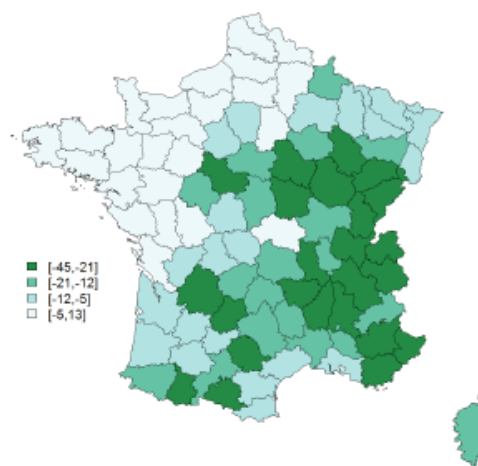
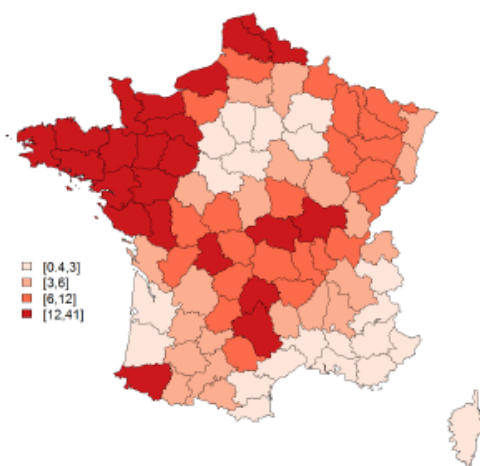
(a) Emissions dues aux engrais synthétiques

(b) Emissions dues à la fermentation entérique



(c) Emissions dues aux effluents d'élevage

(d) Emissions nettes liées à l'UTCF



Source : Chakir, de Cara et Vermont (2011)

5.2. Les principaux déterminants des émissions du secteur

Les principaux paramètres influençant les émissions de GES sont la **composition des cheptels** (plus précisément le nombre d'animaux dans le cheptel de ruminants), le **recours à la fertilisation azotée minérale**, et les **pratiques agricoles**. Cependant, le secteur agricole est marqué par une très grande hétérogénéité des émissions en fonction des exploitations, selon leur orientation (élevage, grandes cultures, fruits et légumes, *etc.*), mais aussi selon la nature des sols, du climat et des itinéraires techniques. Les paramètres clés sont non seulement multiples mais également liés, ce qui rend l'exercice de prospective d'autant plus complexe. De fait, les incertitudes

associées à l'évaluation des émissions totales de ce secteur sont importantes. Les caractéristiques physiques de ces émissions diffuses, liées en partie aux pratiques individuelles des agriculteurs et à des processus biologiques, ne facilitent pas en effet leur mesure et leur contrôle.

Les émissions sont difficiles à mesurer avec précision car elles dépendent de plusieurs paramètres eux-mêmes difficilement observables, *e.g.* type de sol, type de couvert végétal, conditions climatiques locales, teneur en eau des sols, *etc.* En ce qui concerne l'élevage, les émissions vont dépendre de la composition du cheptel (plus précisément du nombre d'animaux dans le cheptel de ruminants) et de la ration alimentaire (fermentation entérique, émissions de CH₄ et de N₂O des effluents) mais également du mode de gestion des déjections animales.

Il existe de nombreux leviers d'atténuation pour limiter les émissions de GES. En cela, **les pratiques agricoles jouent un rôle essentiel** dans les consommations d'intrants et les émissions de GES. L'analyse des gisements à prioriser pour réduire les émissions de N₂O met l'accent sur la nécessité d'optimiser le recours à la fertilisation azotée (potentiel d'atténuation compris entre 30 et 160 kgCO₂/ha¹ ; le passage d'un mode de fertilisation à l'autre (engrais azotés minéraux vers engrais azotés organiques) peut permettre d'éviter jusqu'à 1 t CO₂/ha) et l'introduction de légumineuses dans les rotations (potentiel moyen d'atténuation de 1 t CO₂/ha)².

Il existe également un certain potentiel technique de réduction des émissions de l'élevage mais il est relativement limité (compris entre 5 et 15 %). Par exemple, pour réduire les émissions de CH₄ liées à la fermentation entérique, des expérimentations suggèrent qu'une modification de l'alimentation des ruminants caractérisée par des composants végétaux spécifiques (*e.g.* composants riches en acide alpha linoléique, comme par exemple les graines de lin et les fourrages verts) peut réduire les émissions de CH₄ d'origine digestive. Une diminution de l'apport azoté dans les rations des vaches laitières peut également avoir un impact sur les émissions de N₂O de ses effluents.

Des leviers peuvent être actionnés pour préserver et accroître le stock de carbone séquestré dans les sols agricoles. Les techniques de séquestration sont bien connues : reboisement, conversion des cultures en prairies, agroforesterie, plantation de haies, pratique du non-labour et du semis direct, *mulching*³, rotation intégrant des prairies temporaires... Mais ces pratiques ne sont pas toutes applicables et généralisables partout. De plus, le résultat n'est pas visible immédiatement mais parfois seulement plusieurs années après.

Le potentiel de réduction des émissions du secteur est donc probablement relativement important, à un coût raisonnable. Mais la diversité des conditions de production conduit à une forte hétérogénéité dans les coûts marginaux d'abattement entre pays et entre exploitations.

(1) Tout en sachant néanmoins que le niveau de fertilisation a déjà fortement baissé et que l'on est proche de l'optimum de production : avec 20 % d'azote en moins par rapport à 1990, la France a produit 30 % de céréales et de colza en plus.

(2) D'après la présentation d'In Vivo au Comité.

(3) Cette méthode consiste à étaler sur le sol au pied du végétal un matériau (*e.g.* des feuilles, de la toile tissée) permettant de limiter la levée des mauvaises herbes.

Parmi les travaux de recherche récents, au Royaume-Uni, un rapport commandité par le Comité sur le changement climatique¹ sur les courbes de coût marginal de réduction des émissions britanniques de l'agriculture, du changement d'utilisation des terres et de la forêt conclut sur un potentiel de réduction des émissions de GES du secteur agricole britannique réalisable de 7,85 MtCO₂eq (pour un prix de la tonne de CO₂ inférieur à 100£) ce qui représente 17,3 % des émissions agricoles britanniques en 2005². En France, des travaux de l'INRA³ suggèrent que le potentiel de réduction du secteur agricole de l'Union européenne à 15 pourrait être de 9,1 % pour un prix du CO₂ à 60 €/tCO₂eq et de 21,2 % avec un prix du CO₂ à 200 € la tonne⁴.

Une analyse des coûts d'abattement du secteur réalisée par de Caraet *al.* (2011)⁵ montre qu'il est compétitif par rapport aux autres, et qu'il est possible de réduire les émissions de 10 % pour un coût compris entre 32 € et 42 €/tCO₂. Le recours à un instrument économique (*e.g.* taxe ou permis d'émissions) permettrait d'économiser en termes de coûts totaux (*i.e.* y compris les coûts d'abattement directs) jusqu'à 752 M€ par rapport à un autre type d'outil.

Les coûts de séquestration seraient compétitifs par rapport aux autres secteurs et *relativement* faciles à mettre en place (*cf.* étude Climsoil, 2008⁶). Mais il existe des barrières à la séquestration de carbone dans les sols, surtout économiques : les équipements sont coûteux ; cette pratique génère moins de rendement donc une baisse des revenus ; elle résulte en une immobilisation des terres sur une longue période, ce qui peut paraître inefficace économiquement. En outre, il n'y a pas à l'heure actuelle de marché pour ces projets, autour desquels beaucoup d'incertitudes subsistent. Ces conditions ne sont donc pas favorables à la séquestration du carbone dans les sols agricoles.

De même, on est confronté à un problème de mesure des flux dans l'inventaire national du fait de la complexité de la mesure du stock (*cf. supra*) : la séquestration du carbone dans les sols n'est pas prise en compte dans l'inventaire (sauf dans le cas des changements d'usages), ce qui est donc peu incitatif. On a donc besoin de méthodologies de comptabilisation, de mesure plus raffinées et, par conséquent, d'une réelle structure de MRV⁷ qui soit robuste et prenne en compte les changements d'usages des sols et des pratiques. Le projet EQUIPEX cité plus haut pourrait également permettre une comptabilisation du stock de carbone contenue dans les sols agricoles plus appropriée et prenant en compte les changements de pratiques.

(1) Organisme indépendant établi par le gouvernement britannique pour conseiller le gouvernement du Royaume-Uni sur l'établissement des budgets de carbone, et de faire rapport au Parlement sur les progrès réalisés dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, <http://www.theccc.org.uk/pdfs/SAC-CCC:%20UK%20MACC%20for%20ALULUCF:%20Final%20Report%202008-11.pdf>

(2) L'étude expose les différentes options de réduction des émissions avec leur niveau de faisabilité, leur coût et leur efficacité, comme par exemple, l'introduction de légumineuses, le non-labour.

(3) De Cara, Houzé, Jayet (2005), Methane and Nitrous Oxide Emissions from Agriculture in the EU: A Spatial Assessment of Sources and Abatement Costs. http://www.centre-cired.fr/IMG/pdf/De_Cara_Slides_2008.pdf

(4) Dans ces travaux, les abattements découlent des changements dans l'allocation des surfaces, l'alimentation animale et les effectifs animaux. On n'assiste pas à d'adoption d'itinéraires techniques alternatifs. Aucune technologie dépolluante n'est également utilisée.

(5) S. de Cara et P.-A. Jayet (2011), « Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost effectiveness and the EU non-ETS burden sharing agreement », *Ecological economics*, Vol. 70, pp. 1680-1690.

(6) Voir http://ec.europa.eu/environment/soil/review_en.htm.

(7) Système de mesure, observance et vérification des émissions.

5.3. Les exercices de projection de référence

De multiples facteurs vont conditionner l'évolution des émissions de GES de l'agriculture d'ici 2050 : prix du pétrole, demande alimentaire, demande en énergie (logements, transports), prix de la tonne de CO₂, effet du changement climatique sur la production agricole... La définition de scénarios tendanciels à horizon 2050 n'est donc pas aisée. Des exercices récents de projection nous offrent cependant des éléments pour fonder des scénarios de réduction des émissions de GES envisageables à 2050 et les trajectoires d'émissions qui y seraient associées.

Le CO₂ représentant une part marginale des émissions de GES de l'agriculture, les études de projection reportées ici portent principalement sur les émissions de CH₄ et de N₂O.

Les scénarios avec mesures existantes à l'horizon 2020-2030

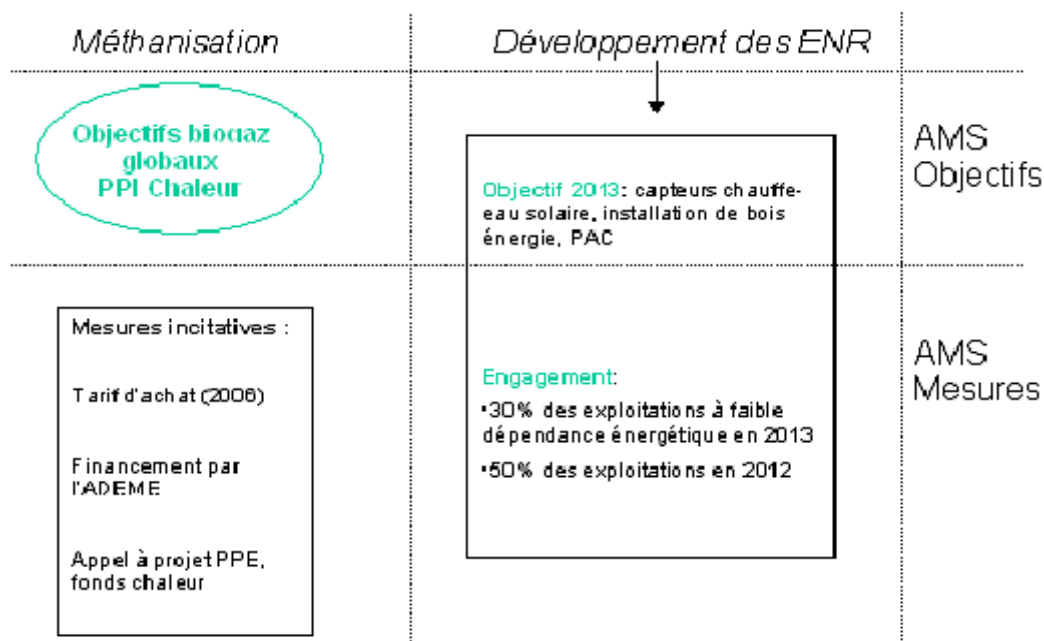
Des prévisions ont été réalisées par le CITEPA dans le cadre de l'exercice mené par le MEDDTL début 2011. Les scénarios de prospective utilisés sont fondés sur les travaux de l'INRA (2008), et plus particulièrement sur leur scénario « Bioénergie », complété par des hypothèses sur la méthanisation. Deux des scénarios sont reproduits ici : le premier considère les mesures du Grenelle (AMS-M) et le deuxième, plus volontariste, comprend des mesures supplémentaires objectif Grenelle (AMS-O).

Les hypothèses du scénario AMS-M sont les suivantes :

- les facteurs d'émissions pour le CH₄ et le N₂O sont issus des bonnes pratiques du GIEC et sont supposés invariants à l'horizon 2030 excepté pour les vaches laitières dont le facteur d'émission est corrélé avec le rendement laitier qui croît sur la période de projection. En 2009 et 2010, le facteur d'émission pour les vaches laitières est de 117 kgCH₄/tête ; en 2015, le facteur d'émissions passé à 119 ; de 2020 à 2030, on suppose un facteur d'émissions de 120 kgCH₄/tête ;
- les modes de gestion des déjections sont fondés sur la répartition observée en 1994 qui est conservée jusqu'en 2030 tout en prenant en compte la réduction des émissions de CH₄ due aux 13 unités de méthanisation existantes ;
- on prévoit la construction de 20 unités de méthanisation supplémentaires par an entre 2009 et 2030 (soit un total de 433 unités de méthanisation en 2030 correspondant à une réduction d'environ 411 ktCO₂eq).

Le scénario AMS-O se démarque du scénario AMS-M sur le nombre d'unités de méthanisation construites chaque année, et prévoit la création de 40 unités de méthanisation supplémentaires par an entre 2009 et 2030 (soit 853 unités de méthanisation en 2030 correspondant à une réduction d'environ 810 ktCO₂eq).

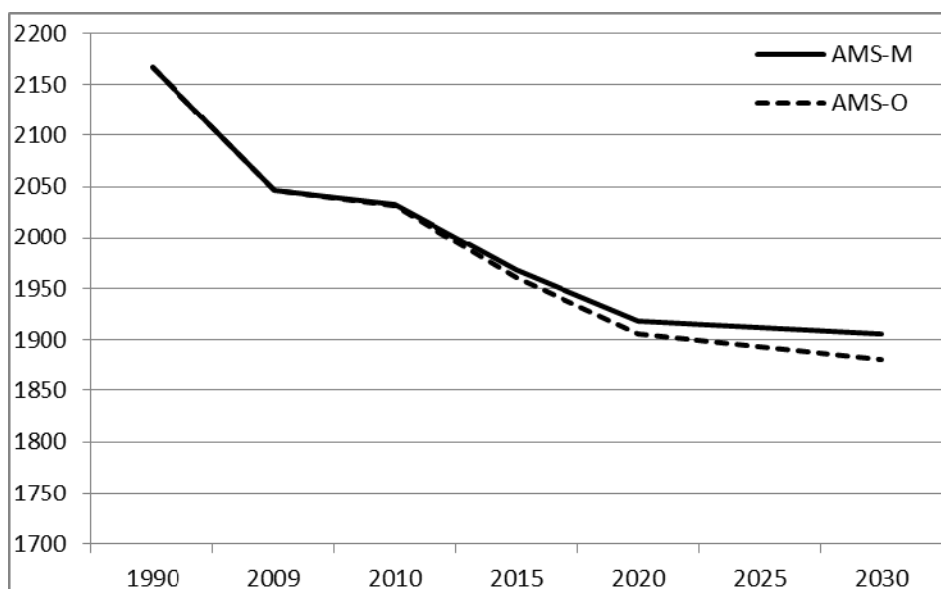
Graphique 35 : Correspondance entre mesures et scénarios pour le volet énergétique



Source : DGEC

Les projections obtenues à partir de ces deux scénarios sont représentées dans le graphique 36. On constate que les deux scénarios anticipent une baisse des émissions d'origine agricole à horizon 2030 (- 14 % et 15 % par rapport à 1990, respectivement).

Graphique 36 : Projections des émissions agricoles à horizon 2030 (ktCO₂eq)



Source : CITEPA

On peut affiner cette analyse en regardant la trajectoire d'émissions anticipées par types de gaz. On constate peu de différence entre les deux scénarios considérés sur

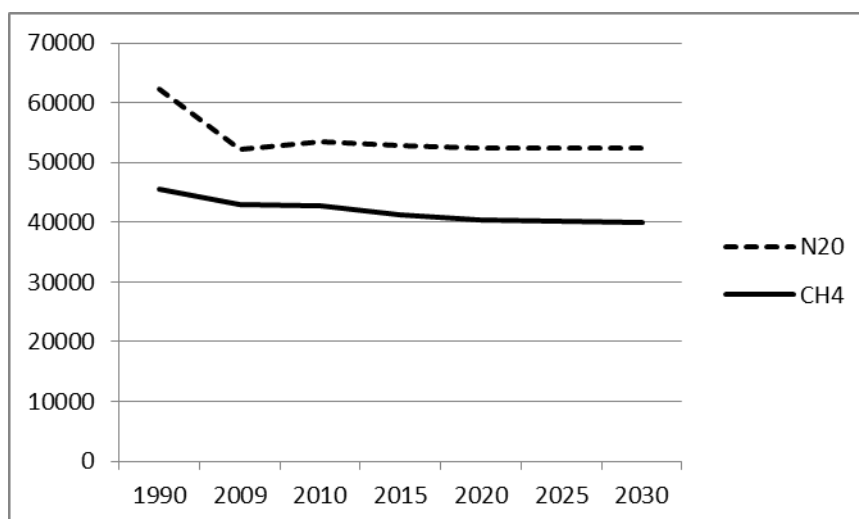
les quantités émises de CH₄ et de N₂O qui baissent sensiblement par rapport à 1990 (– 16 % pour le N₂O et – 13 % pour le CH₄) (voir tableau 22 et graphique 37).

Tableau 22 : Projections des émissions de N₂O et CH₄ selon les deux scénarios de la DGEC (MtCO₂eq)

	AMS-M		AMS-O	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
1990	45 518	62 368	45 518	62 368
2009	42 984	52 108	42 984	52 108
2010	42 696	53 562	42 671	53 562
2015	41 327	52 786	41 177	52 786
2020	40 285	52 406	40 011	52 406
2025	40 160	52 411	39 762	52 411
2030	40 036	52 415	39 514	52 415

Source : DGEC

Graphique 37 : Projection des émissions de CH₄ et N₂O à horizon 2030 selon le scénario AMS-M (MtCO₂eq)



Source : DGEC

Le graphique 37 suggère que les réductions « faisables » ont été, en grande partie, réalisées dans la période allant de 1990 à aujourd’hui (N₂O dans la chimie, CH₄ dans l’énergie). Dans l’agriculture, la baisse des engrais azotés est liée aux rendements. Le CH₄ émis par fermentation entérique semble incompressible. Ainsi pour le CH₄, l’asymptote du niveau d’émissions, qui semble ne pas dépendre du scénario et qui paraît infranchissable **dans l’état actuel des technologies**, semble être de 1,9 Mt, soit 40 MtCO₂eq. Pour le N₂O, ce niveau serait d’environ 52 MtCO₂eq. Des efforts de réduction plus ambitieux nécessiteront donc des changements des technologies et pratiques agricoles.

Les autres scénarios

L'IIASA (2010)¹ propose une évaluation des potentiels de réduction des gaz du « panier de Kyoto » hors CO₂. L'étude s'appuie pour cela sur un scénario de référence qui inclut différentes législations européennes : les directives sur les déchets et leur traitement (1999/31/EC, 2006/12/EC et 2008/98/EC), les directives sur les nitrates (1991/676/EEC), et la réforme de la politique agricole commune (2006/144/EC), les directive transport (2006/40/EC) et biocarburants (2009/28/EC). Cette étude prend en compte la poursuite du marché de quotas d'émissions européen (ETS).

Cette étude présente des résultats pour le secteur agricole français : le scénario de référence prévoit une diminution des émissions de 8 % en 2020 par rapport à 2005 dans le secteur non-ETS. Au-delà de l'impact des réglementations européennes, la mise en œuvre d'un prix de la tonne de carbone équivalente inciterait les agents à réduire encore leurs émissions : la plupart des efforts se feraient dans le secteur agricole (diminution de l'utilisation d'engrais). Avec un prix entre 20 et 30 €/tCO₂eq, les gaz hors CO₂ diminueraient de 14 à 15 % en 2020 par rapport à 2005, la plupart des réductions étant réalisées pour un prix inférieur à 10 €/tCO₂eq.

L'INRA (2008)² a également effectué des projections des émissions agricoles. Le scénario central retenu (maintien de la croissance, dispositions de politique agricole en place et satisfaction des objectifs européens en matière de biocarburants) implique la poursuite de la diminution des émissions jusqu'en 2020, mais à un rythme néanmoins plus faible que celui observé durant la période 1990–2005. Les émissions d'origine agricole s'établissent ainsi à 92,5 MtCO₂eq et 90,7 MtCO₂eq en 2010 et 2020 respectivement, soit une baisse de 5,4 % en 2020 par rapport à 2005.

Dans les deux scénarios qui encadrent le scénario central, les émissions agricoles décroissent également jusqu'en 2020, dans des proportions toutefois assez différentes. La diminution serait plus importante dans la variante 1 (– 12,3 % en 15 ans) sous l'effet d'une diminution de l'activité agricole elle-même induite par le ralentissement de la croissance économique, l'ouverture accrue du marché communautaire et des prix agricoles à la baisse dans les États membres de l'Union européenne (relativement au scénario central). Par contraste, la réduction des émissions de GES d'origine agricole serait plus faible dans la variante 2 (– 3,4 % sur la période 2005–2020) sous l'effet de l'expansion des terres cultivées (*e.g.* suppression de la jachère) et des effectifs de vaches laitières (*e.g.* abolition des quotas laitiers), et ce en dépit de la baisse du nombre de bovins viande (*e.g.* concurrence des importations dans le cadre d'accords bilatéraux avec l'Amérique du Sud).

Plus récemment, l'association SOLAGRO a présenté un exercice prospectif d'évaluation de l'utilisation des terres à l'horizon 2050 (scénario AFTERRRES 2050). Les projections issues de scénarios agricoles normatifs (*i.e.* purement techniques, sans prise en compte des contraintes et rétroactivités économiques) montrent que :

(1) IIASA (2010), "Potentials and costs for mitigation of non-CO₂ greenhouse gas emissions in the European Union until 2030", Rapport pour la Commission européenne, DG Climat.

(2) INRA (2008), « Projections d'émissions/absorptions de gaz à effet de serre dans les secteurs forêt et agriculture aux horizons 2010 et 2020 » ; Rapport pour le Ministère français en charge de l'agriculture coordonné par Stéphane De Cara et Alban Thomas.

www.grignon.inra.fr/economie-publique/publi/GES_MAP.pdf

- sans politique climatique, sur la base d'une évolution tendancielle des émissions, on réduira les émissions agricoles d'environ 10 % sur 2010-2050, soit un niveau de réduction entre 1990 et 2050 de l'ordre de 20 % ;
- avec une politique climatique résultant des évolutions fortes des pratiques mais sans ruptures sociétales, on peut réduire au mieux les émissions agricoles de 50 % (facteur 2) ;
- le facteur 4 semble inatteignable car il ne serait réalisable qu'au prix de ruptures sociétales et culturelles très fortes.

Ces scénarios reposent a) sur une modification des systèmes de culture ; b) sur une modification des régimes alimentaires des hommes ; et c) sur des usages spécifiques des terres. Il s'agit en effet des principaux leviers d'action à horizon 2050 pour réduire les émissions agricoles. Les scénarios Afterres supposent également une baisse de la production alimentaire liée à la modification des régimes, baisse qui n'est pas compensée par des exportations. Pour ce qui est de l'élevage, ces scénarios supposent que la méthanisation jouera un rôle clé en 2050. Il serait donc nécessaire de développer davantage cette technologie. Mais la méthanisation ne pourra à elle seule réduire significativement les émissions de GES d'origine agricole. Le scénario Afterres 2050 est également centré sur une évolution importante du régime alimentaire de l'homme proposant une réduction importante des consommations de glucides, lipides et protéines d'origines animales. Le régime alimentaire proposé par Afterres 2050 comprend environ moitié moins de viande que le régime moyen actuel mais également moins de produits laitiers ; ces réductions sont compensées par une hausse des consommations de fruits, légumes et céréales.

5.4. Exemples de politiques publiques à mettre en place

Les émissions du secteur agricole peuvent être diminuées non seulement par une réduction du volume des intrants, mais aussi par une optimisation de leur utilisation, à volume constant, ou par d'autres changements de pratiques. Ainsi, pour réduire leurs émissions, les exploitants agricoles ont par exemple la possibilité d'introduire des légumineuses permettant de réduire l'apport en engrais azotés car les légumineuses fixent l'azote dans le sol. D'autres options dans le secteur végétal consistent à optimiser les doses épandues et le calendrier d'épandage des engrais minéraux ou du lisier, ou à réduire le travail au sol (non-labour) pour en accroître la teneur en carbone. Dans le secteur des productions animales, il est possible d'augmenter les aliments concentrés dans les rations, d'améliorer l'efficacité de la production (*e.g.* génétique, gestion du troupeau), d'accroître le stockage de carbone dans les pâturages, ou bien d'améliorer la gestion des effluents (*e.g.* stockage, installation de digesteur anaérobie¹) sur l'exploitation.

Il est également possible de mettre en place des instruments économiques afin d'inciter un changement des comportements de consommation et de production des agriculteurs. Plusieurs exemples ont été considérés dans la littérature, *e.g.* la création d'un marché d'échange de permis d'émissions ; la mise en place d'un

(1) Un digesteur anaérobie est constitué d'un conteneur chauffé et étanche pour extraire des biogaz de la décomposition de la matière organique. Ces biogaz, qui contiennent environ 60 % de méthane, servent en général à produire de l'énergie. Le digesteur produit également un digestat pouvant être épandu comme fertilisant.

système d'échange des droits d'épandage des effluents d'élevage ; la création d'une taxe sur les émissions de GES (CH₄, N₂O et CO₂) du secteur agricole.

La recherche a un rôle clé à jouer pour permettre de réduire davantage les émissions agricoles. De nombreuses études sont en cours et permettront de mieux évaluer le potentiel d'atténuation à 2050, notamment en ce qui concerne la réduction des émissions de CH₄ liées à l'élevage (*e.g.* modification de la ration alimentaire du cheptel ; usage de biotechnologies et additifs ; recours à la génétique). Une évaluation des effets à long terme et du potentiel d'abattement réel de ces leviers paraît nécessaire. La recherche devrait également éclairer sur les priorités d'usage des terres à faire en 2050.

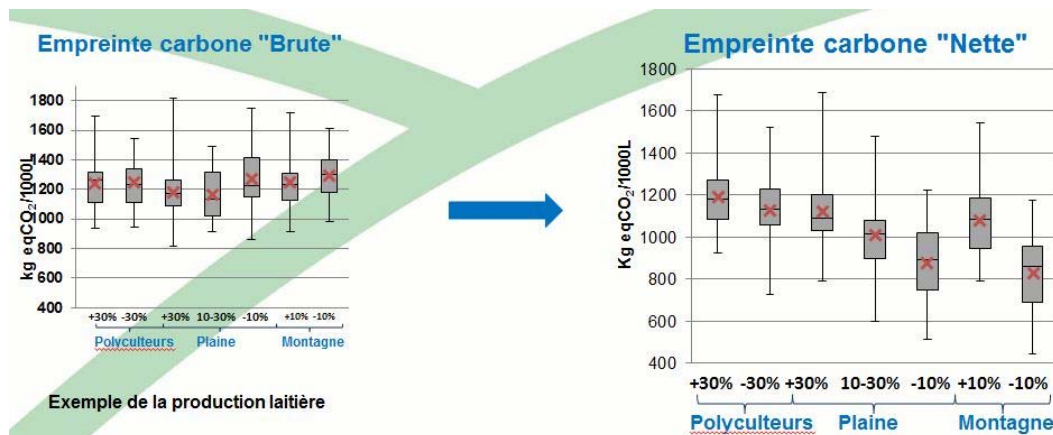
Il existe de nombreuses barrières économiques et sociales à l'adoption de certaines pratiques qu'il faudra lever ou atténuer. On notera principalement l'absence de moyens pour valoriser les services rendus par l'agriculture. En effet, le signal-prix du carbone est actuellement trop faible pour inciter les exploitations agricoles à agir de manière individuelle. Une approche agrégée est préférable. Les projets domestiques constituent en cela une opportunité de recevoir des crédits carbone en contrepartie d'actions de réduction des émissions de GES¹. De même, les méthodes agricoles ayant fait l'objet de projets MDP² portent principalement sur la méthanisation ou la bioénergie à partir de résidus de récolte, car ce sont des mesures faciles et relativement peu chères à mettre en œuvre. Cependant, les projets domestiques n'ont de sens que si la continuité de ces mécanismes est garantie après 2012. L'absence de perspectives pour le secteur est un réel problème dans ce secteur, comme pour les autres.

Un autre problème majeur à l'adoption de pratiques plus sobres en carbone dans le secteur agricole relève de la **complexité de la mesure des émissions** du fait des nombreux phénomènes biologiques et cultureux qui sont en jeu. En effet, les émissions et la séquestration du carbone dans les sols dépendent fortement des pratiques agricoles sur lesquelles on ne dispose pas d'informations détaillées. Le risque de fuites de carbone est de plus très prégnant. Or, ces aspects de mesure et vérification des émissions sont fondamentaux pour la définition de politiques climatiques efficaces, et on sait qu'en prenant en compte le stockage dans les prairies, l'empreinte CO₂ nette de l'élevage diminue de manière importante (voir graphique 38). Il est donc primordial d'agir à ce niveau.

(1) Plusieurs méthodologies ont été référencées et certains projets sont en cours de validation. Voir <http://developpement-durable.gouv.fr/Liste-des-methodes-referencees-et.html>.

(2) Mécanisme pour un développement propre.

Graphique 38 : Empreinte carbone brute vs. empreinte carbone nette



Source : J.-B. Dollé

Les exploitants agricoles auront besoin de formation et de conseils techniques performants pour faciliter le déploiement et la diffusion des pratiques et techniques agricoles innovantes. Une meilleure organisation des filières amont et aval autour de l'exploitation est également un levier clé pour réduire les coûts d'abattement. En cela, la structuration de la filière apparaît comme indispensable à l'atteinte des objectifs de réduction d'émissions dans le secteur. Cela passe notamment par de la sensibilisation, de la formation, de l'accompagnement, des systèmes de labellisations et de certification, et des dispositifs de contrôle plus performants qu'ils ne le sont actuellement. Les coopératives agricoles ont un rôle clé à jouer à ce niveau.

Enfin, la question de la réduction des émissions agricoles ne peut pas être traitée sans prendre en compte les actions similaires entreprises dans les secteurs de l'énergie et de l'industrie. L'agriculture peut contribuer à la réduction des émissions de ces secteurs *via* la biomasse et les biomatériaux.

5.5. Évaluation des impacts potentiels de certaines politiques publiques

La littérature économique suggère que les exploitants agricoles réagissent au signal-prix. Les études sur les effets d'une hausse du prix des engrais sur les changements de pratiques sont encore rares. Néanmoins, certaines s'intéressent aux impacts économiques d'autres types de mesures : taxation du prix des engrais, moindre utilisation d'engrais. On peut supposer que les effets induits par une hausse du prix des engrais vont dans le même sens que ceux consécutifs à la mise en place de ces mesures. Une étude de l'INRA¹ montre, par le biais d'un modèle d'équilibre général, qu'une taxation des engrais minéraux n'aurait que des effets limités sur les allocations de surfaces entre cultures et sur l'offre des différentes productions agricoles². L'effet sur les utilisations d'engrais minéraux serait plus conséquent, avec une diminution de la consommation totale des engrais minéraux de - 15 % variant

(1) A. Gohin, H. Guyomard et F. Levert (2003), « Impacts économiques d'une réduction des utilisations agricoles des engrais minéraux en France : une analyse en équilibre général », *Économie et Prévision*, n°157 2003-1.

(2) Une taxe de 20 % sur le prix de ces engrais conduirait à une réduction de la surface de blé tendre de 0,5 % et à une baisse de sa production de 4,4 %. La valeur ajoutée du secteur agricole ne diminuerait que de 1,3 %.

selon les cultures¹ essentiellement en fonction de la part des engrais minéraux dans le coût total de production des cultures. On constate donc que la baisse de volume consommé d'engrais est largement plus importante que la perte de production ; l'offre de produits agricoles est peu élastique au prix des engrais minéraux. Ainsi, une baisse de l'utilisation des engrais minéraux et par conséquent une réduction des émissions d'azote apparaissent possibles, sans affecter lourdement la production et le revenu agricoles. L'étude souligne néanmoins qu'il est nécessaire d'avoir un niveau de taxe élevé pour avoir un effet sur la demande en engrais (très faible élasticité-prix de la demande).

Le modèle MAGALI² permet également d'estimer les effets en France d'une hausse du prix des engrais minéraux, par le biais d'une augmentation du prix du pétrole³. La hausse très modérée du prix des engrais (+ 2 %) consécutive à une hausse du prix du pétrole de 10 %, entraînerait une légère réorientation des superficies au profit de la sole fourragère, d'où une légère baisse du volume de production du secteur végétal. Les consommations d'engrais se réduiraient de - 1 %.

Ces résultats se confirment à travers une étude expérimentale de l'INRA⁴ où deux systèmes de culture ont été comparés : une variété de blé productive cultivée avec un système de référence tendant à maximiser le rendement, et une variété de blé dite « rustique », c'est-à-dire multi-résistante aux maladies et à la verse⁵, cultivée avec un système à niveau d'intrants réduit.

6. Forêt et puits de carbone : l'enjeu de la préservation du puits forestier

6.1. Émissions de GES du secteur sur la période de 1990-2009

Les activités liées à l'utilisation des terres, leurs changements et la forêt (UTCF)⁶ sont non seulement une source de CO₂, de CH₄ et de N₂O, mais également un puits de CO₂⁷. L'inventaire de 2009 révèle que ce secteur représente en 2009 un puits de CO₂ très important, de l'ordre de 64 MtCO₂eq (voir tableau 23), soit une hausse de 61 %

(1) On estime des diminutions de consommation des engrais de 18 % dans les cultures de céréales et oléo-protéagineux, 13 % dans les fourrages, et de 10 % dans les autres cultures.

(2) Le modèle MAGALI est un modèle macroéconométrique d'offre, géré conjointement par le Ministère de l'alimentation, de l'agriculture, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire et le Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, qui considère le secteur agricole comme une seule ferme. Il permet de simuler les répercussions à moyen terme des décisions de politique agricole et des modifications de l'environnement macroéconomique sur l'offre de produits agricoles, la formation de la valeur ajoutée et du revenu de la branche agricole.

(3) Dans le modèle, les prix du fioul domestique, du gaz naturel et des engrais azotés et potassiques, sont estimés économétriquement à partir du prix du pétrole.

(4) Le « réseau blé rustiques » de l'INRA comporte une trentaine d'essais qui ont été menés chaque année dans le Nord-Ouest de la France entre 2004 et 2007.

(5) Accident de végétation touchant certaines cultures, principalement les céréales, qui se trouvent couchées au sol en raison d'intempéries (forte pluie, vent, etc.), d'attaques parasitaires ou d'accidents physiologiques.

(6) Ce secteur concerne les activités liées au changement d'utilisation des terres forestières, des cultures, des prairies, des zones humides et des zones urbanisées.

(7) Par convention, les « puits » (augmentation du stock de carbone) sont négatifs et les « sources » (diminution du stock de carbone et émissions dans l'atmosphère) sont positives.

par rapport à 1990 (environ 40 MtCO₂eq). Cette forte augmentation s'explique notamment par la jeunesse et le potentiel élevé de la forêt française.

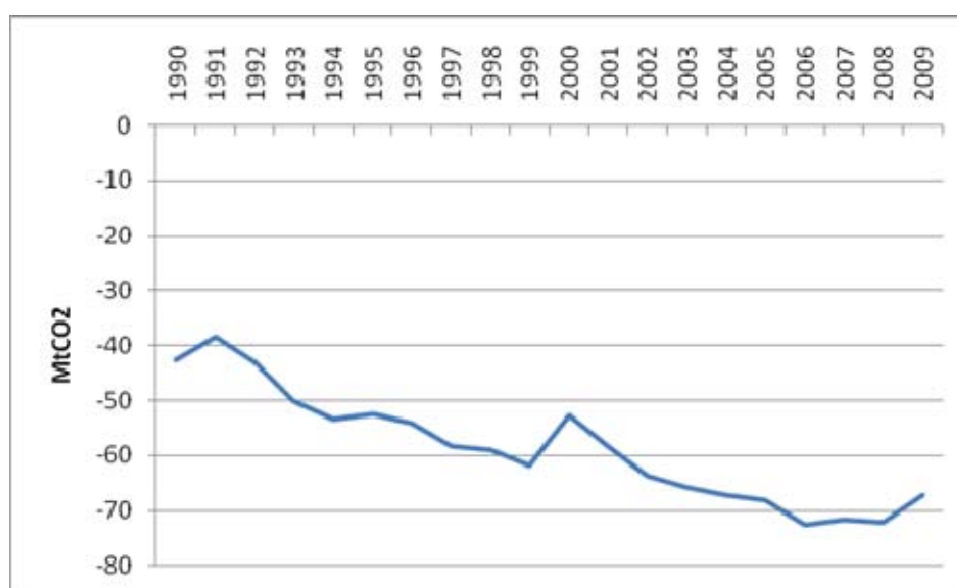
Tableau 23 : Décomposition des émissions de la forêt en 2009, par activité et gaz

KtCO ₂ eq	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
UTCF	- 67 126	1 729	1 476	- 63 920

Source : CITEPA 2011

Le graphique 39 montre qu'entre 1990 et 2009, le flux annuel de séquestration de CO₂ dans les forêts a augmenté de près de 25 MtCO₂ (soit 58 %). Cela s'explique notamment d'une part par la hausse de la séquestration (+ 14 %) et d'autre part par une baisse des prélèvements (- 11 %).

Graphique 39 : Flux annuel de séquestration du carbone entre 1990 et 2009



Source : CITEPA (2011)

La séquestration du carbone par les forêts est prise en compte dans l'inventaire national au titre de deux articles du protocole de Kyoto : l'article 3.3 qui est obligatoire et qui concerne le changement d'usage des sols¹, et l'article 3.4 qui est facultatif et qui prend en compte la séquestration du carbone par la gestion forestière².

L'inventaire détaillé déterminé à partir des données du CITEPA du secteur est reproduit dans le tableau 24. Les absorptions nettes comptabilisées au titre de l'article 3.4 permettent de compenser les éventuelles « sources » enregistrées au titre de l'article 3.3 à hauteur de 32 MtCO₂eq par an pour la France, soit 165 MtCO₂eq sur l'ensemble de la période (2008-2012).

On remarque également que le puits s'est réduit depuis 2008. L'inventaire national en 2009 fait état d'un solde légèrement positif pour l'article 3.3, de l'ordre de 3 MtCO₂eq. En effet les absorptions dues aux activités de boisement et reboisement ne suffisent

(1) Cela comprend les activités de boisement et de reboisement ainsi que les déboisements.

(2) Cela concerne les opérations sylvicoles menées sur des terres n'ayant pas changé d'usage depuis 1990.

pas à compenser les émissions dues à l'activité de déforestation. Le bilan de l'article 3.3 est ainsi « source » de carbone ces deux dernières années, bien que ces émissions aient fortement diminué entre 2008 et 2009. Les bilans régionaux indiquent que la Guyane est responsable de la moitié de la déforestation observée.

En revanche, le bilan carbone de la gestion forestière (« solde 3.4 ») en 2009 était largement meilleur avec un puits d'environ 72 MtCO₂eq, même si ce puits s'est réduit de près de 8 % par rapport à 2008 (puits de 78 MtCO₂eq). Il convient de noter que l'année 2009 a été marquée par la tempête Klaus.

Tableau 24 : Inventaire détaillé du secteur UTCF

	2008 (MtCO ₂)	2009 (MtCO ₂)
Activités article 3.3	5	3,2
<i>dont :</i>		
<i>Boisement/reboisement</i>	<i>- 6,7</i>	<i>- 6,9</i>
<i>Déforestation</i>	<i>11,7</i>	<i>10,1</i>
Activités article 3.4	- 78,2	- 72,2
<i>dont :</i>		
<i>Gestion forestière</i>	<i>- 78,2</i>	<i>- 72,2</i>
<i>Gestion des prairies</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
<i>Gestion des cultures</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
<i>Revégétalisation</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>

Source : CITEPA (2011)

6.2. Les principaux déterminants des émissions du secteur à l'horizon 2050

Dans le secteur forestier, les paramètres influant les trajectoires sont multiples, mais **trois paramètres ont une influence particulièrement significative sur le niveau de séquestration, à savoir la surface forestière, l'âge de la forêt et le type de végétation qui la compose**. On sait ainsi que les stocks de carbone des sols forestiers sont comparables à ceux des prairies permanentes. La forêt se distingue toutefois des prairies permanentes par l'importance des stocks de carbone de la biomasse aérienne, constituée par le peuplement et le sous-étage forestier.

Attribuer une quantité de carbone à chaque hectare de forêt est une tâche difficile. Le résultat dépend de trois paramètres : l'éventail des compartiments pris en compte, les conditions locales (sol, climat, espèces) et le type de gestion (forêt primaire, exploitation sélective, courtes rotations, *etc.*). De nombreuses études démontrent que les forêts bien gérées contribuent plus efficacement au stockage du carbone que les forêts laissées dans leur état naturel. Les jeunes arbres en croissance vigoureuse absorbent plus de CO₂ que les arbres mûrs. La gestion dynamique d'une forêt lui permet de continuer à stocker du CO₂ durant toute sa vie. Des gestions sylvicoles performantes permettent quant à elles d'obtenir des bois de qualité qui pourront être utilisés dans les constructions et ainsi permettre le stockage prolongé de carbone.

Actuellement, la CDC Climat¹ estime un stock exploitable de 31 MtCO₂/an en forêt, avec un stock total de 4 250 MtCO₂. On constate des flux annuels de 58 MtCO₂ dont

(1) Présentation de V. Bellassen au Comité.

16 MtCO₂/an pour la substitution énergétique et 13 MtCO₂/an pour la séquestration dans les produits bois.

Une étude récente du laboratoire d'économie forestière LEF (2010)¹ évalue les coûts d'abattement induits par une politique de substitution et une politique de séquestration. Ainsi, la politique de substitution impliquerait un coût moyen compris entre 25 et 35 €/tCO₂. En ce qui concerne la politique de stock, le coût budgétaire moyen de la séquestration annuelle est égal au coût social du carbone, *i.e.* compris entre 0,68 €/tCO₂ et 1,48 €/tCO₂.

6.3. Les exercices de projection de référence

La France a soumis en novembre dernier ses projections de stock de carbone séquestré par les forêts à horizon 2020 qui seront pris en compte au titre de la CCNUCC. Elles sont fondées sur une évaluation du Centre commun de recherche (JRC) de la Commission européenne pour la France d'un stock de carbone atteignant 63,109 MtCO₂eq en 2020. Les hypothèses qui ont permis d'obtenir ces projections sont les suivantes :

- la forêt gérée par la Guyane et les autres DOM est considérée à l'équilibre, donc son bilan est neutre ;
- l'accroissement forestier (exprimé en m³/ha/an) est obtenu en compilant les résultats de deux modèles (G4M et EFISCEN (voir tableau 25) ;
- le prélèvement serait de 63,3 millions de m³ de bois rond sur écorce en 2020 (voir tableau 26) ;
- la répartition des récoltes est la suivante : 10 % du bois reste au sol ; 30 % est autoconsommé pour de l'énergie ; 60 % est commercialisé ;
- perturbations naturelles :
 - la tendance pour les émissions liées aux feux de forêts est fondée sur la moyenne 2000-2008 : 581 ktCO₂eq ;
 - la tendance pour les émissions liées aux tempêtes est également fondée sur la moyenne 2000-2008 des émissions du réservoir de bois mort : 3,9 MtCO₂eq ;
- les activités de gestion forestière tendancielle sont définies comme les pratiques régies par le Code forestier et par les directives d'aménagement régional ;
- les politiques forestières considérées comprennent les politiques et mesures régionales, nationales et européennes mises en application et adoptées avant avril 2009, et sont listées dans la soumission.

Tableau 25 : Accroissement forestier (en m³/ha/an)

	2000	2005	2010	2015	2020
G4M	7,6	7,8	7,8	7,6	7,2
EFISCEN	6,5	7,1	7,3	7,3	7,2

Source : JRC (2011)

(1) F. Lecocq, S. Caurla, P. Delacote, A. Barkaoui et A. Sauquet (2010), « Retributing forest carbon vs. stimulating fuelwood demand: insights from the French forest sector model », Document de travail n° 2010-02.

Tableau 26 : Prélèvement (en 1 000 m³ de bois rond sur écorce)

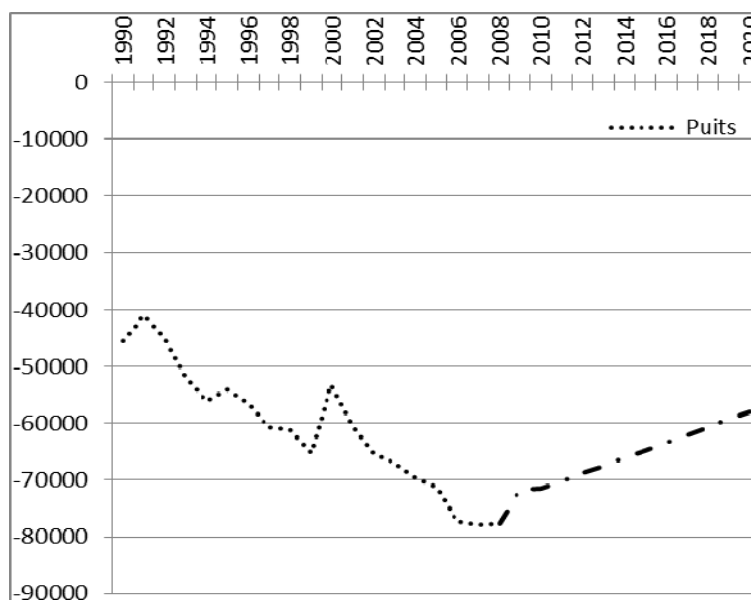
2000	2005	2010	2015	2020	Ratio*
63 637	57 498	59 425	61 352	63 279	1,08

Source : JRC (2011)

* : Le ratio est calculé comme le rapport entre (1) la moyenne observée entre 2013 et 2020, et (2) la valeur observée en 2005.

La France a adopté une approche conservatrice en n'intégrant pas la mobilisation supplémentaire de 21 millions de m³ de bois (12 millions pour le bois d'œuvre et 9 millions pour le bois énergie) envisagée par les COMOP mais en se basant sur le modèle PRIMES (basé sur la demande) qui aboutit à une augmentation des récoltes de moins de 5 millions de m³ par rapport à 2010.

Graphique 40 : Évolution du stock de carbone séquestré dans les forêts (MtCO₂)



Source : soumission française à la CCNUCC (2011)

On anticipe ainsi une réduction significative du puits forestier¹. Le scénario tendanciel montre que le puits va se réduire (environ 60 Mt en 2020 contre 72 Mt en 2009) et pourrait même disparaître d'ici 2040². En théorie, le potentiel naturel est de l'ordre de 20 Mt cumulées sur 25 ans. Mais il est très difficile d'estimer le puits forestier attendu en 2050 car cela nécessite de prendre en compte les impacts du changement climatique sur le puits.

(1) Les craintes sur l'évolution du puits forestier sont également applicables aux sols agricoles. L'évolution du climat pourrait en effet amener à un relargage massif de CO₂ dans l'atmosphère à partir de ces sols (stock de 11 MdtCO₂).

(2) Une étude récente de Böttcher et al. (2008) estime que le puits de carbone aura complètement disparu en France en 2040 et pourrait être source en 2050. Voir H. Böttcher, W.A. Kurz et A. Freibauer (2008), « Accounting of forest carbon sinks and sources under a future climate protocol – factoring out past disturbance and management effects on age-class structure », Environmental science and policy, Vol. 11, n° 8, pp. 669-686.

Or les impacts du changement climatique sont par nature très incertains. Des calculs réalisés par l'INRA pour le Comité¹ montrent que les épisodes de sécheresse, et plus spécifiquement leur récurrence, ont un impact plus important sur l'accroissement des arbres que l'intensité même d'un événement extrême isolé. En prenant en compte les sécheresses depuis 2003, l'INRA estime une perte globale de l'accroissement de 25 à 40 % sur 3 à 5 ans. Enfin, l'INRA estime que les changements climatiques réduiront de près de 5 % la productivité primaire² moyenne des forêts françaises métropolitaines de conifères d'ici 2050.

On sait cependant que l'on va revenir à une situation d'équilibre où le stock redeviendra nul à un moment ; ainsi en 2050 la forêt sera certainement une source si on ne réinvestit pas aujourd'hui dans ce stock. On estime également que le taux de boisement naturel sera inférieur au taux actuel. Des compétitions d'usage (stock vs. bois-énergie) sont donc à prévoir à court terme et inévitables à long terme si rien n'est fait. Il est donc fort à craindre qu'en 2050, les gains d'émissions liés à la substitution énergie ne compenseront pas les effets du déstockage.

L'INRA (2008) a également évalué le stock de carbone que l'on peut attendre en France en 2020 à partir de deux scénarios forestiers :

- le scénario tendanciel, qui suppose une croissance régulière des surfaces forestières françaises de 50 000 hectares par an, le développement du marché du bois-énergie, et l'augmentation des récoltes de bois d'œuvre et de trituration ;
- le scénario intensif, qui se caractérise par un prix du pétrole très élevé, est marqué par un développement plus fort du marché du bois-énergie et une augmentation plus élevée des récoltes de bois d'œuvre et de trituration.

Sur la base de ces deux scénarios, l'étude anticipe une augmentation des surfaces forestières à un rythme annuel de 50 kha/an, c'est-à-dire un rythme légèrement inférieur à celui observé ces dernières années. Malgré l'expansion de la surface forestière, le puits de carbone associé diminue sensiblement par rapport à 2005 du fait principalement de l'augmentation de la récolte et des utilisations du bois à des fins énergétiques. Dans le scénario « tendanciel », le stockage annuel de carbone passe ainsi de 77 MtCO₂ en 2005 à 70 MtCO₂ en 2020. La baisse est encore plus marquée dans le scénario « intensif » avec un stockage annuel passant de 73 MtCO₂ en 2010 à 48 MtCO₂ en 2020.

6.4. Exemples de politiques publiques à mettre en place

La France dispose de trois leviers d'actions permettant de réduire les émissions et/ou accroître le stock de carbone séquestré dans les forêts :

- augmenter ou maintenir le stock de carbone séquestré dans ses forêts ;
- augmenter le stock de carbone contenu dans les produits bois ;
- diminuer les émissions d'autres filières par effet de substitution³.

(1) Présentation de Jean-François Soussana à la séance du 29 septembre.

(2) La productivité primaire traduit la vitesse à laquelle se forme, par unité de temps, une quantité donnée de matière organique à partir de matière minérale et d'apport énergétique.

(3) Cette question a été traitée dans le volet « Transport » du Comité (séance du 8 septembre) et n'est donc pas considérée lors de la séance « Agriculture Forêt ».

En ce qui concerne les politiques visant à promouvoir le boisement/reboisement, les incitations peuvent prendre la forme de dons/subventions au boisement ; d'investissements dans les transports et les routes ; de subventions énergétiques ; et d'exemptions fiscales pour les investissements forestiers. La possibilité de monter des projets domestiques récompensant des efforts de boisement et reboisement sera également bientôt possible en France.

Les incitations pour maintenir la couverture forestière ou améliorer la gestion de la forêt, comme par exemple la régénération améliorée, la conversion de taillis en futaie, l'agroforesterie, l'amélioration de la productivité des essences, peuvent prendre la forme de crédits d'impôts, de subventions, de partage des coûts, d'assistance technique, de contrats, et de paiements pour les services environnementaux (incitation à maintenir la couverture forestière). Pour ces actions, la France incite notamment les forestiers à proposer des projets de gestion forestière qui délivreront des crédits carbone qui seront vendus sur les marchés volontaires.

À l'heure actuelle, **la substitution bois-énergie est très attractive** et il est possible de réaliser des projets domestiques en France dans ce domaine. En outre, **de nombreux projets de compensation carbone sont en développement**. On citera par exemple le projet de boisement des Landes qui vise une amélioration des pratiques sylvicoles afin d'accroître la productivité des essences ainsi que la séquestration carbone par des parcours sylvicoles précis. Ce projet vise à acquérir des crédits carbone correspondant à un reboisement de 20 000ha/an. Ces crédits seront ensuite valorisés sur les marchés volontaires. Cela devrait résulter en une séquestration de 5 tCO₂/ha/an.

On note cependant que les propriétaires forestiers ont moins d'incitation à séquestrer qu'à produire du bois-énergie parce que la séquestration forestière ne donne pas en France accès à de crédits carbone échangeables sur les marchés du carbone réglementés. Les crédits forestiers ne sont reconnus pour l'instant que sur les marchés volontaires dont les prix sont deux à trois fois plus bas que sur le marché réglementé. À cela s'ajoute l'absence de perspectives sur l'avenir de ces crédits et de ces mécanismes de projet. Un soutien politique dans ce sens rendrait la séquestration forestière plus attractive.

Les pistes à poursuivre pour rééquilibrer l'incitation carbone sont les suivantes :

- à court terme, les propriétaires forestiers doivent recourir aux mécanismes de projet ; une inclusion de la forêt dans objectif UE pourrait être soutenue ;
- à moyen terme, la forêt pourrait être incluse dans l'ETS ;
- d'autres politiques publiques doivent être mises en place pour remplacer le prix du CO₂ là où il n'est pas effectif.

D'une manière plus générale, il est nécessaire de mettre en place des politiques de filières pour inciter à investir de nouveau dans la forêt. On ne pourra pas compter sur le puits forestier en 2050 si on ne réinvestit pas aujourd'hui dans ce stock. L'urgence est donc de garantir la pérennité du puits forestier à horizon 2050, d'autant que le coût de séquestration du carbone en forêt est plus faible que dans d'autres secteurs. Le MAAPRAT a établi une liste des investissements prioritaires au-delà de la R&D¹, à

(1) Note interne du MAAPRAT sur les besoins du secteur forestier pour la mise en œuvre du Fonds carbone à partir du 1^{er} janvier 2013.

savoir : la conversion de taillis en futaie, l'adaptation des peuplements aux changements climatiques, la reconstitution des forêts après les incendies et les tempêtes, mais aussi l'amélioration de la desserte forestière. L'investissement nécessaire pour couvrir l'ensemble de ces besoins (R&D comprise) est évalué à 210 M€/an sur les prochaines décennies, alors que les financements publics annuels actuels de ces mesures s'élèvent à 42,5 M€ (dont 36,5 M€ de financement national et 6 M€ du Fonds européen agricole pour le développement rural).

À l'instar de ce qui se passe actuellement en Nouvelle-Zélande, la forêt et l'agriculture pourraient être intégrées dans l'EU ETS à moyen/long-terme (voir encadré 1). Le secteur de la forêt n'est pas inclus dans l'EU ETS. En conséquence, les crédits carbone issus de projets forestiers ne peuvent être utilisés pour la conformité des installations soumises à quotas dans le cadre de l'EU ETS.

La Commission européenne évalue actuellement les modalités pour l'inclusion du secteur UTCF dans l'engagement de réduction des émissions de l'Union européenne prises dans le cadre du Protocole de Kyoto. Elle a indiqué les trois options à l'étude :

- intégration dans l'EU ETS (à l'image de l'inclusion du secteur UTCF dans le marché néozélandais) ;
- intégration dans la directive de partage de l'effort (ESD) qui donne les objectifs de réduction d'émissions pour les secteurs non concernés par l'EU ETS ;
- intégration dans un cadre séparé qui nécessiterait la rédaction d'une nouvelle directive spécifique au secteur UTCF et la prise d'engagements de réduction d'émissions pour ce secteur sur la période 2013-2020.

La Commission européenne ne souhaite pas retenir la première option dans la mesure où l'inclusion du secteur UTCF dans l'EU ETS comporte des risques propres à ce secteur et nécessiterait des adaptations. Les deux autres options offrent en revanche des perspectives intéressantes et sont en cours de discussion.

Encadré 1 : l'inclusion des émissions agricoles et forestières dans le marché du carbone néo-zélandais¹

En 2008, la Nouvelle-Zélande a mis en place un système d'échange de quotas d'émission de GES (appelé le NZ ETS) afin d'atteindre ses objectifs climatiques internationaux. Le NZ ETS n'est pas un système de plafonnement et d'échange (*cap and trade*) comme le système européen EU ETS. En effet, il ne fixe pas de plafond explicite annuel d'émissions de GES et il n'est pas associé à un objectif spécifique de réduction des émissions. Cet objectif sera déterminé à l'issue des négociations internationales sur le climat.

Dans l'intervalle, un prix national du carbone est déterminé en fonction des prix internationaux des actifs carbone mis en place par le protocole de Kyoto. Plusieurs types de crédits sont éligibles sur le NZ ETS : les quotas d'émissions, appelés unités néozélandaises (NZU), alloués gratuitement aux secteurs « exposés à la concurrence » (environ 11,5 millions de quotas), et aux propriétaires de forêts antérieures à 1990 (21 millions de quotas pendant la première période du protocole de Kyoto, 2008-2012) ; les crédits générés par le boisement dans le secteur forestier (40 à 90 millions) ; les crédits internationaux Kyoto ; et les crédits achetés directement auprès du gouvernement au prix fixe de 25 NZD (environ 13 €).

(1) D'après O. Sartor, M. Deheza et M. Belton (2010), « L'inclusion des émissions forestières et agricoles dans le nouveau marché du carbone néo-zélandais », Étude Climat n°26, CDC Climat, Paris.

L'entrée des secteurs dans le système est progressive. À compter du 1^{er} janvier 2008, le secteur forestier est intégré pour prendre en compte les activités de déforestation, de boisement et de séquestration du carbone. Les secteurs de l'énergie, des procédés industriels et des combustibles liquides sont entrés dans le NZ ETS au 1^{er} juillet 2010 (couverture de 50 % des émissions). Les déchets devraient intégrer le système en 2013 et l'agriculture en 2015.

La Nouvelle-Zélande a choisi d'intégrer le secteur agricole dans son système d'échange de quotas d'émissions car il compte pour près de la moitié des émissions totales de GES du pays. Les modalités sont encore en discussion, mais seules les émissions de CH₄ et de N₂O seraient couvertes par le NZ ETS. Dans un premier temps, les producteurs et importateurs d'intrants en amont (engrais) et les industries de l'aval (transformateurs laitiers, abattoirs, producteurs d'œufs, exportateurs d'animaux vivants) seraient les seuls participants obligatoires du système. À terme, l'objectif serait d'aboutir à une obligation au niveau de l'exploitation agricole (approche directe), en substitution du niveau de l'amont et de l'aval. L'attribution des quotas d'émissions aux producteurs amont et aval serait basée sur l'intensité en émissions de la production, c'est-à-dire les émissions de GES par unité de production. La méthodologie exacte de calcul n'est toutefois pas encore finalisée.

6.5. Évaluation des impacts potentiels de certaines politiques publiques

L'étude du LEF (2010)¹ propose d'évaluer les impacts sur la filière forestière, sur l'économie et sur le bilan carbone d'une politique de stock (paiement pour séquestration *in situ*), d'une politique de substitution (subvention à la consommation de bois énergie), et d'une combinaison de ces deux politiques. La politique de substitution consiste en une subvention publique pour les consommateurs finaux de bois-énergie alors que la politique de stock consiste à rétribuer les propriétaires forestiers pour le service environnemental du stockage additionnel de carbone (par rapport à la continuité de la situation actuelle).

L'étude montre que :

- la politique de stock a un meilleur impact sur les émissions nettes de carbone que la politique de substitution ;
- la politique de stock n'est pas favorable aux consommateurs (bien qu'elle augmente le surplus du producteur). Elle est donc plus difficile à mettre en œuvre politiquement ;
- combiner une politique de stock avec une politique de substitution n'est pas supérieur ni à l'une ou à l'autre prise individuellement. Cela s'explique par les intérêts conflictuels pour les propriétaires forestiers, avec des politiques poussant dans des directions différentes ;
- la politique de substitution est la plus onéreuse avec un coût total de 79,4 M€.

Cette étude compare deux types de mesures prises individuellement. Une vraie politique de redynamisation de la filière forestière ne peut se réduire uniquement à ces deux mesures. Il s'agira d'assurer un équilibre entre augmentation du stockage et réponses aux besoins du marché tout en précisant la hiérarchisation des actions à privilégier.

(1) F. Lecocq, S. Caurla, P. Delacote, A. Barkaoui et A. Sauquet (2010), « Retributing forest carbon vs. stimulating fuelwood demand: insights from the French forest sector model », Document de travail n°2010-02.

7. Le secteur des déchets

La gestion des déchets, si elle ne constitue pas un émetteur direct significatif de GES (2 % environ des émissions en 2009), y contribue notamment par les émissions des centres de stockage issues de la dégradation de matière organique ; les émissions de ce secteur ont connu une baisse d'environ 5 % depuis 1990. Faute d'étude prospective sur ce secteur et compte tenu de la faible contribution à l'ensemble des émissions, le comité a choisi de ne pas proposer de trajectoire spécifique. Pour autant, le bouclage d'ensemble pour la construction des trajectoires françaises 2020-2050 est assuré sur la base des émissions de l'inventaire Kyoto.

Le développement de la prévention, du recyclage, de la valorisation énergétique, de l'analyse en cycle de vie dans les autres secteurs à une conséquence directe sur la limitation des tonnages de déchets enfouis, et par là, des émissions. À l'inverse, la gestion des déchets et en particulier leur valorisation énergétique peut influencer indirectement celles des autres secteurs (industrie, énergie en particulier).

Les mesures touchant à la gestion des déchets traversent donc l'ensemble des secteurs, elles semblent être le plus souvent « sans regret », c'est-à-dire qu'elles n'ont pas d'impact négatif dans d'autres domaines, d'impact rapide (avant 2020) et plutôt de moindre coût. En plus des incises du chapitre III, on peut souligner les points complémentaires, à la fois transversaux et sectoriels, suivants :

- la logique d'efficacité de l'usage des ressources matières est très proche de la notion d'efficacité énergétique. Elle sous-tend à la fois une production (éco-conception de produits et services) et une consommation (limitation du gaspillage alimentaire, réemploi, développement de service partagé, etc.) plus durables, les actions de prévention et le recyclage ;
- la prévention et le tri contribuent au changement de comportement des acteurs ; il a été montré que « entrer » par le tri chez les ménages aide à travailler avec eux sur les aspects énergie par la suite ;
- secteur de l'industrie : l'utilisation des déchets comme combustibles peut contribuer efficacement à décarboner les émissions de gros émetteurs (cimentiers, centrales de production d'énergie) ; à titre d'illustration, le secteur cimentier est très en retard en France par rapport à nos voisins pour l'utilisation de combustibles issus de déchets ;
- secteur du bâtiment : la priorité à la rénovation du parc bâti générera de très gros volumes de déchets (notamment minéraux et combustibles-déchets de bois) qui peuvent alimenter les points précédents ;
- secteur de l'agriculture et de la forêt : les déchets organiques peuvent alimenter la production d'énergie (l'apport de déchets externes à l'exploitation est complémentaire au traitement des effluents d'élevage et bénéfique à l'amélioration du rendement de production de biogaz), apporter des substituts à des fertilisants minéraux et contribuer au maintien d'un stock de carbone dans les sols. Enfin, le développement d'une économie issue de biomasse nécessite de se préoccuper de la gestion des déchets « biomasse » qui en résultera et qui pourront être valorisés.

Plusieurs leviers d’actions publiques peuvent être mobilisés pour améliorer la gestion des déchets : incitations à la valorisation (production électrique et chaleur), réglementation plus stricte sur la production des déchets (à l’image de l’Allemagne) et renforcement des exigences sur la mesure des émissions des sites de décharge existants (en complément de l’obligation de captage).

8. Les résultats détaillés des trajectoires à l’horizon 2050

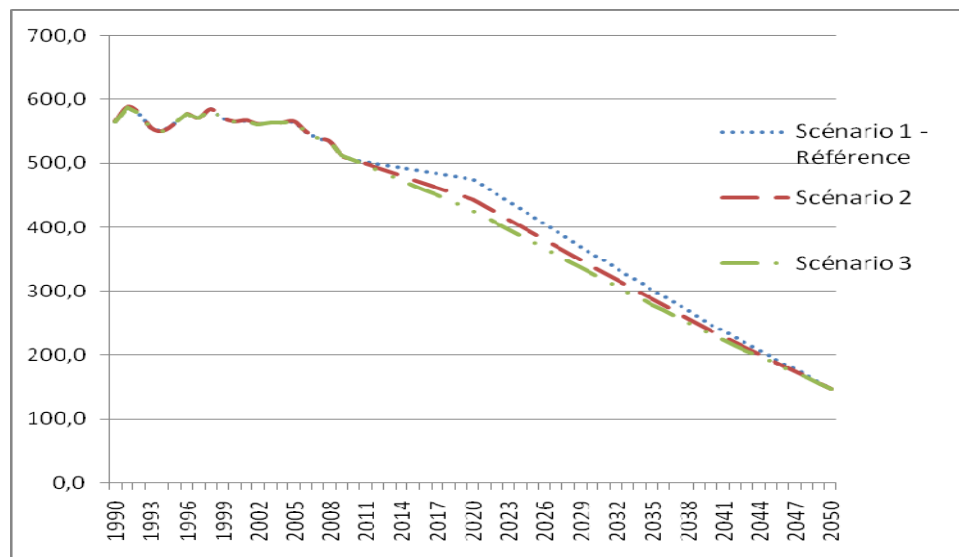
Les analyses détaillées ci-dessus ont permis d’alimenter la construction des trajectoires sectorielles, développée directement dans le chapitre III. Le résultat de l’agrégation de ces trajectoires est repris dans les tableaux et graphiques suivants ; en particulier, ils détaillent les évolutions par sous-secteurs, ETS/non ETS, et par gaz, CO₂/autres gaz.

**Tableau 27 : Trajectoires d’émissions de GES de la France
(en relatif/1990 et en MtCO₂éq)**

Évolution/1990 (%)	2009	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 – référence	- 10 %	- 16 %	- 33 %	- 55 %	- 75 %
Scénario 2	- 10 %	- 22 %	- 37 %	- 57 %	- 75 %
Scénario 3	- 10 %	- 25 %	- 41 %	- 58 %	- 75 %

Source : travaux du comité

**Graphique 41 : Trajectoires d’émissions de GES de la France
(en MtCO₂éq)**



Source : travaux du comité

8.1. Répartition CO₂ et autres GES

Pour chacun des trois scénarios, la répartition des émissions de GES entre CO₂ et gaz autres que le CO₂ a été estimée en appliquant aux totaux d’émissions par secteur aux

différents horizons de la trajectoire (2020, 2030, 2040, 2050), la répartition relative des émissions sectorielles par gaz de l'année 2020 du scénario AMS-M DGEC-CGDD.

**Tableau 28 : Trajectoires d'émissions de GES de la France
(en relatif/1990)**

Évolution/1990		Part	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 – référence	TOTAL		– 16 %	– 33 %	– 55 %	– 75 %
	CO ₂	73 %	– 13 %	– 32 %	– 58 %	– 80 %
	Autres GES	27 %	– 23 %	– 34 %	– 48 %	– 62 %
Scénario 2	TOTAL		– 22 %	– 37 %	– 57 %	– 75 %
	CO ₂	73 %	– 20 %	– 37 %	– 60 %	– 80 %
	Autres GES	27 %	– 27 %	– 37 %	– 50 %	– 62 %
Scénario 3	TOTAL		– 25 %	– 41 %	– 58 %	– 75 %
	CO ₂	73 %	– 23 %	– 42 %	– 61 %	– 80 %
	Autres GES	27 %	– 29 %	– 40 %	– 51 %	– 62 %

Source : travaux du comité

Les tableaux ci-dessous détaillent les résultats sectoriels issues de cette répartition sont présentés ci-dessous :

Tableaux 29 : Résultats sectoriels issues

Scénario 1 - référence	Tous GES				CO ₂				Non CO ₂			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Objectif de réduction/1990												
Total	- 16 %	- 33 %	- 55 %	- 75 %	- 13 %	- 32 %	- 58 %	- 80 %	- 23 %	- 34 %	- 48 %	- 62 %
Résidentiel - Tertiaire	- 13 %	- 35 %	- 62 %	- 85 %	- 11 %	- 33 %	- 61 %	- 85 %	- 75 %	- 81 %	- 89 %	- 96 %
Industrie manufacturière	- 27 %	- 35 %	- 64 %	- 85 %	- 24 %	- 32 %	- 63 %	- 84 %	- 36 %	- 43 %	- 68 %	- 87 %
Transports	3 %	- 22 %	- 44 %	- 65 %	3 %	- 22 %	- 44 %	- 65 %	- 14 %	- 35 %	- 53 %	- 71 %
Agriculture/ sylviculture	- 15 %	- 27 %	- 39 %	- 50 %	- 25 %	- 35 %	- 46 %	- 56 %	- 14 %	- 26 %	- 38 %	- 49 %
Industrie de l'énergie	- 28 %	- 51 %	- 74 %	- 96 %	- 25 %	- 49 %	- 73 %	- 96 %	- 71 %	- 80 %	- 89 %	- 98 %
Traitement des déchets	- 28 %	- 35 %	- 42 %	- 75 %	- 31 %	- 38 %	- 44 %	- 76 %	- 28 %	- 35 %	- 42 %	- 75 %

Scénario 2	Tous GES				CO ₂				Non CO ₂			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Objectif de réduction/1990												
Total	- 22 %	- 37 %	- 57 %	- 75 %	- 20 %	- 37 %	- 60 %	- 80 %	- 27 %	- 37 %	- 51 %	- 62 %
Résidentiel - Tertiaire	- 22 %	- 43 %	- 64 %	- 85 %	- 20 %	- 42 %	- 63 %	- 85 %	- 77 %	- 84 %	- 90 %	- 96 %
Industrie manufacturière	- 29 %	- 38 %	- 66 %	- 85 %	- 26 %	- 36 %	- 65 %	- 84 %	- 38 %	- 46 %	- 70 %	- 87 %
Transports	- 8 %	- 29 %	- 48 %	- 65 %	- 8 %	- 29 %	- 48 %	- 65 %	- 23 %	- 41 %	- 57 %	- 71 %
Agriculture/ sylviculture	- 20 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %	- 29 %	- 38 %	- 47 %	- 56 %	- 19 %	- 29 %	- 39 %	- 49 %
Industrie de l'énergie	- 30 %	- 52 %	- 74 %	- 96 %	- 27 %	- 50 %	- 73 %	- 96 %	- 71 %	- 80 %	- 89 %	- 98 %
Traitement des déchets	- 28 %	- 44 %	- 59 %	- 75 %	- 31 %	- 46 %	- 61 %	- 76 %	- 28 %	- 43 %	- 59 %	- 75 %

Scénario 3	Tous GES				CO ₂				Non CO ₂			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Objectif de réduction/1990												
Total	- 25 %	- 41 %	- 58 %	- 75 %	- 23 %	- 42 %	- 61 %	- 80 %	- 29 %	- 40 %	- 51 %	- 62 %
Résidentiel - Tertiaire	- 22 %	- 43 %	- 64 %	- 85 %	- 20 %	- 42 %	- 63 %	- 85 %	- 77 %	- 84 %	- 90 %	- 96 %
Industrie manufacturière	- 38 %	- 50 %	- 69 %	- 85 %	- 36 %	- 48 %	- 68 %	- 84 %	- 46 %	- 56 %	- 73 %	- 87 %
Transports	- 8 %	- 29 %	- 48 %	- 65 %	- 8 %	- 29 %	- 48 %	- 65 %	- 23 %	- 41 %	- 57 %	- 71 %
Agriculture/ sylviculture	- 20 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %	- 29 %	- 38 %	- 47 %	- 56 %	- 19 %	- 29 %	- 39 %	- 49 %
Industrie de l'énergie	- 35 %	- 55 %	- 76 %	- 96 %	- 32 %	- 53 %	- 75 %	- 96 %	- 73 %	- 82 %	- 90 %	- 98 %
Traitement des déchets	- 28 %	- 44 %	- 59 %	- 75 %	- 31 %	- 46 %	- 61 %	- 76 %	- 28 %	- 43 %	- 59 %	- 75 %

Source : travaux du comité

8.2. Répartition ETS et hors ETS

En France, les émissions des secteurs soumis à la directive ETS sont passées de 131,3 Mt CO₂ en 2005, à 111,1 MtCO₂ en 2009 (soit plus de 20 % des émissions nationales de GES au format Kyoto). En 2010, 964 installations exploitées par 570 entreprises, du secteur de l'énergie comme du secteur industriel, étaient soumises à cette directive. 1 174 installations seront concernées à partir de 2013.

Sur la base des données 2005 ventilées par secteur d'activité, le CITEPA a établi pour l'année 2005 et pour chacune des catégories d'émission de l'inventaire national (CRF) la part des émissions correspondant aux secteurs soumis à ETS et la part de celles correspondant aux secteurs hors ETS (cf. tableau suivant).

Il apparaît que le secteur de l'industrie manufacturière et de la construction pèse pour 57 % des émissions ETS en phase III en 2005, contre 40 % pour l'industrie de l'énergie, le reste correspondant en majorité à l'aviation incluse dans le système en 2012.

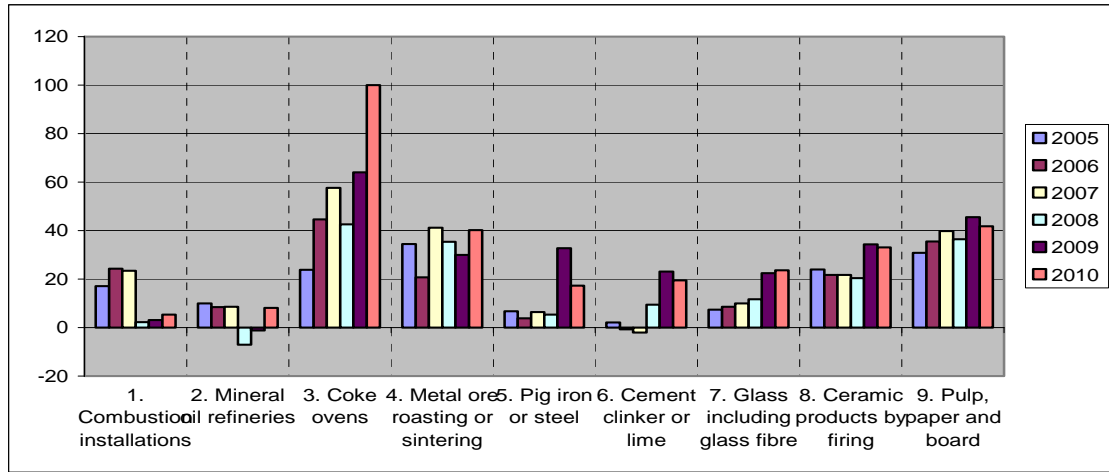
Les installations françaises sous ETS ont jusqu'en 2010 globalement émis moins que leur allocation, avec une différence entre émissions et allocations de plus de 10 % en moyenne depuis 2005. Les secteurs de la cokerie, de la métallurgie, de la pâte à papier/papiers, carton et du verre sont les plus concernés par une sur-allocation.

Tableau 30 : Émissions du secteur ETS en France

ETS - France	Allocations (ktCO ₂ ,eq)	Émissions vérifiées (ktCO ₂ ,eq)	Différence (%)
2005	150 412	131 264	- 13 %
2006	149 967	126 979	- 15 %
2007	149 776	126 635	- 15 %
2008	129 568	124 064	- 4 %
2009	128 665	111 093	- 14 %
2010	130 126	114 697	- 12 %

Source : AEE, d'après ITL

Graphique 42 : ETS - Différence entre allocations et émissions vérifiées en France, par secteur (en % de l'allocation annuelle)



Source : AEE, d'après ITL

**Tableau 31 : Estimation de la part des émissions ETS et hors ETS
(au périmètre de la phase III) en 2005**

Secteurs		Cat. CRF	Inventaire (MtCO ₂ eq)	Part estimée des émissions ETS (en phase III) (%)	part/ensemble de l'ETS (%)
Transports			144,2	3 %	3 %
	Aérien (3)	1A3a	5,0	99 %	
	Routier	1A3b	131,6		
	Fer	1A3c	0,6		
	Maritime (3)	1A3d	2,6		
	Autre	1A3e	0,9	98 %	
	Consommation de gaz fluorés	2F (p)	3,4		
Résidentiel Tertiaire Institutionnel et commercial			108,4	1 %	0 %
	Résidentiel	1A4b	69,8	1 %	
	Tertiaire	1A4a	32,1		
	Consommation de gaz fluorés	2F (p)	6,1		
	Solvants et produits divers	3 (p)	0,5		
Industrie manufacturière			111,6	82 %	57 %
	Combustion industrie manufac. et construc.	1A2	77,4	87 %	
	Procédés industrie chimique	2B	9,7	61 %	
	Procédés produits minéraux	2A	14,1	96 %	
	Procédés production de métaux	2C	5,6	83 %	
	Solvants et produits divers	3 (p)	0,8		
	Production de gaz fluorés	2 ^E	1,0		
	Autres productions	2D, 2G	0,0		
	Consommation de gaz fluorés	2F (p)	3,1		
Industrie de l'énergie			73,8	86 %	40 %
	Production d'électricité et chauffage urbain (4)	1A1a	50,8	85 %	
	Raffinage	1A1b	13,4	99 %	
	Transformation de CMS et autres	1A1c	3,8	94 %	
	Émissions fugitives des combustibles	1B	5,5	65 %	
	Consommation de gaz fluorés	2F (p)	0,2		
Agriculture / sylviculture			110,0	0 %	0 %
	Consommation d'énergie	1A4c	11,6		
	Sols agricoles	4D	48,8		
	Fermentation entérique	4A	29,5		
	Déjections animales	4B	19,9		
	Culture du riz	4C	0,1		
	Consommation de gaz fluorés	2F (p)	0,1		
Traitement des déchets			12,7	0%	0%
	Mise en décharge	6A	8,1		
	Incinération (5)	6C	1,8		
	Eaux usées	6B	2,4		
	Autres	6D	0,4		
Total hors UTCF			560,6	29 %	100 %

* émissions sous ETS réparties entre le secteur résidentiel-tertiaire et le secteur de l'agriculture

Source : CITEPA 2011

Faute d'avoir analysé finement les évolutions intrasectorielles, la répartition des émissions ETS et hors ETS dans les trajectoires est estimée à partir de la répartition 2005, supposée stable sur la période.

**Tableau 32 : Trajectoires d'émissions de GES de la France
(en relatif/2005)**

Évolution/2005		Part 2005	2020	2030	2040	2050
Scénario 1 - référence	TOTAL		- 16 %	- 33 %	- 55 %	- 77 %
	ETS	29 %	- 19 %	- 35 %	- 56 %	- 75 %
	hors ETS	71 %	- 165%	- 32 %	- 54 %	- 74 %
Scénario 2	TOTAL		- 21 %	- 37 %	- 57 %	- 74 %
	ETS	29 %	- 24 %	- 39 %	- 59 %	- 75 %
	hors ETS	71 %	- 20 %	- 36 %	- 57 %	- 74 %
Scénario 3	TOTAL		- 24 %	- 41 %	- 58 %	- 74 %
	ETS	29 %	- 27 %	- 43 %	- 60 %	- 75 %
	hors ETS	71 %	- 23 %	- 40 %	- 58 %	- 74 %

Source : travaux du comité

Complément 5

Synthèse des résultats de modélisation

Pascale Scapecchi¹
Denis Ferrand²

Le Comité Trajectoires 2020-2050 doit fournir des éléments de réponse à trois questions :

- Quelle serait la trajectoire coût-efficace des émissions de gaz à effet de serre (GES) cohérente avec l'objectif « facteur 4 » à horizon 2050 ?
- Quels en seraient les impacts macroéconomiques ?
- Quels seraient les impacts économiques et sociaux d'un passage de l'objectif européen de réduction des émissions de GES de 20 à 25 % ou 30 % en 2020 par rapport à 1990 ?

À la demande du Comité, les équipes de modélisateurs français³ ont été sollicitées afin d'apporter des éclaircissements à ces trois questions. Leur mobilisation dans un groupe de travail qui s'est réuni à deux reprises a permis d'apporter un ensemble d'enseignements techniques synthétisés dans cette note. Compte tenu des délais impartis, il n'a pas été possible de multiplier les exercices, aussi trois simulations ont été réalisées dont les hypothèses principales peuvent être rappelées.

L'exercice porte uniquement sur la France, même si sa politique climatique est dépendante des décisions prises au niveau communautaire. Toutes les simulations retiennent un objectif de réduction des émissions de GES de 75 % en 2050 mais trois scénarios intermédiaires de politiques climatiques européennes sont considérés :

- Scénario T20 : Objectif de – 20 % par rapport à 1990 (scénario de référence) ;
- Scénario T25 : Objectif de – 25 % par rapport à 1990 ;
- Scénario T30 : Objectif de – 30 % par rapport à 1990.

(1) Pascale Scapecchi, Direction générale du Trésor, Bureau Environnement et Agriculture, est membre de l'équipe de rapporteurs du Comité Trajectoires – pascale.scapecchi@dgtresor.gouv.fr

(2) Denis Ferrand, Directeur général de COE-REXECODE, a présidé le groupe de travail technique « Modélisation » du Comité Trajectoires - dferrand@coe-rexecode.fr

(3) Voir Annexe 1.

Trois types de résultats sont attendus de ces travaux en lien avec les trois questions auxquelles le Comité doit répondre :

- une cohérence intersectorielle des trois trajectoires coût-efficaces ;
- une incidence de ces trajectoires sur les prix du carbone requis pour les atteindre avec efficacité ;
- l'analyse des impacts de ces prix sur la croissance et l'emploi suivant notamment différents modes de recyclage des revenus de la taxe et/ou de la vente des permis.

1. Quelles trajectoires « coût-efficaces » cohérentes avec les objectifs à 2020 et 2050 ?

On entend par « trajectoire coût-efficace » la trajectoire de réductions cumulées d'émissions cohérente avec les divers objectifs de réduction considérés (à 2020 et 2050) pouvant être atteinte à moindre coût pour l'économie au moyen d'un signal prix unique selon les secteurs et les pays. Il s'agit ici du coût direct d'abattement, à savoir les coûts d'investissement et d'ajustement nécessaires pour atteindre un niveau donné de réduction, sans tenir compte des bouclages macroéconomiques qui seront étudiés dans un second temps. À partir du modèle POLES, trois trajectoires « coût-efficaces » au sens précédemment défini ont été construites, correspondant aux trois scénarios retenus.

La valeur unique du carbone qui est associée à la trajectoire de réduction d'émissions coût-efficace est déterminée de la manière suivante :

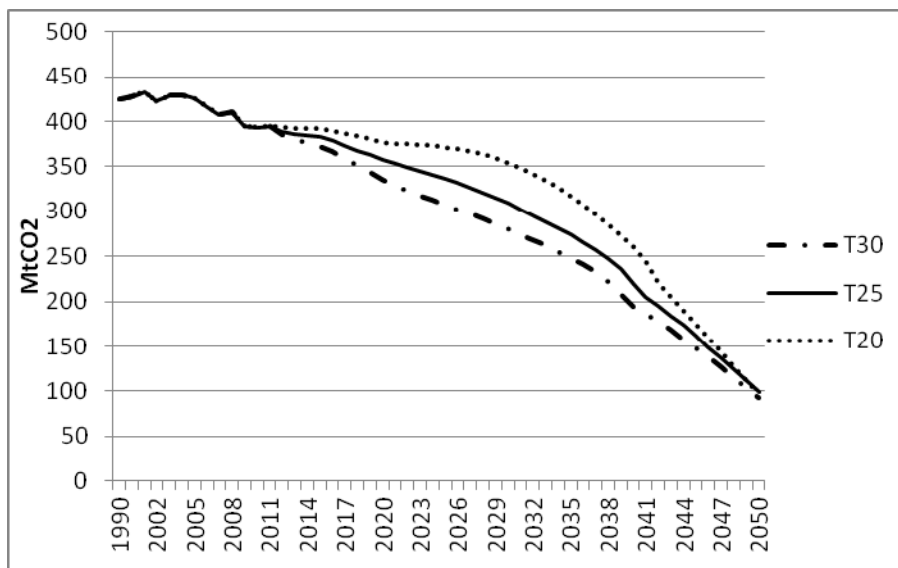
- elle passe par les 3 points de passage définis pour 2020 : -20 %, -25 % et -30 % par rapport à 1990 ;
- elle est introduite en 2012 et croît à un taux de 4 % par an entre 2012 et 2020 ;
- elle croît ensuite entre 2020 et 2050 au rythme nécessaire pour atteindre l'objectif en 2050¹.

Les trajectoires d'émissions de CO₂² et de prix du carbone sont représentées respectivement dans les graphiques 43 et 44. On observe à partir du graphique 43 que les émissions de la France en 2010 sont déjà inférieures de 7 % au niveau de 1990. En revanche, on voit que la trajectoire T20 demanderait beaucoup plus d'efforts entre 2030 et 2050 que la trajectoire T30 qui propose une trajectoire d'émissions plus linéaire, bien que plus contraignante entre 2010 et 2020 que la trajectoire T20. La trajectoire T25 propose un scénario intermédiaire, avec une trajectoire d'émissions relativement linéaire mais nécessitant plus d'efforts entre 2030 et 2050 que la trajectoire T30.

(1) Ce taux de croissance dépend du point de passage en 2020. On aura donc trois taux distincts (un pour chacune des trajectoires).

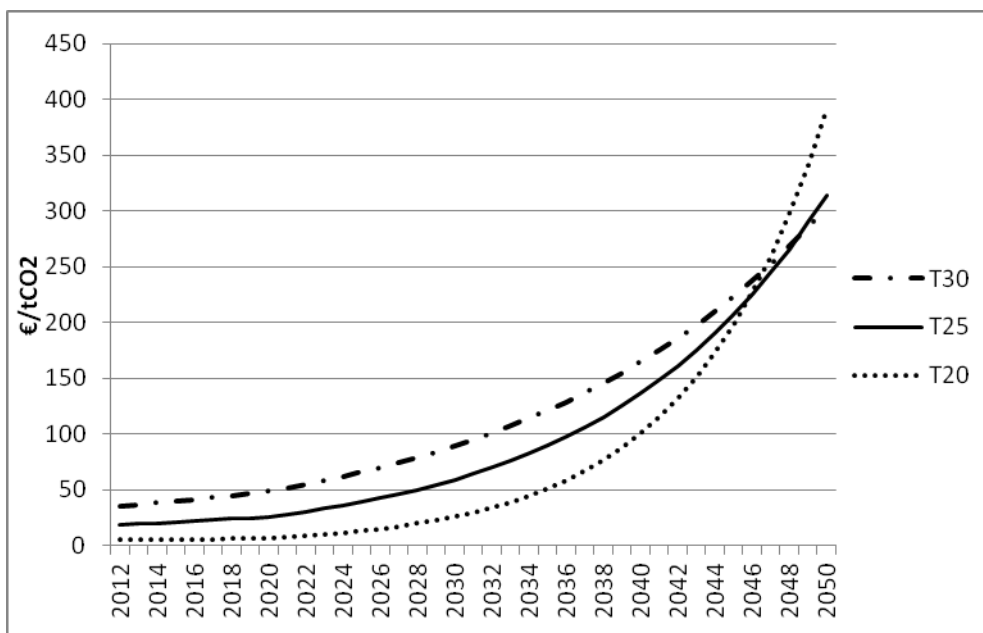
(2) Seul le CO₂ d'origine énergétique est pris en compte dans les exercices de modélisation car il représente environ près des 3/4 des émissions de GES françaises.

Graphique 43 : Trajectoires coûts-efficaces des émissions, France



Source : POLES

Graphique 44 : Trajectoires des prix du carbone cohérentes avec les politiques climatiques



Source : POLES

Ces résultats obtenus avec un prix du pétrole correspondant aux prospectives de l'AIE (2010) se retrouvent dans le graphique 44 où l'on constate que la trajectoire caractérisant un objectif de réduction de -30 % en 2020 (T30) correspond à un scénario d'action précoce : la valeur du carbone est beaucoup plus élevée en 2020 par rapport aux scénarios T20 et T25, mais elle deviendrait en 2050 inférieure de 22 % à celle du scénario T20. Le scénario T20 correspond quant à lui à un scénario d'action retardée : l'effort est faible jusqu'en 2020, puis, pour récupérer cette faiblesse initiale

de l'effort, une augmentation importante des prix du carbone paraît inévitable. Cela nécessitera donc la mise en place de politiques publiques appropriées.

La valeur du carbone déterminée par chacune des trois trajectoires croît à un taux annuel de 4 % entre 2012 et 2020. En revanche, le taux annuel pour la période 2020-2050 varie selon la trajectoire et le point de passage en 2020 choisis. Ainsi, la trajectoire T30 nécessiterait une augmentation de 4 à 6 % par an du rythme de croissance annuel moyen de la valeur du carbone entre 2020 et 2050. L'accélération devrait être encore plus marquée dans le scénario T25 avec un rythme de croissance annuel moyen de la valeur du carbone de près de 9 %, et *a fortiori* dans le scénario T20, avec un rythme de croissance annuel moyen de 14,5 %.

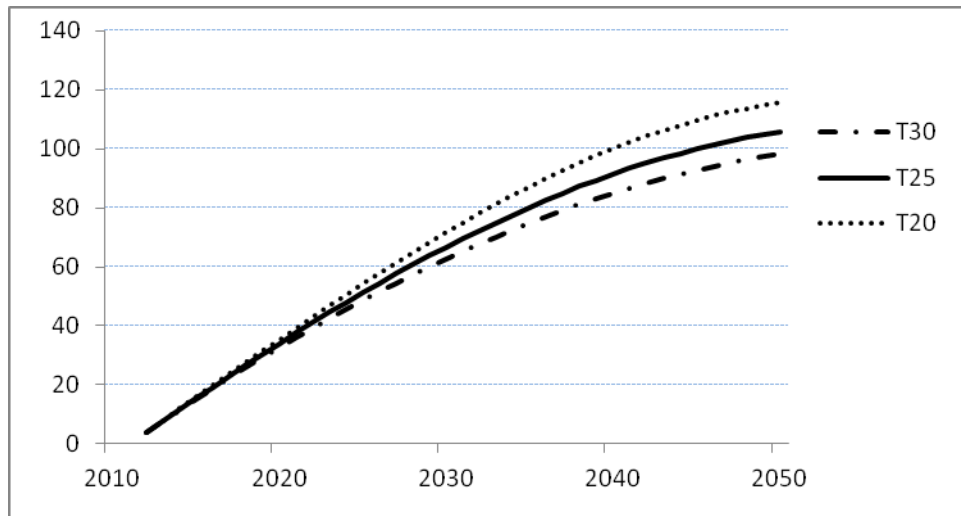
Ces résultats, obtenus à partir d'un modèle technico-économique (*bottom up*), sont confirmés par les conclusions de travaux réalisés à partir de modèles macroéconomiques (*top down*) comme THREEME, IMACLIM et NEMESIS. Par exemple, le modèle NEMESIS, dont l'horizon s'arrête en 2030, trouve également que la trajectoire T30¹ correspond à une évolution plus linéaire du prix du carbone, et à un effort plus homogène, alors que la trajectoire T20 demande moins d'effort dans les premières années puis une importante accélération à partir de 2020.

On peut enfin associer trois évaluations des coûts macro-économiques associés chacune des trois trajectoires en multipliant le prix du carbone égal par construction au coût marginal de réduction des émissions à chaque période par les quantités réduites d'année en année. Ce coût total non actualisé ressort à respectivement : 256 Md€ pour T20 ; 324 Md€ pour T25 ; et 437 Md€ pour T30. Ces grandeurs reflètent théoriquement la somme des coûts associés à chaque trajectoire, c'est-à-dire les surcoûts d'investissement et l'ensemble des coûts de transition ou d'adaptation. Ils doivent être considérés comme des premiers ordres de grandeur très indicatifs et susceptibles d'être révisés à la lumière d'investigations supplémentaires.

Nous disposons donc de trois trajectoires de réductions d'émissions coût-efficaces. Il est cependant difficile d'arbitrer entre elles. Plusieurs critères pourraient être retenus pour aider à la détermination de la trajectoire préférable, comme par exemple un critère environnemental ; un critère d'évolution constante du prix du carbone ; et un critère économique de coût à la tonne de CO₂ évitée.

Si ce qui importe est de **limiter l'impact environnemental**, alors il convient de regarder plus attentivement les émissions cumulées associées à ces trois trajectoires. Comme le montre le graphique 45, le scénario T20 conduit à des émissions cumulées totales supérieures à celles du scénario T30 (+ 20 %). Ainsi, *d'un point de vue strictement environnemental*, la trajectoire T30 semble préférable aux deux autres trajectoires coût-efficaces d'émissions.

(1) On notera que les trajectoires T20 et T30 de NEMESIS diffèrent quelque peu des scénarios définis supra. En effet, dans tous les scénarios NEMESIS, l'effort de réduction est de - 40 % en 2030. Le modèle ne va pas au-delà de 2030 pour ces scénarios.

Graphique 45 : Émissions cumulées au niveau européen selon les 3 trajectoires

Source : POLES

Si on souhaite **garantir une évolution constante du taux de croissance du prix du carbone**, de nouveau T30 semble préférable, comme le montre le tableau 33. Cette règle d'évolution du prix du carbone au cours du temps s'inspire de la règle proposée par Hotelling¹ pour l'exploitation optimale des ressources épuisables. Ce critère renvoie à un arbitrage inter-temporel : le décideur doit être indifférent entre réduire une unité supplémentaire de CO₂ aujourd'hui ou le faire demain – ces deux actions doivent avoir exactement la même valeur, ou la même utilité sociale si l'on se place du point de vue de la collectivité. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que le prix associé à ce bien croisse dans le temps au rythme du taux d'intérêt ou encore du taux d'actualisation. Cette règle garantit que le prix actualisé d'une ressource limitée reste constant au cours du temps et n'est pas « écrasé » par l'actualisation. La règle d'Hotelling est ainsi considérée comme une règle de préservation de l'avenir².

Tableau 33 : Taux de croissance du prix du carbone

	2013-2020	2021-2050
T30	4 %	6,3 %
T25	4 %	8,7 %
T20	4 %	14,5 %

Source : POLES

Enfin, si l'on s'attache au **coût à la tonne de CO₂ évitée**, le tableau 34 souligne l'**importance du choix du taux de préférence pour le présent** : si l'on prend un taux inférieur à 1 %, alors T25 est la trajectoire qui présente les coûts à la tonne de CO₂ évitée les plus bas, alors que si l'on favorise un taux de 2 % ou plus, alors T20 apparaît comme préférable aux deux autres trajectoires de réductions d'émissions.

(1) Voir H. Hotelling (1931).

(2) Pour plus d'explication sur l'application de la règle d'Hotelling au cas des changements climatiques, voir le rapport de la Commission Quinet (2008).

Tableau 34 : Coût à la tonne de CO₂ évitée selon différents taux d'actualisation (*)

	0 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	6 %
T30	89	76	66	49	29	17
T25	76	65	56	41	23	13
T20	78	65	55	39	20	11

Source : calcul des auteurs

(*) On notera qu'il s'agit du taux de préférence pour le présent qui s'ajoute au taux de croissance de l'économie implicitement utilisé dans POLES. À titre de comparaison, Stern ajoute 0,1 % au taux de croissance de l'économie dans son rapport pour le Trésor britannique.

2. Le positionnement des trajectoires dans le contexte européen

On suppose ici une **valeur unique du carbone appliquée au niveau européen** qui serait cohérente avec les objectifs de réduction des émissions de GES définis pour 2020 et 2050. Ce prix du carbone se traduit par des réductions différentes entre États-membres. On concentrera ici l'analyse sur la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni. Les trajectoires de l'UE 27 et du reste du monde sont montrés à titre illustratif. Les résultats du modèle POLES sont présentés dans le tableau 35.

On observe des points de départ de ces trajectoires très contrastés entre les pays. Plus précisément, on note que le Royaume-Uni et l'Allemagne sont déjà pratiquement à des niveaux de réductions en 2010 en deçà de 20 % par rapport à 1990. De fait, une valeur unique européenne du carbone se traduirait à l'horizon 2050 par des réductions de 77 à 78 % pour la France, contre 81 à 79 % pour le Royaume-Uni, et 86 à 84 % pour l'Allemagne. Ces écarts entre États membres s'expliquent notamment par des coûts marginaux d'abattement plus faibles en Allemagne qu'en France du fait de la différence du mix énergétique initial dans les deux pays.

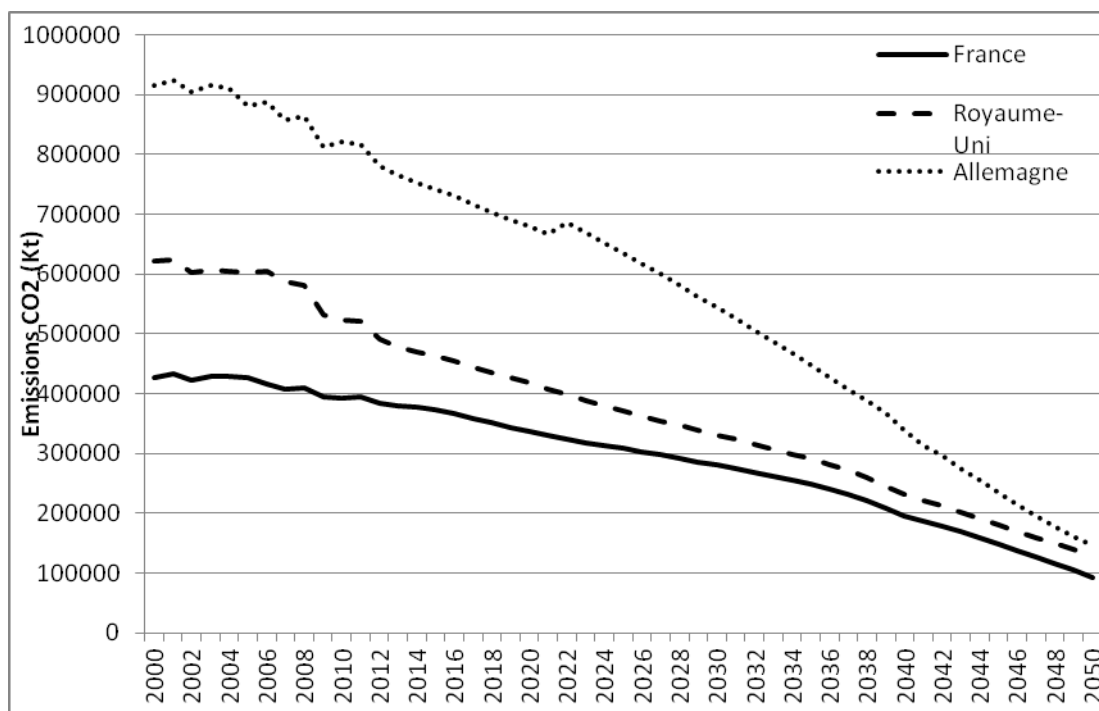
Tableau 35 : Trajectoires Europe et monde

Scénario		2020/1990	2030/1990	2040/1990	2050/1990
- 30 %	UE27	- 30 %	- 45 %	- 62 %	- 80 %
	France	- 21 %	- 34 %	- 54 %	- 78 %
	Royaume-Uni	- 42 %	- 54 %	- 68 %	- 82 %
	Allemagne	- 38 %	- 50 %	- 69 %	- 87 %
	Monde	95 %	106 %	106 %	92 %
- 25 %	UE27	- 25 %	- 40 %	- 58 %	- 80 %
	France	- 16 %	- 27 %	- 48 %	- 77 %
	Royaume-Uni	- 38 %	- 49 %	- 64 %	- 81 %
	Allemagne	- 35 %	- 46 %	- 65 %	- 86 %
	Monde	96 %	107 %	107 %	93 %
- 20 %	UE27	- 20 %	- 31 %	- 51 %	- 80 %
	France	- 11 %	- 16 %	- 39 %	- 77 %
	Royaume-Uni	- 33 %	- 41 %	- 57 %	- 81 %
	Allemagne	- 31 %	- 41 %	- 60 %	- 87 %
	Monde	98 %	109 %	109 %	93 %

Source : POLES

En revanche, des coûts **marginiaux** d'abattement plus élevés en France ne signifient pas que les coûts **totaux** d'abattement seront plus élevés en France. En effet, la quantité d'émissions à abattre doit être prise en compte pour évaluer ces derniers. Dans cet exercice illustré dans le graphique 46, on constate que l'Allemagne a beaucoup plus d'émissions à abattre que la France. Ainsi, même si la France présente un coût marginal d'abattement plus élevé que l'Allemagne, le coût total subi par la France sera moins élevé que celui subi par l'Allemagne. Cela se traduit par des trajectoires d'émissions très différentes entre les pays : alors que les émissions de l'Allemagne correspondaient au double des émissions françaises en 2000, elles n'en représentent plus que + 50 % en 2050 dans le scénario le plus contraignant.

Graphique 46 : Trajectoires d'émissions européennes dans le scénario T30



Source : POLES

3. Répartition coût-efficace de l'effort par secteur

Le modèle POLES fournit également une répartition coût-efficace des réductions d'émissions de CO₂ énergétique entre les secteurs nécessaire pour atteindre un objectif de -30 % d'émissions en 2020 par rapport à 1990. Cette répartition représentée dans le tableau 36 est cohérente avec l'objectif « facteur 4 » en 2050 et suggère qu'il sera nécessaire pour atteindre cet objectif de réduire fortement les émissions de CO₂ dans l'ensemble de l'économie. On observe plus particulièrement une forte décarbonation de l'électricité et des réductions importantes dans l'industrie et le résidentiel-tertiaire. Elle serait moindre dans le secteur des transports.

Tableau 36 : Répartition sectorielle coût-efficace des réductions d'émissions de CO₂ cohérente avec un objectif de réduction de 30 % en 2020

Évolution/à 2000	2020	2030	2050
Électricité	- 37 %	- 59 %	- 95 %
Industrie	- 36 %	- 44 %	- 84 %
Transports	- 5 %	- 15 %	- 56 %
Résidentiel tertiaire et agriculture	- 20 %	- 40 %	- 77 %
Total	- 19 %	- 33 %	- 78 %

Source : POLES

Ces résultats ne peuvent être directement comparés avec ceux du modèle IMACLIM qui propose une répartition sectorielle des réductions de 30 % en 2020 et de 75 % en 2050 des émissions de CO₂ énergétique (voir le tableau 37).

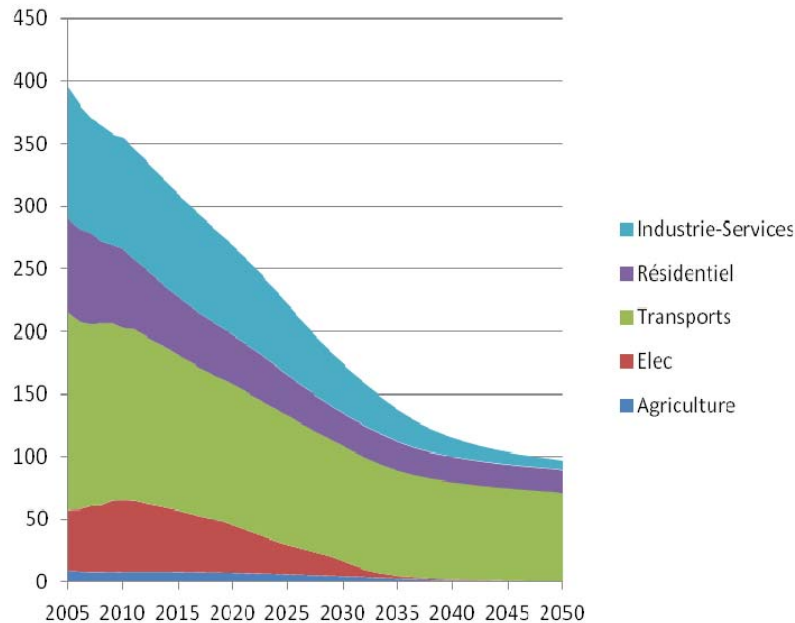
Tableau 37 : Répartition sectorielle d'un effort de réduction de - 30 % en 2020 et de - 75 % en 2050 par rapport à 2005

	2020	2050
Agriculture	- 19,9 %	- 92,6 %
Électricité	- 21,8 %	- 100 %
Transports	- 28,5 %	- 55,3 %
Résidentiel	- 47,6 %	- 75,6 %
Industrie et services	- 32,5 %	- 93 %

Source : IMACLIM

Cette répartition suppose une décarbonation complète du secteur électrique ainsi que des contributions massives du secteur résidentiel et de l'industrie. On constate que ces potentiels de réduction sont très proches de ceux proposés par la feuille de route européenne ainsi que des trajectoires que le Comité a déterminé à partir des séances sectorielles, des dires d'experts et d'une revue de la littérature (*cf.* Chapitre 3). La forte réduction des émissions du secteur des transports en 2020 est notamment due à une action précoce dans des politiques visant à réduire l'usage de la route au profit des modes collectifs (*e.g.* urbanisme, transports en commun et transfert modal). En revanche à long terme, ce secteur bute sur la contrainte de non-substituabilité du pétrole dans les déplacements.

L'évolution de la contribution de chacun des secteurs à l'atteinte de l'objectif facteur 4 telle qu'évaluée par le modèle IMACLIM est représentée dans le graphique 47.

Graphique 47 : Contribution de chaque secteur entre 2005 et 2050

Source : IMACLIM

NEMESIS fournit également un éclairage sectoriel pour un objectif de réduction des émissions de CO₂ énergétique de – 30 % en 2020 et de – 40 % en 2030 (voir tableau 38).

Tableau 38 : Répartition sectorielle d'efforts de réduction de – 30 % en 2020 et de – 40% en 2030

	2020	2030
Agriculture	– 7,4 %	– 20,3 %
Énergie	– 42,6 %	– 60,9 %
Transports	– 7 %	– 30,7 %
Résidentiel-tertiaire	– 19,7 %	– 40,8 %
Industrie	– 25,5 %	– 41,6 %

Source : NEMESIS

D'après NEMESIS, d'ici 2030 le secteur de l'énergie fournira l'effort relatif le plus important à la baisse des émissions de CO₂, suivi de l'industrie et du secteur résidentiel-tertiaire. NEMESIS n'anticipe pas un effort important dans l'agriculture et les transports à horizon 2030. On remarque que leurs réductions respectives en 2030 estimées par NEMESIS sont proches des niveaux qu'IMACLIM attend d'eux en 2020.

Les résultats fournis par les trois modèles ne sont pas directement comparables d'une part en raison des spécificités inhérentes aux modèles et à leurs hypothèses sous-jacentes ; et d'autre part, en raison de répartitions sectorielles différentes (*e.g.* l'énergie a une couverture qui va au-delà de la seule électricité ; POLES ne distingue pas l'agriculture des autres secteurs). Ils témoignent cependant (i) de la capacité des secteurs à réduire davantage leurs émissions de CO₂ et ce d'ici 2020, et (ii) de l'hétérogénéité des secteurs dans leur contribution à la baisse des émissions de CO₂. On ne peut donc pas attendre un effort de réduction homogène entre les secteurs. Au final, on constate que les répartitions sectorielles fournies par l'approche *top down*

sous-jacente de ces modèles sont généralement conformes aux enseignements tirés de l'exercice *bottom up*.

4. Les incidences sectorielles d'un relèvement de l'objectif européen à 2020

4.1. Les secteurs soumis aux quotas d'émission

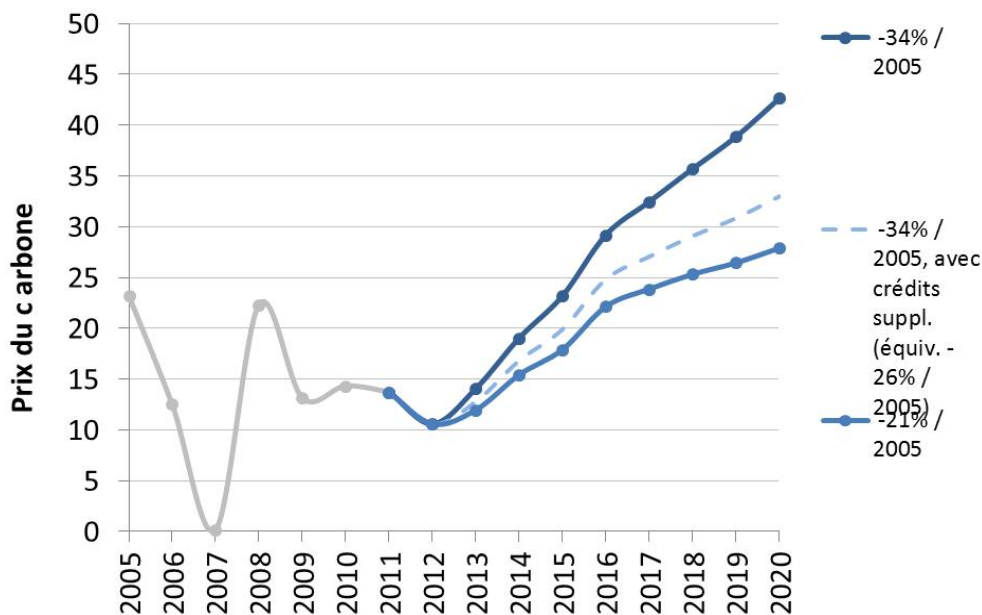
Les travaux de la Commission européenne ont souligné que le passage à un objectif de réduction de - 30 % des émissions européennes en 2020 pourrait se traduire, par une réduction de - 34 % sur le secteur ETS (soumis aux quotas d'émission) par rapport à 2005 (contre - 21 % avec une trajectoire de réduction d'émissions à - 20 %) et de - 16 % sur le secteur hors ETS (contre - 10 % aujourd'hui) *en cas d'efforts uniquement domestiques*. L'objectif de réduction ETS pourrait être simplement de - 26 % dans le cas où les mécanismes de flexibilité pourraient représenter 5 % des efforts de réduction.

Avec une hypothèse de croissance économique médiane¹, les travaux issus du modèle ZEPHYR-FLEX de la Chaire économie-climat montrent un passage du prix d'équilibre du quota de 28 €/tCO₂ à 33 €/tCO₂ et près de 43 €/tCO₂ en 2020 en cas de relèvement de l'objectif ETS de respectivement 26 % et 34 % par rapport à 2005 (voir graphique 48).

Les travaux de la Commission présentés en mai 2010 faisaient état d'un passage du prix du CO₂ à 2020 de 16 € pour une réduction de 20 % des émissions de l'UE 27 à 2020 à 30 € pour une réduction de 30 % (avec ou sans mécanismes de flexibilité). Le prix anticipé par ZEPHYR est donc plus élevé que dans l'analyse de la Commission mais prend mieux en compte les phénomènes propres au marché ETS.

(1) Ce scénario suppose une croissance annuelle du PIB de l'UE 25 plus faible qu'avant la crise, à savoir 2 %/an.

Graphique 48 : Impact d'un relèvement de l'objectif sur le prix du carbone



Source : ZEPHYR

On constate également que l'autorisation de recourir aux mécanismes de flexibilité réduit le prix du quota d'environ 20 %. Les modèles NEMESIS et GEMINI-E3 ont également étudié les enjeux associés aux mécanismes de flexibilité.

NEMESIS a modélisé les scénarios T20 et T30 en prenant en compte les règles du Paquet climat-énergie qui permettent aux États membres (EM) de restituer une certaine quantité limitée de crédits internationaux pour leur conformité. À partir de ces résultats, on peut donc évaluer l'impact des mécanismes de flexibilité sur l'atteinte de l'objectif.

Le fait de pouvoir restituer des crédits internationaux réduit la contrainte pour les EM. Ainsi, avec des mécanismes de flexibilité (ici uniquement du MDP), l'objectif de réduction de 20 % en 2020 est atteint facilement : les EM n'ont pas besoin de mettre en place de taxe carbone sur les secteurs non-ETS. En revanche, un renforcement de l'objectif à -30 % ne permettant pas de surcroît le recours aux mécanismes de flexibilité nécessite de réduire davantage les émissions (-17% contre -5 % pour un scénario -20 %) et donc la mise en place d'une taxe carbone.

De même, en ce qui concerne la France, NEMESIS montre qu'avec le MDP, celle-ci atteint facilement son objectif hors ETS. En revanche, sans MDP, elle devra fournir un effort supplémentaire de réduction de l'ordre de 3 à 4 % ; elle aura pour cela besoin de mettre en place une taxe carbone.

On voit clairement que les mécanismes de flexibilité jouent un rôle important dans l'atteinte des objectifs et dans le poids de la contrainte carbone imposée à chaque pays, notamment dans le cadre du partage de l'effort tel que défini par le Paquet climat-énergie sur les secteurs non-ETS.

Les résultats de GEMINI-E3 montrent également que, non seulement les mécanismes de flexibilité réduisent le coût d'abattement mais que, dans le cas de l'UE et de sa répartition de l'effort sur les secteurs hors ETS, ils compensent l'allocation inefficace et permettent donc de se rapprocher de l'efficacité économique.

4.2. Les incidences d'un relèvement de l'objectif européen à 2020 sur les secteurs non soumis aux quotas d'émission

Le modèle NEMESIS apporte des éclairages sur l'impact d'un renforcement de l'objectif climatique européen sur les secteurs hors ETS (non soumis aux quotas d'émission) pour la France et l'ensemble de l'Europe. Ce scénario permet d'apprécier la réalisation des objectifs - 20 % (T20 PCE) et - 30 % (T30 PCE) en 2020 avec un objectif de - 40 % en 2030 en tenant compte des règles définies dans le Paquet climat-énergie. En supposant une application des règles actuelles du partage de l'effort¹ telles que définies dans le Paquet climat-énergie à laquelle est ajouté un renforcement de l'objectif de 10 % (soit un objectif global hors ETS de - 20 % en 2020 par rapport à 2005), un passage à - 30 % se traduirait par un objectif national français de réduction des émissions hors ETS de 24 % en 2020 par rapport à 2005.

Dans un scénario T20 PCE, et compte tenu du contexte macroéconomique et de la structure énergétique de chaque État membre, seuls 7 pays auraient besoin de mettre en place des mesures supplémentaires relativement au scénario de référence. Cette contrainte supplémentaire est représentée dans le modèle par une valeur tutélaire du CO₂ s'appliquant à l'ensemble du secteur hors ETS (compte tenu de la possibilité d'utiliser des mécanismes de flexibilité sur le secteur non-ETS dans la limite d'un plafond de 3 % des engagements). Dans ce cadre, la France se trouve non contrainte dans le scénario de référence (*i.e.* continuité de la situation actuelle sans mise en place de nouvelles mesures) qui prévoit une réduction des émissions de ce secteur de 13 % entre 2005 et 2020. Il n'est donc pas nécessaire qu'elle prenne des mesures supplémentaires et le prix du carbone associé à ce scénario est nul (tableau 39).

Dans le cas d'un passage à - 30 %, 14 États membres doivent mettre en place une tarification carbone pour atteindre leur objectif national. La valeur carbone hors ETS varie de 6 €/tCO₂ en Lituanie à 134 €/tCO₂ au Luxembourg, avec une valeur de 28 €/tCO₂ en France.

Tableau 39 : Prix du CO₂ en 2020 sur les secteurs hors ETS selon deux objectifs de réduction des émissions de GES (€/tCO₂)

€/tCO ₂	- 20%	- 30%
Autriche	53	107
Belgique	0	20
Allemagne	0	42
Danemark	17	72
Espagne	41	82
Finlande	0	34
France	0	28
Irlande	0	8

(1) *i.e.* « *burden sharing* ».

€/tCO ₂	- 20%	- 30%
Italie	0	6
Lituanie	0	6
Luxembourg	78	134
Pays-Bas	68	118
Pologne	0	0
Portugal	0	0
Suède	0	0
Slovénie	0	24
Slovaquie	58	118
Royaume-Uni	0	0

Source : NEMESIS

Les résultats du modèle montrent que la réalisation d'un objectif de réduction des émissions plus contraignant passe par la mise en place d'instruments économiques spécifiques. Le coût total en 2020 associé au passage d'un objectif de - 20 % à un objectif de - 30 % est évalué à près de 1,1 Md€ dans le modèle NEMESIS.

5. Les rétroactions macroéconomiques

L'enjeu de l'unicité du prix du carbone

Une tarification du carbone appliquée à l'ensemble des secteurs économiques permet de révéler le prix implicite des émissions de carbone qui ne sont pas prises en compte par les secteurs ou agents économiques émetteurs. Ce faisant, cela incite les agents économiques à modifier leurs comportements et à s'orienter vers des modes de consommation et de production sobres en carbone. Le signal-prix va donc entraîner des niveaux d'émission tributaires des substitutions possibles qui dépendent des élasticités prix et revenus (effet d'efficacité). En appliquant une valeur unique du carbone à travers l'économie, la tarification du carbone permet d'égaliser les coûts marginaux d'abattement entre les secteurs. Cela résulte de fait en une répartition coût-efficace du partage de l'effort entre les secteurs : les efforts sont faits là où ils sont le moins coûteux.

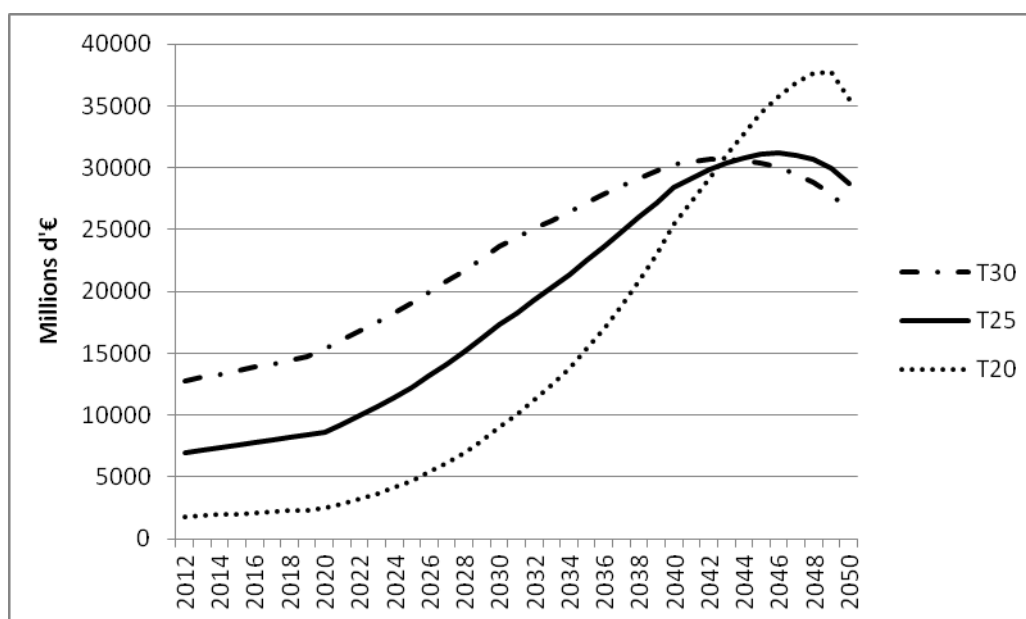
L'approche optimale, au sens économique du terme, consiste à mettre en place un instrument qui révèle un prix du carbone unique à l'ensemble des secteurs. En cas de renforcement de l'objectif climatique (*i.e.* passage à - 30 %), le modèle NEMESIS montre que l'instauration d'un prix unique du carbone résulte, en 2020, en un prix moins élevé que celui observé dans les scénarios T20 PCE et T30 PCE où deux prix du carbone coexistent (*i.e.* un prix sur l'ETS et un prix sur le hors ETS).

L'enjeu du recyclage des produits des enchères et de la taxe carbone

La mise en place d'une taxe carbone va générer des revenus au cours du temps qui se calculent comme le produit du prix du carbone (déterminé à partir de l'objectif de réduction qui est fixé) et du volume d'émissions (déterminé également selon l'objectif de réduction). Le graphique 49 représente les gains possibles de trois niveaux de taxe carbone depuis sa mise en place (supposée en 2012) jusqu'en 2050. On observe que les revenus attendus d'une trajectoire T30 atteignent leur sommet plus tôt que les

autres trajectoires, ce qui s'explique notamment par un prix du carbone associé avec cette trajectoire d'émissions plus élevé. Les revenus décroissent ensuite lorsque l'on se rapproche de l'objectif et que la taxe atteint des niveaux de plus en plus élevés. Le point de retournement est atteint plus tôt dans le cas d'une trajectoire compatible avec l'objectif -30 % où l'impact de la baisse des émissions l'emporte sur le relèvement du prix du carbone un peu avant 2040.

Graphique 49 : Revenus potentiels de la taxe carbone



Source : MESANGE

La mise en place d'une taxe carbone conçue selon ces trajectoires de prix pourrait ainsi générer des revenus cumulés sur la période 2012-2050 compris entre 578 Md€ (pour T20) et 891 Md€ (pour T30). La manière d'utiliser ces revenus constitue dès lors un enjeu économique majeur.

Le recyclage des revenus des enchères et de la taxe carbone peut permettre, si le recyclage est fait efficacement, de générer de la croissance économique. Pour cela, la littérature économique standard recommande d'utiliser les revenus pour réduire les prélèvements existants qui ont un effet distorsif (notamment dépressif) sur l'économie, comme par exemple les taxes pesant sur les coûts des facteurs de production.

Les équipes de modélisation ont évalué l'impact des scénarios de recyclage suivants¹ :

- les revenus ne sont pas redistribués dans l'économie (et sont donc implicitement utilisés pour réduire la dette publique) ;
- les revenus sont intégralement redistribués aux entreprises et aux ménages sous forme d'une baisse des cotisations sociales ;
- les revenus sont intégralement utilisés pour financer de la R&D.

(1) On notera que ces variantes pures n'ont pas forcément pu être simulées par les modèles.

Le modèle MESANGE a évalué l'impact macroéconomique de la trajectoire coût-efficace de prix du carbone déterminée par le modèle POLES (*cf.* section I). Les résultats sont reportés dans le tableau 40. On voit clairement que la mise en place de la taxe sur le carbone, sans recyclage et avec un objectif en 2020 de -30 %, conduirait à une baisse significative de l'activité économique, de l'ordre de 0.5 point de PIB par rapport à un compte central. Le recyclage permet de limiter les pertes de PIB dès 2020 (*i.e.* à court terme), et ce d'autant que l'effort est important.

Tableau 40 : Impacts macroéconomiques d'une taxe carbone selon différents scénarios climatiques et modes de recyclage des revenus de la taxe

	2020			2030			2050		
	SR*	CS*	CS+CIR*	SR*	CS*	CS+CIR*	SR*	CS*	CS+CIR*
T30									
PIB, en %	- 0,45	0,37	0,59	- 0,56	0,63	0,97	- 0,37	0,82	1,19
Emploi, en millier	- 78	106	125	- 95	152	155	-55	159	164
T25									
PIB, en %	- 0,25	0,21	0,42	- 0,41	0,40	0,74	- 0,44	0,76	1,13
Emploi, en millier	- 44	59	78	- 72	104	106	- 70	157	162
T20									
PIB, en %	- 0,07	0,06	0,28	- 0,20	0,15	0,49	- 0,58	0,70	1,06
Emploi, en millier	- 12	16	38	- 37	45	48	- 99	163	168

Source : MESANGE

* : SR : sans recyclage (le revenu de la taxe n'est pas utilisée pour réduire la dette) ; CS : baisse uniforme des cotisations sociales employeurs ; CS + CIR : baisse uniforme des cotisations sociales employeurs et renforcement du CIR.

L'impact macroéconomique d'un recyclage sous forme de baisse de cotisations sociales employeurs

Lorsque la taxe est recyclée en un allègement des cotisations sociales employeurs (cas « CS » dans le tableau 40), l'impact macroéconomique est positif dès la deuxième année. En effet la taxe sur l'énergie est une taxe moins distorsive que les prélèvements sur le facteur travail car elle pèse sur un bien largement importé et pour lequel il existe des possibilités de substitution. La baisse des cotisations sociales employeurs se traduit par une baisse du coût du travail pour les entreprises, ce qui stimule l'emploi et ralentit l'inflation. La baisse des coûts de production permet de renforcer la compétitivité prix des entreprises françaises et d'augmenter l'activité. L'impact de cette mesure est apprécié sans prendre en compte les choix d'affectation du produit de la taxe effectuée par les autres pays européens concurrents, l'effet positif attendu pourrait ainsi être limité si les pays concurrents de la France faisaient un choix d'affectation identique. Modifier la composition (mais pas le niveau) des recettes publiques en faveur de ce type de taxe est donc bénéfique à l'économie. La mise en place de la taxe recyclée en une baisse des cotisations sociales employeurs permet un surcroît d'activité et d'emploi à long terme.

Cette analyse se retrouve également dans les résultats des modèles NEMESIS et THREEME. En revanche, on notera que dans le modèle IMACLIM, le recyclage sous forme de baisse des charges du travail ne permet pas de compenser l'impact négatif sur l'activité économique de la mise en place d'une taxe carbone : des pertes de PIB subsistent (comprise en 2020 entre - 0,5 % pour un objectif de réduction de 20 % et - 2 % pour un objectif de réduction de 30 %). Cela peut s'expliquer notamment par le fait qu'IMACLIM prend en compte beaucoup plus de rigidités technico-économiques que ne le font les autres modèles. Le double dividende n'apparaît donc pas dans IMACLIM, même si l'on observe que le recyclage atténue les pertes de PIB.

L'impact macroéconomique d'un recyclage sous forme d'encouragement à la diffusion de l'innovation et à la R&D

Les recettes de la taxe sur le carbone peuvent également être partiellement recyclées sous la forme d'un renforcement des efforts de recherche, notamment sous la forme d'un encouragement du crédit d'impôt recherche (CIR), qui soutient, entre autres, l'innovation verte. Le coût budgétaire du CIR en 2008 était égal à 0,23 point de PIB ; l'affectation des recettes de la taxe sur le carbone au seul renforcement du CIR conduirait au minimum à un quadruplement de son enveloppe, ce qui se heurterait à des goulots d'étranglement. Le modèle MESANGE a considéré l'hypothèse d'un recyclage partiel en un renforcement de 50 % du CIR par rapport à son montant actuel, c'est-à-dire de 0,12 point de PIB la première année¹, le reste des recettes de la taxe carbone étant affecté à la baisse des cotisations sociales employeurs. MESANGE suppose que le surcroît de CIR a un effet incitatif additif et qu'il vient s'ajouter, et non se substituer aux dépenses de R&D qui auraient été engagées par les entreprises en l'absence de la mesure. Ceci constitue une hypothèse forte car un renforcement du CIR au-delà de son niveau actuel risque d'induire d'importants effets d'aubaine et une substitution partielle du financement public de la R&D aux dépenses privées. Les effets macroéconomiques sur l'activité et l'emploi d'un renforcement du CIR pourraient donc être surestimés par MESANGE.

Sous cette hypothèse d'effet additif, MESANGE indique que le recyclage de la taxe sur le carbone a un impact positif sur l'activité et l'emploi, encore supérieur à celui d'un recyclage exclusif en une baisse des cotisations sociales employeurs. Les dépenses de R&D accroissent et renouvellent le stock de connaissance dans l'économie. L'augmentation du stock de R&D permet d'augmenter à la fois le niveau de la productivité et le niveau de qualité des biens, renforçant ainsi le niveau d'activité potentielle. À plus court terme, le renforcement du CIR conduit à une hausse de l'activité à travers un renforcement des postes de demande, l'augmentation des dépenses de R&D se traduisant à la fois par une hausse de la demande de travail dans le domaine de la recherche et par une hausse de l'investissement privé. Dès 2020, les effets des dépenses en R&D arrivent à maturité et, couplées à une baisse des cotisations sociales employeurs, ces dépenses exercent un impact fortement positif sur l'activité et l'emploi. Cet effet semble l'emporter sur l'effet inverse, consistant à réduire les postes de travail suite à la hausse de productivité sous l'effet de la R&D (informatisation, robotisation, mécanisation, *etc.*). Ainsi en 2050 l'activité et l'emploi sont largement supérieurs à leur niveau respectif dans le scénario de référence.

(1) En raison des effets cumulatifs du CIR, le montant de son renforcement se stabilise à partir de 2017 à 0,17 point de PIB.

L'ampleur des effets dépend du montant de la taxe considérée : plus l'objectif intermédiaire de réduction d'émissions en 2020 est contraignant, plus le montant de la taxe est important et plus l'effet bénéfique total est important, notamment à court comme à long terme, selon les résultats du modèle MESANGE.

Des combinaisons des modes de recyclage considérés ont également été testées par d'autres équipes. L'équipe NEMESIS a considéré deux scénarios de recyclage : un premier cas où les revenus des permis et de la taxe carbone ne sont pas redistribués et servent à réduire les dettes publiques¹ et un second cas, où ces revenus sont utilisés d'une part pour subventionner la R&D (à concurrence d'un maximum de 33 % de la R&D privée)² et d'autre part pour réduire les cotisations sociales³. On suppose ici que les revenus de la taxe payée par les ménages leur sont redistribués intégralement par un crédit d'impôt (impôt générique).

Les résultats obtenus par NEMESIS sont similaires à ceux obtenus par MESANGE et suggèrent que (1) le recyclage réduit l'impact négatif d'une contrainte carbone sur le PIB, et ce d'autant que la contrainte est élevée ; (2) le recyclage permet de créer de l'emploi ; (3) le recyclage combinant cotisations sociales et soutien à la R&D est le plus efficace et résulte en un impact positif fort sur le PIB et l'emploi, et ce d'autant que l'objectif est élevé. Ces conclusions soutiennent la théorie du double dividende et se retrouvent également dans les résultats obtenus par THREEME. Dans IMACLIM, comme nous l'avons exprimé plus haut, il n'y a pas de double dividende : le recyclage du produit de la taxe limite l'effet récessif de la mise en place d'une taxe carbone mais ne le compense pas complètement.

On sait que le recours aux technologies sobres en carbone est un déterminant clé de l'atteinte des objectifs climatiques, qu'ils soient fixés au niveau national, régional ou international. Cela passe donc par les politiques d'innovation qui sont à même de faciliter le développement, le déploiement et la diffusion des technologies vertes. Le soutien public à la R&D peut donc être significatif.

Les exercices de modélisation réalisés pour le Comité permettent d'éclairer certains aspects de cette question car certains d'entre eux (NEMESIS et IMACLIM) modélisent le progrès technique de manière endogène. Cela signifie d'une part que le progrès technique réagit aux politiques et mesures mises en place pour limiter les impacts du changement climatique (notamment celles qui agissent sur le prix des énergies, comme le ferait une taxe carbone), et d'autre part, que les agents ne sont plus limités aux choix de substitution et peuvent désormais réagir en termes de choix de progrès technique (innovations de procédés ou de produits, développement du capital humain, *etc.*).

La manière d'envisager le progrès technique peut avoir des conséquences significatives sur l'analyse de l'efficacité d'une politique climatique. Si le progrès technique est considéré comme exogène (*i.e.* indépendant des conditions économiques qui prévalent), les résultats tendront à recommander d'attendre

(1) Il est à noter que dans le cas d'une réduction des dettes publiques, aucun « effet retour » n'est pris en compte, notamment via les taux d'intérêt or il est admissible qu'une réduction de la dette publique pourrait avoir un effet positif sur les taux d'intérêt et donc sur la charge de la dette.

(2) Dans ce cas, aucun effet de levier de la subvention à la R&D n'est supposé, ce qui constitue une hypothèse conservatrice forte.

(3) La réduction des cotisations sociales employeurs est mise en œuvre uniquement lorsque la redistribution via une subvention à la R&D a atteint son maximum.

l'avènement de technologies futures plus efficaces avant de mettre en place la politique considérée. Si, à l'inverse, le progrès technique est considéré comme endogène, les estimations inciteront à la mise en place de la politique afin de stimuler et diffuser les technologies permettant d'atteindre l'objectif environnemental fixé.

Dans NEMESIS, le progrès technique est directement lié aux dépenses de R&D qui se traduisent par des innovations en termes de productivité et de qualité ; le modèle inclut des délais entre les efforts de R&D et la concrétisation par des innovations, de l'ordre de 3 à 6 ans. Dans IMACLIM, le progrès technique dépend de l'apprentissage, et donc des interactions entre les variations des prix relatifs et les investissements cumulés. L'effet d'apprentissage et les mécanismes de R&D sont des facteurs qui contribuent à la définition d'un progrès technique endogène.

Les résultats obtenus par MESANGE et NEMESIS (cf. *supra* et *infra*) sont plutôt favorables à un recyclage du produit de la taxe sous forme de soutien à la R&D qui affecte positivement la compétitivité, la croissance et l'emploi. Ainsi, d'après ces deux modèles, les aides à la R&D devraient être plus importantes en raison notamment des externalités positives qui augmentent la productivité sociale de ce facteur.

6. La boucle croissance-marché du travail-emploi

Dans le premier jeu de simulation réalisé par MESANGE, les recettes de la taxe sur le carbone ne sont pas recyclées. En augmentant le prix des produits carbonés, la taxe pèse sur le pouvoir d'achat du revenu des ménages qui diminuent leur consommation et se tournent vers d'autres biens et services. Les entreprises réduisent également leur demande en consommations intermédiaires énergétiques. À court et moyen terme, la taxe a un effet récessif : le PIB est inférieur de 0,45 % au scénario de référence sans taxe carbone et l'emploi perd 78 000 postes en 2020 pour le scénario de réduction T30 (voir tableau 41). La taxe portant sur des biens en partie importés (le pétrole par exemple), elle diminue parallèlement la dépendance de l'économie française vis-à-vis du reste du monde, améliore la balance commerciale et, *via* les effets de substitution, incite les ménages à davantage consommer des biens produits localement, ce qui tempère les effets négatifs sur l'activité et l'emploi. Ainsi en 2050, l'activité n'est inférieure que de 0,37 % au scénario de référence et l'emploi de 55 000 postes pour le scénario T30¹.

(1) Le fait que l'impact sur le PIB soit moindre, en l'absence de recyclage, en 2050 qu'en 2030 peut s'expliquer en partie par le fait que les recettes de la taxe diminuent nettement du fait d'une baisse des émissions.

Tableau 41 : Impacts macroéconomiques de la mise en place d'une taxe carbone selon différentes trajectoires de réduction d'émissions

	2020			2030			2050		
	SR	CS	CS+CIR	SR	CS	CS+CIR	SR	CS	CS+CIR
T30									
Montant de la taxe, en point de PIB	0,75			0,95			0,72		
Baisse des cotisations sociales, en point de PIB	-	0,75	0,58	-	0,95	0,78	-	0,72	0,55
Montant du renforcement du CIR	-	-	0,17	-	-	0,17	-	-	0,17
PIB, en %	- 0,45	0,37	0,59	- 0,56	0,63	0,97	- 0,37	0,82	1,19
Emploi, en millier	- 78	106	125	- 95	152	155	- 55	159	164
T25									
Montant de la taxe, en point de PIB	0,43			0,70			0,79		
Baisse des cotisations sociales, en point de PIB	-	0,43	0,26	-	0,70	0,52	-	0,79	0,62
Montant du renforcement du CIR	-	-	0,17	-	-	0,17	-	-	0,17
PIB, en %	- 0,25	0,21	0,42	- 0,41	0,4	0,74	- 0,44	0,76	1,13
Emploi, en millier	- 44	59	78	- 72	104	106	70	157	162
T20									
Montant de la taxe, en point de PIB	0,12			0,35			0,97		
Baisse des cotisations sociales, en point de PIB	-	0,12	0*	-	0,35	0,18	-	0,97	0,80
Montant du renforcement du CIR	-	-	0,17	-	-	0,17	-	-	0,17
PIB, en %	- 0,07	0,06	0,28	- 0,2	0,15	0,49	- 0,58	0,7	1,06
Emploi, en millier	- 12	16	38	- 37	45	48	- 99	163	168

Source : MESANGE

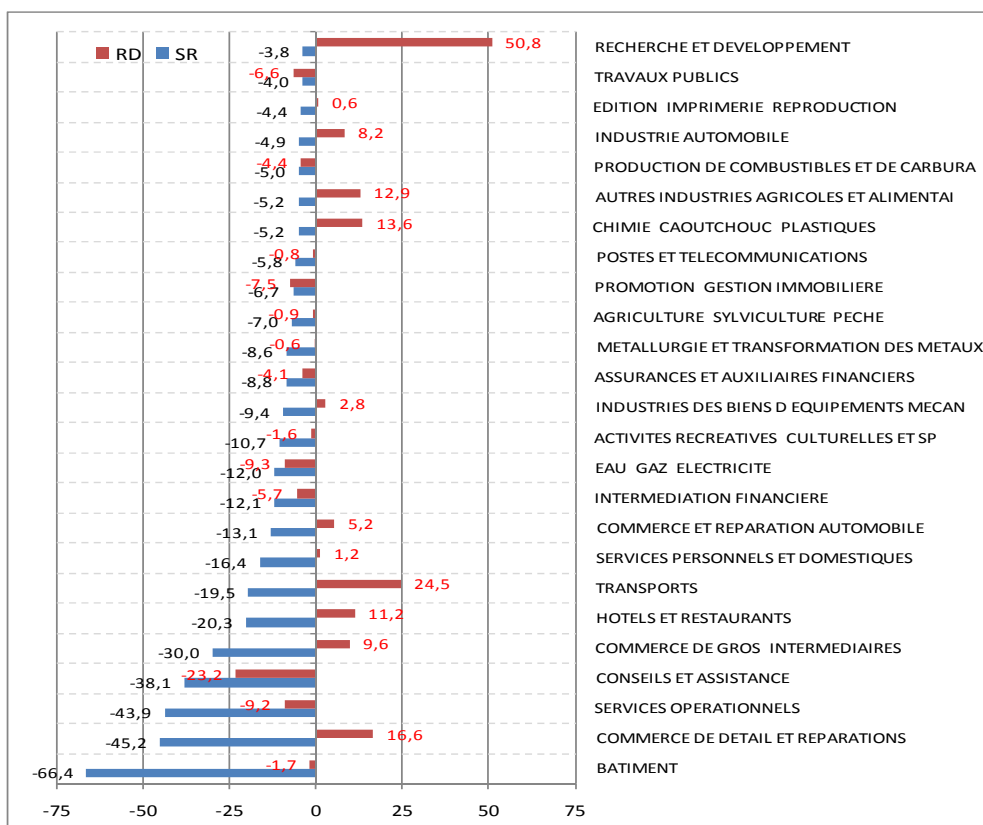
Notes : * Jusqu'en 2022, pour la variante - 20 %, le montant du renforcement du CIR est supérieur aux recettes de la taxe sur le carbone. Afin de conserver un équilibre budgétaire année après année, l'ensemble des prélèvements obligatoires sont relevés du montant égal au solde entre les recettes de la taxe sur le carbone et le coût du renforcement du CIR.

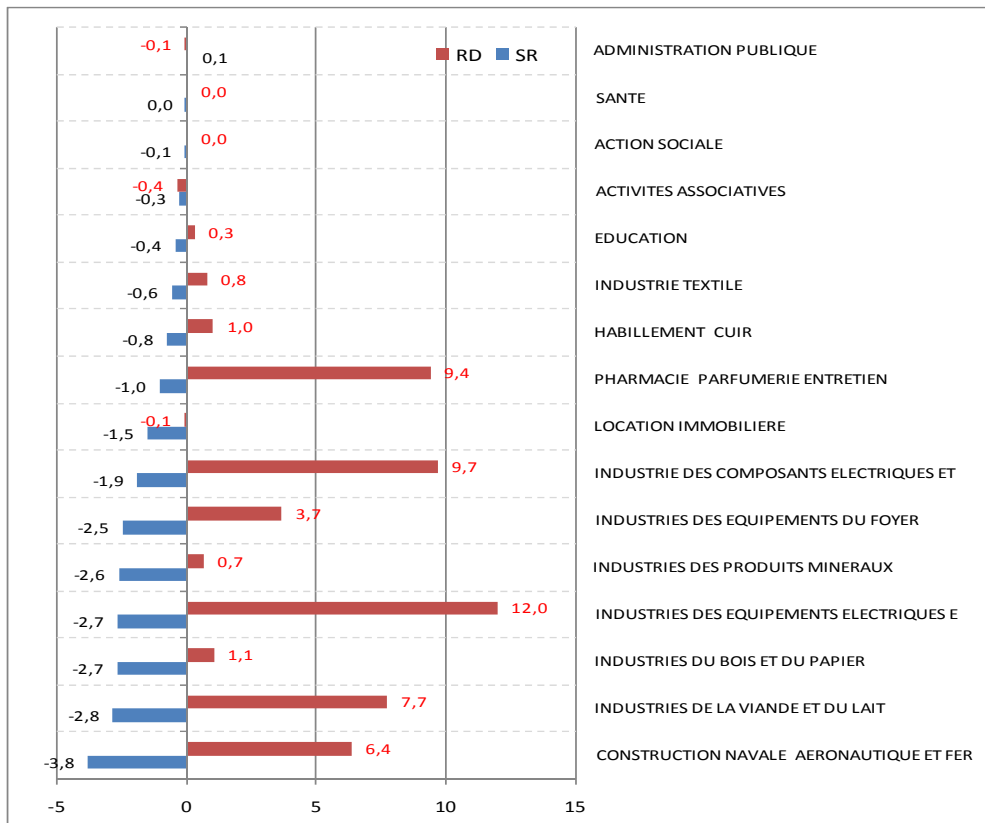
Lorsque la taxe est recyclée en un allègement des cotisations sociales employeurs, cela se traduit par un surcroît d'activité et d'emploi de respectivement de 0,82 % et de 159 000 postes en 2050 pour le scénario T30. Un recyclage des revenus de la taxe par un renforcement du CIR et une baisse des cotisations sociales a un effet encore plus positif sur l'activité économique et l'emploi : en 2050 l'activité est supérieure de 1,19 % à la situation de référence et l'emploi de 164 000 postes pour le scénario - 30 % en 2020.

NEMESIS obtient des résultats similaires. En l'absence de recyclage des revenus d'une taxe carbone ou du produit des enchères, une taxe carbone a un effet nettement récessif sur l'activité économique et sur l'emploi : le scénario T30 anticipe une baisse du PIB de 0,6% en 2020, accompagnée d'une perte de 133 000 emplois. En 2030, ce scénario serait encore plus régressif, occasionnant une baisse du PIB de 1,7 % et une perte de plus de 400 000 emplois. Le recyclage permet de limiter les effets récessifs liés à la mise en place d'une nouvelle fiscalité. En 2020, le scénario T20 avec recyclage a un effet quasi nul sur le PIB et un effet positif sur l'emploi, tandis que le scénario T30 pourrait accroître le PIB de 0,4 % par rapport au scénario de référence et générer la création de 110 000 emplois.

Les études plus fines conduites par le Comité ont montré la complexité du passage de la vision macroéconomique à la réalité du marché du travail avec ses rigidités et les enjeux des reconversions professionnelles. NEMESIS apporte en la matière un éclairage complémentaire en tentant de détailler les gains et les pertes d'emplois secteur par secteur associés au mode de recyclage du produit de la taxe carbone. Ainsi, en 2020, 50 000 emplois seraient créés dans la recherche si les revenus de la taxe sont recyclés vers une baisse des cotisations sociales et de la R&D (voir graphiques 50). Ce mode de recyclage limiterait également les destructions d'emploi dans l'ensemble des secteurs en 2020 par rapport à un scénario sans recyclage des revenus, avec toutefois une forte baisse de l'emploi dans les secteurs de l'énergie (comprise entre - 10 et - 20 %). NEMESIS anticipe également une création importante d'emplois dans les industries *high tech*.

Graphique 50 : Emploi en 2020 en France par secteur (en milliers) avec et sans recyclage





Source : NEMESIS

7. Limites de l'exercice

Les enchaînements décrits par les modèles visent à fournir une représentation synthétique des réactions spontanées de l'économie à l'introduction d'un choc exogène qui cherche à modifier les comportements des agents. Les résultats auxquels ils aboutissent proposent les cheminements les plus probables et s'inscrivent en référence à un corps d'hypothèses nécessairement réductrices. Le choix des hypothèses vient border l'exercice et en définit les limites. Celles-ci peuvent renvoyer tout autant à la prise en compte ou non de délais d'ajustements de l'économie, à la prise en compte ou non de contraintes d'offre, à l'intégration ou non de boucles de réaction de l'économie, à certains choix d'affectation des recettes dégagés par l'outil de taxation mis en place.

En particulier, les conditions d'offre au sein de l'économie ne sont pas complètement prises en compte ou alors elles le sont de manière indirecte. Le choix par exemple de ne retenir qu'une affectation du tiers du produit de la taxe à des dispositifs d'encouragement de la R&D effectué par NEMESIS ou de limiter le renforcement du CIR à 0,17 point de PIB dans MESANGE (représentant au mieux un quart du montant de la taxe en 2050) s'explique par le risque de saturation de l'offre de chercheurs en R&D dans l'hypothèse où l'intégralité de la taxe aurait été recyclée dans cette direction. D'une manière générale, il est fait l'hypothèse implicite que les transferts intersectoriels d'emplois comme d'investissements sont effectués sans friction majeure, sans que ne se manifeste de pénuries de compétences dans des métiers

dont la demande serait stimulée par des mesures spécifiques. Or, l'existence de goulots d'étranglement dans certaines compétences risque d'aboutir à une progression du coût salarial qui viendra limiter l'incitation au développement de l'activité qui leur est associée. Il est certes supposé qu'à long terme, les signaux prix et salaire conduisent à moduler la trajectoire de l'économie à la fois dans sa structure d'offre et de demande, mais ce processus n'est pas nécessairement sans coûts instantanés.

Une limite générale à l'exercice tient ainsi à l'hypothèse implicite de « plasticité » de l'économie et de systèmes de production qui veut que ceux-ci répondent instantanément et sans friction aux signaux associés à la déformation du système de prix introduite par la taxe et par les mécanismes de recyclage. On notera qu'IMACLIM s'attache à retranscrire les inerties dans l'évolution des systèmes techniques et décrit les frictions associées aux manques d'investissement, aux comportements myopes des acteurs et aux effets de *lock-in* techniques de court terme¹.

Le délai de réaction de l'économie à l'émission du signal peut être relativement long notamment en matière de projets d'investissement et d'infrastructures, ce qui pourrait d'ailleurs remettre en cause l'atteinte d'un objectif par trop ambitieux. La mise en place d'un signal-prix n'épuise ainsi pas en lui-même l'analyse des conditions de réalisation de la trajectoire d'émissions ce que peut laisser croire une lecture trop rapide des résultats d'une modélisation. Une boucle de rétroaction fait par ailleurs défaut : c'est celle qui introduirait une pénalité en cas de manquement de la cible d'abattement d'émissions (comme c'est le cas dans l'ETS) : quelle serait alors l'accélération du signal-prix nécessaire ?

Plusieurs aspects des transformations de l'économie ne sont que partiellement intégrés dans les modèles. La question de l'évolution de la compétitivité associée à la mise en place de la taxe et (surtout) de son recyclage est peu abordée. L'amélioration de la compétitivité apparaît certes centrale dans les résultats obtenus par NEMESIS ou MESANGE² quand le produit de la taxe est affecté à la R&D (amélioration de la compétitivité hors-prix) ou à la baisse du coût du travail (aspect compétitivité-prix). Cependant, l'ampleur de l'amélioration attendue de la compétitivité sera également déterminée par les choix de recyclage adopté par chacun des partenaires. Même dans l'hypothèse où un prix unique du carbone venait s'imposer à l'ensemble des secteurs UE, les choix de recyclage peuvent différer d'une économie à l'autre. Ils ne seront alors pas indifférents des trajectoires de compétitivité que pourront emprunter les économies. L'enjeu de la compétitivité n'est pas exclusivement un enjeu se jouant aux frontières de l'Union européenne, c'est également un enjeu interne à un espace qui représente plus de 60 % des débouchés internationaux de la plupart des États membres de l'UE. La crise des finances publiques au sein de la zone euro est d'ailleurs venue rappeler combien les divergences de compétitivité et de trajectoires de croissance pouvaient à terme venir fragiliser l'édifice européen en son ensemble.

Sur un aspect plus directement technique, certaines réactions ne sont pas nécessairement incluses dans les modèles. Ainsi, les agents sont supposés ne pas adapter leur comportement d'épargne en cas de réduction de l'endettement public

(1) Voir R. Crassous et al. (2006) et O. Sassi et al. (2010).

(2) L'amélioration de la compétitivité est certainement surévaluée dans MESANGE car, dans ce modèle, le reste du monde est considéré comme exogène. Ainsi si les partenaires recyclent la taxe de manière identique, ils gagneront eux aussi en compétitivité et la compétitivité relative de la France sera alors réduite.

dans le cas où le produit de la taxe serait utilisé à cette fin. Les comportements « ricardiens » des agents sont ainsi la plupart du temps laissés de côté, ce qui vient amplifier la contraction de l'activité et de l'emploi qui serait associé à la mise en place d'une taxe sans recyclage de son produit autre que dans le désendettement.

8. Conclusions

Quels enseignements pouvons-nous tirer de ces exercices de modélisation ? Ils sont multiples mais nous ne retiendrons que ceux qui font consensus entre les modèles pour éviter de mettre en avant un résultat qui ne serait lié qu'à une caractéristique inhérente à tel ou tel modèle.

Le premier message est que **l'extension du signal-prix du carbone à l'ensemble des secteurs de l'économie crée une incitation à un changement des comportements de consommation et de production permettant d'atteindre les réductions au moindre coût**. Le signal prix peut prendre soit la forme d'un marché de permis d'émission couvrant l'ensemble des secteurs avec l'inclusion des secteurs diffus dans l'ETS, soit la mise en place d'une taxe carbone au niveau européen sur les secteurs diffus. Idéalement, cette taxe serait cohérente avec le prix des permis observé sur le marché ETS afin d'uniformiser la contrainte carbone entre les secteurs, mais aussi les pays. Ce faisant, cela permettrait de réduire les coûts d'abattement. Certains modèles ont également montré que la mise en place d'une taxe carbone pouvait limiter la vulnérabilité de l'économie à une hausse des prix de l'énergie. On pourrait également imaginer à terme l'inclusion des secteurs soumis à la taxe carbone dans le secteur ETS.

Le deuxième message clé est que **la création d'une taxe carbone ou l'extension du système ETS au secteur diffus permettraient d'atteindre la trajectoire T30 avec des effets pouvant être rapidement bénéfiques pour la croissance et l'emploi à condition qu'ils soient accompagnés de politiques de redistribution**. La majorité des modèles s'accorde sur le fait que le recyclage des revenus de la taxe carbone ou des enchères des permis permet de limiter l'impact récessif de la réforme fiscale sur la croissance économique et donc le coût de la politique climatique. En particulier, un recyclage diminuant les charges sur le travail et soutenant l'innovation peut permettre des créations d'emplois. Une redistribution des revenus dans l'économie serait donc bénéfique à la croissance économique (théorie du double dividende) mais permettrait également une meilleure acceptabilité sociale de la réforme fiscale, une condition clé de la réussite de ce type de réforme.

Le troisième enseignement est la nécessité de tenir compte de l'existence de délais entre la mise en place du signal prix et l'investissement. Les modèles supposent généralement une réactivité importante de l'économie et des acteurs à la mise en place d'un signal-prix. Or, dans la pratique, on observe des effets d'inertie importants dans les secteurs des transports, du bâtiment et, dans une moindre mesure, de l'agriculture. NEMESIS prend en compte des délais de 3 à 6 ans, mais un délai de 10 ans est parfois plus approprié (*e.g.* secteur du bâtiment). Ce délai dépend de l'ampleur de la friction sur le secteur concerné (*cf.* supra). Il est donc important de bien prendre en compte ces délais pour ne pas surestimer l'effet attendu d'une taxe carbone à un moment donné.

Le quatrième point important est le *timing* de l'action. Plus le délai de mise en place d'une politique climatique est allongé, plus elle sera coûteuse car elle nécessitera des efforts plus importants à mesure que l'échéance s'approchera. L'évolution du prix du carbone associé à la trajectoire à - 30 % est plus linéaire dans le temps et conduit au cumul de réduction le plus intéressant sous l'angle du climat. À l'inverse, celle d'une trajectoire à - 20 % nécessite de rattraper après 2020 le « temps perdu » et exige une forte remontée du prix du carbone sur la seconde partie de la période considérée. La trajectoire T25 est intermédiaire. Moins satisfaisante sur le plan climatique que la trajectoire T30, elle permet cependant de minimiser le coût total des réductions obtenues ramené à la tonne évitée.

Un cinquième point émanant des exercices de modélisation est la **nécessité de mettre en place des politiques de l'offre** (pour soutenir l'innovation et les investissements) **et des politiques d'accompagnement ciblées** afin d'amplifier l'effet du signal-prix sur l'ensemble de l'économie et réduire les rigidités économiques. Les politiques et mesures d'accompagnement à la taxe carbone permettraient de rendre plus flexible la contrainte carbone, à la fois dans le temps et entre les secteurs, tout en diminuant la valeur de la taxe carbone. IMACLIM montre en effet qu'une action précoce notamment en termes de politiques d'infrastructures et de mesures d'accompagnements dans le secteur résidentiel et dans les transports permettrait de réduire notablement l'intensité de la contrainte carbone sur l'économie et donc le niveau de taxe carbone qui serait nécessaire à l'atteinte des objectifs fixés à horizon 2020 et 2050.

Enfin, il nous semble important de rappeler l'importance des mécanismes de flexibilité. Ces mécanismes ont été adoptés sous le Protocole de Kyoto notamment pour aider les pays de l'Annexe I à atteindre leurs objectifs en leur permettant de réduire une part de leurs émissions là où c'est le moins coûteux de le faire. Ces mécanismes permettent ainsi de limiter la contrainte carbone sur les pays ayant des engagements contraignants. Il est donc primordial de garantir la poursuite de ces mécanismes au niveau international ou d'en créer des nouveaux.

Annexe 1 – Liste des équipes de modélisation ayant participé aux travaux du Comité

J.-C. Hourcade, F. Lecocq, C. Cassen, S. Mathy et R. Bibas, CIRED (Nogent-sur-Marne) ; modèle IMACLIM ;

A. Epaulard, E. Jessua et H. Pillu, Direction générale du Trésor (Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie) ; modèle MESANGE ;

P. Zagamé, B. Boitier, L. Lemiale et P. le Mouél, laboratoire ERASME (Paris) ; modèle NEMESIS ;

P. Criqui et S. Mima, EDDEN (Grenoble) ; modèle POLES ;

F. Jésus et G. Callonnec, ADEME (Paris) ; modèle THREEME ;

R. Trotignon, Chaire économie du climat (Paris) ; modèle ZEPHYR-FLEX.

Complément 6

Favoriser le développement de la R&D et la diffusion des technologies propices à une économie sobre en carbone

*Matthieu Glachant¹
Dominique Auverlot*

Même s'il ne peut suffire et si des modifications de nos modes de vie seront nécessaires, le progrès technologique jouera un rôle essentiel dans la lutte contre le réchauffement climatique et dans la division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 : il suppose d'une part de privilégier le processus de recherche et développement qui est indispensable pour mettre au point les technologies qui seront nécessaires à ces réductions, et, d'autre part, d'assurer une diffusion technologique rapide des technologies peu émettrices de gaz à effet de serre. La compétition mondiale entre les économies se jouera largement sur ces technologies décarbonées dont le rythme de développement accompagne généralement le rythme de mise en place de la contrainte carbone par les États

En l'absence d'un accord mondial permettant de fixer des objectifs suffisamment ambitieux à tous les pays, et d'un prix unique du carbone, la situation économique actuelle conduit à renforcer la priorité accordée à la recherche et développement et à la diffusion technologique au sein même de l'Union européenne. Pour autant, la diffusion des technologies peu émettrices de gaz à effet de serre doit néanmoins continuer à être encouragée au-delà des frontières européennes, en particulier vers les pays du Sud. Le présent document développe successivement ces deux aspects.

Si la question des droits de propriété intellectuelle est récurrente dans les négociations depuis la Convention de Rio, conclue en 1992, elle ne sera pas traitée dans ce texte. La littérature est en effet déjà abondante sur ce sujet. Plus fondamentalement, la modification des règles de la propriété intellectuelle n'apparaît pas comme une priorité. L'accord sur les Aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC), annexé aux textes de l'OMC, fournit déjà des flexibilités qui peuvent être mises en œuvre pour favoriser la diffusion des

(1) Cette proposition est le produit d'un groupe de travail présidé par Mathieu Glachant, professeur et directeur du laboratoire d'économie industrielle et de finance de MINES ParisTech, en liaison avec Dominique Auverlot (Centre d'analyse stratégique). Elle a notamment bénéficié des lectures attentives de Pierre Albano (Air France), Claire Tutenuit (Epe), Nicolas Boquet (Afep), Olivier Imbaut (Air Liquide), Brigitte Poot (Total), Giles Dickson (Alstom), Hélène Serveille (CGIET), Olivier Dufour (RioTinto), Christine Fédigan (Gdf-Suez), Mathieu Barbaud (Bouygues) et Christian De-Perthuis (Chaire Economie du Climat).

technologies de lutte contre l'effet de serre. La contrefaçon et la reproduction à l'identique des technologies restent cependant des problèmes majeurs pour lesquels l'action des pouvoirs publics et leur coopération internationale sont nécessaires.

1. Le soutien à la recherche et développement et à la diffusion technologique au sein de l'Union européenne

Quatre raisons principales justifient l'intervention des pouvoirs publics dans le soutien à la recherche et développement :

- les industriels, soucieux de leur rentabilité à moyen, sinon court terme, n'investissent généralement pas dans la recherche à long, sinon très long terme ;
- la mise au point des produits ainsi que les effets d'apprentissage peuvent représenter des coûts très importants et retarder le développement d'une technologie ;
- une partie de la croissance à long terme de l'économie provient de la mise au point du développement et de la diffusion de l'innovation ;
- la rentabilité de certaines des technologies contribuant à la décarbonation de l'économie est fortement **dépendante des politiques publiques** qui seront suivies dans le long terme en matière de contrainte carbone. Ceci signifie que l'investissement privé ne peut prendre appui pour espérer une rentabilité que sur l'hypothèse que des politiques seront déployées durablement. Il s'agit de donner confiance aux entreprises dans le fait que cette technologie trouvera un marché à un terme compatible avec son investissement. Dans le cas de la capture et du stockage du carbone, le problème du financement de l'investissement initial est rendu plus difficile par le fait que l'existence d'un marché, à terme, repose sur un prix du carbone suffisant et généralisé (donc incontournable). Même si la R&D reçoit des aides, il n'y aura pas d'investissement privé si la probabilité d'existence de ce marché n'est pas suffisamment forte puisque le procédé renchérit les opérations dans le long terme. Autrement dit, il n'y a pas de viabilité de certaines technologies sans des politiques climat prévisibles et fortes.

Le dispositif, dénommé NER 300, adopté par les 27 États membres de l'Union européenne dans le cadre du paquet climat-énergie fin 2007, constitue une illustration concrète et *a priori* séduisante de l'intervention des pouvoirs publics. Il cherche à accélérer l'introduction sur le marché de technologies innovantes dans le domaine des énergies renouvelables et de la capture et du stockage du carbone. Son financement repose sur la vente de 300 millions de quotas entrants (*New Entrant Reserve*) du système ETS, ce qui devrait représenter une aide de 4,5 à 9 milliards d'euros suivant le cours du CO₂ (qui peut raisonnablement varier entre 15 et 30 euros). Il vise à financer huit projets de capture et stockage et 32 d'énergies renouvelables. Les projets déposés par les 27 pays de l'Union sont en cours de dépouillement par la BEI qui devrait remettre ses recommandations à la Commission. Ce dispositif a de plus l'avantage de permettre l'émergence de projets à l'échelle européenne. Il ne constituera cependant une réussite que dans la mesure où la distribution finale des sommes d'argent aux projets finalement retenus évitera la dispersion entre les 27 États membres et saura récompenser les projets les plus efficaces.

À l'échelle française, le système des investissements d'avenir constitue un dispositif extrêmement intéressant : il prévoit ainsi 2,6 milliards d'euros pour les énergies

renouvelables et décarbonées. Dans ce cadre, 1,6 milliard d'euros seront alloués pour le soutien à des projets innovants de démonstrateurs et de plateformes technologiques (dont 1,35 milliard d'euros sur les énergies renouvelables et décarbonées : énergie solaire, énergies marines, géothermie, captage, stockage et valorisation du CO₂ et chimie verte). Des montants importants sont également consacrés à la création et au développement des instituts d'excellence en énergie décarbonée.

Ces dispositifs souffrent néanmoins d'un défaut : leur financement n'intervient qu'à une seule reprise. Leur pérennité doit donc être recherchée. En outre, pour éviter des duplications inutiles d'effort de recherche et pour exploiter les complémentarités, il serait souhaitable que ce dispositif puisse faire l'objet d'une coordination au niveau européen.

PROPOSITION

Prélever chaque année sur la vente aux enchères des quotas une somme à déterminer pour continuer à financer des projets de recherche et développement, ainsi que des démonstrateurs pour des technologies bas carbone.

Cette proposition rejoint le souhait d'une nouvelle politique industrielle exprimée dans le rapport du Conseil d'analyse économique sur la croissance de la France¹. Celle-ci sera d'autant plus efficace qu'elle sera fortement articulée aux politiques industrielles vertes des autres membres de l'Union européenne.

Cette proposition rejoint d'ailleurs la feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050 de la Commission européenne qui envisage d'utiliser les recettes de la mise aux enchères des quotas d'émission et la politique de cohésion afin de financer la recherche et le développement, la démonstration et la diffusion rapide des technologies bas carbone. Cette feuille de route cite notamment diverses formes de sources énergétiques à faible intensité de carbone, le captage et le stockage de carbone, les réseaux intelligents et les véhicules hybrides et électriques. On pourrait y ajouter les biocarburants de deuxième et troisième générations (y compris les biocarburants pour le transport aérien et les poids lourds), les autres utilisations de la biomasse (chimie verte), ainsi que le stockage de l'électricité.

Au-delà de cette proposition, deux dispositifs existant en France méritent d'être prolongés :

- le crédit d'impôt recherche a favorisé les efforts industriels dans ce domaine en dépit de la crise ;
- la taxation au régime des plus values à long terme, soit à 15 %, les licences ou cessions de brevets permet de favoriser l'innovation, la prise de brevets et la compétitivité des entreprises françaises².

(1) Rapport de Philippe Aghion, Gilbert Cette, Elie Cohen et Mathilde Lemoine pour le Conseil d'analyse économique : Crise et croissance : une stratégie pour la France, La documentation française, août 2011.

(2) L'article 39 terdecies du code général des impôts dispose que les revenus tirés de licences ou de cessions de brevets à des entreprises étrangères sont imposés au régime des plus-values à long terme au taux réduit de 15 %. La loi de finances initiale pour 2011 a étendu le dispositif dans deux directions :

Rappelons enfin que la diffusion des technologies bas carbone nécessite, ainsi que nous le rappelle la feuille de route 2050, « d'assurer des formations professionnelles ciblées de la main-d'oeuvre existante pour faire face aux possibilités d'emplois «verts», de remédier aux problèmes émergents de répartition de la main-d'oeuvre qualifiée entre les filières et d'encourager l'acquisition de ces qualifications au sein des systèmes éducatifs ». Ces sujets sont néanmoins traités par d'autres propositions.

2. Améliorer la diffusion internationale des technologies bas carbone

L'accélération de la diffusion des technologies bas carbone constitue une priorité des discussions internationales relatives au changement climatique. Les moyens pour y parvenir ne font cependant pas consensus. Le G 77 demande un relâchement du droit de la propriété intellectuelle pour les technologies bas carbone, ce que les pays industrialisés, notamment les États-Unis, ne sont pas prêts à accepter. Les accords de Cancun ont conduit à prévoir un « *Technology Mechanism* » qui se traduit concrètement par la mise en place d'un certain nombre de comités afin d'aider les pays partenaires à se doter des outils nécessaires à la transition énergétique et à l'adaptation aux bouleversements climatiques. La création d'un Comité technologique exécutif et d'un Centre pour les technologies du climat a ainsi été décidée. Cette dernière institution doit animer un vaste réseau d'échanges, aux niveaux régional, international et sectoriel, avec pour objectif de calibrer et d'orienter les soutiens, et de faciliter les coopérations public/privé. Ce dispositif est en cours de mise en place.

L'amélioration de la diffusion des technologies pourrait passer par trois pistes différentes :

- **la prise en compte du transfert de technologie dans les mécanismes de développement propre** : aujourd'hui 43 % des projets de mécanisme de développement propre contiennent des transferts de technologies (source : Dechezeleprêtre et al. 2008). L'idée consisterait à prévoir la possibilité d'inclure le transfert de technologie dans le mécanisme de développement propre. Le partenaire industriel à l'origine du transfert serait récompensé par des crédits supplémentaires de CO₂ : cette suggestion pose néanmoins la question de l'évaluation des quotas correspondant au transfert de technologie mis en place, et, d'autre part, celle de l'additionnalité de l'action correspondante. L'évaluation de la valeur monétaire des transferts est pratiquée au cas par cas dans les accords

d'une part, le taux réduit s'applique également désormais aux licences et cessions de brevet à des entreprises françaises et, d'autre part, les sommes tirées de sous concessions de licence par une entreprise ayant reçu licence d'une autre entreprise sont également soumises au taux réduit si l'autre entreprise n'a pas déjà bénéficié du dispositif (cas d'une entreprise installée à l'étranger). Ce dispositif constitue une forte incitation pour les entreprises françaises à procéder à des transferts de technologie appuyés sur des brevets sur notre territoire comme à l'étranger. L'extension récente aux concessions et sous-concessions en France constitue en outre une incitation au développement de l'activité de production sous licence en France, renforçant ainsi les objectifs du grand emprunt et notamment la création de France Brevets. Il constitue également une incitation pour les entreprises à localiser leurs portefeuilles internationaux de brevets en France, accroissant par là même les sources de revenus pour l'État. Ce dispositif constitue donc en soi une excellente mesure de promotion pour la diffusion internationale des technologies, a fortiori à bas carbone.

industriels, et montre que cette difficulté, qui donne lieu à des négociations spécifiques entre les parties, est réelle mais peut être traitée ;

- **les mécanismes bilatéraux** : ce mécanisme proposé par les Japonais reprend l'idée des mécanismes de développement propre, mais dans le cadre d'accords bilatéraux, ce qui leur confère plusieurs avantages : les règles de mise en oeuvre sont plus flexibles, les pays peuvent s'entendre sur les technologies qu'ils choisissent, si bien que cette procédure est plus adaptée aux préférences de deux pays. Le Japon pourrait ainsi diffuser des technologies propres non reconnues actuellement dans le cadre onusien notamment à des pays asiatiques. Principal inconvénient : les quotas créés par ce mécanisme devraient être reconnus d'une manière ou d'une autre par le secrétariat de la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques ;
- **la création d'un observatoire technologique**. Les experts estiment qu'aujourd'hui, la concurrence est suffisante pour assurer la diffusion des technologies existantes pour lutter contre le changement climatique. Mais rien n'exclut, il puisse ne pas en être de même dans le futur dans certains secteurs ou dans certains pays, par exemple pour les *smart grids* ou pour les biotechnologies. L'une des solutions serait de créer un observatoire mondial chargé de suivre les développements technologiques et d'identifier les situations de blocage ou de monopolisation justifiant un aménagement spécifique des droits de propriété intellectuelle (qu'autorisent généralement les accords ADPIC). Cet observatoire réduirait ainsi le constat d'asymétrie d'information qui s'exerce en défaveur des régulateurs et pourrait permettre d'intervenir de manière spécifique, technologie par technologie. Il pourrait également veiller au développement de la capacité d'absorption par les économies destinataires des transferts, qui bien souvent est insuffisante pour assurer la diffusion au-delà d'une opération pilote.

PROPOSITION

Créer auprès du Centre pour les technologies du climat un observatoire de ces technologies, destiné à identifier les situations de blocage ou de monopolisation justifiant un aménagement spécifique des droits de propriété intellectuelle et à proposer des mesures destinées à améliorer la capacité d'absorption des pays destinataires (formation, sensibilisation et création de la demande). Pour en bénéficier, les pays bénéficiaires devront être en conformité avec les droits de propriété intellectuelle, les codes de marchés publics et les autres règlements internationaux de marché.

Enfin, soulignons que le régime de transfert de technologie doit distinguer deux catégories de pays dans le G77 :

- les pays les moins avancés, c'est-à-dire par exemple émettant moins de 2 tCO₂eq par habitant, relèveraient de transferts gratuits financés par le *Green Fund* ou les États, de sorte que leur développement se fasse dès l'origine suivant des technologies décarbonées ; il s'agirait ainsi de les encourager à prendre une autre trajectoire de développement ;
- les pays « émergés », émettant plus de 2 tCO₂eq par habitant, qui sont déjà impliqués dans la course technologique, et pour lesquels un régime différent tenant compte de la compétition internationale serait plus adapté.

ANNEXES

Lettre de mission



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

La ministre

Paris, le 21 JUIN 2011

Monsieur le Professeur,

La lutte contre le changement climatique est une priorité de la France. Dans le cadre de la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique du 13 juillet 2005, la France s'est dotée d'un objectif de long terme de division par quatre de ses émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050, réaffirmé par la loi du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

Au niveau international, l'Union Européenne (UE) s'est également fixée des objectifs ambitieux à moyen et long terme, en s'engageant à diminuer ses émissions de 20% d'ici 2020 et de 80 à 95 % d'ici 2050 par rapport à 1990.

A l'horizon 2020, le paquet énergie-climat européen adopté sous présidence française est construit autour d'un objectif minimum de réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre de l'UE entre 1990 et 2020. Le Conseil européen de décembre 2008 a engagé l'UE à relever cet objectif à -30 % entre 1990 et 2020 dans le cadre d'un accord global sur le climat post-2012, à condition que les autres pays développés s'engagent à réaliser des réductions d'émissions comparables et que les pays émergents contribuent au regard de leurs responsabilités et capacités respectives.

La Commission européenne a publié le 8 mars dernier une feuille de route pour une économie bas-carbone en 2050 proposant une trajectoire coût-efficace de réduction domestique des émissions de gaz à effet de serre en 2020, 2030, 2040 et 2050. Le point de passage prévu pour 2020 se situe à -25% par rapport à 1990 et pourrait être atteint, d'après la Commission, par le simple respect des engagements déjà pris, grâce notamment à l'amélioration de l'efficacité énergétique. Plusieurs Etats membres, ainsi que des ONG et des entreprises, plaident dans ce contexte pour un relèvement à 30 % de l'engagement de l'Union européenne qui ne soit pas conditionné à des efforts comparables d'autres pays, en invoquant trois motifs :

- le premier est d'ordre environnemental et scientifique : le niveau global d'ambition actuellement affiché par les engagements de l'ensemble des pays n'est pas suffisant pour limiter l'augmentation de la température à 2°C en 2050 ;

Monsieur Christian de PERTHUIS
Professeur d'économie associé à l'Université Paris Dauphine
Chaire Economie du climat
Palais Brongniart
28 Place de la Bourse
4ème étage
75002 PARIS

- le second est d'ordre économique : repousser à l'après 2020 une trop grande partie de l'effort risquerait de rendre bien plus coûteux l'atteinte de l'objectif de réduction de 2050 ; accélérer l'effort d'ici 2020 augmenterait les ressources tirées des enchères carbone susceptibles de financer une partie de l'effort ;
- le troisième est d'ordre politique : l'UE réaffirmerait ses ambitions et sa posture à la veille d'échéances internationales cruciales.

Pour prendre position dans ce débat qui concerne tout le monde, il importe de considérer l'ensemble des conséquences d'une telle évolution et en particulier ses impacts environnementaux, économiques, sociaux et juridiques à court et moyen terme ce qui passe par l'identification des scénarios les plus pertinents pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050.

C'est pourquoi j'ai décidé d'installer un comité, composé de représentants des entreprises, des syndicats, des ONG et des ministères concernés ainsi que d'experts, pour partager les analyses sur les scénarios les plus pertinents. Je souhaite que vous présidiez ce comité dont l'animation sera conduite avec l'assistance des équipes du Centre d'Analyse Stratégique et le soutien technique des services de l'Etat.

Ce comité devra réaliser une synthèse des travaux existants sur les cibles et les trajectoires de réduction d'émission de gaz à effet de serre à long terme. Il pourra organiser des auditions en tant que de besoin, chacun des grands secteurs devant être auditionné. Le rythme de ses travaux devra être articulé avec le calendrier des discussions au niveau européen.

J'attire en particulier votre attention sur la nécessité de traiter les questions suivantes :

- Quelles sont, dans le cadre de la feuille de route de l'Europe, les orientations prises par nos partenaires européens et de quels éléments précis dispose-t-on sur la comparabilité des efforts respectifs ?
- Quels seraient les potentiels de réduction d'émissions des différents secteurs (énergie et industrie, bâtiment, transports, agriculture et forêt) dans le temps (d'ici 2020 puis entre 2020 et 2050) ?
- Quels sont les différents scénarios envisageables, leurs avantages et inconvénients, notamment en termes de faisabilité technique, d'impacts sur l'économie et sa compétitivité (au niveau macroéconomique et sectoriel), et de retombée sur l'environnement ?
- Quelle part accorder aux instruments économiques domestiques et internationaux (par exemple marché de permis, taxe carbone, mécanismes de projet) pour atteindre les objectifs et quels critères pour assurer leur intégrité environnementale ?

Compte tenu des prochaines échéances communautaires et internationales, et notamment des Conseils européens, je souhaite que soit produite une note d'étape pour le 20 juillet et un rapport final pour le 15 octobre. La note d'étape inclura une synthèse des premiers échanges avec les parties prenantes et des travaux existants. Le rapport final récapitulera l'ensemble des analyses et permettra d'alimenter le débat européen sur le relèvement de l'ambition de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il devra permettre au gouvernement, à l'issue de ce travail collectif, de se positionner, grâce à une meilleure connaissance des impacts, sur la question du relèvement des objectifs de réduction des émissions.

Je vous prie de croire, Monsieur le Professeur, à l'assurance de ma considération distinguée.

Bien à vous



Nathalie KOSCIUSKO-MORIZET

Liste des membres du Comité

Président

Christian de Perthuis
Chaire Économie du Climat

Rapporteurs

Johanne Buba
Centre d'analyse stratégique – Département développement durable

Aurélien Million
Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement –
Direction générale de l'énergie et du climat

Pascale Scapecchi
Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie – Direction générale du Trésor

Olivier Teissier
Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,
Commissariat général au développement durable puis Centre scientifique et technique
du bâtiment

Coordonnateur

Dominique Auverlot
Centre d'analyse stratégique – Département développement durable

Assistante

Elise Martinez
Centre d'analyse stratégique – Département développement durable

Membres

Jacques Andrieu
Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de
l'aménagement du territoire

Olivier **Appert**

Association nationale de coordination de la recherche pour l'énergie

Matthieu **Autret**

Secrétariat général des affaires européennes

Richard **Baron**

Agence internationale de l'énergie

Jean-Baptiste **Baroni**

Mouvement des entreprises de France

Jean-Jacques **Becker**

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,
Commissariat général au développement durable

Étienne **Beeker**

Centre d'analyse stratégique – Département développement durable

Sophie **Blainville-Wellburn**

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de
l'aménagement du territoire

Sébastien **Blavier**

Réseau action climat France

Baptiste **Boitier**

École Centrale Paris

Xavier **Bonnet**

Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie – Direction générale du Trésor

Nicolas **Boquet**

Association française des entreprises privées

Sandrine **Bourgogne**

Confédération générale du patronat des petites et moyennes entreprises

Jean-Paul **Bouttes**

Électricité de France

Dominique **Bureau**

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,
Conseil économique pour le développement durable

Alain **Capmas**

Mouvement des entreprises de France

Hélène **Charpentier**

Secrétariat général des affaires européennes

Christophe Chassande

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire – Direction générale des politiques agricole, agro-alimentaire et des territoires

Pierre-Franck Chevet

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, Commissariat général au développement durable – Direction générale de l'énergie et du climat

Raphaël Claustre

Comité de Liaison Energies Renouvelables

Raymond Cointe

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement – Département des affaires européennes et internationales

Stéphanie Combes

Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie – Direction générale du Trésor

Renaud Crassous

Électricité de France

Morgane Creach

Réseau action climat France

Patrick Criqui

Économie du développement durable et de l'énergie – UPMF- Grenoble

Gilles Croquette

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement – Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer

Pierrette Crosemarie

Confédération générale du travail

Aurélien Daubaire

Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie – Direction générale du Trésor

Stéphane De Cara

Institut national de la recherche agronomique

Anne-Laure De Coincy

Secrétariat général des affaires européennes

Daniel Delalande

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, Direction générale de l'énergie et du climat

Dominique Dron

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, Commissariat général du développement durable

Denis Ferrand
Coe-Rexecode

Meike Fink
Réseau action climat France

Pierre Franc
Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,
Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer

Sabrina Fuseliez
Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles

Sophie Gaudeul
Confédération française démocratique du travail

Daniel Geneste
Confédération générale du travail

Matthieu Glachant
Mines ParisTech

Jean-François Gruson
Association nationale de coordination de la recherche pour l'énergie

Jean-Luc Haas
Confédération française de l'encadrement - Confédération générale des cadres

Franck Jésus
Agence de l'environnement, de la maîtrise et de l'énergie

Jean Jouzel
Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat

Pascal Labet
Confédération générale du patronat des petites et moyennes entreprises

Ludovic Larbodière
Ministère de l'agriculture, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire
Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires

Christiane Lambert
Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles

Henri Lamotte
Ministère du budget, des comptes publics et de la réforme de l'État, Direction
générale des finances publiques

Rémy Lauranson
Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,
Direction des affaires européennes et internationales

Richard Lavergne

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,
Commissariat général au développement durable – Direction générale de l'énergie et
du climat

Sandrine Mathy

Centre international de recherche sur l'environnement et le développement

Emmanuel Mermet

Confédération française démocratique du travail

Bernard Merten

Confédération française des travailleurs chrétiens

Céline Mesquida

France nature environnement

Laurent Meunier

Agence de l'environnement, de la maîtrise et de l'énergie

Hervé Mignon

Réseau de transport d'électricité

Estelle Panier

Association nationale des industries alimentaires

Nathanaël Pingault

Ministère de l'agriculture, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire
Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires

Philippe Quirion

Réseau action climat France

Philippe Rosier

Mouvement des entreprises de France

Nathalie Roy

Union professionnelle artisanale

Raphaël Trotignon

Chaire Économie du Climat

Murielle TROUILLET

Ministère de l'agriculture, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire
Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires

Claire Tutenuit

Entreprise pour l'environnement

Diane Vandaele

Réseau action climat France

Eric Vidalenc

Agence de l'environnement, de la maîtrise et de l'énergie

Paul Zagamé

Centre d'analyse stratégique

Liste des intervenants

Réunion du 07 juillet 2011

Jean-Pierre Fontelle – CITEPA

« Évolution des émissions françaises de gaz à effet de serre depuis 1990 »

Richard Lavergne – DGEC/CGDD

Pascale Scapecchi – DG Trésor

« Panorama des instruments de modélisation utilisés en France et des études prospectives nationales »

Daniel Delalande – DGEC

Nicolas Brizard – Enerdata

« Scénarios prospectifs énergie-climat-air à 2020-2030 de la DGEC »

Réunion du 01 septembre 2011

Renaud Crassous – EDF

« La diffusion des technologies bas carbone et l'enjeu de la CCS (France et UE) »

Raphaël Claustre – CLER

« Scénarios de diffusion des énergies renouvelables d'ici 2050 »

Audrey Zermati – UFE

« Électricité en France 2015-2030 : scénarios et impacts CO2 »

Vincent Mages – LAFARGE

« Les industries intensives en énergie sous ETS »

Pascal Labet - CGPME

« Les entreprises industrielles non soumises au système de l'ETS »

Diane Simiu – DGEC

« Principaux changements attendus dans le fonctionnement de la phase III de l'EU-ETS et incidence d'un resserrement de la contrainte à 25 ou 30 % dans l'UE »

Raphaël Trotignon – Chaire Économie du Climat

« Incidence d'un resserrement des contraintes sur le prix d'équilibre du marché analysées à partir du modèle ZEPHYR. Incidence sur le produit attendu des enchères »

Réunion du 07 septembre 2011

David Kennedy – Chief Executive Committee for Climate Change
Phil Wynn Owen – DG Climat et Énergie – DECC

« Les orientations de la politique climatique au Royaume-Uni »

Réunion du 08 septembre 2011

Damien Joliton – Energies Demain
Marie-Hélène Laurent - EDF

« Bilan des émissions, perspectives à 2020, scénarios à 2050 : Les émissions de GES du résidentiel-tertiaire »

David Molho – Saint-Gobain, **Pascal Eveillard** – Saint-Gobain

« L'efficacité énergétique dans le bâtiment : des opportunités considérables »

Yves Crozet – Laboratoire d'économie des transports

« Bilan des émissions, perspectives à 2020, scénarios à 2050 : Les émissions de GES du secteur des transports »

Jean-Luc di Paola Galloni – VALEO

« Perspectives d'évolutions technologiques à l'horizon 2050 »

Réunion du 14 septembre 2011

Patrick Criqui – LEPII

« Trajectoire coût-efficace »

Paul Zagamé - ERASME
Christophe Cassen – CIRED
Gaël Callonnec – ADEME
Hugo Pillu – DG Trésor

« Impacts macroéconomiques de différents scénarios de politiques climatiques »

Réunion du 15 septembre 2011

Christophe Chassande – MAAPRAT

« Bilan des politiques publiques de réduction des émissions gaz à effet de serre »

Stéphane de Cara – INRA

« Scénarios de projections et potentiels d'atténuation du secteur agricole »

Antoine Poupart – InVivo

Jean-Baptiste Dollé – Institut de l'élevage

« Pratiques agricoles et démarches innovantes de réduction des émissions de GES »

Jérôme Mousset – ADEME

Antoine Bispo – ADEME

« Séquestration du carbone dans les sols agricoles »

Valentin Bellassen – CDC Climat

Julien Jimenez – Association Aquitaine Carbone

Béatrice Gendreau – Association Aquitaine Carbone

« Stockage du carbone dans la forêt »

Réunion du 22 septembre 2011

Philippe Quirion – CNRS-CIRED

« Impact quantitatif sur l'emploi des politiques énergétiques et climatiques »

Alain Mestre – Cabinet Syndex

Jacky Fayolle – Cabinet Alpha

« Une approche sectorielle : Europe et France »

Fabrice Cytermann – MEDDTL-SG/DAEI

Johanne Buba – CAS

« Panorama des stratégies européennes »

Franzjosef Schafhausen – Ministerialdirektor für Klimaschutz, Umwelt und Energie, BMU

« La politique climatique allemande : Das Energiekonzept »

Réunion du 29 septembre 2011

Denis Ferrand – Coe-Rexecode

« Enseignements d'exercices d'évaluation des impacts macroéconomiques pour la France »

Suzanne Akerfeldt – Ministère des finances (Suède)

« Expérience de taxe carbone : le cas de la Suède »

Blavier Sébastien – RAC

Boquet François-Nicolas – AFEP

Capmas Alain – Atilh

Devezeaux Jean-Guy – CEA

Faraco Benoît – FNH

Franc Pierre – DGITM

Geneste Daniel – CGT

Glachant Matthieu – Mines ParisTech

Gruson Jean-François – IFP

Leguet Benoît – CDC Climat

Mermet Emmanuel – CFDT

Soussana Jean-François – INRA

Vidalenc Eric – ADEME

« Les mesures d'accompagnement pour concilier ambition climatique et développement économique, industriel et social »