STRATÉGIE NATIONALE BAS-CARBONE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE

Stratégie NATIONALE BAS-CARBONE

La France en action

« Une chance de créer des emplois, d'améliorer concrètement la vie quotidienne tout en protégeant mieux notre planète. »

Ségolène Royal

Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE pour la CROISSANCE VERTE

PRÉAMBULE

La France s'est dotée d'objectifs climat et énergie ambitieux, dans le cadre des engagements de l'Union Européenne.

Au-delà de ces objectifs, c'est un véritable processus de transition énergétique qui s'engage en France pour rénover notre modèle énergétique et lutter contre le changement climatique.

Plus encore, c'est le développement d'un nouveau mode de croissance, plus stable, générateur de meilleurs emplois et d'un plus grand bien être : l'économie verte.

Cette transition s'opère dans les territoires, au travers des initiatives qu'ils portent. Elle est animée par leur volonté de s'engager dans ce nouveau modèle de développement et soutenue par la capacité des collectivités locales à mettre ces territoires en mouvement.

Elle s'initie dans l'innovation et l'esprit d'entreprise et mobilise les filières industrielles et de services. Elle est concrète, elle est faite de projets.

Elle est portée par une loi pour la transition énergétique et la croissance verte qui fixe le cap et donne les moyens institutionnels aux territoires et aux collectivités d'engager et multiplier ces projets.

Avec la présente stratégie bas carbone, cette transition se dote d'un outil fédérateur, de pilotage et de coordination, garant de la cohérence d'ensemble.

Instituée par la loi, cette stratégie s'inscrit dans la gouvernance à six (État, collectivités territoriales, parlementaires, entreprises, syndicats, organisations non gouvernementales réunis au sein du Comité National de la Transition Écologique). Elle s'inscrit dans le droit fil de la transition écologique qu'elle décline pour les volets de la transition énergétique et de la croissance verte.

SOMMAIRE

Préambule....2
Introduction : portée de la stratégie bas carbone....5
Chapitre 1 : D'où vient-on, où peut-on aller ?....8
1.1. Le chemin déjà parcouru....8
1.2. Prospective – leçons à tirer des exercices antérieurs....11
Chapitre 2 : Le projet de la France....14
2.1. Les grandes options retenues....14
2.2. Le scénario de référence....17
3. Recommandations de politiques publiques....23
3.1. Les instruments à mobiliser : enjeux et complémentarités....23
3.2. Recommandations transversales....26
i. Empreinte carbone....26
ii. La valeur tutélaire du carbone....30
iii. Politique de recherche et d'innovation....33
iv. Urbanisme et aménagement du territoire....38
v. Enjeux de financement et orientation des investissements....43
vi. Education, sensibilisation, appropriation des enjeux et des solutions par les citoyens....49
vii. Emploi, compétences, qualifications et formation professionnelle....52
viii. Mise en œuvre territoriale....54
3.3. Recommandations sectorielles....57
i Transports....57
ii. Résidentiel-Tertiaire....63
iii. Agriculture....69
iv. Forêt – bois – biomasse....79
v. Industrie....83
vi. Production d'énergie....88
vii. Déchets....93
Chapitre 4 : Suivi de la mise en œuvre de la stratégie....95
4.1. Les budgets carbone....95
i. Les trois premiers budgets....95
ii. Déclinaison indicative par grands secteurs d'activité et par gaz....96
iii. Répartition des budgets carbone en tranches indicatives d'émissions annuelles....97
iv. L'analyse du respect des budgets carbone....98
4.2. Indicateurs de suivi....99
4.2.i Indicateurs de synthèse....99

4.2.ii Indicateurs de mise en œuvre des recommandations transversales....102
4.2.iii Indicateurs de mise en œuvre des recommandations sectorielles.....104
Chapitre 5 : Rapport d'accompagnement.....110
5.1. Vérification du respect des objectifs de la loi et des engagements européens et internationaux de la France avec les projets de budgets carbone et de stratégie bas-carbone.....110
5.2. Étude d'impacts des options retenues.....114
i. Analyse des impacts économiques.....114
ii. Analyse des impacts sociaux redistributifs et d'équité.....125
iii. Enjeux environnementaux et sanitaires.....130
5.3. Étude des évolutions des émissions de gaz à effet de serre de 1990 à 2013 136
Chapitre 6 : Annexe méthodologique.....144
i. Impacts économiques : rapport détaillé sur l'analyse du modèle ThreeME 144
ii. Méthodologie d'évaluation des impacts sociaux redistributifs et d'équité. .156
iii. Analyse des évolutions des émissions nationales de gaz à effet de serre de 1960 à 2013.....168
Chapitre 7 : Annexe sur l'Utilisation des Terres, le Changement d'affectation des Terres et la Foresterie (UTCATF).....185
Liste de références.....207

INTRODUCTION : PORTÉE DE LA STRATÉGIE BAS CARBONE

L'un des deux volets de la politique climatique

Cette stratégie nationale bas-carbone (SNBC) décrit la politique d'atténuation du changement climatique, c'est-à-dire la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'augmentation de leur séquestration – par les « puits de carbone ». Elle n'est pas sans lien avec la politique d'adaptation au changement climatique, à savoir l'ajustement des systèmes humains ou naturels au changement de leur environnement provoqué par l'évolution du climat – évolution dorénavant inévitable et que la politique d'atténuation vise à contenir dans la limite d'un réchauffement de 2°C et si possible 1°C. Toutes deux permettent d'ailleurs de réduire les impacts de l'effet de serre. L'adaptation fait l'objet d'un plan qui lui est spécifiquement dédié : le plan national d'adaptation au changement climatique. L'articulation entre ces deux politiques se traduit par l'exploitation des synergies et la résolution des antagonismes des mesures envisagées. Cette articulation est étroite pour les secteurs très dépendants de leur environnement naturel, en particulier l'agriculture et la forêt.

De plus, la SNBC s'inscrit dans la démarche de la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable (SNTEDD) : notamment comme déclinaison des axes 2 (une économie circulaire et sobre en carbone) et 1 (développer des territoires durables et résilients), en mobilisant les leviers pour accélérer et accompagner les mutations de la société (axes 4, 5 et 6) et une pédagogie et une gouvernance pour favoriser l'appropriation et l'action de tous (axes 7, 8 et 9). Ainsi elle s'inscrit pleinement en cohérence avec l'objectif de reconquête de la biodiversité (axe1) développé dans la stratégie nationale qui lui est dédiée, ainsi qu'avec l'objectif sanitaire de lutte contre la pollution atmosphérique et de respect des normes communautaires et de l'OMS. Ces articulations sont approfondies dans le rapport d'accompagnement : § 5.2.iii

Directement prescriptive pour le secteur public exclusivement

La stratégie nationale bas-carbone (SNBC) définit la marche à suivre pour conduire la politique d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans des conditions soutenables sur le plan économique à moyen et long termes.

S'agissant de « conduire la politique », la stratégie s'adresse en priorité aux décideurs publics, en particulier aux échelons national, régional et intercommunal, y compris aux établissements publics. Pour ce public prioritaire et uniquement pour celui-ci, la SNBC et les budgets carbones sont juridiquement prescriptifs, ils doivent être pris en compte.

Engageante pour tous.

Si la stratégie – stricto-sensu – n'est prescriptive que pour le secteur public, indirectement elle concerne bien toutes les entreprises et tous les citoyens. Elle se concrétisera en effet pour eux au travers des différentes formes de décisions publiques qui la prendront en compte (réglementation, soutiens financiers, politique économique, éducation et formation, ...).

Ainsi, pour les entreprises et les ménages, la SNBC peut constituer un document de référence sur la stratégie de l'État en la matière, avec notamment des indications utiles pour éclairer leurs choix d'investissements.

L'obligation de prise en compte

Plus précisément, la SNBC est opposable (uniquement pour le secteur public) par un lien de prise en compte – à l'exception du secteur énergétique pour lequel le lien est celui de la compatibilité.

En droit positif, l'obligation de prendre en compte impose de « ne pas s'écarter des orientations fondamentales sauf, sous le contrôle du juge, pour un motif tiré de l'intérêt de l'opération et dans la mesure où cet intérêt le justifie » (cf. CE, 9 juin 2004, 28 juillet 2004 et 17 mars 2010). Il en découle principalement que la SNBC ne peut être ignorée et que les écarts (points sur lesquels le document n'est pas compatible avec à la SNBC) ont vocation à être explicités et argumentés.

Dans le domaine énergétique, la loi institue des Programmations Pluriannuelles de l'Énergie (PPE), pour lesquelles est établi un lien de compatibilité, lien donc plus resserré que la simple prise en compte. Les PPE disposent toujours d'une marge d'appréciation pour développer et préciser le contenu de la SNBC, sans pouvoir toutefois prendre des mesures directement contraires à ses orientations et dispositions.

Pour en faciliter la lecture et l'appropriation, ces orientations et dispositions à prendre en compte ont été limitées en nombre et regroupées dans des § spécifiques au sein du chapitre 3 (en particulier pour la section 3.3 au sein des parties 2) et une synthèse récapitulative des points de suivi correspondant figure au chapitre 4.2. Elles visent notamment à respecter les budgets carbones et c'est donc aussi à travers elles que ces budgets sont prescriptifs.

Le champ de cette obligation, pour les acteurs publics

Sont spécialement concernés tous les documents de planification et de programmation qui ont des incidences significatives sur les émissions de gaz à effet de serre. C'est en particulier le cas dans les secteurs visés au chapitre 3 (transports, bâtiment et tertiaire, industrie, énergie, agriculture, forêt, déchets) ainsi que des planifications territoriales (notamment les schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires et les schémas régionaux de développement économique, d'innovation et d'internationalisation).

Sont également concernés les soutiens financiers des projets publics. Ces décisions se fondent dorénavant systématiquement, entre autres, sur l'impact du projet en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Les principes et modalités de calcul de ces évaluations seront définis dans le décret mentionné à l'article L.222-1 B du code de l'environnement.

Un processus itératif de révision

Tous les cinq ans la stratégie bas-carbone fait l'objet d'un cycle complet de révision. À cette occasion le périmètre couvert par les deux prochains budgets peut être ajustés si nécessaire (notamment au vu des engagements français au niveau européen en ce qui concerne le bilan net de carbone associé à l'usage des terres et à leurs changements). Cette étape comprend :

- l'avis du comité d'experts (article L. 145-1 du code de l'énergie) sur le respect des budgets carbone déjà fixés (le solde de celui qui se conclut, le respect prévisionnel des deux suivants) et sur la mise en œuvre de la stratégie bas-carbone en cours. Cet avis est transmis aux commissions permanentes de l'Assemblée nationale et du Sénat chargées de l'énergie et de l'environnement.
- Un rapport du gouvernement portant sur la révision de la stratégie bas-carbone, le projet de nouveau troisième budget carbone et d'ajustement éventuel du premier et du deuxième. Le rapport précise la façon dont les projets de budget carbone et de stratégie bas-carbone intègrent les objectifs mentionnés à l'article L. 100-4 du code de l'énergie, ainsi que les engagements européens et internationaux de la France. Le rapport évalue les impacts environnementaux, sociaux et économiques du budget carbone des périodes à venir et de la nouvelle stratégie bas-carbone, notamment sur la compétitivité des activités économiques soumises à la concurrence internationale, sur le développement de nouvelles activités locales et sur la croissance. Ce rapport est rendu public.
- l'avis du Comité National de la Transition Écologique et du comité d'experts.

- Un décret fixant la stratégie bas-carbone et les budgets carbone.
- Une présentation au Parlement de ces décisions, du bilan quantitatif du budget carbone achevé et de l'analyse des résultats atteints sur cette période écoulée.

Exceptionnellement le premier cycle a une durée de quatre ans. La première révision devra être publiée par décret d'ici le 1er juillet 2019. Ceci permettra de bien caler cette révision et les suivantes en première partie de la mandature parlementaire.

Un rapportage régulier

Tous les deux ans, un rapport à la Commission Européenne décrit les mesures mises en œuvre pour réduire les émissions de GES, évalue leur efficacité et décrit les perspectives de réduction des émissions à moyen terme, notamment au travers d'un scénario qui tient compte des mesures déjà mises en œuvre. Ce rapport est rendu public.

Chaque année, des rapports au Parlement font le point sur :

- les dépenses publiques de l'État qui relèvent de sa politique « climat » ;
- le financement de la transition énergétique, quantifiant et analysant les moyens financiers publics et évaluant les moyens financiers privés mis en œuvre pour financer la transition énergétique ainsi que leur adéquation avec les volumes financiers nécessaires pour atteindre les objectifs et le rythme de transition fixés par la loi. Ce rapport cible notamment les actions de maîtrise de la demande d'énergie, les mesures de promotion des énergies renouvelables ainsi que l'impact des consommations énergétiques sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et plus généralement sur l'environnement.

Ce dernier rapport est communiqué au Conseil national de la transition écologique et au Conseil économique, social et environnemental.

La prise en compte au fil de l'eau

Que ce soit dans le cadre de ces rapportages, ou dans le cadre du suivi propre aux politiques sectorielles, les indicateurs retenus dans la présente stratégie ont vocation à être actualisés et analysés régulièrement. C'est ainsi que la stratégie diffusera la cohérence d'ensemble de la politique climatique et qu'elle permettra d'atteindre les objectifs fixés, en donnant tous les moyens de se situer et en appelant aux ajustements nécessaires dans les politiques sectorielles et territoriales, lorsque des écarts à la trajectoire de référence seront constatés.

Ceci permettra en particulier d'optimiser progressivement la répartition de l'action d'atténuation entre les secteurs (partie 3.3) et les territoires (partie 3.2. viii), par itérations successives, en fonction des initiatives et de l'engagement des acteurs, en fonction de la mise en œuvre effective des mesures et de leur efficacité constatée, en fonction aussi des perspectives nouvelles que ne manqueront pas d'ouvrir régulièrement la recherche et l'innovation.

CHAPITRE 1 : D'OÙ VIENT-ON, OÙ PEUT-ON ALLER ?

1.1. Le chemin déjà parcouru

A. Evolution des émissions sur le territoire français depuis 1990

Aujourd'hui, parmi les pays développés, les émissions par habitant des Français sont parmi les plus faibles du monde. Pour 90% des pays développés (et un ensemble de pays représentant presque la moitié de la population mondiale) ces émissions par habitant sont plus élevées. Ceci témoigne de l'effort de décarbonation de l'économie déjà accompli en France, et qui sera encore à amplifier d'ici 2030 et 2050.

A la suite du premier choc pétrolier (1973), la France a pris conscience de la nécessité de modérer la croissance de sa consommation énergétique et de limiter sa dépendance aux importations pétrolières. En 1974 est créée l'Agence française pour les Économies d'Énergie. Les ménages et les entreprises sont alors largement sensibilisés à la « chasse au gaspi », avec un impact indéniable sur la structure de consommation de l'économie nationale puisque le taux d'intensité énergétique finale est passé de l'indice 100 en 1970 à 52 en 2013.

En parallèle a été conduit le programme électronucléaire, dont le déploiement à grande échelle a conduit à un passage d'un mix de production électrique produit à 85 % à partir de charbon et pétrole à un mix énergétique dans lequel les énergies thermiques ne représentent plus que 10 % environ de la production.

Si ces évolutions majeures lancées à la fin des années 1970 et au début des années 1980 se sont ensuite essoufflées du fait de la baisse du prix des hydrocarbures, connue sous le nom de « contre choc pétrolier », le souci de maîtriser la consommation d'énergie a refait surface à la fin des années 1990 (rapport du Commissariat Général du Plan sur la maîtrise de l'énergie, publié en 1998) suivi de politiques climatiques reprises dans les plans climat successifs.

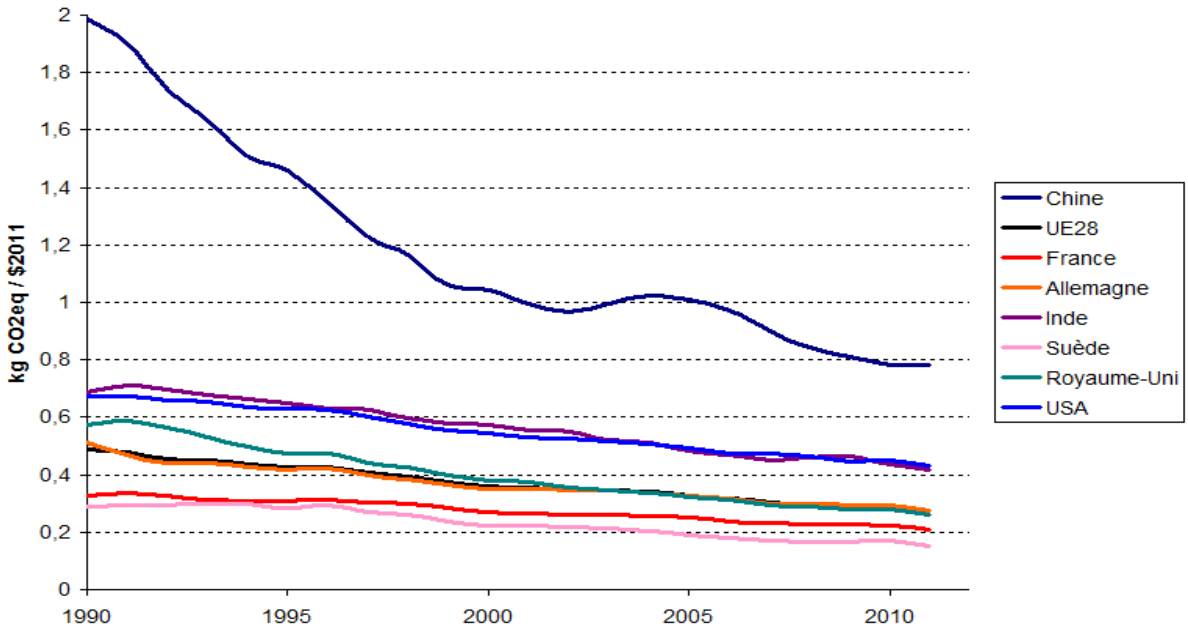


Figure 1.1 : Emissions de GES par unité de PIB (PPA). Sources : Emissions hors usage des terres (CCNUCC – sauf Chine et Inde WRI/CAIT) et PIB (Banque Mondiale)

Il en a résulté :

- le développement d'une économie devenue, parmi les pays développés, l'une des moins carbonées

- l'exploitation des gisements d'économie d'énergie les plus « faciles »,
- des politiques publiques dans tous les secteurs d'activité à plus ou moins brève échéance qui ont fait l'objet de plans nationaux et d 'indicateurs de suivi,
- une expérience de l'impact du signal « prix de l'énergie » et le besoin d'une politique plus structurée, puissante et continue de réduction des émissions,
- le développement des énergies renouvelables,
- une sensibilisation du public croissante.

Les émissions de GES en 2013 montrent une diminution de 10,8 % depuis 1990 (voir graphique ci-dessous) (CITEPA/MEDDE/version décembre 2015, périmètre Kyoto). En France, en 2013 : 74 % est du CO2, 12 % du CH4, 9 % du N2O et 5 % des gaz fluorés.

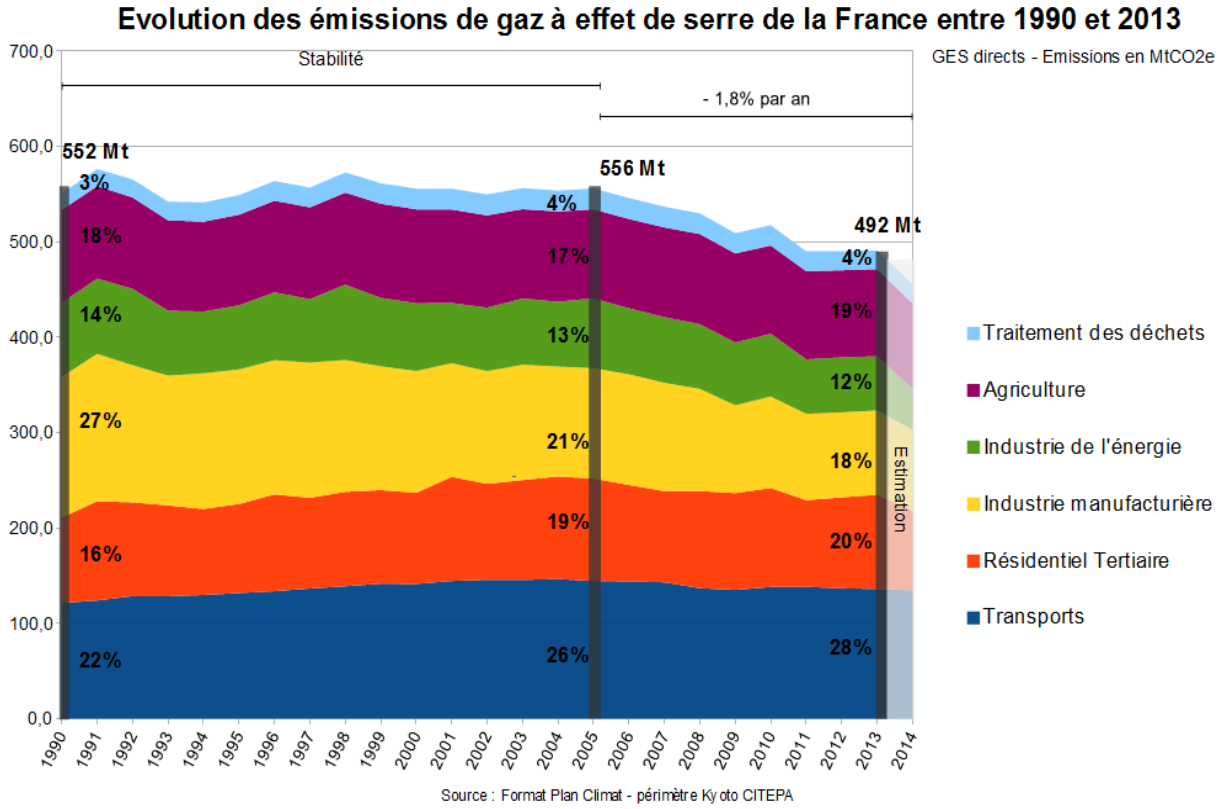


Figure 1.2 : inventaires d'émissions de gaz à effet de serre de la France (Format plan climat, périmètre Kyoto incluant la métropole et les départements et régions d'outre-mer). Source : CITEPA

Selon les secteurs d'activités, on observe parfois des variations inter-annuelles assez brusques notamment dans le secteur résidentiel, tertiaire mais également industriel. D'autres secteurs au contraire ont des tendances assez lisses : le transport et l'agriculture. Des variations annuelles importantes signalent une relation forte avec des paramètres à évolution rapide : par exemple le lien étroit entre les émissions du résidentiel et du tertiaire et la rigueur hivernale, ou encore les émissions industrielles fortement impactées par la mise en place de nouvelles technologies de productions ou de traitement des fumées ou par la crise économique. A l'inverse, les émissions du transport sont associées à une dynamique continue d'évolution des modes de vie, ponctuellement impacté par des hausses de prix (ex. 2009) mais globalement impactées sur du moyen terme par des politiques de rajeunissement du parc roulant ou des incitations à emprunter les transports en commun dont les effets sont visibles sur un plus long terme.

Afin de mieux analyser la relation entre les émissions de GES de la France et certains paramètres

endogènes mais également exogènes au calcul des émissions de GES, une étude a été confiée en 2015 au groupement CITEPA/CEREN. Les principaux résultats de cette étude sont présentés en annexe.

B. Emissions liées à la consommation en France

Les émissions de GES au niveau international sont comptabilisées par une approche territoriale, cependant d'autres approches se sont développées afin de tenir en compte dans le bilan national des émissions induites par la consommation sur le même territoire. C'est le cas de l'approche dite de l'empreinte carbone. Les deux approches sont complémentaires pour les réflexions à mener dans le cadre des politiques climatiques. L'empreinte carbone est traitée en tant qu'approche transversale dans le paragraphe 3.2.i

1.2. Prospective – leçons à tirer des exercices antérieurs

1. Quelques éléments structurants

La réflexion prospective intégrant les enjeux de réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre s'est développée fortement en France depuis le début des années 2000 (voir notamment les quatre premières référence bibliographiques en fin de document).

Plus récemment, la prospective énergétique et climatique a largement été débattue dans le cadre ou en lien avec le Débat national sur la transition énergétique (DNTE) qui s'est tenu de novembre 2012 à juillet 2013. Après examen d'un grand nombre de scénarios préexistants (16 au total), le Groupe des experts du DNTE a considéré qu'il était possible de rendre compte des principaux choix stratégiques à opérer en les illustrant par quatre « Trajectoires DNTE » représentant deux niveaux contrastés de demande d'énergie satisfaits chacun par deux modes contrastés de production d'énergie ou deux « bouquets énergétiques » (offre).

Dans tous les cas, le « signal prix » de la valeur du carbone, telle qu'elle est prise en compte dans l'économie sous-jacente aux trajectoires, est apparu comme déterminant sur les résultats, même s'il est nécessaire de procéder à une analyse plus détaillée. En effet le signal prix peut s'entendre au sens littéral – comme le résultat de la fiscalité notamment – ou bien il peut, dans les modèles, traduire l'effet d'autres changements d'une ampleur équivalente atteints par un ensemble de mesures non détaillées individuellement et de nature pas nécessairement fiscales, mais généralement réglementaires ou normatives.

Plus précisément, dans certains travaux, un bouquet de mesures et de changements de comportement ont été détaillés, illustrant l'importance potentielle des changements de comportement. Dans d'autres scénarios, moins prescriptifs en termes d'options retenues, la recherche des « gisements » d'atténuation des émissions a été exprimée en réponse à un « signal prix » de la valeur du carbone. Enfin, il est à noter que certains des scénarios privilégient les évolutions techniques, quand d'autres s'appuient plus fortement sur des hypothèses de changements de modes de vie.

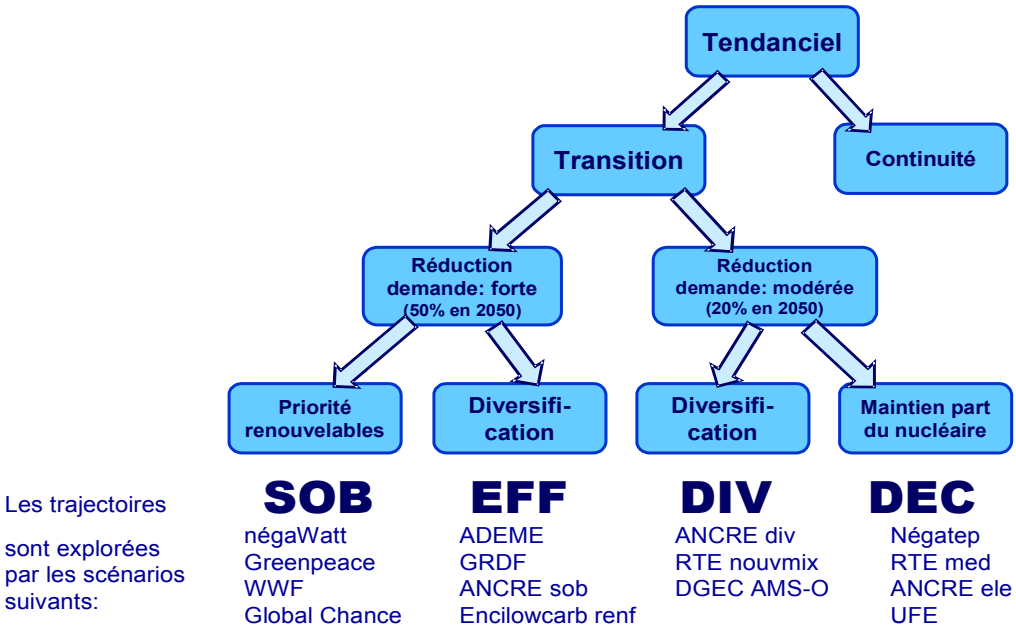


Figure 1.3 : Principe de caractérisation des quatre « trajectoires DNTE »

(source : groupe de travailGT2 « Scénarios et mix énergétique » du DNTE, juillet 2013)[1]

1 Certains des scénarios cités ne portaient pas tous sur les évolutions jusqu'à l'horizon 2050, ou ne

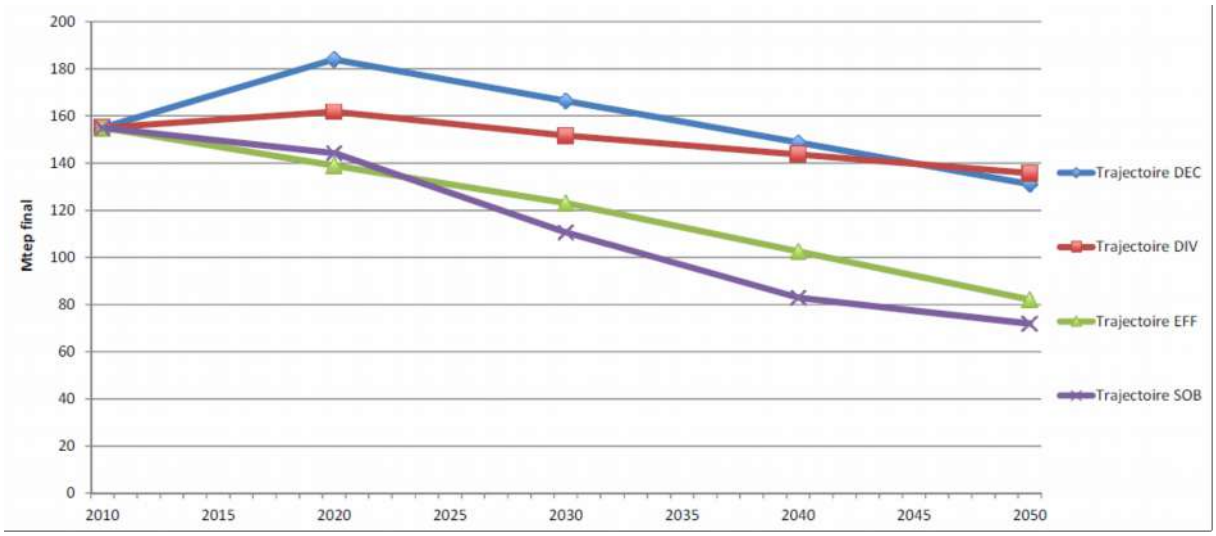


Figure 1.4 : Consommation finale énergétique selon les quatre « trajectoires DNTE »

(source : groupe de travailGT2 « Scénarios et mix énergétique » du DNTE, juillet 2013)

Les travaux qui portent sur l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre (Comité Trajectoires 2020–2050 : vers une économie sobre en carbone (2012), Vision ADEME pour 2030 et 2050, Negawatt, ...) apportent un éclairage préliminaire sur les réductions d'émissions envisageables dans les différents secteurs d'activité : une division par quatre de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 par rapport à 1990 pourrait supposer une réduction encore plus importante des émissions liées à la consommation d'énergie (dont la réduction devrait probablement plutôt être de l'ordre du facteur cinq), avec une réduction drastique des émissions industrielles et liées à la production centralisée d'énergie (facteur dix) et une réduction moindre des émissions de secteurs comme l'agriculture (pour lequel des évolutions considérables doivent malgré tout être mises en place pour diviser par deux les émissions).

2. Grille de lecture « pour les citoyens »

Une difficulté de l'approche par les scénarios est qu'elle est souvent difficile à comprendre par le grand public qui n'est ni expert de l'énergie, ni familier de la modélisation technico-économique. Le groupe de travail « scénarios et mix énergétique » du DNTE a eu une approche originale pour l'appropriation des scénarios par les citoyens en proposant une liste de critères susceptibles de faciliter la hiérarchisation des préférences. À cet effet, il avait été demandé au Groupe des experts du DNTE de qualifier les critères citoyens sous une forme que les « porteurs de scénarios » pouvaient traduire dans leur représentation puis apporter des réponses. Il est proposé ci-après une liste de critères légèrement amendée :

- Impact économique et macro-économique
  - Coûts et prix de l'énergie, économie et coûts des services énergétiques
  - Investissements (par secteur et filière, nature et profil temporel)
  - Emploi, filières professionnelles, trajectoires d'activité
- Impact environnemental
  - Gestion et économie des ressources (dont biomasse et terres)

portaient pas sur les évolutions de l'ensemble des GES. Il n'était donc pas tous conçus pour atteindre le facteur 4 tous GES. Pour autant, cette caractérisation par grande famille de trajectoires reste très instructive pour illustrer différents chemins envisageables s'inscrivant dans une dynamique de réduction majeure des émissions de GES.

  - Impacts sur la biodiversité et autres impacts environnementaux
  - Réduction des émissions de GES
  - Respect des engagements internationaux et nationaux, pour l'environnement global et local
- Impact social
  - Cohésion et justice sociales
  - Modes de vie
  - Autonomie territoriale et gouvernance des systèmes locaux
- Autres impacts
  - Impacts sur la santé, risques d'accidents, sûreté
  - Résilience et robustesse, réversibilité et flexibilité du système énergétique
  - Sécurité énergétique
- Faisabilité du scénario : aspects macro-économiques, sociologiques et technologiques

3. Suites à donner

Une telle analyse n'a pas été achevée dans le cadre du DNTE sur les quatre « Trajectoires DNTE » mais elle est esquissée dans la partie 2 de la présente stratégie sur la base des scénarios sous-tendant les budgets carbone. Elle contribue à l'identification d'indicateurs-clés, de conditions facilitatrices ou, au contraire, de freins (« lock-in » technologiques ou liés aux perceptions citoyennes, par exemple). L'analyse facilitera celle, ultérieure, des écarts entre les dynamiques supposées et réalisées pour différentes variables (émissions, consommation, etc.).

Enfin une étude sur les quatre trajectoires DNTE a été réalisée à l'issue du débat. D'une part elle a souligné le besoin de « bouclages » périodiques entre variables exogènes et résultats, pour assurer la cohérence d'ensemble. D'autre part elle recommande de définir, à partir des scénarios, une batterie d'indicateurs de suivi de la transition énergétique par rapport auxquels les politiques et les mesures envisagées pourront être caractérisées, suivies et pilotées.

CHAPITRE 2 : LE PROJET DE LA FRANCE

2.1. Les grandes options retenues

Le cap est donné par de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte et les engagements déjà pris par la France à l'horizon 2020 :

- - 14 % des émissions hors ETS en 2020 par rapport à 2005
- - 40 % en 2030 par rapport à 1990 (cet objectif relatif, identique à l'objectif moyen européen, montre que la France entend toujours faire partie des pays européens dont l'intensité GES est la plus faible à cet horizon)
- - 75 % en 2050 par rapport à 1990 (facteur 4)

Il s'inscrit donc en pleine cohérence avec la politique communautaire menée à l'échelle européenne.

Il s'agit en premier lieu de développer un nouveau mode de croissance, verte, durable. Au-delà des objectifs internationaux de la France et des budgets carbone, les politiques publiques devront aussi viser à **réduire de manière globale l'empreinte carbone**.

La loi pose également le **principe pragmatique d'une révision régulière du dispositif**, et notamment un processus quinquennal itératif d'évaluation et de révision des budgets carbone et de la présente stratégie.

L'approche est résolument équilibrée, visant à la fois :

Ambition et réalisme

Réduire nos émissions GES à 140 Mt, en une à deux générations, est un véritable défi. Cela nécessite notamment d'obtenir des réductions de l'ordre de 9 à 10 Mt équivalent CO2 par an en moyenne jusqu'en 2050. Cela suppose d'amplifier le rythme de réduction par rapport à la période 2005-2013, sans rogner sur le nécessaire développement économique de notre pays, ni simplement exporter nos émissions en délocalisant les activités les plus émettrices.

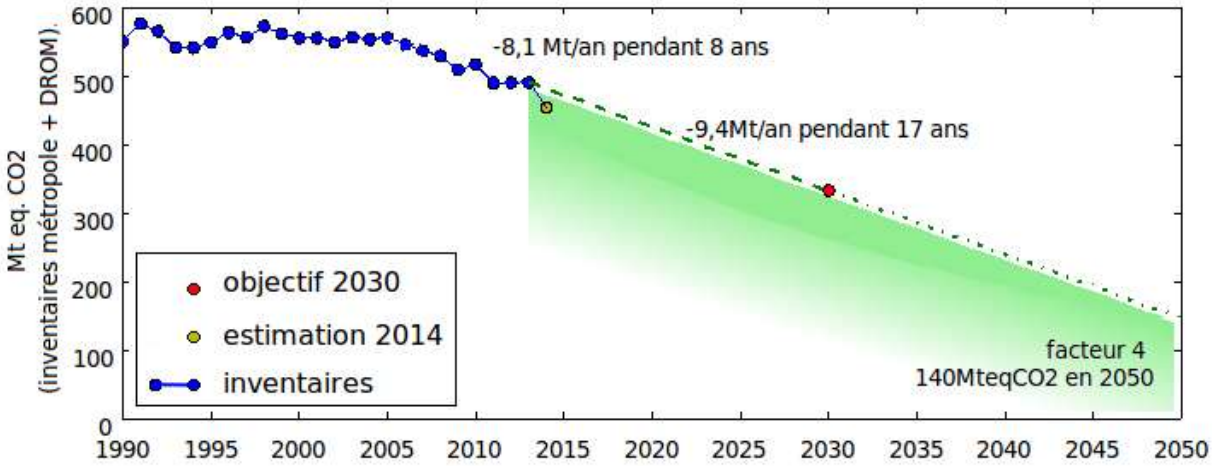


Figure 2.1 : inventaires des émissions de gaz à effet de serre (1990-2013), inventaires par approximation (2014) pour la métropole et les départements et régions d'outre-mer et objectifs d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre de la France aux horizons 2030 et 2050. Source : CITEPA et MEDDE/DGEC

Un large ensemble de secteurs économiques sont potentiellement concernés. Les besoins d'investissements sont massifs et il est nécessaire de revisiter en profondeur certains modes de production et de consommation. La quantification des enjeux est donc indispensable, à l'échelle

macroéconomique (nationale) comme micro-économique (tel que vue par les entreprises et les ménages), qui devra se prolonger dans un suivi économique d'ensemble.

Pour autant les différents travaux de prospective montrent que c'est possible. Si la présente stratégie fixe le cadre général, l'analyse des scénarios montre que le champ des possibles est très large et qu'il y aura beaucoup d'arbitrages à rendre à l'avenir dans les différents secteurs sur la façon de procéder, et ce d'autant plus que de nouvelles opportunités ne manqueront pas d'apparaître grâce à l'évolution des techniques et des coûts.

Justice internationale

Avec ce niveau d'ambition, la France prend ses responsabilités dans la lutte contre le changement climatique et appelle les autres États à faire de même, en assumant le principe déjà approuvé d'une action proportionnée aux responsabilités communes mais différenciées des différents pays – y compris du point de vue de la responsabilité historique – et tenant compte de leur capacité relative à agir, notamment économique.

En effet, d'après le rapport du Programme des Nations Unies pour l'Environnement de novembre 2014 sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction d'émissions (UNEP Gap Report), si les objectifs que se fixeront l'ensemble des pays pour les décennies à venir permettent d'obtenir des émissions par habitant similaires à l'échelle mondiale aux horizons 2030 et 2050, cela nous placerait dans la médiane des scénarios compatibles avec les 2°C.

Le pilotage de la démarche prévoit également une attention forte à porter aux impacts sociaux et redistributifs, développés notamment en partie 5.2 ii).

Diversité des options technologiques

Il s'agit de mettre en œuvre les leviers de l'économie verte et notamment les quatre grands piliers que résume ainsi la banque mondiale : la sobriété énergétique dans tous les secteurs ; le recours à des énergies décarbonées dans le transport, le chauffage et l'industrie ; le renforcement des puits de carbone naturels et des productions bio-sourcées; la décarbonation du mix électrique.
Par exemple, dans le domaine des énergies renouvelables, le principe est de n'écarter aucune technologie. Diffuser largement les technologies les plus matures permet de transformer le mix au moindre coût, pendant que continuer à développer celles qui sont à un stade moins avancé prépare l'avenir et nous place dès aujourd'hui en bonne position sur ces marchés de demain. Cette approche robuste permettra de s'adapter aux inévitables imprévus et valorise toutes les formes de ressources naturelles disponibles sur notre territoire, y compris dans les Outres-Mer (solaire, éolien, biomasse, géothermie, diverses formes d'énergies marines, etc.).

Création de richesses et d'emplois durables

Cette transition vise non seulement à réduire notre empreinte carbone en valorisant les co-bénéfices associés, pour l'économie et notre environnement, mais plus encore à faire de l'adaptation à la contrainte carbone le levier d'un nouveau mode de croissance ; plus juste ; plus durable ; plus riche en emplois mieux qualifiés, mieux répartis dans les territoires et non délocalisables ; plus conforme aux attentes de nos concitoyens.

Ainsi, le développement d'une économie bas-carbone permettra à la France :

- d'être moins dépendante des énergies fossiles importées, réduisant ainsi sa facture énergétique et son empreinte carbone
- de soutenir la croissance et ainsi d'avoir un PIB plus important que dans un scénario tendanciel tout au long des deux prochaines décennies
- d'augmenter les emplois (de l'ordre de +100 000 à +350 000 emplois supplémentaires en moyenne entre 2015 et 2035)

En pratique, il en résulte que si cette stratégie embrasse tous les instruments d'action dont dispose l'État pour relever le défi climatique, l'action purement régalienne – notamment normative, réglementaire et fiscale – ne doit pas faire oublier qu'une des priorités reste de donner aux acteurs de terrain que sont les entreprises, les ménages, les intercommunalités les moyens de développer et amplifier les nombreuses initiatives en cours.

2.2. Le scénario de référence

Construction du scénario de référence

Ce scénario, compatible avec les objectifs fixés par la loi, s'inspire très directement des travaux de modélisation évoqués à la partie ci-après décrivant les budgets carbone. Ont été intégrés différents leviers sectoriels, correspondant eux-mêmes à la mobilisation d'une combinaison illustrative de mesures visant à être en phase avec les objectifs d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre de la France aux horizons 2030 et 2050.

Ce scénario a été conçu sous l'égide d'un comité de pilotage, rassemblant des experts ministériels et sectoriels. Ce comité de pilote était co-présidé par les services du MEDDE (DGEC et Commissariat Général au Développement Durable - CGDD) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME). Le secrétariat de ce groupe a été assuré par le département de lutte contre l'effet de serre, qui fait partie de la direction générale de l'énergie et du climat. Ce comité de pilotage a été réuni dans une formation transversale et sous forme de comités sectoriels (énergie, transport, bâtiment, industrie, déchets, agriculture, forêt) lors des étapes où cela s'avérait utile. Tout au long du travail, c'est à dire dès l'étape de détermination des hypothèses et jusqu'à la présentation des résultats finaux, 6 réunions d'un Comité d'Information et d'Orientation (CIO) ont permis d'impliquer des représentants de la société civile dans les choix de modélisation et d'échanger avec eux sur les résultats obtenus. L'ensemble des organisations représentées au Comité National de la Transition Écologique (qui rassemble des représentants des salariés et des employeurs, des représentants des consommateurs, des ONG environnementales, des collectivités territoriales et des parlementaires) ont été invitées à prendre part à ce CIO.

Le scénario a été construit par itérations successives, en déterminant d'abord la liste des politiques et mesures déjà décidées et mises en œuvre avant le premier janvier 2014, auxquelles ont été ajoutées les mesures faisant partie du projet de loi de transition énergétique pour la croissance verte facilement modélisables, et des dispositions et évolutions complémentaires permettant d'atteindre l'ensemble des mesures de la loi. Par ailleurs, de nombreux tests de sensibilité ont permis de documenter des incertitudes sur l'effet de certains leviers et d'arrêter le niveau de mobilisation retenu dans les différents scénarios, sur la base des échanges en comité d'information et d'orientation. Des indications sur les grandes options retenues sont présentées ci-après.

Portée du scénario de référence : illustration des grandes orientations retenues

Ce scénario illustre l'ampleur des efforts à accomplir ainsi que les transformations et co-bénéfices attendus. Il n'est pas normatif et constitue avant tout une référence pour aider à se situer.

En effet, l'analyse comparative coût-efficacité des mesures, entre les secteurs comme au sein d'un même secteur, ainsi que la prise en compte des questions d'équité, de compétitivité et d'acceptabilité, qui seraient utiles pour affiner et prioriser ces mesures, doivent être poursuivies et approfondies, notamment dans le cadre des planifications ou programmations sectorielles ou territoriales. Les chiffres et mesures sectorielles indiqués ci-après ont donc vocation à être précisés et modifiés autant qu'il sera nécessaire, dans ce cadre des politiques sectorielles et territoriales, et dans le respect du cap général qui est fixé par les budgets carbone et les orientations de long terme.

Le scénario ne constitue donc pas un plan d'action.

Il dresse un tableau transversal, concret et nécessairement simplificateur, sans prétendre au diagnostic fin du meilleur chemin pour atteindre les objectifs de chaque secteur.

Cela étant dit, au-delà de sa fonction générale d'illustrer le futur, il a servi à la construction des indicateurs sectoriels, qui permettront de mettre en place un suivi désagrégé des déterminants des émissions de CO2. Ces indicateurs portent sur l'ensemble des secteurs couverts et devront être suivis et pris en compte dès le début de la période couverte par le budget. Ils sont précisés dans les différents chapitres de la partie 3 et sont récapitulés dans une synthèse en conclusion (partie 4).

Ce scénario prospectif a servi à la construction des budgets carbone (cf. 2.3. Les budgets carbone), qui eux sont définis par décret.

Enfin ce scénario a servi à l'évaluation macro-économique de la stratégie.

Description du scénario de référence

Cette partie décrit les principales orientations et mesures prises en compte dans le scénario de référence, à partir duquel les budgets carbone et une partie des orientations sectorielles de la stratégie ont été élaborés.

Cadrage macro-économique :

Selon les recommandations de la Commission Européenne, le cadrage macro-économique pour la France est le suivant :

- Pour la période 2016-2020, le PIB augmente en moyenne chaque année de 1,6%, de 1,9 % pour 2021-2025, de 1,7 % pour 2026-2030 et 1,6 % pour 2031-2035.
- La valeur ajoutée industrielle progresse en moyenne par an de 1,6 % entre 2016 et 2020, de 2,0 % pour 2021-2025, de 1,5 % pour 2026-2030 et de 1,3 % pour 2031-2035.
- La population croît pour atteindre 72 millions d'habitants d'ici à 2035.
- Les prix internationaux des énergies fossiles augmentent en moyenne chaque année de 1,9 % pour le pétrole, de 1,8 % pour le charbon et de 2,2 % pour le gaz entre 2010 et 2035 (données WEO (2012) « New policy Scenario »).

Dans les transports :

À moyen terme (horizon 2030 - 3035), ont été pris en compte :

- un renforcement de l'efficacité des véhicules routiers (véhicules particuliers + petits véhicules utilitaires légers et les poids lourds). Pour les véhicules particuliers et petits véhicules utilitaires légers, les consommations moyennes des véhicules neufs sont supposées en 2030 de 2l/100km.
- le développement des véhicules hybrides rechargeables (de l'ordre de 2,5 millions en 2030), électriques (1,9 millions en 2030) et roulant au gaz (pour ces derniers, les parts de marché en 2030 atteignent 5 % pour les véhicules utilitaires légers, 2,5 % pour les poids lourds et 1 % pour les véhicules particuliers).
- des mesures sur le transport de marchandises : report modal (20 % du fret est non routier en 2030) et optimisation accrue (le taux de remplissage moyen passe de 7,5 tonnes à 8,7 tonnes en 2035 (soit une augmentation de 16 %) via des démarches volontaires ou les plans d'actions demandés aux chargeurs à l'art. 12 du PLTECV).
- la part des transports publics dans la mobilité courte distance est en augmentation, soutenu

notamment par de nouvelles infrastructures (développement de près de 2000km de transports en sites propres en province (tramways et bus à haut niveau de service) et prise en compte du projet du Grand Paris. Des variantes ont notamment été modélisées afin de documenter l'impact d'investissements d'ampleurs variables dans ces infrastructures de transports.

- de nouveaux comportements ayant des impacts baissiers sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports : 10 % des jours sont télé-travaillés en 2030. Le développement du covoiturage via notamment les plans de déplacement entreprises permet une augmentation du taux d'occupation des véhicules particuliers (de 1,8 à 2 personnes en moyenne par véhicule en 2030). La part des modes doux (marche et vélo) qui était en 2008 de 2,7 % (en nombre de déplacements dans les transports de courte distance) atteint 12,5 % en 2030. L'éco-conduite contribue également à la réduction de la consommation et des émissions.
- la réduction des vitesses de circulation sur les réseaux interurbains permettant une diminution de 3 % de la consommation de l'ensemble du secteur.

A plus long terme (horizon 2050), si les transports en commun voient leur part de marché nettement renforcée, spécialement pour les marchandises, le transport routier devrait rester de très loin le mode de déplacement privilégié des Français. En revanche le parc de véhicules devrait être radicalement transformé et constitué de voitures légères consommant moins de 2l/100 km, composées de matériaux recyclables et principalement biosourcés, fonctionnant à l'électricité ou des carburants eux aussi biosourcés.

Dans le résidentiel :

A moyen terme, ont été pris en compte :

- pour la construction :
  - le respect de la RT2012 entre 2015 et 2020 et de la RT2020 à partir de 2021.
  - un rythme annuel de constructions neuves à hauteur de 330 000 (dont 130 000 logements sociaux) entre 2015 et 2016 et entre 2022 et 2035 et à hauteur de 500 000 (dont 196 000 logements sociaux) entre 2017 et 2021. Des variantes ont également permis d'isoler l'effet de cette mesure dont l'objectif est social et ne constitue pas un axe de la politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la France et de mesurer les effets de l'étalement de cet objectif de construction de 850 000 logements supplémentaires sur 20 ans. Ainsi, si on retirait la mesure « 500 000 logements neufs entre 2017 et 2021 » du scénario de référence, les investissements dans le bâtiment baisseraient de 17 milliards d'euros entre 2017 et 2019, 26 milliards d'euros en 2020 et de 22 milliards d'euros en 2021.
  - la lutte contre l'étalement urbain au travers notamment de la densification de l'espace et d'une certaine maîtrise de la superficie des logements construits. On accorde en proportion, une place plus importante à la construction de logements sociaux.
- pour la rénovation :
  - des mesures incitatives (type CIDD, EcoPTZ, aides ANAH, EcoPLS) jusqu'en 2035.
  - l'obligation de rénovation thermique lors de travaux importants.
  - l'effet de l'ensemble des mesures d'accompagnement des usagers (plate-formes territoriales, passeports, tiers financement, fonds de garantie pour les prêts « rénovation énergétique pour les ménages modestes et les copropriétés », déploiement des TEPCV et le renforcement de CEE au travers d'une troisième période prolongée jusqu'en 2035),

qui est représenté par une amélioration de la qualité des rénovations.

- Schématiquement, le parc résidentiel en 2030 est tel que 59 % a atteint un niveau de consommation « moyen », 41 % a atteint un niveau « performant ».
- Cela correspond à un renforcement très significatif du nombre de rénovations lourdes dans le parc (plus de 600 000 par an dans le scénario), sans changer le nombre de logements faisant déjà l'objet d'un geste de rénovation susceptible d'impacter ses performances énergétiques (de l'ordre de 2 millions par an dans le scénario, soit un niveau similaire à celui constaté aujourd'hui). Compte tenu du caractère structurant de ce levier d'action et de la dépendance des effets macroéconomiques obtenus aux types de mesures mis en œuvre, des tests de sensibilité ont notamment permis d'étudier l'impact du niveau de recours à l'emprunt retenu par les ménages pour financer ces rénovations.

A long terme, l'habitat est plus dense et très sobre en énergie – généralisation du bâtiment ou du quartier à énergie positive ; intelligent avec un pilotage des consommations électriques et recharges de batteries domestiques qui est fonction de la météo et de la consommation du voisinage ; l'isolation thermique des bâtiments assure naturellement un confort d'été qui évite le recours à la climatisation malgré des températures estivales élevées ; les modes constructifs et les matériaux utilisés permettent de réduire les émissions associées à toutes les étapes de la vie des bâtiments (y compris au cours de leur construction ou de leur rénovation).

Dans le tertiaire :

A moyen terme, ont été pris en compte :

- le respect de la RT2020 pour certains bâtiments publics avant 2020 et pour tous les bâtiments à partir de 2021. La mise en œuvre du décret tertiaire pour les bâtiments de plus de 1000 m² est supposée conduire à la rénovation de 29 % du parc en 2030. L'évolution des comportements permettrait des gains de consommation sur le chauffage et la climatisation de 10 %. Un test de sensibilité a permis de documenter l'impact tant sur les émissions de gaz à effet de serre que budgétaire d'un rythme de rénovation plus faible du parc tertiaire.
- Dans tous les bâtiments, la consommation d'électricité spécifique est supposée baisser de 15 % en 2030.

A long terme, les bâtiments ont a minima les mêmes niveaux de performance que dans le résidentiel. En outre la récupération de chaleur perdue est une pratique généralisée.

Dans l'industrie :

A moyen terme, l'amélioration de l'efficacité (grâce aux investissements suites aux audits énergétiques) conduirait à une baisse de près de 20 % de la consommation énergétique en 2030. Un test de sensibilité est venu explorer l'impact de progrès d'efficacité énergétique dans le secteur plus faibles qu'escomptés, tant au niveau économique qu'en termes d'impact sur les émissions de GES. L'augmentation du recyclage (aluminium, verre et papiers cartons) et la récupération d'une partie de la chaleur fatale (10 TWh en 2030) contribuent aux résultats sur ce secteur.

Dans le secteur des biens de consommation :

A moyen terme, se systématisent la valorisation des biodéchets des gros producteurs, le tri et le recyclage des flux de verre, papier-carton, plastique, métaux, bois ; la valorisation des refus de tri et des déchets organiques ménagers. Les filières REP existantes et l'extension des consignes de tri des emballages se développent. Dans les décharges, le taux de captage du biogaz passe de 38% en 2010 à 70% en 2030. Le taux de valorisation du biogaz capté passe lui de 59 % à 80 %.

A long terme, des labels de qualité permettent aux consommateurs d'acquérir des produits

manufacturés de qualité, à longue durée de vie d'une part, et biosourcés d'autre part. Dans les deux cas, ils sont largement recyclables et valorisables. Les marchés de seconde main sont très actifs. La réparation est un secteur économique majeur, très structuré, avec une forte composante numérique et logistique : une nouvelle révolution industrielle.

L'économie du recyclage permet une action dorénavant efficace de limitation de la mise en décharge des déchets ultimes et stabilisés.

Dans le secteur agricole :

A moyen terme, sont pris en compte les effets attendus d'une poursuite et d'un renforcement des politiques actuelles (Politique Agricole Commune, renforcement du soutien à l'élevage, plan Ambition bio, plan protéines,...), ainsi que les effets d'un projet agro-écologique déployé à grande échelle.

Le scénario s'appuie sur plusieurs évolutions clef pour l'agriculture française :

- l'artificialisation des sols agricoles est fortement ralentie d'ici 2035 ;
- les assolements évoluent avec notamment une progression importante des légumineuses (en lien avec l'alimentation animale), de l'agriculture biologique et d'itinéraires bas-intrants (en particulier efficients et sobres en azote minéral) ;
- les élevages améliorent leurs performances, en s'appuyant notamment sur l'ajustement des rations, la préservation des prairies (et en particulier des prairies permanentes) et la méthanisation ;
- des pratiques favorables au stockage de carbone sont mises en œuvre, et notamment le développement de l'agroforesterie, ainsi que le maintien voire l'implantation de haies, à la fois dans les zones d'élevage et de culture ;
- pour l'ensemble des productions, l'efficacité énergétique est significativement renforcée (économies d'énergie et production d'énergies renouvelables).

La réalisation de ce scénario implique des évolutions fortes à l'échelle des entreprises agricoles mais également des filières et territoires. Ces évolutions se construisent dans le sens d'un renforcement de la compétitivité de l'agriculture française et des filières amont et aval, en particulier via la diversification des débouchés des denrées agricoles et l'adéquation aux marchés.

A long terme, l'agriculture contribue de manière significative à la réduction des émissions de gaz à effet de serre au travers de quatre piliers :

- les intrants sont utilisés avec une efficience maximale et proviennent majoritairement de filières de l'économie circulaire (engrais organiques – avec notamment une généralisation de la méthanisation, co-produits pour l'alimentation du bétail, utilisation d'eau optimisée, biocarburants de 2nde génération,…),
- les pratiques agroécologiques, visant en particulier à limiter les pertes en azote et à accroître les stocks de carbone des sols, sont généralisées (techniques sans labour, couverture permanente des sols, généralisation des haies en bordure de parcelles, agroforesterie…),
- l'usage de nouvelles technologies et du numérique est accessible au plus grand nombre, permettant un pilotage plus fin des entreprises et l'accroissement des performances, notamment au travers de l'agro-équipement et des bâtiments du futur,
- l'agriculture participe aux côtés de la forêt à l'essor de la bioéconomie, les produits bio-sourcés correspondant se substituant aux ressources fossiles**.**

Cette transition sur ces quatre piliers doit intégrer de même l'indispensable adaptation aux évolutions climatiques (variétés, gestion de l'eau, risques…) et la préservation de la capacité de production et de la compétitivité de l'agriculture française. Pour réaliser ce scénario, les

entreprises et filières associées à l'activité agricole (fourniture, production, transformation, commercialisation) se sont transformées, via une amélioration de leur cohésion, ainsi que de leurs performances sociales, économiques et environnementales. Ces améliorations visent notamment une meilleure adaptation de l'offre à la demande des différents marchés (locaux, nationaux, européens, pays tiers), à l'évolution des comportements alimentaires et aux attentes sociétales. Les synergies et usages en cascade dans les nouvelles filières de la bioéconomie permet une plus grande diversification des débouchés des produits agricoles (alimentaires, non alimentaires) et un usage optimisé des ressources.

Dans le secteur forestier :

Est pris en compte une mise en gestion des peuplements actuellement non, ou insuffisamment, valorisés, en renforçant la multifonctionnalité des espaces forestiers et en assurant la haute qualité environnementale des filières développées.

Rappel : ce scénario de référence n'est pas prescriptif, mais indicatif. Il est décrit ici essentiellement à des fins pédagogiques, ainsi que pour être transparent sur la méthode qui a permis d'établir les budgets carbone.

Sa portée juridique et pratique est précisée dans un encadré en tête de chapitre 2.2.

3. RECOMMANDATIONS DE POLITIQUES PUBLIQUES

3.1. Les instruments à mobiliser : enjeux et complémentarités

L'élaboration de scénarios sectoriels, traduits en budgets carbone indicatifs, constitue la première étape pour construire une stratégie nationale bas carbone. Elle permet de cerner les contraintes et enjeux, d'appréhender les transformations structurelles de comportements et de modes de production à réaliser et les chemins possibles pour y parvenir.

L'étape suivante consiste à mettre en œuvre une combinaison appropriée d'instruments pour enclencher ces transformations.

L'architecture des instruments

Pour réguler des émissions diffuses, l'intervention publique doit plutôt être conçue comme « incitative » ou « responsabilisatrice », faisant levier sur les acteurs privés, mais laissant à chacun sa liberté de choix dans un cadre régulé et le responsabilisant aux conséquences de ses choix pour la société et les générations futures. On oriente ainsi les comportements de consommation et d'investissement.

Le schéma ci-dessous propose une vue d'ensemble, distinguant les deux grands types d'intervention possibles, que sont :

- d'une part, l'internalisation de la valeur du carbone dans les comportements ;
- d'autre part, la suppression ou la réduction des obstacles à la décarbonation de l'économie.

Objectifs et instruments des politiques publiques d'une stratégie bas-carbone

Internaliser la valeur du carbone dans les comportements	*Lever les obstacles à la décarbonation de l'économie*
Etablir la vérité des prix: écofiscalité ou marchés de permis sous plafond global	**Assurer l'acceptabilité des politiques:** compensations et mesures d'accompagnement
Supprimer les subventions dommageables	**Développer l'information:** nudges, labels et RSE
Favoriser les comportements verts: - normes - subventions et crédits d'impôts - certificats d'économies d'énergie - marchés publics	**Permettre la transformation de l'économie** -RetD, infrastructure, réseaux -formation professionnelle -qualité de la réglementation -instruments de financement

En ce qui concerne l'internalisation de la valeur du carbone, ce cadre souligne notamment la nécessité d'établir des prix appropriés par rapport aux émissions de gaz à effet de serre, pour inciter à les réduire et rémunérer les investissements permettant de les éviter. La mise en place d'une assiette carbone dans la fixation de la taxe intérieure sur la consommation d'énergie pour orienter les émissions diffuses dans le cadre de la loi de finances de 2014 répond à ce cahier des

charges. **La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte établit pour cette composante carbone la cible de 56 € en 2020 et de 100 € en 2030** (en €2015)**.** Ce type d'instrument nécessite de traiter la question de la précarité énergétique et l'impact redistributif de l'augmentation des prix énergétiques. La France soutient par ailleurs activement les propositions de réforme du marché européen de quotas CO2, pour en restaurer l'efficacité. La fixation des valeurs de référence (« valeur tutélaire du carbone ») pour guider les choix et dimensionner les trajectoires du signal-prix est un élément fondateur. L'état de l'art en ce domaine, associé au rapport Quinet, sera rappelé ci-dessous.
Par ailleurs, il est important de souligner, qu'à titre complémentaire, d'autres instruments sont à mobiliser comme les marchés de certificats, les normes (de résultats ou de moyens) et les soutiens budgétaires ou fiscaux[2].

L'un des obstacles à la décarbonation est certainement la faible « appropriabilité » des bénéfices collectifs des réductions d'émissions de gaz à effet de serre auxquels chaque personne peut contribuer. Les agents n'intègrent pas spontanément les enjeux environnementaux dans leurs comportements. Le rôle des politiques d'information est donc essentiel.
Certains investissements de décarbonation peuvent également ne pas bénéficier suffisamment à leurs promoteurs pour être finançables spontanément. Il est ainsi nécessaire lever les éventuelles contraintes d'acceptabilité, liées au pouvoir d'achat ou à la préservation de la compétitivité immédiate.
En matière de financement, les marchés sont imparfaits, rendant parfois difficiles le montage de projets de long terme. Le fort degré d'incertitudes (environnementales, économiques, réglementaires) peut soulever des difficultés de valorisation du risque et détourner les investisseurs. De plus, les modifications des comportements sont souvent conditionnées par la disponibilité de différents actifs (infrastructures, R&D, capital humain, etc).

Ainsi, à titre d'exemple, l'enjeu de la rénovation énergétique dans le bâtiment requiert une combinaison d'instruments pour :

- informer des gains d'économie d'énergie possible
- rendre les gains d'économie d'énergie appropriables (notamment en les affectant ou en les partageant efficacement entre propriétaires et locataires, ou au sein des copropriétaires) et finançables (aides financières ou sécurisation de l'accès au crédit),
- intégrer les dimensions sociales (de précarité énergétique),
- professionnaliser les filières pour maîtriser les coûts et assurer l'émergence de modèles privés[3].

La prise en compte de l'ensemble de ces dimensions appelle des cadres de politiques publiques cohérents.

Le cadre d'action élaboré par l'OCDE pour « l'investissement vert » est un exemple d'approche générale, qui décline les différents instruments pouvant être considérés dans le cadre de l'élaboration ou de la mise en œuvre d'une stratégie bas-carbone (il est aussi important en soi, car l'investissement vert constitue un facteur-clef de la transition énergétique).

2 « Outils pour la mise en place d'une croissance verte », OCDE, 2011 ; et « La croissance verte, principes et instruments de politique économique », CEDD, 2014.

3 « La rénovation énergétique des bâtiments. Politiques publiques et comportements privés ». CEDD, avril 2013.

Cadre d'action pour l'investissement vert (*d'après Corfee-Morlot et al., 2012*)	
1- Fixation des objectifs stratégiques et cohérence des politiques	-Politiques stables, lisibles et prévisibles -Mettre en cohérence les objectifs à tous les niveaux -Mobiliser le secteur privé
2- Permettre l'appropriabilité du rendement de l'investisement vert	-Mettre en place un prix du carbone -Supprimer les subventions aux combustibles fossiles -Efficacité énergétique
3- Permettre le financement	-Régulations financières favorables aux investissements de long-terme -Subventions ciblées (avec diminution prévisible) -Finance publique pour faire levier (prêts, garanties, obligations vertes)
4- Mobiliser les ressources et capacités	-Soutien à la RetD pour les technologies vertes -Développement des capacités en appui à l'innovation bas-carbone -Etudes de vulnérabilité
5- Promouvoir les comportements verts	-Politiques d'information -Sensibilisation des consommateurs -Reporting des entreprises, RSE

Il montre la nécessité de disposer d'un cadre stratégique lisible et de politiques stables.
Les instruments économiques peuvent être mis en œuvre de manière complémentaire pour cibler les gisements ayant des horizons d'action et besoins en ressources différents.

HORIZON DES ACTIONS	RESSOURCES NÉCESSAIRES	CHOIX DES SOLUTIONS	CHANGEMENT REQUIS
0-1 AN	Requièrent de la volonté, des subventions	Déjà validées ailleurs, émergentes	Maillage local, démarche pionnière
1-5 ANS	Requièrent du capital	Requièrent des compétences	Enjeux de coordination public/ privé ou entre territoires
5-10 ANS	Requièrent de la R&D	Requièrent des changements d'usages	Nouveaux modèles économiques ou sociétaux ?

Analyser les échelles de temporalité

(source : Repenser les villes dans la société post-carbone, CGDD (2013))

A titre d'exemple, l'adaptation à un nouveau signal-prix peut nécessiter de nouvelles infrastructures dans les domaines de l'énergie et des transports, avec des extensions de réseaux déjà existants, tels que ceux de transports collectifs, mais aussi de nouveaux réseaux (pour la capture et le stockage du carbone, la recharge de véhicules électriques,…), ou encore l'adaptation des réseaux existants à leurs nouvelles conditions de fonctionnement (adaptation au changement climatique) ou aux possibilités offertes par de nouvelles technologies (NTIC).

La stratégie bas-carbone doit ainsi combiner différents instruments de manière cohérente, en évitant les chevauchements (notamment pour les instruments d'intégration de la valeur carbone), et en les diversifiant (notamment quand il faut alléger des conflits d'objectifs entre court et long-terme de l'action publique).

3.2. Recommandations transversales

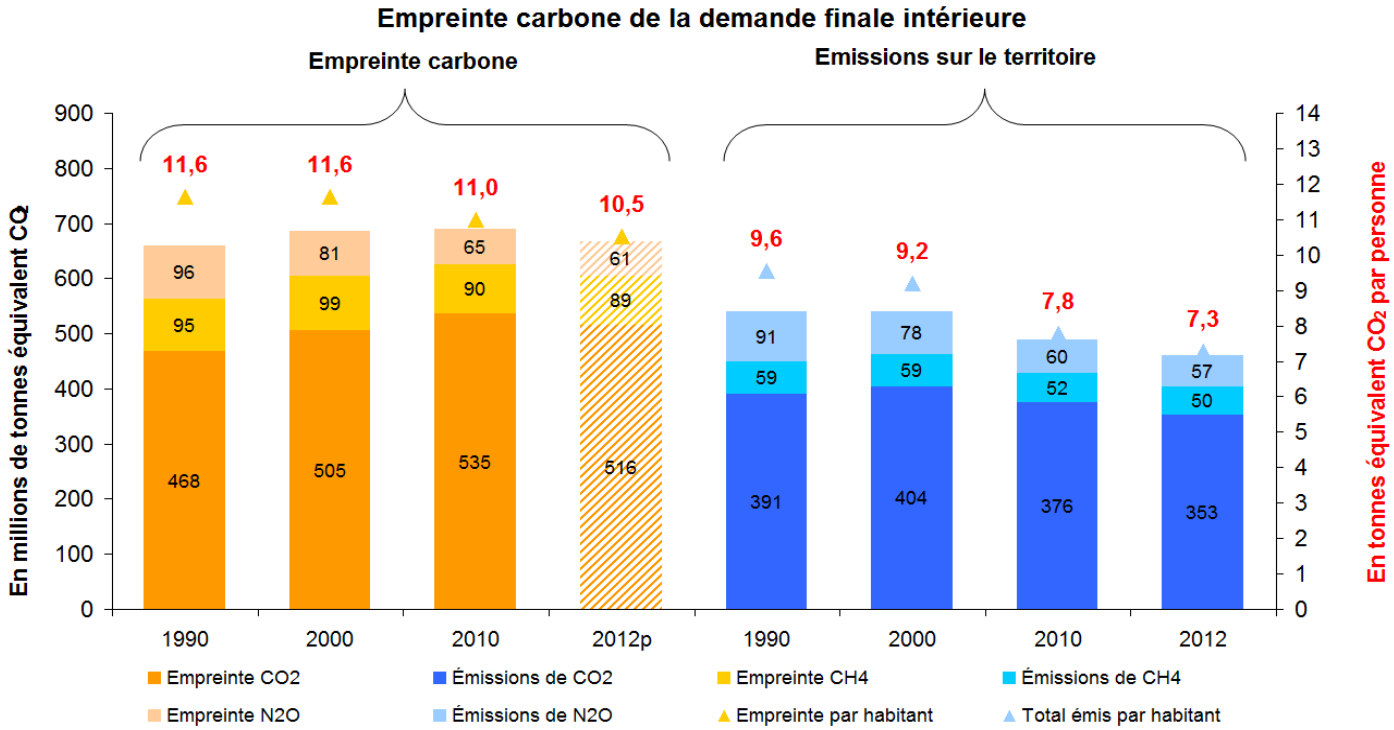
i. Empreinte carbone

1. De quoi parle-t-on ?

Pour schématiser, la difficulté est celle de l'affectation des émissions dans le cas de l'import/export : où impute-t-on les émissions induites par la production et le transport d'un bien manufacturé *produit* dans un pays et *consommé* dans un autre ?

Les deux approches, que sont la méthode des émissions territoriales et celle des émissions de la consommation, ont chacune leur intérêt et sont donc complémentaires :

- la méthode des **émissions territoriales** privilégie le lieu de *production*. C'est l'approche la plus ancienne et celle qui prévaut dans les accords internationaux, notamment retenue lors de l'élaboration des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Elle correspond en effet à la responsabilité juridique des États (responsables des modalités de production sur leur territoire) qui ont donc pu contracter des engagements en la matière. **C'est donc la méthode retenue dans les budgets carbone.**
- la méthode des **émissions de la consommation** – ou de « l'**empreinte carbone** » – privilégie le lieu de *consommation*. Cette approche plus récente rend compte des conséquences pratiques du niveau de vie et du mode de vie des populations, et donc de la responsabilité des consommateurs. Il est utile de savoir que sa mesure est sujette à des difficultés techniques et à des incertitudes supérieures à celle des émissions territoriales.
- Si les inventaires nationaux constituent des instruments de mesure reconnus de façon universelle, cet indicateur ne doit pas nécessairement être pris pour un objectif en soi, justifiant toute mesure permettant de l'améliorer. En effet certaines actions pourraient améliorer facilement cet indicateur avec des effets délétères tant pour l'économie que pour le climat. C'est ce que l'on appelle par exemple les fuites de carbone. En particulier, la délocalisation de productions émissives permet de réduire les émissions du pays concerné, avec globalement pour le climat un impact négatif quand les conditions de production dans les pays où se produit la relocalisation des activités concernées sont moins favorables du point de vue des gaz à effet de serre.
- A contrario, une hausse des émissions de la consommation ne traduit pas nécessairement une lacune dans la politique d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre de la France. À solde commercial et structure industrielle inchangés, une augmentation des échanges internationaux conduit nécessairement à une convergence internationale des émissions de gaz à effet de serre, et donc à une hausse des émissions de la consommation dans les pays dont l'appareil productif est moins carboné que la moyenne.



Note : L'empreinte carbone de la demande finale intérieure représente les émissions de gaz à effet de serre induites, en France et à l'étranger, par la consommation de la population résidant en France. p : provisoire.
Sources : SOeS, d'après AIE, Citepa (Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques – France métropolitaine) ; Douanes ; Eurostat ;

Figure 3.1 : émissions de CO2, CH4 et N2O induites en France et à l'étranger par la consommation de la population résidant en France (empreinte carbone) en millions de tonnes équivalent CO2 et comparaison aux inventaires d'émissions pour ces mêmes gaz (CITEPA, 2014). Source : SOeS

Conclusion :

- L'utilisation de l'indicateur des émissions territoriales doit s'accompagner d'une vigilance sur la prévention des fuites de carbone. Les instruments d'incitation à réduire les émissions territoriales doivent être conçus, calibrés et pilotés de façon à prévenir les délocalisations et fuites de carbone.
- Inversement, l'action de la France ne se borne pas à réduire les émissions territoriales du pays, quand bien même ce premier niveau de responsabilité est prioritaire et fait l'objet d'engagements ambitieux contractés au regard du reste du monde. Il est important de donner également aux consommateurs (entreprises, organisations, ménages) l'information et les moyens d'assumer la responsabilité qu'ils ont de fait au regard du changement climatique via leur consommation de biens et services. Cette prise en compte de l'empreinte carbone doit notamment se faire au plan sectoriel comme au plan territorial. Elle requiert enfin une action spécifique au plan international, en particulier pour réduire les émissions des transports internationaux.

2. Politiques publiques

Au-delà des objectifs internationaux de la France et des budgets carbone, les politiques publiques doivent aussi viser à **réduire de manière globale l'empreinte carbone**. Cette prise en compte se traduit par les actions suivantes :

- **pour les politiques sectorielles**
  - les financements de projets publics devront désormais tenir compte des impacts de ces

projets en termes d'émissions; cela implique la promotion (notamment dans le cadre réglementaire et comme critère de choix de projets par les maîtres d'ouvrage publics) des analyses en cycle de vie (ACV) ; Cette analyse est notamment pertinente pour optimiser les infrastructures de transport et les constructions.

- le développement d'outils méthodologiques (notamment d'évaluation) appropriés pour donner des éléments clés d'information pour les acteurs économiques, y compris les consommateurs finaux. A cette fin, les actions comme l'information-CO2 dans les transports ou l'expérimentation sur l'étiquetage environnemental sont à développer.
- pour les secteurs les plus exposés aux risques de fuites de carbone (délocalisation de la production là dans des régions avec une réglementation environnementale moindre, délétère pour l'économie domestique ainsi que pour l'environnement), il est important que les instruments de réduction des émissions tiennent compte des enjeux de compétition internationale et n'entraînent pas un déplacement des émissions associées à l'étranger. Des mesures de protection ciblées et efficaces doivent être poursuivies et améliorées (voir notamment la section 3.3.v industrie en ce qui concerne les allocations gratuites pour les installations couvertes par le système communautaire d'échange de quotas d'émissions, mais d'autres secteurs peuvent aussi être concernés dans la petite industrie, l'agriculture et les services).

- **pour les politiques territoriales**

Dans les territoires (cf. 3.2. viii Mise en œuvre territoriale), la prise en compte de différentes échelles (d'une échelle mondiale (empreinte carbone) à une échelle plus locale) peut également s'avérer utile pour définir des actions pertinentes du point de vue de l'empreinte carbone. Une approche locale peut en effet être un élément de motivation des parties prenantes – cf. les différentes notions de territoires « neutres en émissions de CO2 ». Pour cela, il est recommandé de :

- choisir des indicateurs avec pragmatisme, en privilégiant la cohérence avec les politiques et leviers à mettre en œuvre et leur potentiel de réduction d'émissions, de préférence à toute considération théorique sur la qualité intrinsèque de tels ou tels indicateurs.
- **prendre en compte des éléments du « scope 3 », c'est-à-dire des émissions indirectes induites par une activité ou un territoire au-delà de sa consommation d'énergie dans les bilans d'émissions de gaz à effet de serre (BEGES) à l'échelle des territoires, des entreprises et organisations ou des projets**, en relation avec la faisabilité de mettre en œuvre les leviers correspondants et leur efficacité potentielle.

- **pour le cas spécifique des émissions liées aux transports internationaux**

Ces émissions extraterritoriales échappent aux inventaires territoriaux et ne sont visées ni par le protocole de Kyoto ni par les budgets carbone. Elles sont en revanche comptabilisées dans l'empreinte carbone.

- La réduction de ces émissions relève du champ d'action de l'OMI (Organisation Maritime Internationale) et de l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) où de premières mesures sont envisagées afin de réduire ces émissions. La France soutient activement la mise en place de véritables instruments de réduction de ces émissions dans ce cadre international.
- Concrètement, en France, est encouragée la prise en compte de ces émissions par les entreprises et organisations dans leurs plans d'action en particulier au travers des Bilans d'Émissions de Gaz à Effet de Serre, au travers de l'information-CO2 dans les transports. De plus, la grande distribution est encouragée à réduire ses émissions liées aux transports, notamment en s'inscrivant dans des démarches Fret 21.

3. A l'échelle individuelle, par des évolutions dans les modes de consommation

(cf. Chapitre 3.2.vi Éducation et sensibilisation)

Si l'on considère l'ensemble des émissions directes et indirectes, les trois principaux postes responsables de l'empreinte carbone de la consommation des ménages sont le transport, le logement (y compris l'énergie) et l'alimentation.

Quelques pistes pour réduire les émissions GES à l'échelle individuelle :

Équipements, transport :

- privilégier les produits durables et réparables
- s'engager dans une dynamique d'économie circulaire en privilégiant les services à la propriété : la location, l'emprunt (recours aux plates-formes collaboratives), le covoiturage permettent souvent de satisfaire des besoins de service de manière plus économique et moins émettrice que l'achat.
- Maîtriser le recours aux déplacements à grande distance, y compris à l'international. Au quotidien, augmenter la part des déplacements par mobilité douce

Logement : des gestes simples permettent notamment d'adopter des comportements vertueux permettant de diminuer les émissions directes et indirectes associées à la consommation d'énergie (cf. recommandation partie Résidentiel-Tertiaire. En s'appuyant sur le service public de la performance énergétique, et à terme le déploiement du passeport rénovation énergétique, la réalisation des travaux de rénovation énergétique les plus pertinents peut également se développer (voir le chapitre 3.3. ii).

Investissement et épargne : le premier enjeu n'est pas d'investir plus, mais d'abord d'investir différemment en privilégiant les investissements qui participent à la transition énergétique à ceux qui la freinent (chapitre 3.2.v)

Alimentation :

- adopter des régimes alimentaires plus calés sur les produits saisonniers (issus de circuits courts notamment)
- réduire le gaspillage alimentaire
- réduire les protéines d'origine animale (notamment viandes) au profit des protéines végétales (telle que les légumineuses et céréales : haricot, pois, lentilles …) pour diminuer les émissions GES dues à la production. Plusieurs études montrent qu'un rééquilibrage des régimes alimentaires permettraient de réduire significativement les émissions dues à l'alimentation tout en respectant les recommandations nutritionnelles[4].

4 Alléger l'empreinte environnementale de la consommation des Français en 2030 (ADEME) et Un équilibre des choix alimentaires sains et durables pour la France, l'Espagne et la Suède (LiveWellforLIFE)

ii. La valeur tutélaire du carbone

1. Trajectoire de la valeur tutélaire

Une commission sur la valeur tutélaire du carbone présidée par Alain Quinet a été mise en place en 2008. Elle s'est attachée à définir une trajectoire du carbone compatible avec le respect des objectifs à l'horizon 2020-2050. En s'appuyant sur la théorie économique et sur plusieurs modèles, **elle a fixé la valeur du CO2 à 100 euros-2008 la tonne à l'horizon 2030, selon une approche coût-efficace pour atteindre les objectifs de réduction des émissions à l'horizon 2050. Elle est dépendante des hypothèses de prix de l'énergie, ce qui peut conduire à un besoin de la réviser, notamment si les prix des énergies (et notamment des combustibles fossiles diffèrent sensiblement de ceux retenus lors de sa fixation).**

Son niveau relativement élevé reflète le caractère ambitieux des objectifs de réduction des gaz à effet de serre et les difficultés, notamment organisationnelles, pour réussir le déploiement des technologies peu émettrices et les changements de comportement sur un horizon aussi court. Par ailleurs, il a été choisi de prendre une valeur initiale à 2010 cohérente avec la valeur issue de la commission présidée par Marcel Boiteux en 2001, soit 32 euros-2008 en 2010 la tonne de CO2.
La commission a ensuite retenu une trajectoire entre 2010 et 2050 (voir graphique) à partir de ces valeurs :

- **De 2010 à 2030, la valeur du carbone croît au rythme de 5,8 % par an**. Ce choix repose sur l'idée que la transition vers un prix du carbone élevé doit être progressive pour exploiter en priorité les gisements d'abattement à faibles coûts aujourd'hui disponibles et ne pas peser sur la croissance en facilitant la gestion des transitions économiques, sociales et professionnelles.
- **Au-delà de 2030** : la règle d'évolution est celle du principe d'Hotelling (croissance de la valeur du carbone au taux d'actualisation). Le taux d'actualisation a été toutefois revu dans le cadre de la commission présidée par Emile Quinet sur l'évaluation socioéconomique des investissements publics en 2013. **Il est à présent recommandé d'utiliser un taux de croissance annuel de 4,5%** (2,5 % pour le taux d'actualisation sans risque et 2 % pour la prime de risque). Avec ces hypothèses, la valeur du carbone croît de 100 euros-2008 la tonne de CO_2 en 2030 à 240[5] euros-2008 en 2050 ;

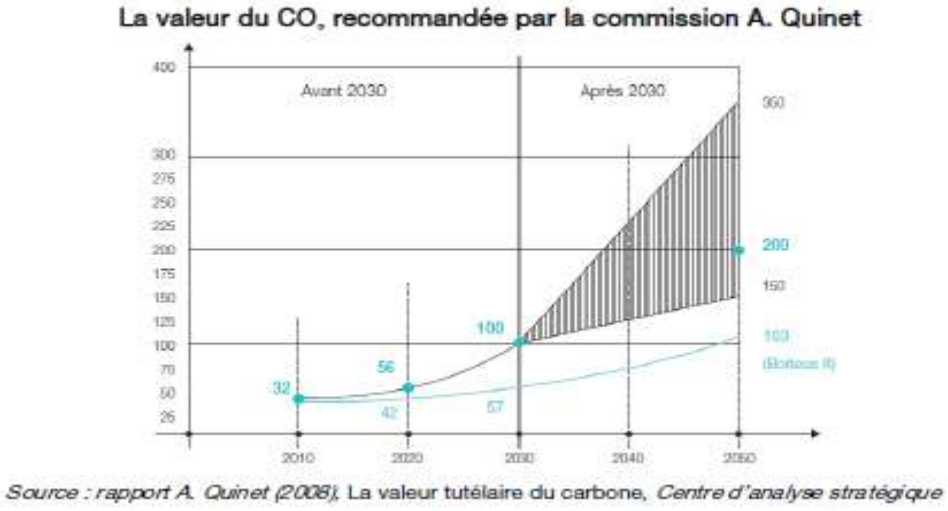


Figure 3.2 : la valeur du CO2 recommandée par la commission A. Quinet (2008).

5 Révision faite par rapport à la valeur indiquée dans le rapport Quinet (CAS, 2009) calculée avec un taux d'actualisation à 4%.

2. Application de la valeur tutélaire pour les évaluations des décisions publiques

La valeur tutélaire du carbone s'applique en premier lieu à l'évaluation socioéconomique des décisions publiques, et notamment les investissements publics. Elle est ainsi déjà retenue dans le cadre de l'instruction du gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport. Elle permet pour une infrastructure donnée d'intégrer dans le calcul de la valeur actualisée nette du projet (VAN) la valeur monétaire de l'impact des émissions de gaz à effets de serre. En dehors du champ des investissements, elle permet aussi d'évaluer des choix réglementaires, des choix de consommation, etc.

3. Valeur tutélaire comme référence pour les politiques publiques et acteurs économiques

Cette valeur du carbone est également la référence dans les différentes politiques publiques portant à conséquence sur l'empreinte carbone du pays. Voici quelques exemples :

- **Augmentation progressive de la fiscalité sur l'énergie** : il est légitime que les taxes sur l'énergie couvrent les dommages, notamment environnementaux, que fait subir la consommation de l'énergie à la collectivité. L'instauration d'une assiette carbone (fonction de la quantité de gaz à effet de serre émise associée à la consommation d'un certain volume d'énergie) permet de compléter la fiscalité énergétique et de la faire croître dans le temps en cohérence avec les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la France. La loi de finances pour 2014 a instauré le principe d'une telle assiette carbone dans les taxes intérieures sur la consommation des différentes énergies fossiles (produits pétroliers, gaz et charbon). Le taux a été fixé à 7€/tonne de CO2 en 2014, à 14,5€/ tonne de CO2 en 2015 et 22€ la tonne de CO2 en 2016. Cette progression doit permettre un temps d'adaptation aux entreprises et aux ménages. Il est toutefois nécessaire pour stimuler l'investissement de donner un signal à moyen et long terme, qui devra reposer sur la perspective d'un niveau de taxation carbone cohérent avec sa valeur tutélaire. Ainsi **la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte établit pour cette composante carbone la cible de 56 € en 2020 et de 100 € en 2030** (en € 2015)**.**
- Régulation des systèmes de marché de quota carbone. La référence à une valeur tutélaire peut être utilement mobilisée dans le cadre de la réforme du marché ETS en Europe. Le prix actuel du quota (autour de 7 euros la tonne de CO2), très inférieur à la valeur tutélaire française, peut justifier l'intervention du législateur, de manière à rendre encore plus crédible pour les investisseurs une hausse future des prix en cohérence avec la valeur tutélaire estimée pour atteindre les objectifs fixés collectivement au niveau européen. En octobre 2014, le Conseil européen a en effet validé une nouvelle cible de réduction des émissions de CO2 de 43 % pour les secteurs EU ETS en 2030 en s'appuyant sur la mise en œuvre d'un instrument de stabilité de marché. Plus généralement, la COP21 sera aussi l'occasion de faire avancer le principe d'une tarification mondiale du carbone à un niveau suffisant pour atteindre les objectifs climatiques mondiaux, en s'appuyant notamment sur les différents marchés régionaux du carbone ainsi que sur des taxes carbone, qui ont été déjà mis en place ou sont prévus dans de nombreux pays (cf. graphique).

Ainsi cette valeur du carbone a également vocation à informer les acteurs privés puisqu'elle est une des composantes de moyen-long terme des valeurs futures de marché.

A cet égard, il est intéressant de noter que plusieurs initiatives d'acteurs économiques visent à introduire une prise en compte d'un prix du carbone dans la comptabilité des organisations. En 2013, plus de 100 entreprises du monde entier ont publiquement informé le Mécanisme pour un développement propre (MDP) qu'elles utilisaient déjà la tarification du carbone comme outil de gestion des risques et des opportunités liés à leurs opérations actuelles et à leur rentabilité future. Selon la Banque Mondiale, les milieux d'affaires considèrent que la tarification du carbone constitue, au vu des coûts et des résultats, le moyen le plus efficace pour réduire les émissions, ce qui les incite à s'y déclarer favorables. Sur ce constat, il a été formé en 2014 une coalition associant 73 États, 22 villes et autres entités infranationales et un millier d'entreprises pour soutenir un tel système.

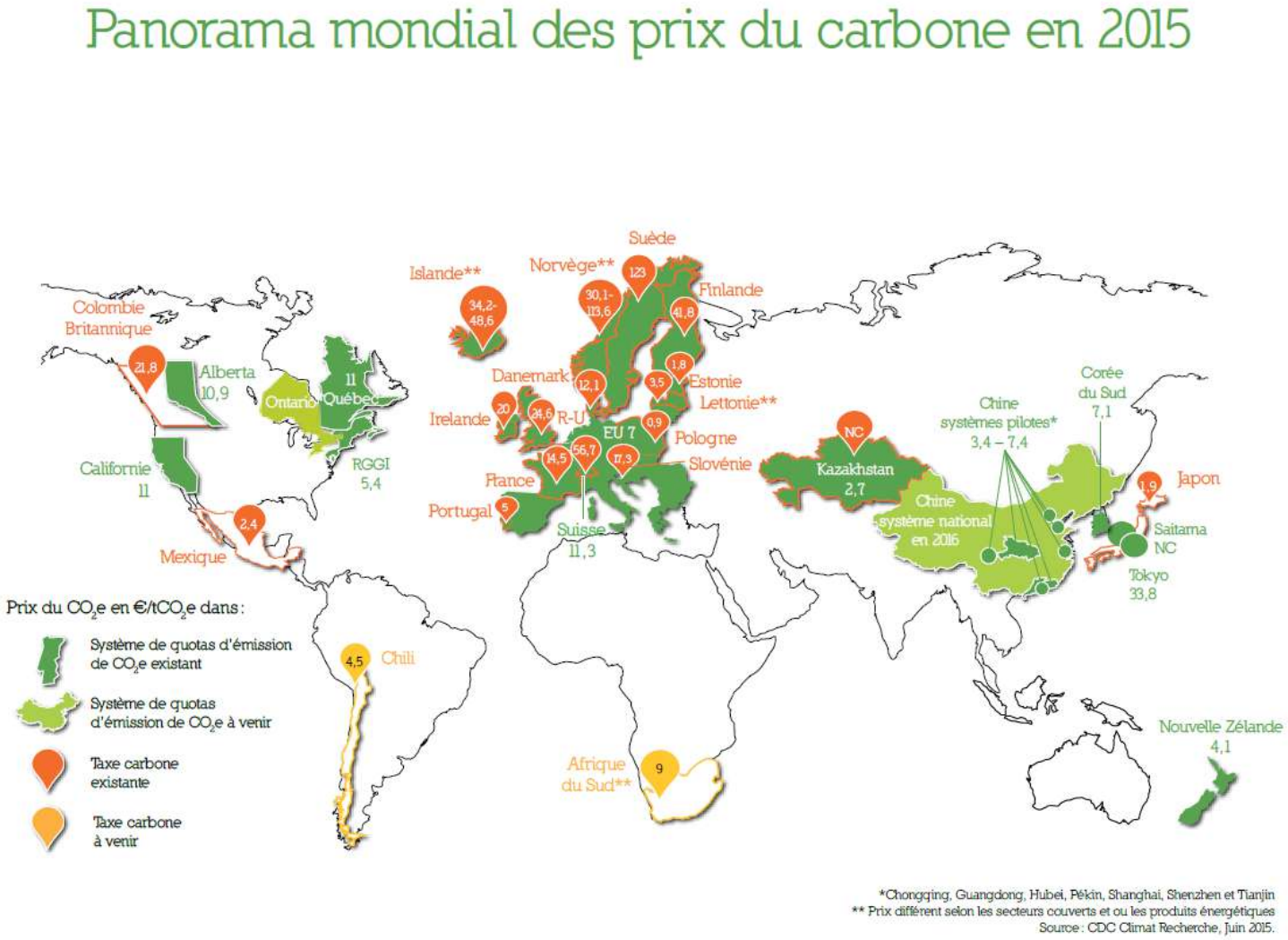


Figure 3.3 : panorama mondial des prix du carbone dans le monde. Source : I4CE, ex CDC Climat Recherche

Bibliographie :

- Rapports de Marcel Boiteux (2001), Alain Quinet (2008) et Emile Quinet (2013)
- Banque Mondiale (2014) State and Trends of Carbon Pricing - http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/05/27/000456286_20140527095323/Rendered/PDF/882840AR0REPLA00EPI2102680Box385232.pdf

iii. Politique de recherche et d'innovation

1. La politique de R&D et d'innovation, un levier incontournable de la transition vers une économie bas carbone

La transformation profonde nécessaire à la transition vers une société « bas carbone » ne pourra être obtenue que par une combinaison complexe de ruptures technologiques, d'innovation et d'évolution des comportements du consommateur individuel au concepteur industriel.
Cette intrication entre enjeux technologiques et comportementaux est particulièrement prégnante pour les évolutions vers une économie de fonctionnalité (autoconsommation, nouveaux modes de mobilité…), une économie circulaire élargie (développement du recyclage, utilisation de tous les gisements de chaleur « fatale », …) et une économie plus largement bio-sourcée (énergie, matériaux, produits intermédiaires).

De manière générale, les efforts de structuration et soutien à la R&D et l'innovation devront être poursuivis et amplifies afin :

- d'encourager le développement et la diffusion rapide des technologies du futur, dans la perspective d'un monde décarboné
- en cohérence avec l'Union de l'Énergie et son ambition de faire de l'Europe le numéro 1 mondial dans les énergies renouvelables, mettre la France en position de leadership dans les technologies de maîtrise de la consommation, des émissions et de la substitution aux combustibles fossiles

Enjeux technologiques

Dans les domaines technologiques, quelles que soient les spécificités propres à chaque scénario, on peut identifier des choix sans regrets. En matière énergétique, tant du côté demande qu'offre, peuvent notamment être mentionnés l'efficacité énergétique, le déploiement à grandes échelles d'énergies peu carbonées, notamment renouvelables, le développement et la maîtrise de moyens de stockage de l'énergie, la gestion intelligente des réseaux de transport et de distribution de cette énergie, les efforts de R&D susceptible de rendre possible le développement à grande échelle de solution de capture et de stockage ou utilisation du carbone.

Une économie bas-carbone demandera également des progrès technologiques pour réduire les sources non énergétiques de gaz à effet de serre. Une approche système est requise notamment sur les thématiques suivantes : agriculture, développement de produits biosourcés, notamment de la biochimie, des biomatériaux, valorisation du CO2 et aussi l'accompagnement d'innovations organisationnelles.

Innovations sociales et organisationnelles et recherches en sciences sociales
L'innovation sociale constitue également un levier important. Certaines évolutions des modes de vie qui faciliteraient la transition vers une économie bas-carbone requièrent un travail sur les formes d'organisation sociale, les institutions et les modèles économiques.

Favoriser la créativité, les expérimentations, le décloisonnement et la diffusion des bonnes expériences font partie des principaux leviers de soutien à l'innovation sociale.

La recherche en sciences sociales peut aider à identifier et à promouvoir des comportements favorables à la transition bas-carbone et à encourager l'adhésion volontaire aux nouvelles mesures dont l'intérêt social est avéré.

2. Plans et stratégies existants et en cours d'élaboration

Au niveau européen un plan stratégique pour les technologies énergétiques (SET-Plan) a pour objectif la mise en place d'une politique de coopération en matière de recherche et innovation visant à accélérer le développement au meilleur coût des technologies à faible intensité carbone.
Dans ce cadre, des initiatives industrielles européennes (EII) et entreprises technologiques conjointes, particulièrement axées sur la validation et la démonstration ont notamment été mises en place sur l'énergie éolienne, l'énergie solaire, les bioénergies, le captage, transport, stockage et l'utilisation du CO2, les réseaux électriques intelligents (incluant le stockage), la fission nucléaire (technologies de la quatrième génération), les villes et communautés intelligentes, ainsi que l'Hydrogène et les Piles à combustible.
Le SET-Plan évolue depuis une approche par « silos technologiques » vers une vision intégrée et stratégique du système énergétique. L'identification de priorités communes entre Etats Membres qui pourront devenir les grandes priorités européennes de long terme se fait au travers d'une feuille de route intégrée et d'un plan d'action associé. Les priorités stratégiques sont donc construites à partir des priorités nationales.

Au niveau français, la stratégie nationale de recherche (SNR), issue de la loi du 22 juillet 2013, est construite autour des réponses à apporter à dix grands défis sociétaux, dont l'un porte précisément sur « une énergie propre, sure et efficace » et un autre sur les « transports et systèmes urbains durables » . La stratégie nationale de la recherche énergétique (SNRE) dont l'élaboration avait été engagée préalablement, en constituera le volet « Énergie » (article 183 de la loi de transition énergétique pour la croissance verte), qui sera finalisé en vue d'une adoption début 2016.

Au plan opérationnel, concernant la recherche amont (technologies encore peu matures, associées à de faibles TRL[6]), l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) pour les deux défis précités (Energie et Transports et systèmes urbains durables) soutient en priorité les actions qui ont été identifiées comme clés par la SNR. En outre, l'ANR a clairement dégagé un axe nommé « Exploration de concepts en rupture » pour accélérer la pénétration de nouvelles technologies à fort potentiel.

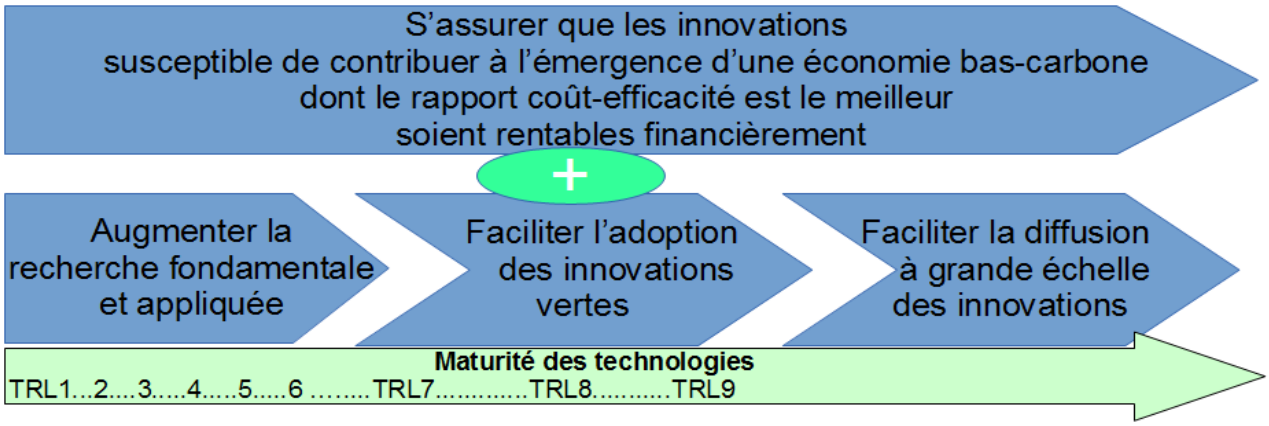
Pour compléter ce dispositif , un soutien à la recherche plus appliquée (TRL plus élevé) et à l'innovation au travers de démonstrateurs existe dans le cadre des programmes d'investissement d'avenir (PIA) depuis 2012. Une deuxième phase du PIA (PIA2) lancée en 2014, prévoit le financement des « véhicules et transports du futur » et des « démonstrateurs de la transition écologique et énergétique ». Ces actions du PIA sont opérées par l'ADEME qui œuvre également, au travers de son propre programme de recherche à l' émergence et la mise en œuvre d'une offre nationale de technologies et de services répondant aux enjeux énergétiques en vue d'atteindre l'objectif d'une société bas carbone adaptée au changement climatique.

Dans le domaine de la transition énergétique, il s'agit de démontrer, en conditions réelles d'utilisation, les technologies et leurs usages permettant d'économiser de l'énergie ou des ressources naturelles et de réduire les émissions de CO2 à pouvoir énergétique équivalent. L'objectif est de permettre que ces technologies puissent aboutir à des produits commercialisables offrant des coûts de production de l'énergie proches de ceux des solutions carbonées : un objectif générique de 100 € / MWh électrique est visé en 2020.

6 Echelle de maturité des technologies (niveau TRL :Technology Readiness Level), s'échelonnant de 1 (observation du principe de base) à 9 (système réel démontré en environnement opérationnel), en passant par de nombreuses étapes intermédiaires, telles que la preuve expérimentale de conception (TRL3) et la démonstration du système à l'échelle prototype en environnement opérationnel (TRL7).

3. Les enjeux auxquels la politique de soutien à l'innovation doit veiller prioritairement pour réussir la transition bas carbone

Les actions en matière de R&D et d'innovation doivent porter sur un large spectre de concepts afin de permettre l'émergence puis l'adoption à grande échelle d'innovations contribuant à l'atteinte des objectifs de transition énergétique fixés par l'article 1er du PLTECV, comme l'illustre la figure ci-dessous, en passant par une analyse fine et la plus large possible des grands verrous tant sociétaux (évolution des comportements, acceptabilité du changement, ...) que technologiques (par exemple, l'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux, les interactions entre réseaux gaz, chaleur et électricité, l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'amélioration en rupture des performances des technologies bas carbone à coût compétitif).



Schématiquement, la politique de soutien à l'innovation technologique doit :

- S'appuyer sur une recherche fondamentale et appliquée de haut niveau, notamment en :

- encourageant continuellement les projets collaboratifs, au-delà de la mobilisation incontournable de ressources publiques dédiées à la R&D (financement de la recherche publique, soutien de la recherche privée tenant compte des co-bénéfices des innovations),
- actualisant régulièrement des feuilles de route technologiques et en facilitant la coordination des acteurs qui bénéficieraient collectivement de l'émergence d'innovations,
- donnant une vision à long terme de l'orientation de la recherche en veillant à stabiliser les politiques publiques en matière d'énergie bas carbone,

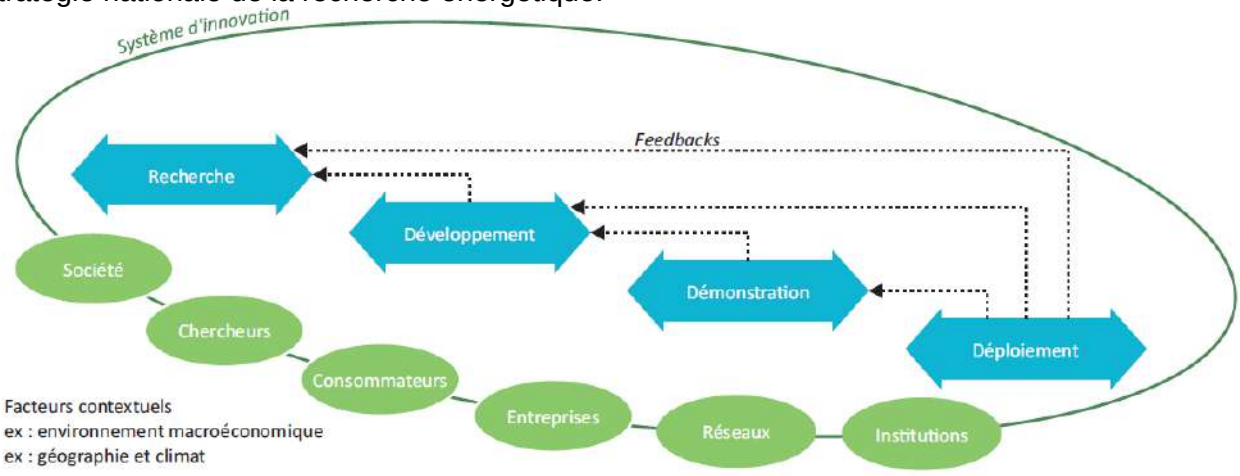
- Favoriser l'émergence d'entreprises innovantes et porteuses d'innovations de rupture,
- Faciliter l'adoption puis la diffusion à grande échelle des innovations en rupture contribuant à la transition vers une économie bas carbone, notamment par le soutien aux financements de démonstrateurs et par la mise en œuvre des formations adaptées à leur pénétration, développement et pérennisation (maintenance, évolutions technologies)
- Au-delà des technologies et modes de production, intégrer dans la recherche et développement la dimension des modes de consommation et des modes de vie associés. Développer cette approche en accompagnement des nouvelles technologies (analyse de leur pertinence sociale, condition de leur appropriation puis information des consommateurs, cf. par exemple section 3.3 résidentiel-tertiaire) mais aussi en amont (analyse des attentes et des besoins des acteurs, dans une logique sociale : « fabrique de la ville »; rapport au travail ; « bâtiment intelligent », etc) ».

Ce soutien à l'innovation technologique doit chercher également à :

- assurer la profitabilité financière des innovations contribuant à la transition bas-carbone dont le bilan socio-économique est positif
- donner une valeur économique à la réduction des émissions (ex. valeur tutélaire du carbone à long-terme, voir section 3.2.ii)

- apporter les outils adaptés à l'estimation des réductions des émissions de gaz à effet de serre
- valoriser les infrastructures pouvant jouer le rôle de catalyseur d'innovation
- faire porter le risque inhérent aux investissements associés aux déploiements des « innovations bas carbone » à des acteurs en mesure de l'assumer (voir section sur les investissements)

De manière générale, il convient de ne pas segmenter l'approche, puisque les interactions au sein de l'ensemble du système d'innovation aideront les acteurs à mettre en place les améliorations graduelles nécessaires ainsi que les grandes avancées technologiques requises pour satisfaire les objectifs climatiques. Une gouvernance associant les organisations de la société civile favoriserait les échanges entre les chercheurs et les acteurs représentés au sein du CNTE, en particulier dans le cadre de l'élaboration de la
stratégie nationale de la recherche énergétique.



Source : GEA (2012), Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni/New York ; the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Autriche.
cité en figure 1.2 du résumé du rapport ETP, Perspectives pour les technologies de l'énergie 2015

Il est primordial de lever les freins à l'adoption et à la diffusion des innovations y compris incrémentales. À cet égard il faut souligner le rôle central des bonnes pratiques (formations...), des innovations sociales et des progrès pouvant être obtenus par des améliorations progressives des systèmes de production, y compris celles engagées par les salariés, les individus et les TPE/PME. En matière d'innovation sociale, le rôle de l'État doit à la fois relever d'une politique :

- D'État stratège : en menant des travaux de prospective pour identifier les changements de société possibles à moyen terme et en accompagnant les évolutions souhaitables ;
- De facilitation et de promotion : en encourageant l'expérimentation des innovations (projets décentralisés grandeur nature / venus de la société civile / en renforçant le rôle des collectivités territoriales et des maîtres d'ouvrages).

4. Indicateurs de suivi pour la politique recherche et innovation

Certains des indicateurs suivants pourront être retenus :

- dépenses de R&D publiques (intégrant les instruments européens) liées à la politique d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (dont montant lié à la R&D publique dans le domaine de l'énergie)
- nombre de publications et de thèses réalisées dans ce domaine
- nombre de projets collaboratifs menés sur la transition énergétique et les énergies bas carbone et montants associés.
- nombre de brevets déposés et de licences concédées liés à la politique d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre

- nombre de spin offs et de start-ups créées dans ce domaine
- montants des Investissements d'avenir concernant la transition énergétique et écologique : effet d'entraînement des investissements privés, conclusions des évaluations des actions menées dans le cadre du PIA

iv. Urbanisme et aménagement du territoire

Les politiques d'aménagement et d'urbanisme, nationales ou territorialisées peuvent avoir un impact majeur en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Leurs effets se font sentir sur le très long terme, la structure de l'urbanisation étant difficilement ou très lentement réversible. Les multiples décisions quotidiennes des acteurs publics ou privés – urbaniser un terrain, choisir une manière de l'exploiter, définir des performances énergétiques des équipements implantés, par exemple – sont soumises à un ensemble de règles, de logiques économiques ou encore d'aspirations sociales qui forment un système relativement peu mobile (au moins à court terme).
La transition vers une économie bas carbone nécessite de changer l'équilibre du système en repérant les leviers de changement et leur impact, à court, moyen et long terme. Cet équilibre doit être trouvé dans une approche systémique et intégrée de l'ensemble des niveaux de décision et des échelles territoriales, du grand territoire à l'échelle du quartier.

1. Enjeux et objectifs nationaux

a) Stopper l'artificialisation des espaces, tout en assurant la capacité à répondre aux besoins des populations

L'étalement urbain et la consommation d'espace résultent de plusieurs causes cumulatives. La périurbanisation tout d'abord. Ce phénomène est lié à la polarisation des emplois et à l'insuffisance et l'inadaptation de l'offre de logements par rapport à la demande dans les grandes agglomérations notamment. Cela contribue en outre à l'allongement des déplacements au quotidien, et donc à une hausse des émissions de gaz à effet de serre.
En France, l'étalement urbain recouvre des formes différentes selon les périodes. C'est au début des années 1960 que l'extension spatiale a été la plus intense. À cette période, les aspirations pour un mode d'habiter différent de la ville dense est facilité par le développement de grandes infrastructures routières et la généralisation des transports motorisés facilitant les déplacements et réduisant les temps de parcours (notamment pour les « navettes domicile/travail »), et la solvabilisation de l'accession à la propriété en maison individuelle moins coûteuses en zone périphérique (coût de la construction et coût du foncier).

À cet étalement urbain organisé sous forme de Zone à urbaniser en priorité (ZUP) de 1958 à 1968 grâce à un fort engagement politique de l'État, a succédé un étalement urbain de fait.

Ainsi, l'étalement urbain se produit sous l'effet cumulatif d'interactions socio-économiques avec des contraintes spatiales et environnementales locales spécifiques. S'il s'accélère avec l'amélioration des réseaux de transport et de la mobilité, de nombreux facteurs micro- et macro-socio-économiques interagissent : le marché foncier, les évolutions démographiques, l'attractivité des régions urbaines ou encore les préférences individuelles de localisation résidentielle.

Cette tendance à urbaniser en extension urbaine, traduit l'aspiration de nombreux ménages[7] pour des modes de vie liés à la maison individuelle[8]. Les acteurs de la construction optent eux aussi pour l'extension au détriment de l'intensification et du renouvellement urbain, essentiellement pour des raisons de faisabilité financière et de faiblesse d'une offre foncière adaptée. Ce mitage, qui au-

7 Source : S. Diefal, S. Eugène, *Être propriétaire de sa maison*, Crédoc (2004)

8 L'aspiration des ménages en termes de trajectoire résidentielle se traduit majoritairement par une préférence de la maison individuelle. Ces dernières années, même si le rythme de construction a ralenti entre 2003 et 2013, la maison individuelle représente plus de 56% de la production totale de logements (source SOeS, Sit@del). Facteur de consommation d'espaces agricoles et du mitage des paysages périurbains et ruraux, l'habitat individuel diffus induit par ailleurs des déplacements domicile-travail parfois importants pour certains ménages qui souhaitent accéder à la propriété.

delà du tissu pavillonnaire, est également la conséquence d'un modèle de développement urbain fondé notamment sur un vaste réseau d'infrastructures routières, mais aussi commerciales, logistiques ou industrielles, conduit à l'irréversibilité quasi systématique de l'imperméabilisation des sols.

L'artificialisation des sols aujourd'hui

Rythme d'artificialisation

Les sols artificialisés continuent de progresser, à un rythme qui se stabilise depuis 2008. Après un pic de 830 km^2 par an entre 2006 et 2008 (+ 1,8 % par an), les surfaces artificialisées s'accroissent de 540 km^2 par an entre 2008 et 2014 (+ 1,1 % par an). Ce ralentissement peut être attribué notamment à la crise économique, à la diminution du départ en retraite des chefs d'exploitation agricole depuis 2009 et aux politiques locales d'urbanisme visant la préservation des espaces agricoles, naturels et forestiers.

Causes

Si l'on raisonne en sols artificialisés, 49 % des terres artificialisées entre 2006 et 2014 sont destinées à l'habitat (dont la grande majorité, 46 % pour l'habitat individuel), 20 % aux réseaux de transports (dont 16 % aux réseaux routiers), et le solde réparti entre les autres activités économiques et de loisirs 31 %. Avec un raisonnement en termes de sols imperméabilisés (bâtis, damés ou goudronnés), la part de l'habitat est moindre : 34 % contre 28 % aux réseaux de transports et 38 % aux autres activités économiques et de loisirs. En effet, les pelouses et jardins représentent 57 % des nouveaux terrains en habitat individuel.

Source : Agreste (2015). Agreste Primeur n°326, Utilisation du territoire.

Les conséquences de cette imperméabilisation se traduisent notamment par une transformation profonde de des milieux, en diminuant considérablement leurs stocks de carbone[9] dans la végétation et les sols.

Une des difficultés est que les différents acteurs (privés et publics) ne prennent pas en compte dans leurs choix d'investissements une partie des effets socio-économiques de l'artificialisation dans le bilan de leur projet, notamment le déstockage de carbone et le développement des infrastructures (voiries, réseaux,...) dont ils ne supportent qu'une partie des coûts, ce qui peut rendre l'artificialisation des sols plus rentable que la rénovation ou à la réutilisation d'espaces déjà urbanisés. **L'objectif est de parvenir à stopper l'artificialisation nette des sols,[10] tout en assurant la capacité à répondre aux besoins, notamment en logements, des populations**. Dans le scénario de référence, une hypothèse de réduction de 80 % de l'artificialisation à échéance 2035 et un arrêt à terme a été représenté, compte tenu de la complexité des enjeux et de la nécessité de rompre avec les tendances et dynamiques fortes à l'origine de cette artificialisation. Ainsi lutter efficacement contre l'artificialisation des sols soulève des questions liées à la capacité de mobilisation du foncier et d'augmentation de l'offre de logements ainsi qu'au développement local.

9 En moyenne, on estime qu'un hectare de terres cultivés artificialisés équivaut à 61 teq CO 2 de déstockage net de carbone sur 20 ans, ou 134 teq CO2 pour un hectare de prairie artificialisé. Un hectare artificialisé peut également impacter jusqu'à 24 teq CO2 / an en perte de production végétale annuelle.

10 Considérant le secteur des terres (affectation/changement) dans son ensemble.

Point de vigilance : l'atteinte de cet objectif ambitieux de réduction de l'artificialisation pourra nécessiter la mise en œuvre de mesures faisant évoluer le fonctionnement du marché de l'immobilier et du foncier. Il faut en particulier accorder une attention particulière aux enjeux redistributifs dans l'organisation de l'espace, d'autant que ce sont notamment des ménages modestes qui optent pour des logements en frange de zone urbaine, en tenant compte des prix du foncier, du bâti et des transports.

b) Généraliser l'adaptation du système territorial existant dans une logique post-carbone

Au-delà de la dimension environnementale des impacts de l'étalement urbain, il existe un enjeu social fort qui prendra de l'ampleur à plus ou moins courte échéance : la dépense mobilité, souvent sous-estimée voire mal prise en compte dans les projets d'accession, combinée avec un taux d'effort logement élevé et une qualité énergétique faible de l'habitat pavillonnaire, pourrait exposer les ménages aux ressources modestes à une double vulnérabilité énergétique logement-transport.
Pour les collectivités, la dispersion de l'habitat oblige également à faire face à des coûts d'urbanisation parfois élevés par rapport aux finances locales : prolongement et raccordement des réseaux ferroviaires, électriques, numériques, création de services et d'équipements, transports en commun, …
Dès lors, pour contribuer à enrayer le phénomène d'artificialisation des espaces et adapter le modèle existant il conviendra de développer des solutions différenciées, respectueuses de la diversité des typologies de territoires (urbains, ruraux, éloignés de centres, monofonctionnels, etc.), et d'accompagner des politiques de réhabilitation des centres bourgs, de continuité urbaine, de consolidation des polarités secondaires, de mixité fonctionnelle et de nature en ville, de construction de la ville sur la ville, d'adaptation des réseaux …

Ce faisant, il s'agit de répondre aux grands enjeux et objectifs suivants :

- **Adapter des stratégies de développement en fonction des enjeux locaux,** en privilégiant une densité élevée et structurée autour des axes de transports, des services et des emplois en zone urbaine. **Dans les territoires ruraux**, peut être encouragée la mobilisation de ressources renouvelables locales pour produire des matériaux et produits bio-sourcés, ainsi que de l'énergie, et permettre de couvrir certains besoins en énergie du bâtiment notamment. Néanmoins, le développement des énergies renouvelables dont les bioénergies nécessite d'utiliser certains sols. Les politiques publiques incitatives doivent donc prendre en compte la totalité des besoins d'usage des sols. Il est également nécessaire de penser le territoire de façon globale, en termes de solidarité entre les différents espaces, notamment pour en augmenter la résilience. De nombreuses complémentarités ont un impact positif sur les émissions de GES, par exemple, la production d'énergie renouvelable dans les territoires moins denses pour alimenter les agglomérations ; les circuits courts agricoles, en lien avec le développement des produits locaux, permettant de diminuer les temps de transport de marchandises.
- **Construire au sein des espaces déjà bâtis pour stopper la consommation des sols.** Nos politiques sont aujourd'hui résolument tournées vers le renouvellement des tissus urbanisés existants, la résorption des friches, ainsi que la maîtrise du foncier pour éviter à tout prix l'étalement et conserver un cadre de vie agréable pour les habitants.
- **Optimiser les formes urbaines en fonction de la configuration locale**. **Dans les zones urbaines plus denses,** reliées et équipées, d'autres formes urbaines peuvent être mobilisées telles que l'habitat intermédiaire ou les processus de surélévation du bâti existant[11]. L'habitat intermédiaire, bien localisé au sein des pôles urbains, présente des densités de logements souvent plus élevées (entre 40 et 60 logements/ha) et permet une combinaison entre économie du foncier et densité acceptable. **Mais la densification n'est pas une fin en soi**

11 La surélévation d'immeubles existants, si elle nécessite une ingénierie parfois complexe, se révèle toutefois pertinente au regard de la maîtrise de l'étalement urbain, de l'augmentation de la performance énergétique dans certaines copropriétés et eu égard aux récentes évolutions réglementaires (cf. Ordonnance du 3 octobre 2013 relative au développement de la construction de logement).

de manière homogène et sur tout le territoire[12]. Certains territoires ruraux et périurbains devront pouvoir s'orienter vers la préservation de l'espace agricole et naturel et d'espaces habités peu denses, profitables pour l'ensemble de la population. **Ces nouvelles formes urbaines devront englober une approche intégrée des réseaux**, avec notamment une prise en compte des réseaux d'énergie (réseaux de chaleur ...) et des réseaux de communication (aménagement numérique des territoires).

- **Penser le rôle de la nature en ville** dans une vision globale incluant tous les services écosystémiques. Cela permettra d'améliorer le cadre de vie des habitants, de répondre aux enjeux d'adaptation et de régulation, etc.
- **Rapprocher les secteurs résidentiels des secteurs d'emploi.** Il faut encourager un urbanisme qui fabrique de la mixité fonctionnelle pour réduire les déplacements et les nuisances sonores, pour préserver la qualité de l'air et éviter la création d'îlots de chaleur urbain. Cette question renvoie à celle du développement des emplois locaux et de proximité, ainsi qu'à la création de circuits courts et d'économie circulaire. Il est aussi nécessaire de proposer une offre de logement abordable dans les métropoles et les agglomérations qui permet aux ménages aux ressources modestes et moyennes de se loger dans les pôles urbains.
- **Repenser la mobilité**, en construisant une offre de transports diversifiée, et en liant urbanisme et déplacements. Dans les zones agglomérées, une meilleure organisation des fonctions urbaines doit permettre le développement des transports collectifs. Dans les espaces ruraux, fortement dépendants de la voiture individuelle, des offres de mobilité liées à la voiture peuvent être trouvées : auto partage, covoiturage, etc. Enfin, dans tous les cas, les mobilités actives (marche, vélo) doivent avoir une place privilégiée dans la construction des territoires. Ceux -ci doivent être pensés dans un contexte de changement climatique (l'ombre dans l'aménagement des espaces publics, rafraîchissement urbain ….) et de vieillissement de la population. (Sur les mobilités/ transports cf. 3.3.i)
- **Reconsidérer les espaces de commerce et de grands équipements :** de nombreuses installations commerciales, de logistique, aéroportuaires, portuaires restent reléguées en lisière urbaine et ont donc un impact important sur l'artificialisation des sols et les déplacements. Des améliorations pour optimiser leurs emplacements, pour maîtriser l'implantation des commerces sur un territoire et faciliter la réinstallation du commerce en ville, introduire une mixité et assurer leur réhabilitation/reconversion seraient à envisager.

2. Compromis, recommandations et vecteurs d'évolutions

a) Favoriser tous les types d'innovations

- Favoriser les innovations contribuant à l'efficacité voir la sobriété énergétique, qu'elles soient technologiques ou sociétales : soutenir des initiatives bottom-up, des démarches de villes en transition, de *slow cities*, etc. (valorisation des initiatives citoyennes, co-construction des politiques publiques…)

b) Améliorer la performance urbaine dans les villes et métropoles

- Optimiser l'utilisation des espaces et équipements : travailler sur les temporalités urbaines, les taux d'occupation des logements ou équipements publics, leur versatilité et réversibilité.
- Rentabiliser les flux dans une logique d'économie circulaire : efficacité ou simplicité des fonctions et services urbains, réutilisation des matériaux, recyclage urbain, renouvellement urbain et reconversion des friches, diminution des déchets, récupération des énergies, ingénierie écologique, etc …

12 La densification de l'existant peut induire des nuisances si elle n'est pas bien traitée : congestion, organisation de l'espace, îlot de chaleur. Il s'agit non seulement de densifier l'existant mais bien de favoriser la production de formes d'habitat économes en énergie, bien orientées selon le contexte climatique, d'intégrer les moyens de limiter les déplacements motorisés, de faire en sorte de développer les énergies renouvelables pour l'alimentation en énergie de nouvelles constructions.

- Développer la nature en ville dans une problématique de préservation des services écosystémiques, et favoriser également le développement de l'agriculture urbaine ; Prendre en compte l'agriculture périurbaine, en termes notamment de préservation du foncier et de circuits courts, sans oublier les grands espaces agricoles et naturels en milieu rural ;
- Rendre compétitifs les modes de mobilité actifs (marche et vélo) pour les personnes valides et généraliser l'accessibilité des trajets urbains.

c) Encourager des territoires ruraux sobres et innovants, complémentaires des métropoles

Pour adopter individuellement et collectivement un mode de vie à faible émissions de CO2 dans les territoires à faible densité, plusieurs recommandations peuvent être données :

- Aider au renouvellement des pratiques de mobilité (mise en place d'aires de covoiturage et d'auto partage)
- Développer un meilleur « ancrage » résidentiel (rapprochement habitat-emploi-autres activités, développement des possibilités de télétravail pour les métiers adéquats)
- Favoriser une montée en compétence des ménages et des territoires sur les pratiques de consommation et les usages (autoproduction, connaissance dans le domaine de l'énergie, etc.)
- Développer des activités complémentaires et solidaires des métropoles : alimentation, bio ressources, fonctions récréatives, régulation et épuration des eaux.

d) Préserver les espaces naturels et agricoles, et prendre en compte leur fonction de séquestration de carbone dans les projets

- Prendre en compte les bénéfices en matière d'environnement et de climat permis par les espaces agricoles (exploitations, filières …) et naturels dans les projets de territoires
- Préserver fortement les espaces à enjeux au regard du stockage de carbone qu'ils génèrent

e) Préparer les outils de gouvernance et de régulation de demain

- Donner aux collectivités territoriales des outils méthodologiques pragmatiques afin d'appréhender de manière intégrée urbanisme/ développement urbain et déplacements notamment en mettant en cohérence et en articulant entre eux l'ensemble des documents (schémas régionaux, SCoT, PCAET, PLU, PLUI, PDU, PLH) porteurs des objectifs de transition énergétique, climatique et de développement de l'économie verte.;
- Accompagner les collectivités qui sont les principaux acteurs des stratégies territoriales (rôle du maire dans la délivrance des permis de construire et dans la gestion de conflits d'intérêt vis-à-vis d'un étalement urbain synonyme de nouvelles taxes foncières et d'habitations (parfois de nouveaux emplois), alors que la charge des investissements nécessaires en terme de réseaux sont subventionnés en grande partie par les autres collectivités territoriales, notamment le département.)
- Renforcer les moyens juridiques des collectivités locales (métropoles et intercommunalités) en matière de maîtrise foncière de façon à lutter à la fois contre la spéculation immobilière, l'étalement urbain et la spécialisation fonctionnelle et/ou socioculturelle ;
- Traiter cette problématique avec une attention particulière lors de la première révision de la présente stratégie.

f) Orienter et aider à la décision grâce à des outils d'évaluation et de suivi

- Démocratiser des outils simples d'évaluation des impacts directs et indirects des projets en termes d'émissions de gaz à effet de serre (inspiré de bilan carbone, NECATER, GES-URBA, baromètre carbone…) indiquant éventuellement les co-bénéfices ou points de vigilance d'autres thématiques écologiques, sociales ou économiques ;
- Développer des outils d'observation et d'analyse des flux énergie/matière des territoires et des outils d'évaluation permettant de visionner les éléments coûts-bénéfices à court, moyen et long termes des projets, dans une approche transversale et pas seulement sectorielle.

v. Enjeux de financement et orientation des investissements

1. État des lieux et enjeux carbone

Lorsque l'on aborde la question du financement de trajectoires bas-carbone, la question de trouver de nouvelles ressources n'est pas la plus importante. En effet, l'augmentation des investissements liés à une trajectoire prenant en compte la contrainte climatique sont de l'ordre de 5 % par rapport à une trajectoire au fil de l'eau au niveau mondial[13], un ordre de grandeur qui se retrouve aussi au niveau national dans le scénario de référence. Être en capacité d'orienter les investissements vers des activités compatibles avec une économie 'décarbonée' est, en revanche, le principal enjeu financier lié à la transition vers une économie bas-carbone. Cela s'applique à la fois aux financements publics mais surtout aux financements privés qui compte tenu de l'importance des investissements nécessaires[14] représenteront forcément la majeure partie des flux financiers dédiés à l'économie bas-carbone.

Orienter ces flux d'investissement nécessite d'agir au niveau de l'offre de capital, de la demande de capital et des instruments de liaison entre les deux :

- La demande de capital concerne toutes les politiques permettant d'améliorer l'attractivité économique et financière des projets « verts » – amélioration du ratio risque-rendement, accessibilité des technologies, etc. ;
- L'offre de capital concerne le secteur financier et sa capacité à accompagner les changements de manière ordonnée ;
- Les instruments de liaison ont pour objectif de s'assurer que la chaîne de financement fonctionne parfaitement depuis les sources de capital – épargne, investisseur institutionnels, etc. – jusqu'aux dépenses en capital. Cela inclut des instruments comme la titrisation ou les obligations vertes.

Entre risques et opportunités, les enjeux carbone appliqués au secteur financier

Les enjeux climato-énergétiques pour les acteurs des marchés financiers et, en particulier ceux ayant un horizon de gestion long comme les investisseurs institutionnels[15], sont doubles :

- La transition énergétique nécessite une orientation des investissements cohérente avec les objectifs de réduction des émissions et la mobilisation de ressources importantes. Son financement représente donc des opportunités significatives.
- Inversement, les enjeux climato-énergétiques sont aussi porteurs de risques pour la plupart des acteurs financiers. Si la prise de conscience de la nécessité d'intégrer ces enjeux d'un point de vue opérationnel est relativement récente, elle a connu un coup d'accélérateur assez spectaculaire à l'occasion du Sommet sur le climat des Nations Unies de septembre 2014 avec en particulier des décisions ambitieuses en matière d'allocation d'actifs de la part de gestionnaires et d'investisseurs institutionnels.

L'enjeu carbone est un enjeu de moyen terme central pour les acteurs financiers

Pour les acteurs financiers, les enjeux climato-énergétiques représentent un double risque. D'une part, ces acteurs sont exposés aux conséquences des changements climatiques (au travers de

13 New Climate Economy (2014). Better Growth, Better climate.

14 Des dizaines de milliards d'euros en France, des milliers de milliards d'euros dans le monde. En France, les investissements climatiques étaient évalués entre 20 et 25 milliards d'euros en 2011 (CDC Climat recherche, 2014)

15 Organismes publics ou privés qui collectent l'épargne et placent ces fonds sur les marchés financiers. Le terme peut désigner les fonds de pension, assureurs, fonds de réserve (ou autres investisseurs institutionnels publics) ou banques.

l'exposition des contreparties qu'ils financent). D'autre part, ils sont aussi exposés aux conséquences d'une action politique de maîtrise des émissions qui devra être d'autant plus résolue qu'elle sera tardive (risques associés aux stranded assets et existence d'une 'bulle carbone', associée à la valorisation économique de stocks de combustibles fossiles qu'il pourrait falloir laisser sous-terre). De fait, un certain nombre d'études mettent en avant que le secteur financier devrait s'aligner sur une trajectoire bas-carbone, mais qu'il continue à miser largement sur l'exploitation de combustibles fossiles. Cela augmente les coûts associés à une réduction équivalente des émissions de gaz à effet de serre sur le siècle dans le cadre d'une action retardée du fait de verrouillage technologiques et organisationnels (lock-in) et ceux des impacts du changement climatique[16] (coût de l'inaction).

Compte tenu des risques de régulation et pour anticiper les effets du changement climatique, les investisseurs institutionnels ont a priori intérêt à prendre en compte ces éléments dans leur analyse et la gestion opérationnelles de leurs portefeuilles d'investissement et à orienter les financements existants vers des investissements bas-carbone. Les intérêts des investisseurs institutionnels seraient donc alignés avec ceux de la collectivité et l'intérêt général.

Au sein des marchés financiers, une palette d'outils prometteurs, dans leur principe, se développent…

Ces différents outils en faveur d'une économie 'décarbonée' peuvent être regroupés en trois familles principales :

- Les instruments de fléchage vers l'économie verte, qui permettent d'investir directement et de manière plus ou moins certifiée dans des actifs bas carbone (par exemple, les obligations vertes, la labellisation des fonds d'investissement qui contribuent à la transition énergétique et écologique, etc);
- la gestion indicielle 'Bas carbone' à travers l'indication de l'empreinte carbone des actifs, qui permet d'exclure ou de sous-pondérer les actifs intensifs en carbone, qui sont traditionnellement surpondérés dans les indices et attirent par conséquent des encours importants ;
- l'engagement actionnarial consistant à faire pression pour un actionnaire, par un dialogue direct et, le cas échéant, par l'exercice de ses droits de vote en assemblée générale, pour que l'entreprise dont il détient des parts mène une politique de responsabilité environnementale

… qui butent sur la lancinante problématique de la mesure de la performance climatique

Les analystes financiers sont fortement dépendants de l'information fournie en amont par les émetteurs ce qui explique par exemple les difficultés d'accès aux financements pour les projets d'efficacité énergétique ou d'énergies renouvelables. Inversement, compte-tenu de leur pouvoir d'influence, ils ont une responsabilité de premier plan pour accélérer le développement de 'métriques Carbone' permettant d'apprécier les expositions et la sensibilité aux enjeux climato-énergétiques.

La quantification du risque carbone reste aujourd'hui balbutiante. L'analyse reste limitée à un nombre restreint d'industries, ce qui ne permet pas de connaître l'exposition totale aux risques climatiques et carbone, leur matérialité et leur ampleur. Des outils sont néanmoins en cours de développement, avec notamment les projets Sustainable energy investment (SEI) Metrics de la

16 Pour certains secteurs, comme celui de la réassurance, ce risque s'est déjà matérialisé au travers d'une augmentation très importante de leurs coûts, et l'évolution de certains aléas climatiques pourraient encore renforcer ces évolutions à l'avenir (submersions marines, vague de chaleur, ...). Même s'il s'agit d'un montant inférieur à la moyenne annuelle des pertes économiques observées sur les dix dernières années (188 Md$), les catastrophes naturelles et les catastrophes du fait de l'homme ont généré un coût de 113 Md$ (environ 90,5 Md€) en 2014, contre 135 Md$ (environ 108 Md€) en 2013 [Site de l'Argus de l'assurance, publié le 17 décembre 2014 à 15h09].

Commission européenne et de stress-tests carbone, qui visent à analyser l'impact des scénarios climat-énergie sur des portefeuilles d'actifs financiers, ainsi que le projet Beyond Ratings[17] dont la finalité est de noter les obligations souveraines en intégrant la dimension climatique.

2. Stratégie

De manière complémentaire à d'autres leviers de financement, le secteur financier a un rôle central à jouer pour prendre ses responsabilités dans le financement de l'économie et le soutien au développement durable et à la transition écologique. La mobilisation du secteur financier s'impose à un triple titre : en termes de gestion du risque tout d'abord, au titre de leur rôle de financeur de l'économie ensuite, au titre de leur responsabilité sociétale institutionnelle enfin.

Pour contribuer à une évolution des pratiques, la France dispose d'un socle réglementaire pionnier sur lequel elle peut d'ores et déjà s'appuyer, en particulier l'article 224 de la loi n° 2010-788 portant engagement national pour l'environnement du 12 juillet 2010, qui prévoit, pour les sociétés de gestion, des obligations de reporting extra-financier relatives à la prise en compte de critères sociaux, environnementaux et de qualité de gouvernance dans leur politique d'investissement. Elle pourrait devenir le premier pays à prévoir que les investisseurs institutionnels présentent dans leur reporting extra-financier des informations relatives aux moyens mis en œuvre pour contribuer à la transition énergétique et écologique et aux enjeux climato-énergétiques (article 173 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte).

Il s'agit donc, pour les pouvoirs publics, de renforcer ce socle, au-delà d'une politique de tarification du carbone et d'efficacement coordonner les différents dispositifs d'incitation, selon six axes :

2.1 Encourager le développement d'une gestion d'actifs « bas-carbone »

Les investisseurs institutionnels et les gestionnaires français se sont d'ores et déjà engagés dans une stratégie de promotion de la part verte des investissements pour réduire l'empreinte carbone et écologique et de réduction de l'exposition de leurs portefeuilles au risque carbone. Ce mouvement mérite d'être encouragé et amplifié au travers de la création de labels, d'indices, d'une prise en compte plus aboutie dans la gestion des éléments relatifs aux risques environnementaux ou encore le renforcement des critères environnementaux dans l'éligibilité des projets aux crédits exports.

A court terme, il semble particulièrement nécessaire de promouvoir, à titre incitatif, un label relatif à la « transition énergétique et écologique » des fonds d'investissement.

2.2 Améliorer la prise en compte opérationnelle du risque carbone par les acteurs financiers

Face à un risque potentiellement significatif, les acteurs financiers se doivent d'intégrer des critères environnementaux dans leurs décisions opérationnelles. En lien avec l'approfondissement de l'analyse de ces risques, il s'agit pour les pouvoirs publics d'encourager cette meilleure prise en compte opérationnelle du risque carbone.

Par ailleurs, s'agissant plus spécifiquement des acteurs du financement de long terme comme les investisseurs institutionnels et alors que les investissements bas carbone sont par nature des investissements longs, le cadre comptable (voire potentiellement, dans certains cas, son interaction avec le cadre prudentiel) n'est aujourd'hui pas adapté aux modèles d'affaires de ces acteurs et, par voie de conséquence, aux stratégies d'investissement bas carbone.

Parallèlement à une appropriation croissante de ces enjeux par les acteurs financiers, il s'agit donc, pour les pouvoirs publics, de continuer de porter, de manière systématique et récurrente, le débat sur l'adaptation des normes comptables IFRS aux besoins de financement de long terme,

17 Ces projets sont respectivement portés par l'association 2° Investing Initiative et le consortium Riskergy.

dans lequel s'inscrit la transition écologique, y compris pour les PME-TPE. Le développement de méthodologies de 'stress-tests Carbone' constitue une approche intéressante.

2.3 Renforcer le soutien à la recherche opérationnelle sur le développement de 'métriques Carbone'

Les méthodes actuelles de mesure Carbone ne permettent ni de prendre en compte l'ensemble de l'exposition des portefeuilles au risque carbone (les émissions financées), ni de s'inscrire dans une logique prospective permettant aux investisseurs de s'assurer qu'ils sont en ligne avec les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit d'une 'science' encore nouvelle, pionnière qu'il s'agit de consolider activement, les pouvoirs publics jouant pleinement leur rôle de soutien à la R&D et à l'innovation. Bien évidemment, ce soutien n'a de sens que s'il contribue aux réflexions portées au plan international[18] ; mais il s'agit d'appuyer les initiatives nationales pour leur donner encore plus de poids dans un environnement qui reste dominé avant tout par des logiques anglo-saxonnes.

2.4. Améliorer le reporting extra-financier des investisseurs institutionnels

Les investisseurs institutionnels gèrent un volume important d'actifs, ayant notamment vocation à sécuriser le financement de leurs engagements vis-à-vis de leurs clients, souscripteurs, adhérents ou affiliés.

Un levier d'action consiste donc à améliorer l'information dont pourront disposer les clients, souscripteurs, adhérents ou affiliés de ces investisseurs institutionnels, sur les modalités dont ces derniers prennent en compte, dans leurs politiques d'investissement, les critères relatifs au respect d'objectifs environnementaux et les moyens qu'ils mettent en œuvre pour contribuer à la transition énergétique et écologique. Cela pourra passer par un reporting extra-financier dédié, permettant ainsi aux clients, souscripteurs, adhérents ou affiliés de prendre en compte ces informations et, le cas échéant de s'orienter vers un investisseur institutionnel prenant davantage en considération les enjeux climato-energetiques.

2.5 Créer un espace de dialogue et d'échange entre pouvoirs publics, investisseurs institutionnels, privés et publics, et la société civile

Par cet espace, dont la forme et les modalités restent à définir mais qui doit nécessairement être basée sur une procédure contradictoire, il s'agit de donner une cohérence, de renforcer la convergence d'initiatives multiples (foisonnantes dans la perspective de la COP21), mais non coordonnées, chaque initiative répondant classiquement à sa propre logique de développement. Son objectif serait de pousser à la création de mécanismes, d'outils et d'instruments financiers 'innovants' climato-compatibles[19] incitant les investisseurs à développer une véritable stratégie bas carbone, comprenant des objectifs chiffrés et une feuille de route précise pour les atteindre et ayant vocation, à terme, à nourrir la déclinaison sectorielle de la stratégie nationale bas carbone. Il devra également engager une réflexion sur les barrières non-économiques comme le manque d'information ou la formation insuffisante des acteurs.

Son cadre de réflexion ne peut être, à l'évidence, strictement national ; il doit pouvoir s'appuyer sur un certain nombre de ressources (veille sur les principales initiatives Carbone en cours ; vitrine des meilleures pratiques nationales et étrangères destinées à alimenter, à court terme, l'Agenda des solutions COP21 des investisseurs ; agenda des principales conférences Climat ciblées vers les investisseurs ; valorisation des initiatives nationales ; proposition de 'métriques Carbone'…).

18 Le soutien des pouvoirs publics à l'association 2° Investing Initiative et au consortium Riskergy s'inscrivent dans cette logique.

19 Cf. la mesure 5.a et b de la Feuille de route issue de la conférence environnementale 2014.

2.6 Faciliter l'accès au financement des projets bas carbone, d'énergies renouvelables, d'efficacité énergétique et d'économie circulaire

Il s'agit principalement de lever les contraintes de liquidités et d'accès aux particuliers, entreprises et collectivités qui souhaitent engager des projets visant à réduire des émissions de gaz à effet de serre, à produire des énergies renouvelables, à améliorer leur efficacité énergétique ou à s'orienter vers une économie circulaire.

Pour ce faire, divers leviers et mécanismes sont envisageables : évolution des dispositifs existants (par exemple augmenter la progressivité de l'aide accordée en fonction de la performance énergétique des travaux ou des barrières a l'investissement des ménages), développement d'une offre spécialisée d'intermédiation permettant le financement de projets de toutes les tailles (mécanismes de tiers financement, outils de participation des citoyens aux financements, sociétés pour le financement de l'énergie – sofergie –, etc.), interventions publiques en matière de financement (co-financement en dette et en fonds propres, prêts verts bonifiés proposés par BPI France, garantie de l'Etat sur des emprunts, voire recours à des leviers monétaires[20]). Pour accroître leur efficacité, ces mécanismes peuvent également être accompagnés de leviers non-financiers : renforcement de la capacité, de l'information (création de courtiers de prêts verts par exemple), etc.

2.7 Systématiser l'approche bas-carbone dans les soutiens financiers aux projets publics.

En application de l'article L222-1 B du code de l'environnement institué par la LTECV, le niveau de soutien financier des projets publics intègre, systématiquement et parmi d'autres critères, le critère de contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Les principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics seront définis par décret. Conformément à la présente stratégie, ils privilégieront une approche en cycle de vie quand les données correspondantes seront disponibles, en tenant compte également de la fiabilité de ces données. Cette évaluation de la réduction des émissions de gaz à effet de serre est également pertinente pour les alternatives à ces projets publics.

2.8 Aide au développement et soutien du développement international des entreprises françaises.

Renforcer l'exemplarité de l'aide au développement et du soutien au développement international des entreprises françaises constitue également un objectif prioritaire.

Des dispositions structurantes ont déjà été mises en œuvre pour permettre le suivi des investissements engagés en la matière. Ainsi, l'agence française de développement assure un suivi de la « part climat » de son portefeuille de projets. Le suivi réalisé, s'appuie notamment sur les « marqueurs de Rio » et distingue les grandes catégories d'actions engagées en vue de la lutte contre le changement climatique, ou en vue d'autres objectifs mais avec des co-bénéfices climat importants[21].

20 Si la banque centrale européenne estime que la transition bas carbone participe de la résilience du système monétaire et financier de la zone euro, alors elle est fondée à utiliser différentes formes d'interventions pour en faciliter le financement. Elle pourrait ainsi intégrer à son programme d'achat d'actifs des actifs carbone. La valeur de ces actifs, générés par des réductions d'émissions, bénéficierait d'une garantie publique à hauteur d'une valeur de référence du carbone définie à l'échelle nationale (voire européenne).

21 La même logique est appliquée pour d'autres objectifs, tels que la préservation de la biodiversité, ce qui permet de valoriser les options qui contribuent concomitamment aux différents axes de la transition écologique.

La révision des critères permettant de bénéficier de crédits-exports a été précisée en septembre 2015 et s'inscrit en cohérence avec les choix de politique énergétique domestiques puisqu'elle prévoit la suppression immédiate des crédits exports pour tous les nouveaux projets de centrale à charbon sans capture de CO2.

D'un point de vue quantitatif, l'objectif, annoncé par la France lors de l'Assemblée Générale des Nations-unies en septembre 2015, sera d'augmenter de 2 milliards d'euros les financements climat à l'horizon 2020, qui passeront ainsi de 3 à 5 milliards d'euros.

vi. Education, sensibilisation, appropriation des enjeux et des solutions par les citoyens

Tenant compte des orientations définies dans la Stratégie nationale de transition écologique pour un développement durable (SNTEDD 2015-2020) ainsi que des feuilles de route pour la transition écologique, les recommandations en matière d'éducation et de sensibilisation concourent à l'objectif de donner aux citoyens les clés et les moyens d'appréhender l'évolution du monde et les enjeux de la transition énergétique, afin de contribuer de manière active à la stratégie nationale bas carbone

En complémentarité et articulation des recommandations présentées en partie vii, relatives à la formation professionnelle, cela suppose de mobiliser et s'appuyer sur toute la diversité des approches éducatives, de sensibilisation, d'implication et de participation citoyenne, à tous les âges de la vie.

1. Formation scolaire et supérieure

Il doit s'agir en priorité de :

- Prendre en compte les enjeux, pratiques et compétences clés sur les enjeux climatiques, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la sobriété, l'efficacité énergétique, et les énergies renouvelables dans les programmes d'enseignements du primaire et du secondaire, à l'occasion de leur renouvellement, et soutenir la promotion auprès des jeunes des métiers contribuant à la transition énergétique.
- Faire de l'enseignement supérieur l'un des fers de lance en matière de transition énergétique, pour soutenir la montée en compétence des personnels et cadres du secteur public et du monde économique dans la perspective d'une économie bas carbone. Faire évoluer ces formations en cohérence avec les avancées de la recherche et les besoins d'évolution rapide des métiers.
- Structurer, renforcer et développer une offre de formation de formateurs, enseignants , éducateurs sur les enjeux de la transition énergétique et du climat.
- Finaliser l'analyse des compétences génériques clés nécessaires à l'industrialisation des nouvelles technologies de l'énergie (vecteurs et systèmes intelligents, énergies renouvelables et décarbonées, maîtrise de la demande) afin de les maintenir à leur meilleur niveau.
- Soutenir le développement de filières d'ingénierie dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie, en lien avec la recherche.
- Faciliter et accompagner l'implication des établissements scolaires, comme celle des jeunes en temps péri et extra-scolaires dans la mise en œuvre des actions appropriées des plans et schémas territoriaux et régionaux (Plan Climat-Air-Energie (PCAET); territoires « à énergie positive pour la croissance verte » « Zéro gaspillage, zéro déchets » ; stratégies régionales d'économie circulaire, etc).

Systématiser ces actions dans le cadre :

- des projets des établissements scolaires et enseignement agricole en démarches globales de développement durable et -des projets d'activités périscolaires,
- dans les démarches homologues mises en œuvre dans les accueils collectifs de jeunes*(centres de loisirs, de vacances, scoutisme, etc).*
- Accélérer la transition vers des établissements scolaires et universitaires durables en faisant

de ces établissements des organisations exemplaires en matière de performance énergétique, et plus largement de responsabilité sociétale.

- Recruter des managers énergie /économes de flux dans tous les établissements d'ici 2020, dans le cadre des plans stratégiques de sites notamment engagés dans la démarche Campus d'@venir. Favoriser et faciliter l'implication des étudiants dans ces plans stratégiques comme dans les chartes d'engagements pour la transition énergétique des COMUE.
- Développer les expérimentations de management de l'énergie sur des sites démonstrateurs des établissements d'enseignement supérieurs *(ex: isolation thermique, récupération et stockage d'énergie, géothermie, maîtrise de la demande en énergie)*

2. Sensibilisation et participation de tous

Il doit s'agir en priorité de :

- Promouvoir et développer au niveau territorial des expérimentations et innovations citoyennes et sociales contribuant à l'évolution vers des modes de vie et une économie bas carbone.
- Mobiliser et accompagner la jeunesse dans l'appropriation des enjeux de la transition écologique.
- Mettre en œuvre et développer un grand programme de service civique pour la transition énergétique, le climat et la biodiversité. Les mouvements de jeunesse participent activement par exemple à la préparation de la COP 21 via la COY ou des actions de formations de jeunes.
- Développer et renforcer des partenariats multi-acteurs pour des actions éducatives mutualisées et concertées d'éducation à l'environnement et d'animation territoriale pour la sensibilisation et d'implication des habitants (par ex : familles à énergie positive, ateliers participatifs, médiation artistique, sportive et culturelle, etc)
- Consolider et développer des dispositifs de participation publique pour la mise en œuvre de plans d'actions et projets territoriaux en faveur d'une économie bas carbone
- Mutualiser les outils participatifs au niveau territorial *(débat public, concertation environnementale, acteurs-relais, médiateurs, chartes de la participation, dispositifs de la politique de la ville, etc)*
- Expérimenter des territoires de co-responsabilité
- Favoriser la diffusion et le partage de l'information sur les enjeux de la SNBC, s'appuyer notamment sur les outils de la communication digitale et numérique.

3. Information et responsabilisation du consommateur

Il doit s'agir en priorité de :

- Promouvoir et faciliter le développement des pratiques de consommation collaborative *(sobriété et efficacité énergétique, moindre consommation de ressources et matières nouvelles).*
- Favoriser le développement de l'économie de fonctionnalité et la mutualisation des biens et services dans les secteurs marchands et non marchands *(par ex : AMAP, location en commun d'outillage, télétravail),* en s'appuyant sur les nouveaux usages numériques.
- Mettre en œuvre et développer la démarche volontaire d'affichage environnemental des produits et services de consommation et mieux faire connaître les dispositifs existants *(étiquette énergie, ecolabels européens, etc)* pour aider aux choix d'achats sobres en

carbone.

- Informer et former des individus aux nouveaux usages et comportements dans l'habitat de « nouvelle génération » *(à la domotique, aux nouvelles technologies de l'éclairage, de chauffage etc).*
- Inciter à l'installation de systèmes énergétiques personnalisés, de dispositifs de pilotage énergétique intelligents et d'automatismes des bâtiments *(entreprises, collectivités, bâtiments d'enseignement, particuliers).*
- Poursuivre le développement et la généralisation des Points Rénovation Info Service (PRIS) prioritairement à l'échelle des intercommunalités. Informer et sensibiliser les usagers sur la gestion dynamique des « transports intelligents ».
- Inciter à l'usage des nouveaux services à la mobilité *(co-voiturage, vélib, etc).*
- Développer la recherche sur les pratiques incitatives d'économie comportementale en matière de consommation et de modes de vie et prise en compte de leurs résultats dans les politiques publiques d'information et de sensibilisation en faveur de la transition écologique.

vii. Emploi, compétences, qualifications et formation professionnelle

1. Transition énergétique, métiers et compétences

A. Connaissance

Il s'agira en priorité de développer les analyses prospectives relatives aux secteurs d'activité, métiers et compétences de la stratégie nationale bas carbone par une articulation renforcée de la coopération de l'observatoire national des métiers de l'économie verte (pilote : CGDD) et du réseau emplois compétences (REC) (pilote : France stratégie).

B. Transitions professionnelles

Il s'agira en priorité de :

1. Élaborer, dans la continuité du plan national de mobilisation pour les emplois et les métiers dans l'économie verte, du Débat national sur la transition énergétique et des mesures issues des Conférences environnementales 2013 et 2014, ainsi que de la programmation pluriannuelle de l'énergie – qui comprendra une évaluation des besoins de compétences et de l'adaptation des formations à ces besoins – un nouveau plan d'action sur l'emploi, la formation et les transitions professionnelles liées à la transition énergétique pour la croissance verte.

2. Inciter à la mise en place de démarches de Gestion territoriale des emplois et des compétences (GTEC), notamment en s'appuyant sur le rapport « Propositions de priorités nationales de formation liées à la transition écologique et recommandations pour les futurs CPRDFOP » (Contrat de plan régional de développement des formations et de l'orientation professionnelles) du Conseil National de la Formation Professionnelle Tout au Long de la Vie (CNFPTLV) :

- Identifier les compétences clés pour faciliter les passerelles
- Soutenir l'appropriation par les acteurs des territoires d'outils méthodologiques pour l'accompagnement des transitions professionnelles impactées par la transition écologique et l'efficacité énergétique.

3. Rendre plus lisible les certificats de qualification interprofessionnels (CQPI) pour les salariés afin de faciliter la mobilité interprofessionnelle.

4. Améliorer l'orientation des demandeurs d'emplois et leur formation pour leur permettre d'accéder aux métiers porteurs de la transition écologique (notamment en s'appuyant sur le projet stratégique « Pôle emploi 2020 »).

2. Transition énergétique, formation professionnelle initiale et continue

L'intégration d'un volet environnemental et climatique dans les formations initiales et continues sera encouragée en adaptant l'offre de formation aux besoins induits par la transition écologique et énergétique :

Il s'agira en priorité de

- Accentuer la prise en compte des enjeux climatiques et de transition énergétiques dans les formations technologiques et professionnelles de l'enseignement scolaire et supérieur, notamment :
    - poursuivre l'intégration de la connaissance des techniques et compétences que requiert la transition énergétique et écologique dans les référentiels de diplôme de l'éducation nationale et de l'enseignement supérieur
    - poursuivre la rénovation des référentiels de diplômes du ministère chargé de l'agriculture, en s'inscrivant dans le plan d'actions « enseigner à produire autrement » du

projet agro-écologique pour la France. Cette rénovation a pour but l'intégration de pratiques agro-écologiques permettant notamment d'atténuer les émissions du secteur agricole (maximisation de l'utilisation des engrais et amendements organiques, non-labour, agroforesterie, maintien de l'élevage à l'herbe, développement de cultures de protéagineux et légumineuses en grande culture et en élevage, etc.) ;
  - à travers l'adaptation de la formation initiale et continue des architectes à l'évolution des métiers liés à l'amélioration énergétique et à la restauration de la nature en ville.

- Miser sur l'innovation pour faciliter l'accès à la formation :
  - au travers de méthodes et d'outils innovants (e-learning, « formation ouverte et à distance » - FOAD…)
  - En mettant en œuvre des outils d'accompagnement dédiés aux artisans, très petites entreprises (TPE) et petites et moyennes entreprises (PME) afin de tenir compte de leurs difficultés d'accès spécifiques (ex. le système de remplacement mis en œuvre par la branche agricole)
- Améliorer le transfert de connaissances aux professionnels :
  - développer les actions de formation de formateurs
  - favoriser les lieux de rencontres d'acteurs de l'économie/recherche/enseignement comme les clusters ou les pôles de compétitivité (apport de méthodes et d'analyses « métiers/compétences ») dans tous les secteurs (notamment industrie, bâtiment, transports, agriculture)
- Engager des actions spécifiques avec les secteurs volontaires, notamment :
  - Dans les plans d'actions sectoriels, consacrer une attention particulière à l'accompagnement aux transitions professionnelles.
  - En particulier, dans les métiers des transports et de la mobilité, initier une réflexion visant à piloter, l'intégration de nouvelles compétences « vertes », notamment en s'appuyant sur un travail d'actualisation du rapport du comité de domaine « Transport ».
  - Soutenir le développement du professionnalisme de la filière de l'audit énergétique.
  - Encourager, pour la filière forêt-bois, des initiatives en matière de transfert technologique.
  - Favoriser, plus largement, la sensibilisation, l'information et la formation auprès des chefs d'entreprise et des salariés, notamment de PME-TPE, au travers d'actions pour l'emploi et le déploiement de la formation professionnelle et de son offre, en particulier : l'accompagnement des entrepreneurs en les sensibilisant et formant aux enjeux énergétiques, en incitant à mettre en place, selon des modalités adaptées, des prestations de conseil, appui, formation contribuant à la montée en compétences des PME-TPE.
  - Mettre en place de conditions favorables à une offre de service d'ingénierie, de conseil et de formation de qualité accessible en tout point du territoire (départements et collectivités d'outre-mer compris), pour soutenir l'emploi, le développement des compétences et faciliter la compréhension des enjeux ainsi que la réalisation d'actions pour une économie bas carbone.
  - Regarder la liaison entre compétences numériques et métiers de la transition énergétique, afin d'anticiper les besoins en formation.
  - Rendre lisibles dans le répertoire national de la certification professionnelle (RNCP), les certifications (diplômes, titres, ..) des métiers impactés par la transition énergétique et d'une manière générale par l'économie verte.

viii. Mise en œuvre territoriale

1. État des lieux et enjeux carbone

La France a d'ores et déjà une riche expérience de l'action territoriale en matière climatique, avec les schémas régionaux air-climat-énergie et les plans climat énergie territoriaux. Les territoires ont ainsi témoigné d'une forte ambition, globalement en cohérence avec les objectifs contractés par la France au plan européen et international. Ils se sont engagés dans des actions concrètes, assurant de la transversalité entre les différents volets sectoriels concernés (urbanisme et énergie, urbanisme et transport, …) et faisant le lien entre les différents acteurs concernés (autres collectivités, entreprises, ménages).

Ils ont largement contribué au débat national sur la transition énergétique qui a permis d'identifier des axes de progrès, notamment le besoin de rationaliser le portage des plans climat énergie territoriaux pour que tout point du territoire soit couvert par un plan et un seul, ainsi que le besoin d'améliorer l'accès des collectivités aux données relatives à l'énergie afin d'être en capacité de définir des politiques énergétiques cohérentes avec les enjeux de leur territoire.

2. Stratégie (horizon 2030, horizon 2050 et au-delà)

2.1 Poursuivre la responsabilisation des territoires et clarifier les missions des différents échelons. :

- La loi portant nouvelle organisation territoriale de la République (NOTRe) confie le rôle de chef de file climat, air, énergie aux Régions.
- La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte demande aux intercommunalités de plus de 20 000 habitants d'élaborer des plans climat air énergie territoriaux (PCAET), qui devront par ailleurs comprendre des actions relatives à l'air pour les intercommunalités ayant la compétence ou dans une zone soumise à plan de protection de l'atmosphère.
- Dans le cadre d'appels à projets, des financements incitatifs doivent permettre de continuer à appuyer les territoires les plus mobilisés (comme les « territoires à énergie positive pour la croissance verte », les « territoires zéro gaspillage zéro déchet »).
- Les acteurs régionaux et locaux ont un rôle déterminant pour la mise en œuvre de la présente stratégie. Il conviendra de les associer étroitement lors de sa prochaine actualisation, à publier en juin 2019.

À terme, la majorité du territoire devrait donc être couverte de PCAET. Au-delà de leur champ propre de compétence, les intercommunalités doivent définir dans leur PCAET une vision de leur territoire, à court, moyen et long terme, en cohérence avec les orientations nationales et régionales.

La mise en œuvre effective de ces PCAET nécessitera de :

- renforcer l'animation de leur territoire réalisée par les intercommunalités qui sont également incitées à développer des approches de type « territoires neutres en émissions de gaz à effet de serre » ;
- chercher à devenir des **territoires à énergie positive (TEPCV)**, produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment ;
- renforcer l'accès des collectivités aux données relatives à l'énergie (en particulier gaz, électricité, chaleur et produits pétroliers), notamment afin que les observatoires régionaux puissent plus facilement établir les bilans régionaux des émissions de gaz à effet de serre et les décliner au niveau intercommunal, facilitant la tâche pour les intercommunalités pour élaborer puis suivre leur PCAET. ;
- dans le suivi par les territoires de leurs émissions, dans le cadre des bilans d'émissions de

gaz à effet de serre (BEGES), de développer la prise en compte des éléments du « scope 3 », c'est-à-dire des émissions indirectes ou induites au-delà de leurs seules émissions directes. Notamment, pour les territoires ruraux, les réductions d'émissions permises par les ressources biosourcées qu'ils produisent et qui sont utilisées dans l'économie pourront utilement être prises en compte.

D'autres outils réglementaires permettent également aux collectivités de définir leur politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, toutes les collectivités de plus de 50 000 habitants doivent établir tous les 3 ans un bilan des émissions de gaz à effet de serre liées à leur patrimoine et à l'exercice de leurs compétences. Ce bilan doit s'accompagner d'un plan définissant les actions que la collectivité souhaite mettre en place afin de réduire ses émissions.

2.2 **Renforcer, de façon progressive et itérative, la cohérence des objectifs quantitatifs entre les différents échelons**

- Les schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), (englobant les actuels schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie) seront élaborés par les Régions en coopération avec les collectivités infra. Ces schémas ont vocation à fixer les orientations stratégiques et les objectifs de moyen et long terme sur le territoire régional en termes, entre autres, de lutte contre le changement climatique, en cohérence avec les objectifs nationaux.
- Les plans climat air énergie territoriaux (PCAET), ainsi que les documents locaux d'urbanisme, doivent prendre en compte ces orientations et objectifs, et être compatibles avec les modalités de mise en œuvre de ces orientations et objectifs régionaux.
- Pour les PCAET élaborés avant les SRADDET, cette prise en compte intervient lors de la première révision qui suit l'approbation du SRADDET et les PCAET doivent être mis en compatibilité avec les modalités de mise en œuvre du SRADDET dans un délai de trois ans à compter de cette approbation. A noter que les SRADDET comporteront notamment un volet « biomasse », dont l'objet sera de permettre un pilotage efficace par les régions de leurs ressources biosourcées, et de viser une valorisation de celles-ci optimisant les réductions d'émissions permises par leur utilisation.

2.3 **Donner les moyens du pilotage à chacun des échelons. Outre les obligations réglementaires qui leur sont imposées**, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte confie aux collectivités un certain nombre d'outils et d'opportunités pour mettre en œuvre une politique territoriale cohérente de réduction de leurs émissions de gaz à effet :

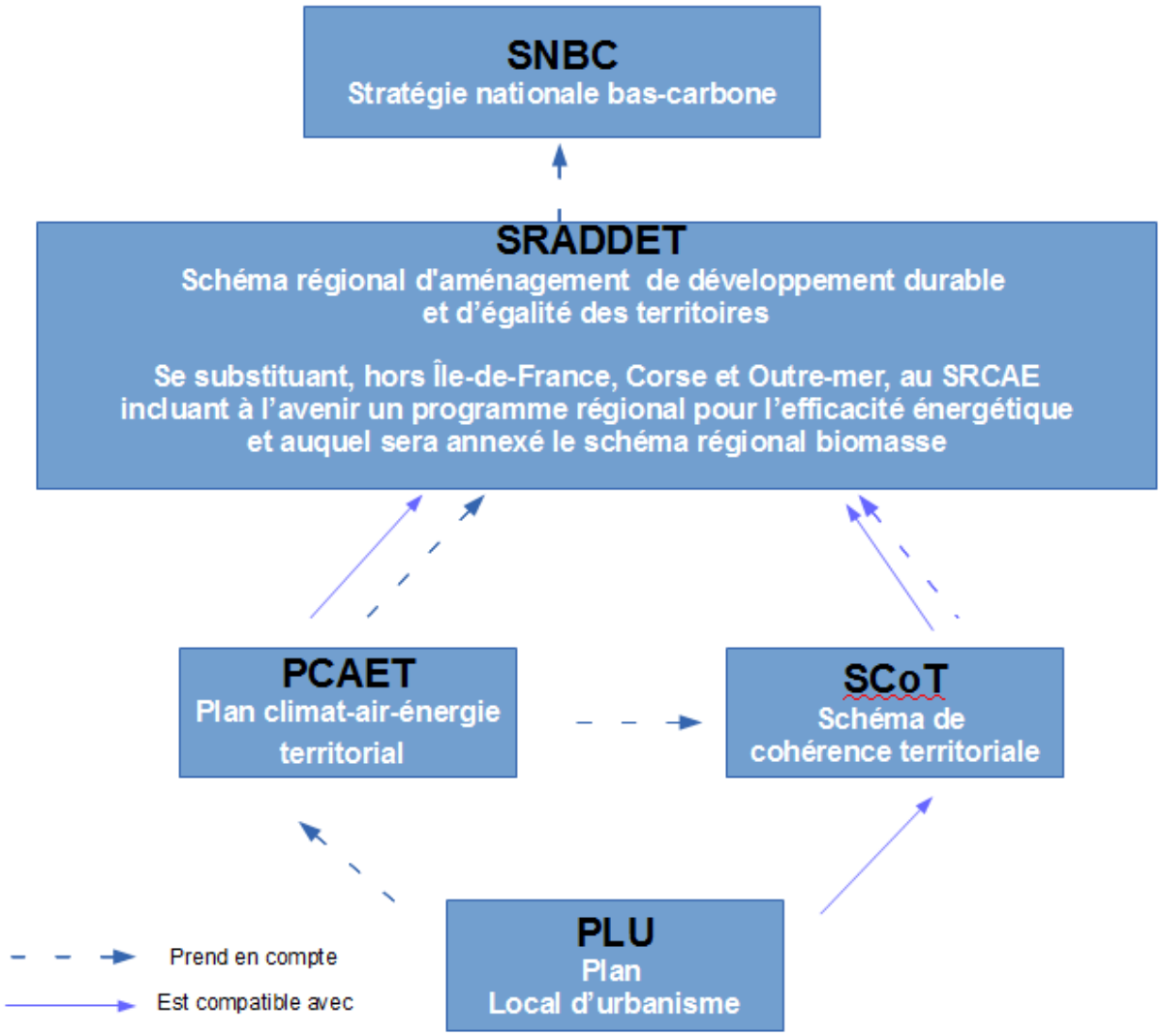
- Dans le domaine du bâtiment, la création de plateformes de rénovation énergétique et la mise en place du tiers financement doivent permettre de démultiplier les opérations de rénovation énergétique des bâtiments.
- Dans le domaine des transports, l'obligation de renouvellement des flottes publiques par des véhicules moins émissifs, le développement des infrastructures de recharge de ces véhicules, ainsi que la possibilité pour les maires d'instaurer des zones à circulation restreinte ou de limiter la vitesse sont autant de possibilité d'actions concrètes et efficaces à court terme.
- Dans le domaine des énergies renouvelables, l'ouverture du capital des sociétés aux collectivités territoriales et aux riverains devrait permettre d'accélérer la transition vers des énergies moins carbonées.

3. Articulation de la stratégie nationale bas carbone avec les plans et programmes

Un lien de prise en compte existera pour

- les Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET), (englobant les actuels schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie)
- les Plans Climat-Air-Energie Territoriaux. Ce lien pourra être indirect lorsque les SRADDET auront eux-mêmes pris en compte les dispositions de la Stratégie.

- Les autres documents de planification et de programmation des collectivités territoriales et de leurs établissements publics respectifs qui ont des incidences significatives sur les émissions de gaz à effet de serre. Ce lien pourra être indirect lorsque les SRADDET ou les PCAET auront eux-mêmes pris en compte les dispositions de la Stratégie.



4.Spécificités des DOM, de la Corse et de l'Île-de-France

Dans les DOM, le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie sera inclus dans le schéma régional d'aménagement élaboré par la Région.
En Corse et en Île-de-France, le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie sera élaboré dans les mêmes conditions que le PADDUC et le SDRIF.

5. Suivi-évaluation et indicateurs

Indicateurs du plan :

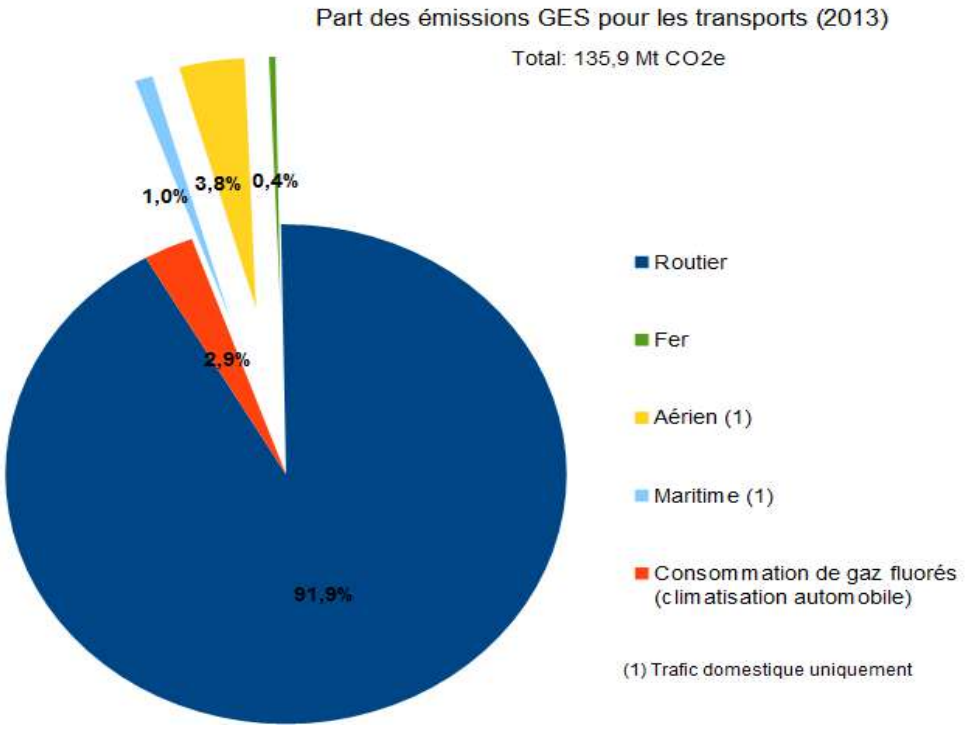
- pourcentage de collectivités de plus de 50 000 habitants ayant approuvé leur plan climat air énergie avant le 31 décembre 2016,
- pourcentage de collectivités de plus de 20 000 habitants avant le 31 décembre 2018.

3.3. Recommandations sectorielles

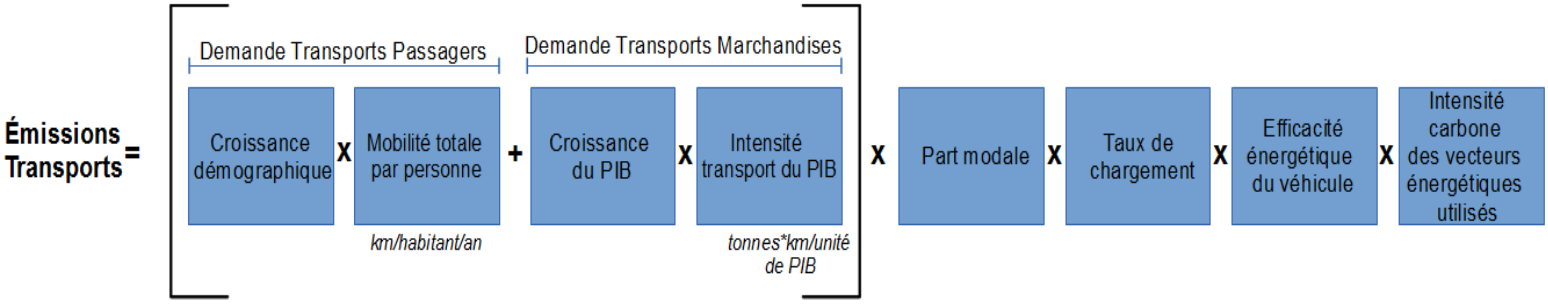
i Transports

1. Enjeux carbone et état des lieux

Les émissions de GES du transport domestique (127 Mt, 27 % des émissions françaises) ont augmenté de 20 % entre 1990 et 2004, puis commencé à baisser pour revenir à +12 % par rapport à 1990 en 2013.



Facteurs structurant les émissions des transports :



- Deux facteurs exogènes, la population, notamment sa structure, et la croissance du « produit intérieur brut », ont un impact haussier sur la demande de mobilité.
- Pour réduire les émissions des transports, le report modal vers des transports non-carbonés (ferroviaire principalement) et le taux de chargement doivent être mobilisés comme leviers d'action pour limiter les émissions dues au trafic routier, mais ils ne permettraient à eux seuls que de stabiliser les émissions du secteur transport.

- Aussi l'efficacité énergétique et la réduction de l'intensité carbone des vecteurs énergétiques utilisés dans les transports représenteront l'essentiel des gains de GES évités. A 2050, une combinaison de solutions technologiquement très efficaces devra donc être largement diffusée comme, par exemple, le véhicules à 2l aux 100, l'électrification avec une production d'électricité quasiment décarbonée, les carburants faiblement carbonés (liquides ou gazeux, dont biocarburants de troisième génération et méthanation ...).
- L'inertie du secteur oblige à se projeter à 2050 et anticiper les mutations dès aujourd'hui, même pour celles qui n'auront un impact fort sur les émissions qu'après 2030 et même s'il est encore prématuré de prévoir leurs parts de marché respectives. Par exemple pour le véhicule à 2l aux 100, sa diffusion large à l'horizon 2050 nécessite qu'il constitue l'essentiel des ventes de véhicules neufs à l'horizon 2030. Pour l'électricité et les nouveaux carburants, la dynamique de déploiement des infrastructures de recharge ou de distribution est un point clef. L'enjeu présent est de rendre possible et de faciliter ces développements futurs.

Messages clés :
Volet domestique (dont DOM) :

- Dans le cadre du « comité trajectoire » (2012)[22], la contribution du secteur des transports à l'objectif national facteur 4 a été estimée à une réduction de 65 % des émissions de GES entre 1990 et 2050.
- À l'horizon du budget carbone 2023-2028, l'objectif indicatif de réduction de 22 % par rapport à 1990 est cohérent avec l'objectif 2050 précité, dans la mesure où il tient compte de l'inertie pour diversifier le mix énergétique du secteur (dominé par les combustibles liquides) qui exige aujourd'hui des efforts de développement des motorisations alternatives et des infrastructures de recharge (bornes électriques, stations d'approvisionnement en gaz, ...) pour des impacts attendus beaucoup plus significatifs à l'horizon 2050 qu'à celui des budgets carbone.
- Cet objectif est construit sur la base d'hypothèses en matière de mobilité, de taux d'occupation ou de chargement des véhicules, d'efficacité énergétique des véhicules, d'intensité carbone des carburants et de report modal, hypothèses destinées à représenter l'impact de mesures de politiques publiques sur ces paramètres. Les principales hypothèses, portant sur l'horizon 2030, correspondant à cinq grands leviers qu'il convient de mettre en œuvre (détaillées au chapitre 2.2. Le scénario de référence et dont les précisions indiquées au paragraphe « portée du scénario » s'appliquent en particulier au volet transport).

Volet international :

- Les émissions de l'aérien et du maritime international ne doivent pas être négligées, compte tenu de leur augmentation prévisible.

2. Stratégie (horizon 2030 et 2050)

Pour le volet domestique, la politique de réduction de l'impact climatique du secteur des transports repose sur la **mise en œuvre conjointe des cinq leviers suivants** :

A. La maîtrise de la demande de mobilité par habitant et par unité de PIB, voire sa diminution

- La poursuite des tendances passées conduirait à une hausse de la demande. Ainsi, la croissance des revenus domine l'impact du vieillissement de la population (en ce qui concerne la mobilité des personnes), et l'augmentation des distances moyennes de transport par unité de PIB constatées par le passé pourrait être renforcée par la stabilisation voir la croissance de

22 **Centre d'analyse stratégique, Comité Trajectoire** (2012). Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone. Rapport du comité présidé par de Perthuis C.. Consultable sur : http://archives.strategie.gouv.fr/cas/content/trajectoires-2020-2050-vers-une-economie-sobre-en-carbone-rapport.html

la part de l'industrie dans le PIB, participant au dynamisme du transport de marchandises dans les scénarios réalisés.

- Pour atteindre un objectif de long terme de stabilisation de la mobilité et de l'intensité transport à leur niveau actuel, l'urbanisme et le développement de l'économie circulaire et des filières courtes (rapprochant la production et la consommation de biens) sont structurants.
- Le développement du télé-travail (ainsi que d'autres mesures concrètes programmées notamment dans les plans de déplacement d'entreprises, dans le cadre du dialogue social) et de l'accès aux services à distance peut également contribuer à la stabilisation de la mobilité par habitant dès le court terme

B. Le taux de chargement des véhicules et plus généralement la meilleure utilisation des véhicules et des réseaux existants :

- le potentiel principal est ici celui de l'espace libre dans les véhicules circulant. Le développement du co-voiturage, et des autres services de mobilité, est un facteur structurant en ce qui concerne les passagers. Les pratiques des chargeurs et des transporteurs peuvent concourir à améliorer le taux de remplissage dans le fret. Le scénario de référence suppose une hausse de l'ordre de 10 % du taux de chargements des poids lourds et des véhicules utilisés pour le transport de passagers entre 2013 et le 3ème budget carbone. Enfin, la réduction de la vitesse de circulation sur les routes interurbaines et sur autoroutes peut avoir un impact (plutôt baissier) sur les émissions de gaz à effet de serre.

C. L'efficacité énergétique des véhicules

- Le standard de 2 litres aux 100 km doit pouvoir être généralisé, dans le parc avant l'horizon 2050, pour les véhicules neufs à l'horizon 2030 au plus tard. Un objectif intermédiaire reste à préciser pour l'échéance du second budget carbone. Ceci concerne les véhicules particuliers en respectant le domaine de pertinence environnemental (intégrant l'énergie grise des véhicules par des analyses en cycle de vie) et économique de chaque type de technologie. Une accélération des progrès d'efficacité énergétique des poids lourds semble aussi possible et des objectifs devront être précisés. L'échelon européen est le plus structurant pour piloter ces évolutions. Pour l'efficacité énergétique totale des véhicules le scénario de référence suppose une amélioration des consommations unitaires de 20 % pour les transports de marchandises et de presque 30 % pour les transports de passagers entre 2013 et le 3ème budget carbone.

D. L'intensité carbone des carburants

- la **recherche et le développement** sur les énergies décarbonées doivent permettre de débloquer certaines des solutions qui ne sont pas encore à un stade de développement permettant leur déploiement à grande échelle à l'horizon des premiers budgets carbone (exemples non exhaustifs : biocarburants de troisième génération, augmentation de l'autonomie des batteries et de leur vitesse de charge, mobilité hydrogène, bioGNV ou méthanation d'hydrogène produit lors des pics de production des énergies renouvelables électriques intermittentes,...).
- à court et moyen terme, l'État encouragera la diversification du bouquet énergétique dans le secteur des transports, quel que soit le mode, à travers la promotion de l'électromobilité, des biocarburants, en particuliers de seconde génération (en stabilisant la part des biocarburants conventionnels en concurrence avec l'alimentation à leur niveau actuel), du GNV (comme solution de transition pour permettre le développement du bio-GNV) et du bio-GNV. Le scénario de référence suppose une amélioration de l'intensité carbone des énergies utilisées de l'ordre de 6% entre 2013 et le 3ème budget carbone.

E. Le report modal

- Il s'agit ici de développer les modes et solutions de transport dans leur domaine de pertinence environnementale, économique et climatique, en fonction des territoires desservis. En milieu

urbain dense, les transports par mode doux (marche, vélo) et les transports collectifs doivent être privilégiés. Pour le transport massifié de longue distance (plus de 500 km environ), mais aussi, pour toutes les liaisons pour lesquelles l'importance et les caractéristiques des flux permettent l'utilisation pertinente des moyens de transport massifié, la priorité doit aller au train et au fluvial. Le transport fluvial peut ainsi être pertinent sur des distances de moins de 500 km, pour la desserte des industries ou des agglomérations. Le développement de ces modes de transport massifiés doit ainsi améliorer la compétitivité de l'offre de transport à destination de l'industrie. L'articulation intermodale renforcée est un des leviers structurants pour y parvenir. Il s'agit d'améliorer les services rendus, ce qui pourra nécessiter l'augmentation des investissements dans des infrastructures alternatives à la route. Le scénario de référence suppose une diminution de la part du routier et aérien domestique de l'ordre de 2 % dans les transports passagers motorisés et de 7 % pour les transports de marchandises au profit des autres modes, notamment du ferroviaire entre 2013 et le 3ème budget carbone.

- Les outils fiscaux, par le signal prix, permettent d'agir sur les comportements des acteurs. La taxe intérieure sur la fiscalité des produits énergétiques (TICPE) comprend une part liée au contenu carbone des carburants, croissante avec le temps. Cet instrument transversal présente l'avantage de jouer sur tous les leviers précédemment identifiés. L'affichage dans la loi et la présente stratégie de la trajectoire de 22 € en 2016, de 56 € en 2020 et de 100 € en 2030 (en € 2015) permet aux acteurs d'anticiper cette évolution et d'ajuster en conséquences leurs choix d'investissements (achats de véhicules notamment).
- Pour le volet international, il est prioritaire de disposer de règles arrêtées au niveau international au sein des instances internationales telles que l'OMI ou l'OACI, et mises en œuvre de façon effective dans l'ensemble des États parties, afin d'assurer des conditions de concurrence équitables au niveau mondial. Il pourra être nécessaire de compléter ce positionnement par des initiatives régionales malgré les difficultés rencontrées (ex : inclusion de l'aviation dans le marché du carbone européen, promotion des carburants alternatifs pour le transport maritime, ...), d'autant que les initiatives prises par l'Union européenne ou la France dans le secteur peuvent stimuler les travaux au sein des différentes enceintes ; mais elles doivent rester cohérentes avec les réflexions conduites à l'échelle internationale pour éviter des distorsions de concurrence préjudiciables aux opérateurs communautaires dont l'activité de certains est internationale pour 90%.

Points de vigilance :

- Anticipation du délai de développement des infrastructures de ravitaillement (bornes de recharge électriques, unité de livraison de gaz) et coordination de leur déploiement par l'ensemble des acteurs concernés (État, Collectivités, établissements publics, entreprises, ménages).
- Coordination du développement des différentes filières dans une logique d'optimisation économique et environnementale (co-bénéfices sur la pollution atmosphérique) intégrant le moyen et long terme et identifiant les principaux moyens sur les cinq leviers.
- Dimensionnement des filières biosourcées à articuler avec les ressources et capacités des filières correspondantes. Durabilité de ces filières.
- Adhésion des entreprises à ces objectifs et saisie des opportunités correspondantes de développement de filières industrielles et servicielles, de créations d'emplois.
- Attention particulière à porter au secteur du transport routier de marchandises, dont les marges économiques sont faibles et qui comporte un grand nombre de petites entreprises.
- Lutte contre la précarité énergétique, ainsi que la préservation et l'amélioration de l'accessibilité des zones rurales, en particulier lors d'évolution des instruments fiscaux.
- Accompagnement des territoires ruraux, qui peuvent être des utilisateurs importants des nouveaux services à la mobilité, afin de faire de la transition énergétique un moteur de

dynamisme pour ces territoires.
- Développement des analyses ACV dans les évaluations des projets de transports.
- Nécessité d'une évaluation régulière de la mise en œuvre de ce chapitre sur les transports.

3. Articulation de la stratégie nationale bas carbone avec les plans et programmes pour le secteur des transports

Au plan national, ces objectifs seront pris en compte :
- dans les programmations pluriannuelles de l'énergie (lien de compatibilité prévu par la loi transition énergétique pour la croissance verte (LTECV))
- dans la stratégie nationale pour le développement de la mobilité propre. Cette stratégie détermine notamment le cadre d'action national pour le développement du marché relatif aux carburants alternatifs et le déploiement des infrastructures correspondantes (directive 2014/94 sur les infrastructures d'avitaillement).
- dans les programmations des investissements dans les infrastructures de transport.

Au plan territorial, ces objectifs ont vocation à être pris en compte dans :
- les documents de planification réglementaires tel que : les schémas de cohérence territoriale (SCOT), les plans de déplacements urbains (PDU), les plans locaux d'urbanismes intercommunaux valant plans de déplacement (PLUi-D), les plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) ;
- les autres documents de planification : accords conclus entres autorités compétentes (exemple des contrats d'axe), les plans de mobilité entreprise, inter-entreprises, administration ...
- les schémas régionaux de l'intermodalité, créés par la loi relative à la modernisation de l'action publique territoriale et l'affirmation des métropoles, pouvant être complétés par les plans de mobilité rurale prévue par la LTECV
- Les schémas de développement des aires de covoiturage prévus par la LTECV

4. Spécificités des DOM

En matière de transport de marchandises, le développement de l'économie circulaire et des circuits courts, en favorisant par exemple l'implantation dans un même lieu d'entreprises consommant les productions ou déchets d'autres entreprises, doit être visé pour limiter la demande de transports de celles-ci. Le développement des circuits courts et de productions locales répondant à la consommation est un enjeu particulièrement important pour les outre-mer.

5. Suivi-évaluation et indicateurs

Maîtriser la mobilité des personnes et des marchandises :
- distance moyenne journalière des trajets par personne
- transport de marchandises rapportées au PIB (t.km/€).
  Sources : comptes des transports

Améliorer l'efficacité énergétique des véhicules
- consommation énergétique au km des véhicules et moyens de transports, en circulation (moyenne du parc) et mis sur le marché (matériels neufs).
- Parc de véhicules propres du secteur public.

Promouvoir les carburants et vecteurs énergétiques alternatifs à faible contenu CO2 (biogaz, biocarburants, électricité,...)
- Part des différents types de carburant, et contenu CO2 par unité d'énergie, en analyse sur le cycle de vie « du puits à la roue ».

Report modal : utiliser les modes de transport dans leur domaine de pertinence environnemental, climatique et économique.

- parts modales pour les transports de voyageurs et marchandises, longue et courte distance. Source : ENTD, EMD, SITRAM.

Mieux utiliser les infrastructures et véhicules existants.

- taux de remplissage moyen des véhicules particuliers (ENTD, enquête ménage-déplacement), des poids lourds (enquête ECHO).

ii. Résidentiel-Tertiaire

1. État des lieux et enjeux carbone

Les émissions directes du secteur résidentiel-tertiaire[23] représentent environ **20 %** des émissions de GES françaises (voir aussi figure ci-dessous, émissions scope 1 – en bleue). Depuis le début des années 2000, malgré la croissance de la population et des surfaces chauffées, les émissions liées à la combustion ont légèrement diminué alors qu'en l'absence de mesures d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, elles auraient fortement augmenté.

L'ensemble des émissions du secteur reste globalement stable compte-tenu de l'augmentation des émissions dues à l'utilisation de gaz fluorés (pour les usages de climatisation). Pour ces dernières les efforts qui s'engagent dans le cadre du règlement européen F-Gaz permettront de les maîtriser.

Aux émissions directes des bâtiments s'ajoutent des émissions indirectes liées à la production d'énergie (électricité et chaleur) (cf. figure, émissions scope 2 en vert).[24] Lorsqu'on en tient compte, le secteur représente environ un quart des émissions françaises. Ce total inclut notamment la consommation d'électricité spécifique,[25] qui, si elle ne représente que 18 % de la consommation d'énergie du secteur et moins de 10 % de ses émissions de gaz à effet de serre, a augmenté de 150 % en 20 ans.

Ces émissions sont enfin à mettre en perspective avec les émissions associées à la construction (et la destruction) des bâtiments (cf. figure émissions scope 3 en rose). Si ces dernières représentent seulement de l'ordre de 10Mt $CO2^{e}$ (soit 2 à 3 % des émissions françaises), elles vont dorénavant compter pour une part de plus en plus importante des émissions du bâtiment par rapport aux émissions pendant la phase d'usage, sur l'ensemble du cycle de vie. L'augmentation constante de la part de GES liée à la construction par rapport à la phase usage (environ 50 % pour un bâtiment construit avec la réglementation RT2012) rend nécessaire une approche sur l'ensemble du cycle de vie des bâtiments neufs car, en 2050, les bâtiments construits à partir de 2013 représenteront près de 40% du parc, rendant la performance énergétique et environnementale des bâtiments neufs tout aussi essentielle pour la maîtrise de l'impact climatique à long terme.

Compte tenu de la part toujours prédominante du chauffage dans la consommation d'énergie du secteur aujourd'hui et du renforcement très important des exigences de performance pour les bâtiments neufs, la consommation d'énergie pour le chauffage des bâtiments existants constitue le plus grand gisement de réduction des émissions de GES du secteur (la massification des rénovations lourdes constituant un enjeu majeur).

23 Émissions directes (ou scope 1): émissions liées à la combustion énergétique au niveau des bâtiments (gaz naturel, fioul, gaz de pétrole liquéfié (gpl) et charbon), à l'utilisation de gaz fluorés et de solvants

24 Ces émissions indirectes (ou scope 2) liées à la production d'énergie sont cependant comptabilisées dans les budgets carbone du secteur « production d'énergie ».

25 Électricité spécifique : électricité nécessaire pour les services qui ne peuvent être rendus que par l'usage de l'énergie électrique (ex. éclairage et électroménager)

Sources des émissions GES du résidentiel-tertiaire

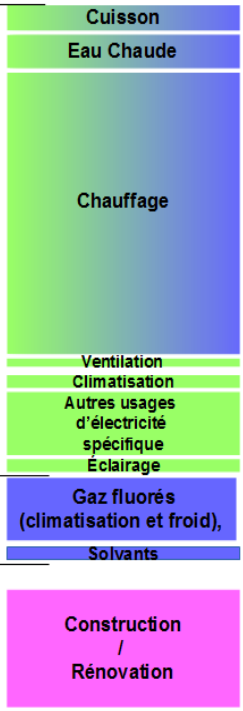
Émissions associées à la consommation d'énergie
pouvant être décomposées en :

- Population (résidentiel) / Valeur ajoutée (tertiaire)
- Surface par habitant ou par unité de VA tertiaire (en particulier pour les usages chauffage/clim)
- Intensité d'utilisation
- Intensité carbone par source d'énergie
- Efficacité énergétique des installations
- Performance de l'enveloppe

Autres émissions du secteur

Émissions liées à la construction et la rénovation :

- intensité carbone des matériaux de construction / rénovation
- quantité de matériaux / m² construit
- surface construite / rénovée par habitant ou unité de VA tertiaire



Émissions GES et Bâtiments

Scope 1 : Émissions directes dans le secteur bâtiment

Scope 2 : Émissions indirectes : production d'électricité et réseaux de chaleur (voir secteur énergie)

Scope 3 : Autres émissions induites (secteur industrie, transport...)

2. Stratégie (horizon 2030 et 2050)

Le comité trajectoire (2012) a estimé que l'atteinte du facteur 4 à l'horizon 2050 par rapport à 1990 tous secteurs confondus supposait une réduction de 85 % des émissions directes du secteur résidentiel-tertiaire. La réduction d'un facteur deux des émissions directes du secteur résidentiel-tertiaire visée à l'horizon du troisième budget carbone s'inscrit dans une trajectoire cohérente avec un tel objectif de long terme.

2.1. Diminuer la demande en énergie du secteur bâtiment (scopes 1 et 2)

D'ici à 2050, la rénovation du parc aux normes « bâtiment basse consommation » est visée. De plus, le scénario de référence suppose de rénover les logements privés les plus consommateurs (de classe supérieure ou égale à F) d'ici le troisième budget carbone.

a. Dans tous les bâtiments :

- Mieux maîtriser les consommations liées d'une part aux comportements, d'autre part à l'utilisation d'électricité spécifique notamment grâce à de l'information et de la communication sur les bons gestes et le déploiement de systèmes de régulation et par la mobilisation de signaux prix (individualisation des frais de chauffage dans les bâtiments où ce n'est pas déjà le cas, assiette carbone dans le prix des énergies,...). Le scénario de référence suppose une réduction de 4 % de la consommation d'électricité spécifique à l'horizon du 3ème budget carbone, défini à partir d'AMS2.

b. Pour l'existant :

Il faut agir sur les leviers d'actions suivants :

- Massifier la rénovation énergétique des bâtiments résidentiels et tertiaires existants en agissant sur l'enveloppe (isolation thermique), sur l'efficacité des systèmes (chauffage,

climatisation, production d'ECS, ventilation). Parvenir à une baisse de la consommation énergétique du secteur résidentiel-tertiaire de 28 % à l'horizon 2030 par rapport à 2010 (niveau de réduction obtenu avec le scénario de référence), suppose la rénovation lourde de 500 000 logements chaque année à partir de 2017 et un objectif de réduction de la consommation d'énergie pour le chauffage dans les bâtiments construits avant 2010 de plus de 40 % à l'horizon du 3ème budget carbone.

- A l'occasion du renouvellement des équipements en fin de vie, encourager le changement des systèmes de chauffage les plus carbonés, c'est-à-dire ceux dont les émissions moyennes annuelles sont supérieures à 300gCO2/kWh[26] d'énergie finale utile, soit aux conditions actuelles le chauffage exclusif au charbon et au fioul vers d'autres systèmes de chauffage moins émetteurs de GES et notamment les énergies renouvelables. Le scénario de référence suppose que la part des vecteurs dont les émissions sont supérieures à 300gCO2/kWh soit inférieure à 4 % de la consommation d'énergie du résidentiel-tertiaire à l'horizon du troisième budget carbone.

c. Pour le neuf :

- Les futurs bâtiments neufs devront être conçus pour prendre en compte les émissions de gaz à effet de serre, par une analyse en cycle de vie, pour viser un niveau de performance énergétique renforcé (BEPOS) et pour généraliser le recours aux ENR. Leur bonne mise en œuvre devra permettre d'atteindre les niveaux de performance exigés.

2.2 Réduire les émissions « grises/scope 3 » du secteur des bâtiments

Il s'agit d'un enjeu fort à la fois pour la rénovation et pour les nouveaux bâtiments. Il convient :

- d'aller vers des standards tenant compte des impacts environnementaux, notamment en termes d'émissions de GES, grâce à une analyse en cycle de vie. La prochaine réglementation thermique du bâtiment tiendra compte des émissions de GES, tant en phase d'usage qu'en phase construction . L'utilisation des matériaux bio-sourcés est un exemple de solution pertinente pour diminuer les émissions liées à la construction (ou à la rénovation) et aux déchets. Ils permettent de développer le stockage de carbone atmosphérique capté par les plantes et peuvent se substituer à des matériaux dont la fabrication est plus émettrice de GES. De plus, leur développement peut être privilégié à une échelle locale. (cf. § 3.3.iv forêt-biomasse).

2.3 Mise en œuvre de ces objectifs

Ces leviers d'actions peuvent se décliner par des mesures à appliquer sur les bâtiments neufs ou existants comme suit :

a. Accompagner les maîtres d'ouvrage pour l'amélioration de l'efficacité énergétique et la diminution des émissions de leur bâtiment

- Réduire les consommations et les émissions par des gestes simples (y compris la gestion active des consommations) en soutenant les initiatives visant à adopter des comportements vertueux notamment par des actions de communication et d'information
- Inciter les ménages à la réalisation de travaux de rénovation énergétique, pertinents sur le plan environnemental, grâce au développement du service public de la performance énergétique au travers des plateformes territoriales de la rénovation énergétique et au déploiement du Passeport rénovation énergétique
- Inciter les gestionnaires de parc tertiaire, notamment les petites structures, à mener une stratégie d'investissement visant l'amélioration de la performance énergétique et la diminution

26 Cette valeur d'émissions associées à la combustion d'énergie rapportées à la quantité de chaleur exploitable dans le logement a vocation à être révisée à la baisse au fil du temps. Elle tient compte non seulement du contenu carbone des énergies mais aussi du rendement des systèmes de chauffage.

des émissions de leur bâtiment

b. Lever les barrières à l'investissement

- Soutenir la rénovation énergétique des logements des ménages modestes, comme axe prioritaire de la politique de lutte contre la précarité énergétique
- Disposer d'un panel de dispositifs incitatifs complémentaires, simples et stables dans le temps
- Mobiliser les acteurs du secteur bancaire pour distribuer des outils de financement dédiés (tiers financement notamment)
- Créer et déployer le fonds de garantie pour la transition énergétique
- Pérenniser les dispositifs d'incitation pour le parc social
- Mobiliser les signaux prix (individualisation des frais de chauffage, assiette carbone dans le prix des énergies, ...).

c. Renforcer les exigences réglementaires sur la performance des bâtiments au regard de leurs faisabilités techniques et économiques :

- Anticiper et faire connaître les futures exigences réglementaires, notamment par le déploiement de signes de qualité et de démarches volontaires
- Viser, dans la future réglementation pour les bâtiments neufs, la prise en compte des GES sur tout le cycle de vie du bâtiment, la haute performance énergétique (niveau BEPOS) ainsi que la mobilisation des ENR à une échelle pertinente
- Pour les bâtiments neufs, évaluer l'ensemble des impacts environnementaux en généralisant l'analyse en cycle de vie dès la conception
- Réviser la réglementation thermique sur les bâtiments existants pour rehausser les seuils de performance exigés et mieux prendre en compte les innovations
- Étendre le champ d'application des exigences sur l'existant avec l'obligation d'embarquer la performance énergétique lors des grandes étapes de la vie du bâtiment et avec l'obligation de rénovation des bâtiments tertiaires

d. Structurer les filières professionnelles pour une économie bas carbone

- Développer des filières locales visant la production et la mise en œuvre de matériaux de construction et de rénovation peu carbonés, notamment les matériaux biosourcés comme le bois.
- Développer les filières de recyclage des matériaux et déchets du BTP, en cohérence avec les plans déchets nationaux, valorisables dans une analyse en cycle de vie du bâtiment.
- Mobiliser à grande échelle des acteurs de la formation professionnelle pour favoriser la confiance des maîtres d'ouvrage et la qualité des travaux réalisés.
- Soutenir les dispositifs de formation et de labellisation en garantissant la cohérence d'ensemble des différentes actions à l'échelle nationale et territoriale
- Développer des offres globales de rénovation prenant en compte l'ensemble des aspects techniques, juridiques et financiers des projets pour maîtriser la pertinence, la qualité et les coûts des travaux.
- Mettre en place une maîtrise d'ouvrage publique exemplaire pour appuyer une dynamique et faire monter la filière en compétence

e. Maîtriser les consommations d'électricité spécifique

- Pour l'électricité spécifique, les directives européennes (écoconception et étiquetage) permettent d'interdire les produits les moins performants
- Renforcer les dispositifs d'information des consommateurs tels que des actions de communication sur les consommations cachées, l'identification des appareils les moins performants sur internet, le déploiement des compteurs communicants (Linky) connectés, etc.
- Pour le parc tertiaire, promouvoir l'efficacité énergétique active et maîtriser le recours à la climatisation.

f. Améliorer la connaissance et soutenir la recherche et l'innovation (voir politique de soutien à la recherche et au développement chap. 3.2.iii)

- Identifier les différents usages de l'énergie et les causes de leur évolution notamment pour mieux appréhender les écarts entre consommation théorique et constatée
- Accompagner le déploiement des innovations, notamment par des programmes ambitieux tels que le dispositif **PREBAT** (expérimentations à taille réelle) et le programme d'investissement d'avenir.
- Déployer le plan relatif au traitement de l'amiante – qui freine actuellement la réalisation de rénovations énergétiques – et le plan relatif à la transition numérique dans le bâtiment

Points de vigilance :

- L'objectif de massification des rénovations lourdes appelle un suivi attentif. Sont notamment à surveiller la disponibilité des financements et le calendrier de publication du décret pour la rénovation dans le tertiaire. De même il convient de s'assurer que les dispositifs de soutien mis en place atteignent effectivement leurs cibles (instruments financiers et dispositifs de conseil-information-prescription).
- Si le renforcement des normes constitue un levier potentiellement structurant pour l'atteinte des objectifs, il doit s'accompagner d'instruments complémentaires (contrôle de l'efficacité technique, information, éducation, instruments de pilotage, tarification, obligations) pour diminuer les consommations réelles en limitant notamment l'effet rebond (température de chauffage, climatisation, électricité spécifique).
- L'intégration de l'analyse du cycle de vie constitue un élément structurant, qu'il faut intégrer de manière pédagogique.

3. Articulation de la stratégie nationale bas carbone avec les plans et programmes pour le secteur

Les priorités ci-dessus sont à prendre en compte notamment dans les documents suivant :

- **Stratégie nationale pour mobiliser les investissements** (en faveur de la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments privés et publics, à usage résidentiel ou tertiaire, à l'horizon 2050 et révisée tous les 5 ans) : elle définira un plan d'actions pour cibler les investissements, basé sur des analyses techno-économiques des rénovations.
- La définition des programmes de recherche développés dans le cadre du PREBAT
- Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse
- Plan d'actions pour la qualité de la construction et la transition énergétique (PACTE)
- Plan relatif à la transition numérique dans le bâtiment
- Plan de R&D sur les techniques de désamiantage, pour lever les obstacles aux travaux de rénovation énergétique lourds

4. Spécificités des Départements et Régions d'Outre-Mer

Dans les cinq départements et régions d'outre-mer, le secteur résidentiel-tertiaire est encore plus central dans la politique de réduction des émissions de GES qu'en métropole en raison de leur mix énergétique et électrique très carboné. La croissance de la consommation d'électricité (3 à 4 % par an) est bien plus élevée qu'ailleurs en France, et sa production issue massivement de ressources fossiles et carbonées.

Les leviers d'action à mettre en place visent à réduire les émissions indirectes via la réduction de la consommation d'électricité, en particulier la limitation du recours à la climatisation, les émissions liées au chauffage étant quasi nulles. Il s'agit notamment de mieux protéger les bâtiments contre le rayonnement solaire mais également de développer le recours aux énergies renouvelables dans les bâtiments et les îlots urbains (eau chaude solaire, géothermie, réseaux de chaleur et de froid…).

Ainsi, les recommandations listées ci-dessus pourront être appliquées dans les DOM, certaines nécessitant une déclinaison ou une adaptation au contexte économique local et au climat ultramarin.

- Au préalable, il sera nécessaire d'approfondir la connaissance du parc de bâtiment et des gisements d'économies d'énergie associés pour proposer des actions adaptées au contexte territorial ;
- La réglementation thermique acoustique aération (RTAA DOM) applicable aux logements neufs depuis le 1er mai 2010 est conçue comme une réglementation de moyens pour maîtriser les consommations d'énergie, en améliorant le confort en saison chaude afin de limiter le recours à la climatisation. Une évolution de la RTAA vers une réglementation de performance globale sera étudiée afin de donner plus de latitude aux innovations, ainsi que son élargissement au tertiaire et à l'existant. Les démarches environnementales volontaires seront encouragées ;
- En matière de rénovation énergétique, les dispositifs financiers incitatifs devront prendre en compte les spécificités climatiques des DOM dès leur mise en place. La réhabilitation énergétique du parc social constitue un levier important pour massifier l'amélioration du confort thermique des logements.
- Les formations aux économies d'énergie permettant aux professionnels d'obtenir la qualification « RGE » seront adaptées aux DOM.
- Comme en métropole, le développement des filières de matériaux biosourcés constitue un levier important. Une attention particulière sera portée au développement de filières locales afin de générer des emplois non délocalisables et réduire les importations.

5. Suivi-évaluation et indicateurs

- Indicateurs de résultats :
  - Consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre associées du secteur résidentiel-tertiaire selon le type d'énergie, l'usage de consommation et l'utilisation du bâtiment (résidentiel/tertiaire) (source CEREN, ADEME)
  - Consommation d'énergie et émissions de GES du secteur du bâtiment (liée à l'acte de construire et de démolir) (indicateur non disponible actuellement)
- Evaluation :

Le suivi des rénovations – volume, typologie et efficacité – et des consommations d'énergie dans les bâtiments nouvellement construits est prioritaire car ces efforts d'efficacité énergétique constituent un axe structurant et majeur de la présente stratégie. Le suivi de ces politiques publiques permettra de les ajuster en fonction des constats observés.

Si la rénovation énergétique mobilise un niveau conséquent d'investissement publics et privés, le suivi direct des gains obtenus ne s'est pas révélé possible jusqu'ici puisque trop coûteux et complexe techniquement, en raison notamment du foisonnement des cas de figure et de la dispersion des données s'agissant de la maîtrise d'ouvrage privée. La mobilisation de données techniques dans le cadre du Crédit d'Impôt pour la Transition Énergétique est une piste à explorer pour améliorer la situation.

iii. Agriculture

1. État des lieux et enjeux carbone

Le contexte mondial : tensions, fragilités, opportunités

Si les incertitudes sur le contexte européen et mondial sont nombreuses, plusieurs tendances se dégagent qui doivent être prises en considération dans l'élaboration de la SNBC. Ainsi, en parallèle des enjeux de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de valorisation du potentiel de stockage de carbone dans les sols agricoles, et de l'adaptation au changement climatique et à ses effets doivent être considérés les objectifs de sécurité alimentaire et les spécificités de l'agriculture face au changement climatique.

Forte hausse des demandes alimentaires et non-alimentaires
Le contexte mondial sera notamment marqué par de grandes opportunités pour les productions agricoles tirées par des perspectives de demandes alimentaires et non alimentaires en forte hausse.
Par exemple, la conjonction des estimations de croissance démographique, des perspectives de croissance économique et de transition nutritionnelle conduit la FAO à pronostiquer une augmentation de la production agricole mondiale de l'ordre de 60% en 2050. Et une hausse plus importante encore est attendue pour les productions animales et les huiles. Cette hausse des besoins alimentaires devrait également s'accompagner d'une hausse des besoins non alimentaires. Ces tendances moyennes masquent des opportunités réelles (émergence de classes moyennes plus sensibles aux différentes qualités des produits) et des fragilités (maintien d'une pauvreté importante laissant penser que la sécurité alimentaire ne sera pas réglée en 2050).

Vulnérabilité et tensions sur les ressources
Les conditions de cette augmentation nécessaire de la production agricole sont par ailleurs marquées par des tensions croissantes sur les ressources en terre, en eau et sur des ressources stratégiques souvent inégalement réparties. Ces tensions multiples vont exacerber les fragilités des systèmes alimentaires dans le monde alors même que les pressions sur l'environnement (biodiversité, pollutions des sols et de l'eau) se font croissantes. Le changement climatique va largement contribuer à accentuer encore cette vulnérabilité et exacerber les tensions en particulier dans les pays déjà en situation d'insécurité alimentaire importante.

Poids des échanges internationaux sur les systèmes alimentaires et accroissement des interdépendances
Enfin, on assiste à une interdépendance croissante des systèmes alimentaires de la planète, notamment via le commerce international et la libéralisation des marchés des denrées agricoles, alimentaires ou non alimentaires issues de matières premières agricoles. D'autre part, de nombreux pays émergents pèseront de plus en plus sur une donne mondiale de moins en moins dominée par les acteurs européens et nord américains.

Demain plus qu'hier, il conviendra donc de penser la stratégie nationale agricole dans ce contexte mondial. Aussi les empreintes carbone et environnementale sont des indicateurs particulièrement pertinents pour ce secteur, qui doivent être promus dans une approche multi-critères pour rendre compte de l'ensemble des enjeux auxquels fait face le secteur agricole. Et plus généralement, pour prendre en compte l'ensemble des défis et interactions à l'échelle globale évoqués ci-dessus, l'intensité carbone des productions est un enjeu central.

Le contexte national

État des lieux

La production agricole française (hors forêts et hors industries agro-alimentaires) représente 3,9 % du PIB français en 2013 pour environ 730 000 actifs[27]. En 2013, la surface agricole utile couvre 28,8 millions d'hectares, soit 52,5 % de la surface totale en France métropolitaine (45,4 % DOM inclus). Elle se répartit principalement en grandes cultures et oléoprotéagineux (45,4%) et en cultures fourragères (49,6%), ces dernières étant à 89 % des surfaces en herbe. La France représente par ailleurs le premier cheptel bovin de l'Union européenne en 2013 avec 19,1 millions de têtes, dont près de 3,7 millions de vaches laitières, et 4,1 de vaches allaitantes.[28]

En France, les prévisions démographiques de l'INSEE tablent sur une augmentation de la population à 70 millions d'habitants en 2050, qui pourrait conduire à une augmentation de la demande alimentaire. Cependant, les habitudes alimentaires sont en évolution, avec notamment une baisse de la consommation individuelle de produits carnés depuis plusieurs années.

Par ailleurs, le secteur fait face en parallèle à une demande non-alimentaire émergente, que ce soit pour les filières énergétiques, pour des matériaux bio-sourcés ou pour la chimie verte.

Mais la vocation première de l'agriculture est l'alimentation de bonne qualité nutritionnelle et sanitaire. Sachant que, plus globalement, la population émet de fortes demandes sur la qualité organoleptique des produits, leur origine, les circuits de proximité, le bien-être animal, les questions de sécurité sanitaire, ainsi que sur les externalités positives de l'agriculture (environnement, paysage, etc.).

Emissions de GES du secteur agricoles, et ses spécificités

En 2013, les émissions de GES du secteur agricole français représentent de l'ordre de 21 % des émissions nettes anthropiques totales françaises, soit 92,1 MtCO2 (inventaire format Kyoto, CITEPA 2015). Entre 1990 et 2013, ces émissions ont baissé de 6,2 %. Elles sont à 43 % constituées de protoxyde d'azote (N2O), liées à la fertilisation azotée et à la gestion des déjections, et à 42 % de méthane (CH4) provenant de la fermentation entérique des ruminants, de la décomposition en milieu anaérobie des déjections animales ou de la combustion incomplète de matière organique[29]. Les consommations d'énergie sur les exploitations représentent elles de l'ordre de 12,6 MtCO2 (CITEPA 2015).

Par ailleurs, les sols agricoles émettent du CO2 du fait de leurs usages et changements d'usages. Ces émissions ont été estimées à 10 MtCO2 pour l'année 2013 (CITEPA 2015, inventaire format CCNUCC).

Une caractéristique essentielle des émissions de GES du secteur est leur caractère diffus : elles se répartissent sur un peu moins de 500 000 exploitations agricoles sur près de 29 millions d'hectares. Elles sont le fait de processus biologiques qui font encore l'objet de recherche, avec des niveaux d'incertitude très forts (de l'ordre de 200 % pour le protoxyde d'azote à l'échelle nationale), et qui ne sont pas maîtrisables dans leur intégralité. De plus, les mécanismes en jeu agissent parfois de manière contradictoire selon que l'on considère les effets induits sur les émissions directes, sur les rendements, sur les produits disponibles, sur les émissions indirectes, sur l'environnement, etc.

Ces mécanismes, et surtout l'agriculture elle-même, sont étroitement dépendants du climat.

Enfin, les consommations de terres agricoles mènent indirectement à une pression plus forte sur les terres restantes et à des déstockages de carbone en particulier lorsqu'il y a artificialisation.

27 En 2012. Source : Agreste France, Mémento 2014
28 Source : Agreste France, Mémento 2014
29 Sachant que le cheptel bovin émettait en 2012 82 % des émissions de méthane de l'élevage français

Les enjeux pour le secteur agricole

Des enjeux nombreux pour le secteur agricole qui s'insèrent dans ce contexte
Les orientations prises pour le secteur agricole doivent lui permettre de s'inscrire dans l'effort national de réduction de GES tout en répondant à de nombreuses autres demandes :

- garantir la sécurité alimentaire ;
- préserver la santé publique, tant au travers de l'alimentation que des effets des pratiques agricoles sur les agriculteurs ;
- protéger l'environnement et les ressources naturelles, l'eau, les sols, l'air, la biodiversité, préserver les paysages et garantir le respect du bien-être animal dans les systèmes d'élevage ;
- protéger l'emploi et la compétitivité (dans l'UE et à l'international) des entreprises agricoles, souvent de petite taille, dans un contexte de libéralisation des marchés agricoles ;
- Accompagner l'adaptation de ces entreprises aux changements climatiques ;
- veiller à un aménagement du territoire rural harmonieux et à la protection du patrimoine alimentaire ;
- soutenir la bioéconomie en continuant à assurer la fourniture de produits non alimentaires (énergie et matériaux) ;
- lutter contre la consommation de terres agricoles.

Cinq facteurs principaux influençant affectant ces enjeux

- les systèmes et pratiques de culture et d'élevage, qui, pour une même mise à disposition de produits agricoles peuvent émettre plus ou moins de GES ;
- l'aménagement des territoires ruraux et l'usage des terres;
- l'efficacité de l'ensemble de la chaîne de mise à disposition de la nourriture au consommateur final, qui permet une réduction du gaspillage et des émissions indirectes ;
- la composition des régimes alimentaires, qui influence la composition de la demande agricole ;
- les techniques d'adaptation au changement climatique qui permettent de maintenir ou d'améliorer les systèmes de production.

Une nécessaire prise en compte des risques de « fuite de carbone »
Toute modification de la demande finale interne en produits alimentaires ne se traduit pas forcément par une modification des émissions de GES du secteur agricole français. Elle peut en effet par exemple mener à une extensification des systèmes ou à une hausse des exportations (ou à une baisse des importations), avec dans ces deux cas des effets sur les émissions hors des frontières. La prise en considération des effets aux frontières est donc importante pour dresser un bilan.

De plus, dans un secteur très concurrentiel, les risques de fuites de carbone sont importants : si des mesures d'atténuation de gaz à effet de serre venaient à dégrader la compétitivité des exploitations, il y aurait un risque de délocalisation de la production. Il peut alors en résulter un effet opposé à celui recherché, puisque la production délocalisée peut engendrer plus d'émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial.

Synergies et opportunités de la croissance verte. L'économie bas-carbone et la mise en œuvre de la présente stratégie ont aussi pour objectif un supplément de croissance et d'emplois qui bénéficieront à tous les secteurs, agriculture comprise. Mais au-delà des retombées générales du surcroît de PIB, l'agriculture a une place singulière dans la croissance verte que doit permettre d'obtenir la mise en œuvre des orientations de la SNBC, qui multiplie les opportunités pour ce secteur : inflexion de la demande domestique vers plus de circuits de proximité et à plus forte valeur ajoutée, renforcement de la demande en produits bio-sourcés pour des bio-matériaux, la chimie verte ou des produits énergétiques. Le faisceau de contraintes (économiques, sociales,

environnementales) est complexe mais l'agriculture française est bien positionnée pour y répondre en termes de ressources humaines, technologiques et naturelles. C'est au travers de la diversité des productions et des filières que se développeront des activités performantes sur tous les plans, intensité carbone comprise.

2. Stratégie : Réduire les émissions de GES et augmenter le stockage de carbone par le développement d'une agriculture agro-écologique

Les orientations générales de ce chapitre 2 doivent être considérées avec pragmatisme, nécessitant d'être adaptées à l'échelle des filières, le cas échéant à l'échelle régionale.
C'est à ces échelles que l'évaluation fine des différents co-bénéfices et impacts devra être menée, dans une approche multifonctionnelle, et les objectifs nationaux n'ont qu'une portée indicative.
La production des éléments d'évaluation et l'analyse des potentiels de progrès à ces échelles dans le cadre de l'élaboration des plans d'actions portant sur le secteur agricole permettra de mieux documenter les impacts de la SNBC et sera prise en compte lors de son actualisation d'ici le 1er juillet 2019.

a. Orienter les systèmes de production agricole vers l'agro-écologie

Les objectifs principaux consistent à diminuer les émissions de N2O, en agissant sur les apports de fertilisants azotés, à diminuer les émissions de CH4 essentiellement par la valorisation des effluents pour produire de l'énergie, et en agissant sur les rations alimentaires des ruminants, à stocker du carbone dans les sols et la biomasse, et à substituer des émissions d'origine fossile par une valorisation de la biomasse

Une mise en œuvre renforcée du projet agro-écologique
L'atteinte de ces objectifs, tout en relevant les défis présentés dans la partie précédente, passera par la prise en compte des effets attendus des politiques actuelles : PAC (verdissement et second pilier), fin des quotas laitiers, renforcement du soutien à l'élevage, plan Ambition bio, plan protéines, ainsi que sur la mise en œuvre renforcée du **projet agro-écologique** :

- optimisation du cycle de l'azote, progression des itinéraires à bas intrants et substitution des engrais minéraux par des engrais organiques ;*réduction du surplus azoté, via notamment le développement d'itinéraires à bas intrants, ainsi que l'optimisation des doses et la substitution. Objectif indicatif moyen : -30UN minéral/ha (unités d'azote minéral) en moyenne en 2035 par rapport à 2010*, à rendement équivalent ;
- augmentation de la durée des rotations, diversification culturale et développement des légumineuses ;
  - Objectif indicatif : plus de 2M d'ha de légumineuses en 2035, dont 900 000ha de protéagineux en grandes cultures
- préservation des prairies permanentes ;
  - Objectif indicatif : limitation de la perte à 490 000 ha de prairies permanentes entre 2010 et 2035
- développement de l'agroforesterie, des haies, et des autres infrastructures agro-écologiques ;
  - Objectifs indicatifs : un total de 700 000 ha de haies et 120 000 ha d'agroforesterie en 2035
- développement des productions végétales et animales à valeur ajoutée : agriculture biologique, signes de qualité, certification HVE, mentions valorisantes et certifications,

diversification des modes de commercialisation ;

- ° Objectif indicatif : 15 % de la SAU Grandes Cultures (et 25 % de la SAU totale) en agriculture biologique en 2035

- couverture des sols et augmentation du taux de matière organique dans les sols ;
  - ° Objectif indicatif : Cultures intermédiaires sur 80 % des cultures de printemps en 2035
- recherche de l'autonomie protéique et ajustement des rations animales aux besoins en apports protéiques ;
  - ° Objectifs indicatifs : développement des légumineuses (voir précédemment) et réduction de l'apport protéique dans plus de 50 % du cheptel laitier d'ici à 2035
- déploiement de la méthanisation agricole ;
  - ° Objectif indicatif : 40% des déjections maîtrisables méthanisées ;
- performance énergétique des exploitations agricoles par les économies d'énergie (bâtiments, matériels économes et agro-équipements performants) et la substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables.
  - ° Objectif indicatif : -35% de la consommation d'énergie en 2035 par rapport à 2010.

Un meilleur suivi et une meilleure valorisation des aménités

Le suivi des impacts GES des pratiques agricoles doit être renforcé afin notamment qu'il soit bien reflété par les inventaires nationaux d'émissions. Il est nécessaire également d'assurer un suivi attentif des impacts économiques des changements de pratiques qui seront encouragés. Les efforts de valorisation des services rendus par l'agriculture via la qualité des produits et le stockage de carbone sont également à poursuivre.

Le développement de la stratégie bioéconomie

Les mesures portées par le projet agro-écologique préparent des conditions favorables au développement de la bioéconomie. La diversité des productions et la valorisation de l'agroforesterie peuvent permettre de renforcer la performance économique des exploitations tout en participant à la substitution de ressources fossiles par les valorisations « matière » et énergétiques de la biomasse. Le secteur agricole peut ainsi contribuer à approvisionner les filières énergie, matériaux et chimie fondées sur la biomasse. Cette contribution doit s'effectuer dans le respect des filières existantes (notamment pour l'alimentation, finalité première de l'agriculture) et des équilibres des systèmes de production. Pour cela, des systèmes d'approvisionnement et de transformation performants (au plan économique comme environnemental) doivent être encouragés, permettant de mobiliser et de valoriser au mieux les bio-ressources. Sont à encourager le recours aux inter-cultures, la mobilisation des résidus de culture non nécessaires au maintien de la qualité agronomique des sols et à l'alimentation animale ainsi que les cultures à faible intensité carbone et plus généralement à faible intensité en intrants.

La garantie de la gestion durable des terres

La disparition des terres agricoles doit être enrayée à terme, et fortement réduite à l'horizon 2035, en phase avec les recommandations du secteur aménagement du territoire et urbanisme, cf. § 2.3 ci-après.

Pour les espaces agricoles en déprise (ayant temporairement perdu leur vocation agricole), il s'agit de déployer des modes de valorisation innovants, permettant une **gestion durable** des ressources, et valorisant là encore leur potentiel de production vers des usages multiples (alimentation, matériaux, énergie, chimie…) à forte valeur ajoutée.

L'annexe 7 sur le secteur de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la

forêt (UTCATF) précise le potentiel d'atténuation et détaille les politiques et mesures relatives à la gestion des terres pâturées et des terres cultivées mises en œuvres et programmées, ainsi que leurs impacts.

b. Prendre en compte des enjeux liés à l'alimentation

Le renforcement de la lutte contre le gaspillage alimentaire
La lutte contre le gaspillage alimentaire est un facteur important de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de l'empreinte carbone. Cette lutte contre le gaspillage alimentaire doit être une priorité de l'action publique et privée.

Le développement des circuits de proximité et de saison
Le développement de circuits de proximité et de saison pourra permettre de réduire l'impact des transports et favorisera une agriculture locale et un maintien de l'activité dans les bassins de production. L'intérêt de ces filières doit être évalué globalement, avec du point de vue des émissions de GES, dans le domaine des transports, la nécessité d'une vigilance sur l'impact des derniers kilomètres de la chaîne qui peut être important. Sont à promouvoir auprès des consommateurs, à travers des campagnes d'information et d'éducation, les principes d'une alimentation diversifiée, locale (notamment les circuits de proximité), de saison, de qualité (AOC, IGP)

L'influence des comportements alimentaires sur la production
Des actions relatives à l'équilibre et la diversité alimentaires seront menées. Elles pourront promouvoir notamment l'approvisionnement de la restauration collective, publique comme privée, en produits agricoles de saison ou en produits sous signes d'identification de la qualité et de l'origine, notamment issus de l'agriculture biologique, et influenceront favorablement les productions agricoles. La promotion des légumineuses dans l'alimentation humaine pourra aussi influencer la production. Si la production animale devait en être affectée (ce qui n'est pas mécanique, du fait d'exportations possibles) alors il est souhaitable qu'elle se traduise par une augmentation de productions sous signes de qualité. Il demeure en effet important de préserver l'équilibre et la spécificité du paysage agricole en maintenant une activité d'élevage qui permette de valoriser des prairies stockant du carbone, et de diminuer l'usage de fertilisants minéraux grâce aux effluents.

c. Anticiper les effets croisés avec d'autres secteurs

Des enjeux environnementaux en synergie avec les enjeux climatiques
Les systèmes agro-écologiques engendrent de nombreux co-bénéfices : qualité des eaux préservée, diversité des milieux favorisant la biodiversité, amélioration de la vie des sols, etc.
La capacité de résilience des systèmes face au changement climatique s'en trouve aussi accrue, ce qui est un facteur de protection des exploitations et donc de l'emploi et de la production agricole.
Afin de consolider ces éléments, il conviendra de développer les initiatives permettant une plus grande valorisation de l'ensemble de ces services environnementaux rendus par l'agriculture.

Usage des terres
La lutte contre la perte de terres agricoles implique nécessairement des conséquences d'un côté sur l'urbanisme et l'aménagement des infrastructures, d'un autre sur les surfaces afforestées. En particulier la lutte contre l'artificialisation des sols représente un enjeu de premier ordre sur le moyen-long terme, qui nécessite des moyens de pilotage renforcés et qui devra être approfondi lors de la révision de la présente stratégie (cf. §3.2.iv).

Multiplicité des usages de la biomasse et disponibilité
La diversification croissante des usages des produits issus de l'agriculture, depuis l'alimentation jusqu'à l'énergie, en passant par les matériaux, engendre un besoin de connaissance des ressources disponibles et de compréhension des jeux d'interactions entre les différentes filières. Il convient donc de déployer des outils d'observation englobant l'ensemble des ressources en biomasse (agricoles mais également forestières, industrielles et urbaines). Au-delà des retours aux sols et des besoins pour l'élevage, environ 8 MtMS[30,] de résidus de cultures annuelles seraient mobilisables[31] pour les usages non-alimentaires. Une attention particulière devra être portée à la préservation et l'accroissement du carbone des sols.

Contribution à la réduction des GES d'autres secteurs
La diminution de l'usage d'engrais azotés influencera la filière de production et réduira son empreinte carbone. En 2012, 50 % des engrais azotés simples consommés en France étaient importés.
L'usage de combustibles renouvelables en substitution de combustibles fossiles, et de matériaux bio-sourcés en substitution de matériaux énergivores contribue par ailleurs à la réduction des émissions de GES des autres secteurs (transports, logements, industries, etc.). Cette contribution sera suivie de manière à informer de la contribution de l'agriculture au-delà de la réduction de ses propres émissions de GES.
L'amélioration de l'autonomie protéique ainsi que les actions sur les prairies permanentes auront un impact sur la production d'aliments pour le bétail, sur le territoire, mais aussi et surtout à l'étranger.

d. Points de vigilance

- Dans la déclinaison de cette stratégie au travers des politiques et plans sectoriels (cf. § suivant), il conviendra de tenir comptes des contraintes et opportunités liées aux réformes de la politique agricole commune.
- Un suivi attentif des mesures concrètes mises en œuvre afin de suivre et de limiter efficacement l'artificialisation des terres agricoles devra être assuré, dans la mesure où il s'agit là d'un enjeu majeur pour le secteur.
- Une attention forte devra également être portée à la production et à l'analyse des résultats d'évaluations multifonctionnelles (économique, sociale, environnementale) des stratégies de développements des différentes filières, avec une attention particulière à l'efficience rapportée à l'unité de valeur ajoutée produite.
- Il sera nécessaire de prendre en considération la structure des exploitations (entreprises de très petite taille) et la capacité d'investissement des acteurs agricoles, en lien avec la santé économique des filières, dans l'analyse de la faisabilité des mesures qui pourront être envisagées les concernant.
- Enfin, plus encore que pour d'autres secteurs, les deux volets de la politique climat doivent être conçus simultanément avec la prise en compte des enjeux d'adaptation aux changements climatiques dans les orientations prises par filières.

3. Articulation avec les politiques et plans sectoriels

Un cadre de politiques et plans sectoriels existants permettant déjà d'actionner certains leviers[32]

La mise en œuvre du projet agro-écologique et des plans afférents permettent d'actionner de nombreux leviers en faveur de la réduction des émissions de GES.

La réforme de la PAC 2014-2020 a par ailleurs permis une prise en compte renforcée des enjeux

30 : MtMS = Millions de tonnes de matière sèche
31 : Selon l'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB)
32 Voir l'annexe 7 sur le secteur UTCATF pour plus de détails concernant les politiques actuelles

liés au changement climatique et à la réduction des émissions de GES, par le verdissement du premier pilier d'une part, et par le renforcement du second pilier d'autre part. La régionalisation du second pilier offre par ailleurs des marges de manœuvre territoriales pour la mise en place de leviers adaptés aux enjeux locaux.

Enfin, l'ensemble des plans sectoriels relatifs à l'agriculture et à l'alimentation devront intégrer les enjeux de réductions des émissions de GES dès leur renouvellement (Programme de Développement Rural Régional, Schémas Régionaux Climat Air Energie, Programme National pour l'Alimentation, projets alimentaires territoriaux, programme national nutrition santé, etc.).

Une nécessité d'aller plus loin pour atteindre les objectifs

Ces politiques récentes ont pour horizon 2020, et il est nécessaire d'aller plus loin pour atteindre les objectifs fixés à l'horizon 2050 en poussant plus loin les curseurs (dans les négociations sur la future PAC notamment de façon à prévenir tout effet de distorsion de compétitivité à l'échelon européen), en investissant toujours plus dans l'innovation, la formation, l'information, en améliorant la cohérence des différentes politiques publiques, et en expérimentant des voies originales pour tous les acteurs (Etat, collectivités, acteurs professionnels, ONG).

L'État devrait favoriser les innovations techniques (agro-équipement, agriculture de précision) mais aussi organisationnelles, institutionnelles, en termes d'instruments via des expérimentations locales et de l'échange de bonnes pratiques.

Des avancées stratégiques sont attendues en provenance du monde de la recherche pour développer des outils économiques permettant de rendre compte et de valoriser les services environnementaux et sociaux rendus par l'agriculture, mieux prendre en compte le contenu carbone des productions agricoles (par des analyses de cycle de vie, notamment), répondre à la complexité de la mesure des émissions (compte tenu des nombreux phénomènes biologiques et culturaux en jeu) et satisfaire les besoins en inventaires et en systèmes de suivi adaptés. Une attention particulière devra être portée à la préservation et l'accroissement du carbone des sols, dans le sens de l'initiative « 4 pour 1000 : les sols pour la sécurité alimentaire et le climat » engagée par le ministre de l'agriculture en vue de la COP 21 de décembre 2015 et qui comprend 2 volets : un programme international de recherche et de coopération scientifique et une alliance d'acteurs s'engageant en ce sens.

Le besoin en formation et en conseils techniques adaptés est important pour faciliter la détection, la capitalisation, le déploiement et la diffusion des pratiques et techniques agricoles innovantes. L'enseignement agricole devra permettre d'intégrer ces préoccupations dès la formation initiale, ainsi que les projets d'installation des agriculteurs.

Enfin, l'organisation des filières amont et aval autour des exploitations pourrait permettre de réduire les coûts d'abattement.

4. Suivi-évaluation et indicateurs

Les indicateurs suivants seront suivis[33], certains d'entre eux devront d'abord être affinés.

Gestion de l'azote

- Indicateurs existants :
  - apports en fertilisants azotés minéraux (rapproché du surplus d'azote national) ;
  - ventes de fertilisants minéraux, part de l'importation.
  - cultures de légumineuses ;

33 L'activité agricole étant très dépendante à la fois des aléas climatiques et économiques, l'analyse de l'évolution de ces indicateurs devra être réalisée au regard de ces éléments de contexte

- Indicateurs à mettre en place ou à affiner
  - Les facteurs d'émission de l'industrie des fertilisants, qui ne sont pas forcément identiques en France et à l'étranger ;
  - Les facteurs d'émission réels de N2O des apports d'azote minéral, organiques ou des digestats de méthaniseurs sont à affiner

Réduction des émissions de méthane

- Indicateurs existants :
  - composition du bol alimentaire des animaux.
- Indicateurs à mettre en place ou à affiner
  - quantités de déjections animales méthanisées ;

Stockage de carbone dans les sols et la biomasse

- Indicateurs existants :
  - surfaces en prairies permanentes ;
  - suivi des surfaces en cultures intermédiaires ;
- Indicateurs à mettre en place ou à affiner
  - stock de carbone dans les sols agricoles
  - surfaces en agroforesterie ;

Réduction des émissions de CO2 (directes ou indirectes)

- Indicateurs existants :
  - consommation énergétique des structures agricoles ;
- Indicateurs à mettre en place ou à affiner
  - flux de biomasse non forestière avec une valorisation matière et une valorisation énergie (MtMS/an) [en distinguant par principaux gisements et principaux débouchés] ;
  - taux de recyclage des filières biosourcées ;

Indicateurs transversaux

- émissions territoriales ;
- indicateur d'intensité carbone des productions agricoles par unité de valeur ajoutée produite ;
- surfaces artificialisées ;
- consommation nationale de protéines animales, végétales et de calories ;
- mesure du gaspillage alimentaire ;
- surfaces en agriculture biologique ;
- évaluation de la contribution transversale de l'agriculture à l'atténuation du changement climatique (y compris les effets de substitution via les productions biosourcées – bioéconomie et bioénergies).

5. Spécificités des DOM

D'une manière générale, les grands axes développés précédemment s'appliquent aussi aux DOM. Une transition vers une agriculture agroécologique y est particulièrement adaptée.

Une des spécificités des DOM est l'exposition aux phénomènes climatiques extrêmes. Une meilleure connaissance des impacts prévisibles sur l'agriculture est à développer. La préservation des sols est particulièrement cruciale du fait de leur exposition aux précipitations intenses et aux phénomènes de ravinement. Dans ce contexte, le maintien et l'implantation d'une couverture végétale ou d'agroforesterie permettra à la fois de protéger les sol et de préserver voire d'augmenter le stock de carbone. L'amélioration de la fertilité des sols permettra en outre de

diminuer la pression sur les terres boisées et devra aussi s'accompagner d'une diminution de l'artificialisation.

Le volet alimentation est particulièrement important, en particulier en contexte insulaire (mais aussi en Guyane), puisqu'un renforcement des circuits de proximité, et donc d'une agriculture endogène, peut diminuer notablement la part des produits importés. Pour cela, un renforcement des filières et des organisations collectives peuvent aider au développement des productions locales.

De plus, l'agriculture contribue pleinement à la diversité du mix énergétique car les sous produits de canne alimentent des centrales électriques dans tous les territoires producteurs. Par ailleurs des travaux sont en cours pour la méthanisation de sous-produits d'agro-industrie (rhumerie et abattoir).

Il convient d'accompagner les structures afin de développer une meilleure connaissance des mécanismes d'émissions pour les cultures majeures (travaux sur la banane en cours, et à prévoir pour la canne a sucre). Pour des territoires comme Mayotte ou la Guyane peu de données sont disponibles et le renforcement des observatoires locaux permettrait une meilleure connaissance des phénomènes en jeu.

iv. Forêt – bois – biomasse

1. État des lieux et enjeux carbone

La surface des forêts françaises métropolitaines s'est accrue fortement depuis la deuxième moitié du XIXe siècle pour atteindre 16 Mha en 2014. On estime que la surface boisée de la France était de l'ordre de 9 Mha en 1830. Les sols boisés se sont accrus de 7 Mha depuis 1900. Entre 1980 et 2000 par exemple, la progression annuelle a été d'environ 68 000 ha en moyenne. Cette extension se fait principalement par colonisation naturelle de terres délaissées par l'agriculture.

La France est le premier pays forestier d'Europe Occidentale du point de vue du potentiel de sa « pompe à carbone »[34], avec une production biologique brute annuelle de 120 Mm3 environ (volume ligneux aérien total). Toutefois le **prélèvement annuel n'est que de 60 Mm3** environ (en volume aérien total), dont plus d'un tiers est consommé en bois de feu par les ménages. C'est principalement la forêt privée, très morcelée, qui est peu exploitée. Elle représente 76 % de la surface forestière métropolitaine.

Les gisements de **biomasse non forestière** (arbres hors forêts, produits connexes de l'industrie du bois, taillis à courte rotation, biomasse agricole, substrats méthanisables, déchets verts) représentent également un enjeu majeur.

Les enjeux de long terme sont de développer les quatre leviers suivants :

1. la substitution, dans l'économie, de produits bio-sourcés à des matériaux énergivores[35] ;
2. la valorisation énergétique de produits bio-sourcés ou déchets issus de ces produits, qui se substituent aux combustibles fossiles[36] ;
3. le stockage de carbone dans les produits bois et ceux à base de bois[37] ;
4. la séquestration de carbone dans l'écosystème forestier[38] ;

Aujourd'hui, l'ensemble de ces leviers permet de compenser de l'ordre de 15 à 20 % des émissions nationales.

2. Stratégie (horizon 2030, 2050 et au-delà)

Pour la forêt, il s'agit de promouvoir la gestion multifonctionnelle de la forêt, dans toutes ses dimensions, y compris économiques. À long terme, il s'agit à la fois de **fortement accroître le volume de bois prélevé** annuellement et de **renforcer notablement la valeur ajoutée** et l'efficacité des usages correspondants, en particulier en alimentant avec les co-produits et les déchets des filières bio-sourcées les filières de recyclage et in fine de production énergétique.

Pour les espaces de déprise agricole, il s'agit de les inscrire dans une **gestion durable**, valorisant là encore leur potentiel de production sur des usages à forte valeur ajoutée.

De la même manière, la gestion des autres gisements de biomasse doit être renforcée et optimisée.

---

34 Accroissement biologique, net de la mortalité

35 Permet des émissions fossiles évitées, avec en sus des possibilités ultérieures de réemploi, recyclage, valorisation des déchets.

36 Permettra à terme des émissions fossiles évitées, même si à court terme les émissions associées à la combustion de bois sont plus élevées que pour des alternatives fossiles. C'est le phénomène de la « dette carbone » (effet positif pour le climat différé) ou de l'« investissement carbone » (débit comptable immédiat), cf. : http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis_ademe_foret-attenuation-cght-clim_vdef.pdf .

37 Permet d'augmenter le stock temporaire de carbone artificiel, donc de différer des émissions.

38 Stockage intrinsèquement fluctuant (mais considérable par son volume : biomasse végétale et sols).

Pour valoriser l'ensemble des formes de biomasse[39] en privilégiant les utilisations générant le plus de valeur ajoutée, il sera nécessaire, notamment, de recourir massivement au bois d'œuvre (et aux autres produits bio-sourcés) dans le secteur de la construction, et de développer les filières industrielles et commerciales correspondantes. Le développement de ces filières de valorisation constitue la toute première priorité – mais si des efforts en ce sens doivent impérativement être entrepris dès à présent, ce développement ne pourra se faire que sur le long terme. Il doit s'articuler avec l'objectif de valorisation énergétique des ressources mobilisables et sans débouché dans les filières « bois d'œuvre » (cet objectif devant toutefois lui-même tenir compte du besoin des autres filières utilisatrices de biomasse), de manière à **limiter le recours aux énergies fossiles**.

La mise en œuvre de ces deux objectifs passe par :

- une demande du marché quintuplée en produits bio-sourcés (et notamment en produits-bois), et une structuration de la filière permettant de la satisfaire ; ceci suppose une action de long terme, déjà engagée et à renforcer substantiellement, des pouvoirs publics et des professions, en faveur de la substitution matériau, qui représente le plus fort gisement de valeur ajoutée (actions sur les investisseurs, les prescripteurs, les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, la R&D, la réglementation, la performance environnementale, etc...).
- une sylviculture plus dynamique et un renouvellement régulier de la ressource forestière (remise en gestion des friches, conversion de taillis, et notamment des taillis pauvres, avec si besoin transformation des essences...),
- le regroupement de la petite propriété forestière ou a minima de sa gestion,
- un cadre fiscal incitatif à une gestion dynamique et durable de la ressource,
- un usage efficient des ressources bio-sourcées par l'industrie, la construction, l'ameublement, l'emballage, les filières énergétiques,
- un suivi très attentif de la durabilité des filières concernées et notamment des impacts sur la biodiversité, ainsi que sur les sols, l'air, l'eau, les paysages. Une haute qualité environnementale doit être recherchée dans tous les projets de dynamisation de la mobilisation de la ressource.
- un suivi renforcé et partagé des flux de matière et des données économiques,
- l'amélioration des connaissances concernant la valorisation, y compris énergétique, de la biomasse et concernant les impacts sur le changement climatique du développement de la valorisation énergétique à cours, moyen et long terme dans les contextes sylvicoles français.

3. Articulation de la stratégie nationale bas carbone avec les plans et programmes pour le secteur forêt-bois et la biomasse

Les enjeux et objectifs de long terme identifiés ci-dessus sont à prendre en compte notamment lors de la rédaction ou de l'actualisation des documents suivants :

- la **stratégie nationale de mobilisation de la biomasse** ainsi que les **schémas régionaux biomasse.** Au-delà des grandes orientations fixées ci-dessus, le niveau de mobilisation à fixer comme objectif à moyen terme reste à arbitrer. Il devra être arrêté dans cette stratégie et ces schémas régionaux, en tenant notamment compte des besoins retenus par la PPE à l'horizon 2023. La stratégie de mobilisation de la biomasse devra préciser les mesures nécessaires pour garantir la durabilité des ressources mobilisées – y compris la part importée le cas

39 Biomasse forestière, bocagère, provenant d'autres arbres hors forêt (alignements, arbres urbains...), connexes et sous-produits de l'industrie du bois (PCS, liqueurs noires...), taillis à courte ou très courte rotation, biomasse agricole (paille, autres résidus ou co-produits agricoles, cultures énergétiques...), déchets verts...

échéant – et la haute qualité environnementale de l'ensemble des filières concernées, notamment du point de vue de la biodiversité.

- la **Stratégie Nationale Bioéconomie**
- le **Programme national de la forêt et du bois** (PNFB), qui sera décliné en région par les Programmes régionaux de la forêt et du bois ;
- le **Plan « Industries du bois »** de la Nouvelle France Industrielle ;
- le **plan d'Actions Techniques Bois Construction** avec notamment des mesures pour favoriser la formation des professionnels, la réhabilitation des bâtiments (isolation thermique et agrandissement) et la valorisation la ressource en bois feuillus dans la construction
- le **Plan National Matériaux de Construction Bio-sourcés** dont l'objectif est de soutenir les filières des matériaux de construction biosourcés (hors bois d'œuvre) .
- le Plan national d'**adaptation** au changement climatique (PNACC) compte-tenu des synergies fortes pour la forêt notamment entre les enjeux adaptation et atténuation *;*
- le **Contrat stratégique de la filière bois,** qui précise notamment les mesures du Plan National d'Action pour l'avenir des industries de transformation du bois.

Il est également utile que ces enjeux soient pris en compte lors de l'élaboration des lois de finances, dans la mesure où le cadre fiscal est un élément structurant de l'économie forestière et de l'incitation aux propriétaires forestiers à gérer durablement et activement leur patrimoine. Sont notamment concernés des outils comme le dispositif d'encouragement fiscal à l'investissement en forêt (DEFI) ; le compte d'investissement forestier et d'assurance (CIFA) ; les taux d'amortissements dégressifs pour les matériels de production, de sciage et de valorisation des produits des entreprises de première transformation du bois ; les conditions attachées à la défiscalisation du patrimoine ou des revenus forestiers ; les modalités de prélèvement de la TFNB, d'éventuelles possibilités de modulation la concernant ; les modalités applicables aux Groupements d'intérêt économique et environnemental forestiers (GIEEF).

Ces enjeux devront également être pris en compte lors de la détermination des priorités d'utilisation du **Fonds chaleur renouvelable** de l'ADEME.

4. Spécificités des DOM

Enjeu spécifique de limitation des déboisements, et enjeu commun concernant le développement de la filière bois

La fonction de production est très peu développée dans les DOM (70 000 m³/an en Guyane – production équivalente à une forêt domaniale métropolitaine de 10-15 000 ha, 10 000 m³/an à la Réunion, quelques milliers de m³/an dans les autres DOM), mais les filières bois locales sont pourvoyeuses d'emplois (3ème secteur économique en Guyane). Le potentiel de développement de cette filière est donc important en termes d'indépendance en bois d'œuvre, construction et biomasse et en termes d'emplois, tout en maintenant les fonctions écologiques, sociales et de protection/régulation.

Les données scientifiques actuelles ne permettent pas d'estimer le puits forestier des DOM, l'hypothèse a priori conservatrice d'un puits nul a été retenue. Par contre, le bilan boisement/déboisement est connu et fait apparaître la Guyane et les Antilles comme émetteurs nets. Rapporté à leur surface forestière, ce sont les régions les plus émettrices de France. L'inventaire remis à la CCNUCC dans le cadre du Protocole de Kyoto montre que les déboisements guyanais comptent pour 15 % des superficies déboisées (de l'ordre de 5 000 ha/an), mais pour plus de 45 % des GES émis.

Le levier principal d'action dans les DOM concerne le boisement/déboisement. La limitation du déboisement consiste à mieux raisonner les défrichements autorisés et à maintenir un haut niveau

de police des défrichements illicites (orpaillage clandestin, agriculture et urbanisation). Il convient également d'envisager une hausse des reboisements, y compris par la forêt plantée.Le second levier repose sur le développement des filières bois locales, d'une part pour fournir des produits bois, notamment dans la construction, et d'autre part pour substituer de la biomasse forestière aux énergies fossiles.

5. Suivi-évaluation et indicateurs

Un système de suivi de la mise en œuvre des principaux leviers pour ce secteur en matière d'atténuation devra être mis en place, en s'appuyant notamment sur certains indicateurs de suivi du Programme National Forêt Bois, ainsi que sur les travaux du Module Forêt Bois de l'ONRB et de la Veille Économique Mutualisée de la Filière Bois (ces instances étant en cours de mise en place).

Il pourra d'une part s'agir de prévoir des études régulières (avec une périodicité à déterminer) sur une certain nombre de sujets. D'autre part des indicateurs devront également être déterminés, afin de suivre notamment :

- l'optimisation de l'effet « pompe à carbone » (fixation de carbone atmosphérique par les écosystèmes) ;
- l'efficience, d'un point de vue de l'atténuation du changement climatique, de la valorisation de la biomasse générée par cette « pompe à carbone » (et notamment un indicateur macro de la filière forêt-bois)

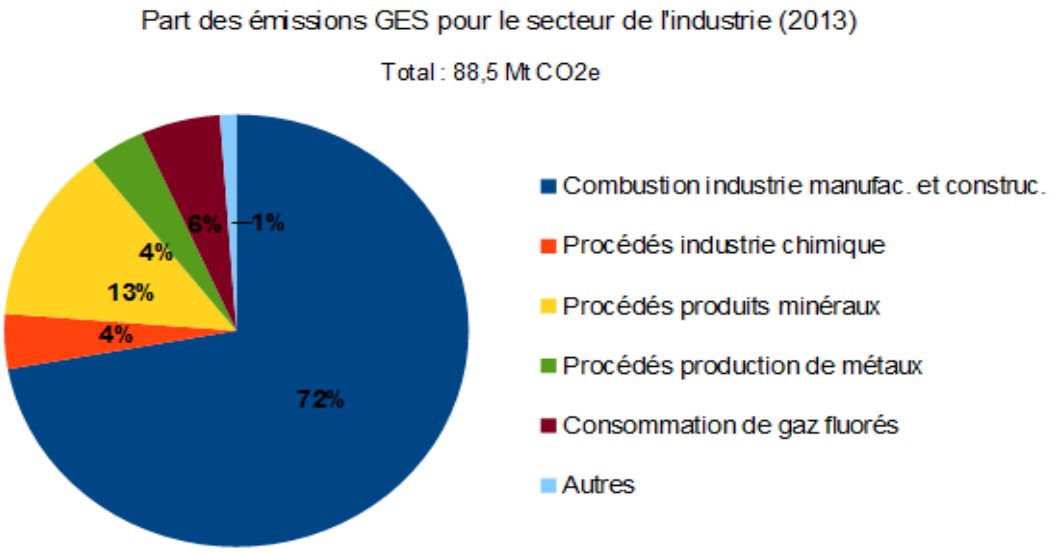
Les indicateurs pertinents en la matière, ainsi que les pas de temps auxquels ils devront être suivis, sont détaillés dans le chapitre dédié, ainsi que dans l'annexe UTCATF.

Par ailleurs, la durabilité des ressources mobilisées et la qualité environnementale des filières dans leur ensemble pourront utilement faire l'objet d'un suivi. Les indicateurs de gestion durable de la forêt, notamment, pourront être mis à profit. La France est également favorable à la mise en place d'un système européen de suivi de la durabilité de la biomasse solide, cadre dans lequel des procédures et des critères permettant de garantir la durabilité de la biomasse valorisée sur le territoire national (y compris si elle est importée) pourront être mis en place.

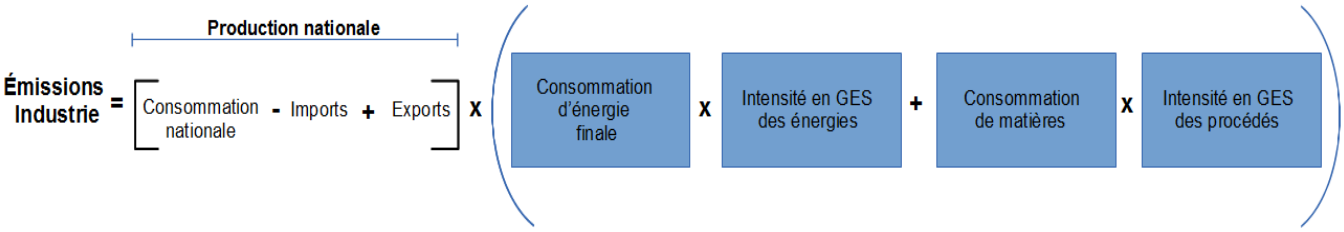
v. Industrie

1. État des lieux et enjeux carbone

Les émissions dues à l'industrie représentent 18 % des émissions de GES en France. Depuis 1990, elles ont diminué de 27 % (voir partie 1.1 pour les explications). 75% de ces émissions sont soumises au régime du système communautaire d'échange de quotas d'émissions (EU ETS).



Facteurs structurants les émissions de l'industrie :



Messages-clés :

Le comité trajectoire (2012) a estimé que l'atteinte du facteur 4 à l'horizon 2050 par rapport à 1990 tous secteurs confondus supposait une réduction de 85 % des émissions directes du secteur de l'industrie. La réduction visée à l'horizon du troisième budget carbone de 18 % s'inscrit dans une trajectoire cohérente avec un tel objectif de long terme.

A 2050, la transition vers une industrie bas-carbone se fera par ordre de priorité décroissante ou chronologique grâce à :

- l'efficacité énergétique pour maîtriser la demande en énergie et en matière par produit ;
- le recyclage, la réutilisation et la récupération d'énergie pour diminuer la consommation d'énergie et de matière ;
- la substitution énergétique afin de diminuer la part des énergies fortement émettrices dans la consommation industrielle et dans les matériaux ;
- le développement et le déploiement de la capture et du stockage du carbone (CSC) à long-terme, afin de réduire l'intensité en GES des énergies et des procédés.

2. Stratégie (horizon 2030 et 2050)

Les réductions des émissions proviendront des leviers suivants :

Volet européen et international

- Le système communautaire d'échange de quotas d'émissions (EU ETS) : Le régime de « cap and trade » établi par l'EU ETS consiste à fixer a priori pour le périmètre européen une trajectoire ambitieuse d'émission (-1.74%/an entre 2012 et 2020, puis -2.2%/an de 2020 à 2030), réalisant ainsi un objectif de -43% en 2030 par rapport à 2005. En fonction de ce plafond total des émissions permises sur le territoire européen, s'établit un prix du carbone qui permet aux acteurs d'optimiser leur stratégie d'investissement en fonction de leurs potentiels de réduction d'émissions, et de manière intertemporelle. Les efforts de réductions d'émissions peuvent alors être valorisées sur le marché européen qui déterminera les leviers économiquement rentables à mobiliser par les acteurs industriels. Si le prix du carbone n'est qu'une composante de la décision d'investissement des industriels, (c'est la somme des coûts totaux, y compris celui des matières premières et de l'énergie, et sa prédictibilité, vu les échelles temporelles des investissements, qui comptent) il permet de fixer des objectifs ambitieux et de mobiliser les efforts nécessaires grâce à un signal prix clair. Il appartiendra aux autorités publiques d'assurer la compatibilité de ces investissements avec la compétitivité internationale des industries en créant un environnement favorable.
- Pour cela, le développement d'un signal prix carbone dans les principaux pays en dehors de l'Union européenne est la garantie d'une incitation équitable au niveau mondial en faveur de l'économie verte et le maintien durable de la compétitivité sur le territoire européen. Dans la période transitoire où des mesures équivalentes n'ont pas été entreprises dans les autres économies majeures, des mesures de protection contre les risques de « fuites de carbone » (délocalisation de la production là dans des régions avec une réglementation environnementale moindre, délétère pour l'économie domestique ainsi que pour l'environnement) doivent être mises en place. Parmi celles-ci l'allocation gratuite de quotas pour les installations dans les secteurs réellement les plus exposés aux risques de fuites de carbone à hauteur de 100% du niveau de leur benchmark (indice de référence de l'intensité carbone cible par produit ou secteur défini par la Commission européenne) est un moyen efficace qui a permis d'empêcher les fuites de carbone jusqu'ici[40]. Le dispositif existant sera amélioré dans le cadre de la révision de l'EU ETS pour le post 2020, et une allocation gratuite de quota efficace devra être mise en place sur la base de l'exposition réelle des secteurs, notamment en termes d'exposition au commerce international et d'impact du prix du quota sur la valeur ajoutée.

Volet domestique

Le scénario de référence suppose des gains d'efficacité énergétique en 2030 par rapport à 2010 par tonne produite de 20 % pour le secteur de l'industrie. Les potentiels de gains par filière sont de l'ordre de -8 % pour la sidérurgie ; -13 % pour métaux primaires ; -18 % pour chimie ; -19 % pour minéraux non métalliques ; -29 % pour IAA; -28 % pour équipement ; -25 % pour autres. Ces gains ont été estimé sur la base des données de potentiels de gisements de l'ADEME et du CEREN.

A. Agir sur les émissions liées à la combustion énergétique :

- **Maîtriser la demande en énergie en améliorant l'efficacité énergétique :**
  - de la combustion
  - par produit (kwh/produit)

notamment grâce aux bilans GES et aux audits énergétiques, permettant d'objectiver et quantifier

40 .L'absence de fuites de carbone jusqu'en 2013 est corroborée dans la littérature par des études économétriques. Cf en particulier Carbon Leakage Evidence Project, Ecorys 2013.

les options disponibles et de faciliter la prise de décisions optimisées.
Ces investissements dans l'efficacité énergétique pourront également être catalysés par la mobilisation de tiers-financement et l'assurance des retours sur investissements, grâce à des services d'efficacité énergétique de qualité et reconnus.

- **Diminuer l'intensité en GES des énergies utilisées :**
  - substituer les combustibles fossiles par des combustibles moins émetteurs de CO2 : notamment par l'utilisation de gaz (qui peut ensuite devenir renouvelable grâce au biométhane et au *power-to-gas*), de biomasse soutenable ou la valorisation énergétique des déchets (notamment avec le développement de la filière des combustibles solides de récupération), dans le respect de la hiérarchie de traitement des déchets, pour générer de la chaleur pour les procédés industriels ou par le recours à l'électricité. Le scénario de référence suppose que la décarbonation du mix électrique pourrait conduire l'industrie à rechercher des substitutions vers l'électricité (pour diminuer ses émissions de CO2). Ainsi cela contribuerait à l'atteinte de l'objectif de -30 % de consommation d'énergie finale fossile en 2030 par rapport à 2012.
  - valoriser la chaleur fatale sur le site industriel et via les réseaux de chaleur (voir 3.vi production d'énergie). En 2030, le scénario de référence suppose une valorisation de 10 TWh de chaleur issue des rejets annuels à plus de 100°C.
  - développer et déployer les technologies de capture et stockage du carbone (CSC) ou de capture et d'utilisation du carbone (CUC) susceptible d'être utilisée par l'industrie chimique, pour atteindre l'objectif de – 85 % en 2050

B. Limiter l'intensité en GES des produits :

- **Substituer aux matériaux fortement émetteurs des matériaux alternatifs moins émetteurs, par exemple bio-sourcés**
- **Améliorer l'utilisation des matières premières** (fabrication optimisée en termes de consommation de ressources (moins de chute)), **augmenter le recyclage et la réutilisation de matière.** Le scénario de référence suppose un taux de recyclage en 2030 de 90 % pour l'acier, 80 % pour l'aluminium 80%, de 85 % pour le verre et 90 % pour le papier.[41] Cette amélioration du recyclage contribue aux gains globaux d'efficacité énergétique du secteur mentionné ci-haut.
- **Valoriser l'éco-conception des produits** en vue d'améliorer leur durabilité, modularité, réparabilité et recyclage.
- **Substituer aux gaz fluorés à fort pouvoir radiatif global des substituts à moindre PRG, augmenter la récupération des fluides des appareils en fin de vie, recourir à des procédés évitant le besoin tels fluides.** Le scénario de référence suppose une baisse des émissions entre 1990 et 2030 de 55 %.
- **Améliorer les procédés de fabrication pour réduire à la source les émissions** : par exemple dans le secteur de la chimie, des procédés réduisant à la source les émissions permettront d'éviter de nouvelles émissions (comme cela a été fait pour les émissions de N_2O dans la fabrication d'acide adipique).
- **Développer le CSC pour les procédés dans certains secteurs comme l'acier ou le ciment.** Le développement du CSC pourra être accompagné de la valorisation de l'usage matière du CO2, notamment dans les domaines de la chimie ou de l'agroalimentaire.

41 Les potentiels de gisements et de gains ont été estimés par la DGPR.

C. Facteurs transversaux :

- **Développer l'économie circulaire :** Pour augmenter la réutilisation, le recyclage et diminuer la quantité globale de déchets, il est important pour le secteur industriel de promouvoir l'éco-conception et le réemploi des produits. Plus généralement, les entreprises ont un rôle déterminant à jouer sur les émissions de la consommation (cf. 3.2.i) par la mise en marché et la promotion des produits dont le cycle de vie complet sera moins émetteur et plus performant (produits efficaces énergétiquement, recyclables ou réutilisables, services remplaçant des produits dans l'esprit d'une économie de fonctionnalité, etc.). Les pouvoirs publics peuvent notamment soutenir cette évolution par la création de labels permettant aux consommateurs d'acquérir des produits manufacturés de qualité, à longue durée de vie ou facilement réparables. Cela renforcerait les marchés de seconde main déjà très actifs et de faire de la réparation un secteur économique majeur, très structuré, avec une forte composante numérique et logistique : une nouvelle révolution industrielle.
- **Poursuivre et améliorer le soutien à l'innovation** : il s'agit de diminuer le coût de la décarbonation des procédés industriels et rapprocher des options technologiques comme l'électrification ou le CSUC de possibilités commerciales (cf. 3.2. iii Recherche, innovation et déploiement).
    - 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.
    - Au niveau européen, les efforts de structuration et soutien à la R&D, en particulier dans le cadre du Plan stratégique pour les technologies énergétiques (SET-PLAN) et du programme cadre de recherche et d'innovation HORIZON 2020 doivent être poursuivis et amplifiés. Les politiques de formation et leurs financements devront intégrer la transition énergétique à un haut niveau de priorité. L'UE doit constituer des filières d'excellence dans les énergies renouvelables et technologies bas-carbone ainsi que dans l'efficacité énergétique. Il est essentiel qu'elle se mette en position de prendre le leadership industriel dans ces technologies de maîtrise de la consommation et des émissions, et de substitution aux combustibles fossiles, afin de se placer rapidement sur le marché mondial de l'équipement énergétique bas carbone.

D. Enjeux de mise en œuvre :

- **Développer la bio-chimie et des filières vertes locales** : cela contribuera d'une part à réduire les émissions grâce aux produits bio-sourcés et d'autre part à garantir l'implantation durable d'une industrie et du maintien de sa compétitivité sur le long terme. A cette fin, un certain nombre de verrous, organisationnels, réglementaires et techniques surmontés d'ici 2030.
- **Donner une visibilité et prévisibilité au signal-prix du carbone :** Un nécessaire renforcement de la visibilité et la prévisibilité du signal prix carbone permettra de garantir aux acteurs industriels la rentabilité de leurs investissements et de constituer un élément de décision à la hauteur de l'ambition environnementale. Certains industriels souhaitent ainsi l'établissement d'une contrainte crédible en 2030, associée à un renforcement immédiat de la régulation du marché du carbone.

Afin de maintenir la compétitivité des secteurs réellement les plus exposés à des risques de fuites de carbone, le maintien d'une allocation gratuite de quotas à partir d'un système de benchmark ambitieux constitue un dispositif satisfaisant, dont la mise en œuvre peut encore être améliorée. C'est ainsi que le régime actuel d'allocation gratuite de quotas doit être révisé, pour :

- Mieux cibler les secteurs réellement exposés dans un contexte où le volume total de quotas attribuables à l'industrie décroît ;
- Mettre en place un régime d'allocation plus dynamique qui permette d'inciter à la production sur le territoire communautaire sans pénaliser les entreprises en croissance et limiter les effets d'aubaine.
- Réformer le régime de compensation des coûts indirects, actuellement source de distorsions, pour qu'il soit harmonisé, transparent et systématique, visant à compenser les secteurs réellement les plus exposés à des risques de fuites de carbone au titre des coûts du CO2 répercutés sur les tarifs de l'électricité.

E. Points de vigilance :

- **Les effets de verrouillage des investissements (« lock-in ») :** Les durées de vie des installations industrielles sont de l'ordre de plusieurs décennies et les choix technologiques ont des répercussions long-termes sur les émissions. Pour éviter ces effets de « lock-in », donner une visibilité de long-terme des politiques environnementales est nécessaire.
- **La compétitivité des industries :** Certains secteurs sont par ailleurs exposés à la compétition internationale et il faut veiller à ce que les instruments de réduction des émissions n'entraînent pas une désindustrialisation. Des mesures de protection ciblées et efficaces doivent être poursuivies et améliorées dans le cadre présenté précédemment.
- **Mobilisation et l'usage intersectoriel efficient de la biomasse** (cf. 3.3. iv Forêt et biomasse)
- Accroître la reconnaissance des bilans GES par des labels reconnaissables

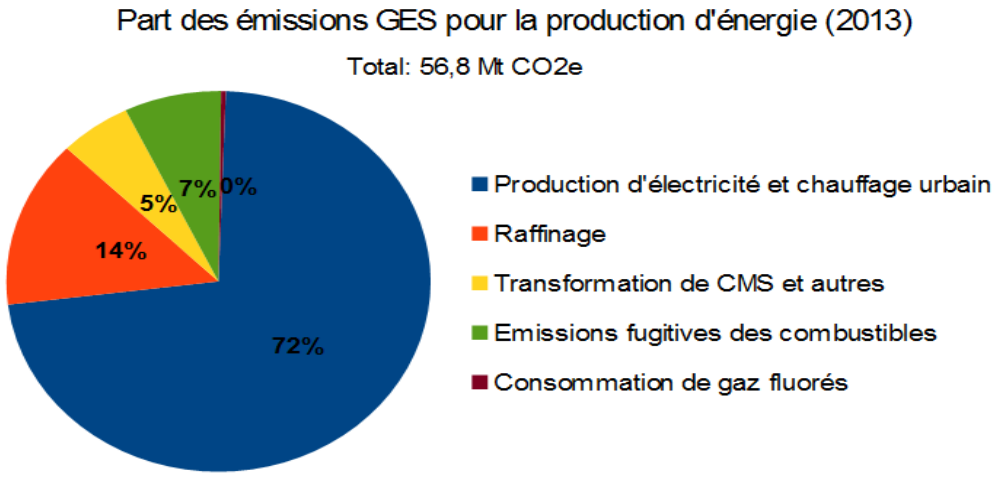
3. Articulation de la stratégie nationale bas carbone avec les plans et programmes

- Cette articulation devra être particulièrement attentive dans le domaine de la R&D (voir chapitre 3.2.iii. Politique de recherche et d'innovation) et plus généralement dans le cadre de la mise en œuvre des plans de modernisation de l'outil industriel français tels que le Plan « Industrie du futur ».
- L'évolution des mesures en faveur du développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique telles que le fonds chaleur (dont le BCIAT) et les CEE devra également tenir compte des gains visés dans le secteur industriel et des gisements d'économie d'énergie dans les PME.
- L'articulation de la SNBC devra être assurée notamment avec les politiques industrielles régionales et notamment les nouveaux schémas régionaux de développement économique prévus par la loi NOTRe.

vi. Production d'énergie

1. État des lieux et enjeux carbone

Les émissions dues à la production d'énergie représentent 12 % des émissions de GES en France et 85 % de ces émissions sont soumises au système communautaire d'échange de quotas (EU ETS). Entre 1990 et 2013, elles ont diminué de 27 % (et légèrement plus de 30 % corrigées du climat).



Émissions liées à la production d'électricité

En raison de la structure du mix électrique, la production d'électricité est historiquement peu carbonée. En 2013 (resp. 2014), cette production était d'origine nucléaire à 74 % resp. 77%), 13 % hydraulique, 9 % (resp. 5%) thermique à combustible fossile (charbon, gaz et fioul) et 4 % (resp. 5%) photovoltaïque, éolien et thermique renouvelable. Les émissions de gaz à effet de serre de la production électrique proviennent donc d'une fraction très limitée de la production.

Des **phénomènes structurels** ont récemment fait baisser ces émissions et contribueront à les abaisser encore : la forte diminution du parc de centrales au charbon au profit notamment des énergies renouvelables et des centrales combinées gaz dont l'intensité GES est nettement meilleure, ainsi que l'essor des énergies renouvelables et les efforts d'efficacité énergétique.

Les émissions annuelles de GES connaissent par ailleurs de fortes variations, d'autant plus importantes en valeur relative que le niveau des émissions est bas. Les **phénomènes conjoncturels** (douceur ou rigueur hivernale impactant la consommation, pluviométrie impactant la disponibilité du parc hydraulique) déterminent en effet l'ampleur du recours aux centrales thermiques d'appoint.

Enfin, il est important de noter que le fonctionnement ou pas de nos moyens de production à combustible fossile est également déterminé par l'interconnexion dans le marché européen, avec des effets complexes aux frontières combinant des éléments conjoncturels (indisponibilité de centrales comme en Belgique fin 2014) et structurels (évolution du mix électrique de nos voisins).

Émissions liées au chauffage urbain[42] :

Les émissions du secteur dépendent principalement de la ressource énergétique les alimentant. Parmi les 518 réseaux de chaleur et de froid, les énergies fossiles représentent 57% (avec 42% de

42 Production de chauffage urbain : Production centralisée de chaleur en vue de sa distribution à des tiers au moyen de réseaux de distribution.

gaz naturel, 9 % de charbon et 4% fioul) de leur production en 2013. Les deux principaux leviers d'action sont donc le basculement vers des ressources renouvelables et les efforts d'efficacité énergétique.

Émissions liées au raffinage :

Depuis 1990, les émissions directes en France ont baissé de 32 %. Toutefois cette baisse s'explique par la fermeture de quatre raffineries françaises et la diminution de la production nette de produits finis sur notre territoire (- 30 % depuis 2007) et n'est donc pas significative du point de vue de l'atténuation du changement climatique. En effet la baisse de production en France est compensée par des importations, qui sont raffinées en générant des émissions au Moyen-Orient et en Asie. Pour l'activité de raffinage français qui perdure, il convient de souligner l'effort régulier d'optimisation fourni depuis les années 70, avec pour résultat une intensité CO2 voisine de la moyenne européenne en 2012. On a peu l'occasion de le dire, mais cela illustre l'intérêt de préserver un outil de production français, pour peu qu'on ne raisonne pas seulement en termes d'émissions sur le sol national, mais également des enjeux en termes d'empreinte carbone.

Autres émissions du secteur :

Les émissions fugitives des combustibles[43], notamment de méthane, ont été réduites par deux depuis 1990. Cette diminution s'explique par la fermeture de plusieurs sites d'extraction et de traitement de charbon. De même, les émissions dues à la transformation de combustibles minéraux solides (CMS) et autres ont baissé de 35 % depuis 1990 en lien avec la diminution de production de coke.

2. Stratégie (horizon 2050 et au-delà, horizon 2030)

A 2050, l'objectif indicatif est de réduire de 96 % les émissions liées à la production d'énergie par rapport à 1990 (Comité Trajectoire (2012)), soit un « facteur 20 ». Cela se traduit par :

- une accélération **des gains d'efficacité énergétique** (facteur 2) : baisse de l'intensité énergétique du PIB et enjeu de la maîtrise de la demande globale en énergie (priorité à la réduction de consommation des énergies carbonées, transferts d'usage vers l'électricité).
- **une décarbonation radicale du mix énergétique à 2050 (facteur 10) :** (baisse des gCO2/kWh de l'électricité et des réseaux de chaleur). Il faut souligner que l'ambition des scénarios correspondants se fonde généralement sur une hypothèse de déploiement important de la capture et du stockage de carbone (CCS) à 2050. Si ce n'est pas le cas, alors les efforts de décarbonation de la production d'énergie devront être reportés sur d'autres options, y compris sur d'autres secteurs de l'économie.

A. Maîtrise et régulation de la demande :

- Développer l'**efficacité énergétique**, en **focalisant autant que possible les efforts sur les sources carbonées**.
- Electrification des usages
- Atténuer les **pointes de consommation électrique saisonnières et journalières**, afin de limiter le recours aux moyens de production carbonés pour y répondre, et pour cela :
    - Développer l'**effacement et le pilotage de la demande** (fixation par la PPE d'un objectif de développement des effacements, utilisation des opportunités offertes par le déploiement des compteurs communicants Linky)
    - Soigner les **articulations avec les autres politiques publiques** dans les choix faits sur l'évolution des différents vecteurs énergétiques, en particulier dans les incitations à des

43 Émissions fugitives des activités d'extraction, de traitement et le cas échéant de distribution des combustibles solides, liquides et gazeux.

transferts d'usage vers le vecteur électrique, afin de conserver voire d'amplifier la capacité de pilotage de la demande électrique (ex : déploiement des véhicules électriques et pilotage des recharges pour éviter une pointe de consommation électrique carbonée, réduction de la thermosensibilité de la consommation électrique et donc de la part du chauffage électrique dans les logements…)

Objectif de réduction de la consommation énergétique fossile finale **totale** : - 30 % en 2030 par rapport à 2012

B. Décarbonation et flexibilité du mix énergétique :

B.1 Production d'électricité

- Maîtriser les investissements dans les centrales thermiques fossiles, compte-tenu de la durée de vie de ces équipements et de l'ambition des objectifs fixés :
  - Des précautions devront être prises pour que les installations ayant vocation à couvrir les pointes ne soient pas amenées à fonctionner certaines années en semi-base (la loi de transition énergétique pour la croissance verte prévoit un plafonnement de leurs heures de fonctionnement afin de respecter des valeurs limites d'émissions de GES fixées par décret) ;
  - Pour assurer les besoins de semi-base, il convient d'éviter un investissement dans de nouveaux moyens thermiques à combustible fossile qui ne seraient pas utiles à moyen terme compte tenu de la croissance des énergies renouvelables (EnR), et risqueraient au contraire de freiner leur développement.
  - En ce qui concerne la cogénération au gaz naturel, privilégier des investissements permettant une flexibilité et une transformation ultérieure aisée vers la cogénération à partir de ressources renouvelables.
  - Prévoir la possibilité du déploiement de système de capture et stockage du carbone pour les centrales fossiles qui auront vocation à fonctionner à l'horizon 2050 (au besoin en retrofit), en tenant compte des possibilités de stockage dans les choix de localisation des installations.

→ Les besoins de nouveaux moyens thermiques seront pilotés de manière précise par les PPE en fonction des **orientations prises sur les autres filières**, des **objectifs de sécurité d'approvisionnement** (auxquels contribue déjà le marché de capacité) et du **besoin de flexibilité du système électrique**, dans le respect des budgets carbone.

- Améliorer la flexibilité du système sans augmenter les émissions :

L'intégration des EnR va nécessiter à terme un besoin accru de flexibilité ; pour y répondre et assurer la sécurité d'approvisionnement, production de pointe, pilotage de la demande, stockage et interconnexions seront à combiner et optimiser ;

- Développer la capacité de flexibilité de la filière hydraulique, car cette filière EnR permet une importante production de pointe ;
- Développer les réseaux intelligents et le stockage en s'assurant d'un déploiement correspondant au besoin : stockage hebdomadaire pour faire face à l'intermittence de l'éolien à l'horizon 2030, stockage journalier pour gérer la production photovoltaïque après 2030 lorsqu'elle atteindra des niveaux significatifs ; développer aussi les transferts entre systèmes énergétiques (power-to-gas, power-to-heat) ;
- Développer les interconnexions avec nos pays voisins pour maximiser le foisonnement de production des énergies renouvelables, en cohérence avec la mise en œuvre de la stratégie européenne pour l'Union de l'Energie

- Dans les zones non interconnectées: développer la production électrique renouvelable non intermittente

Dans les zones non interconnectées (ZNI), l'optimisation de l'essor des renouvelables nécessite des solutions spécifiques. En raison de leur faible taille, les ZNI ne bénéficient pas autant de l'effet de foisonnement des aléas géographiques et temporels que la métropole, l'intermittence y est donc plus difficile à gérer. Les énergies renouvelables non-intermittentes comme la biomasse et la géothermie répondent particulièrement bien aux enjeux des ZNI et doivent donc y être soutenues.

Le développement du stockage et du pilotage de la demande, complémentaires de l'intermittence de l'éolien et du photovoltaïque, seront aussi particulièrement nécessaires à la réussite de la transition énergétique dans les îles et à l'atteinte de l'objectif d'autonomie énergétique en Outre-mer d'ici 2030.

B.2 Production des réseaux de chaleur

- Orienter la production vers la chaleur renouvelable et la récupération de chaleur : notamment par les EnR thermiques (ex. biomasse, géothermie, …) et la récupération de chaleur fatale (chaleur issues des processus industriels ou de l'inertie des bâtiments)
- Développer les réseaux de chaleur urbain, afin de permettre un recours accru aux énergies renouvelables et de récupération pour le chauffage

L'objectif est de 38 % de chaleur consommée d'origine renouvelable en 2030 et de multiplier par 5 la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid en 2030 par rapport à 2012.

B.3. Volet européen et international

- **Système communautaire d'échange de quota d'émission (EU ETS)**

La maîtrise des émissions de la production d'énergie est tout d'abord pilotée via le système communautaire d'échange de quotas d'émissions. Celui-ci fonctionnant à l'échelle européenne, il ne fait pas l'objet de recommandations spécifiques au sein de la stratégie nationale bas-carbone.

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 coopération avec nos voisins électriques.

- **Raffinage**

Au-delà de la réduction de la demande en produits pétroliers (cf. partie transport, industrie et bâtiment), atténuer les émissions de GES des raffineries demande une coopération internationale accrue. En effet, le secteur est soumis à une forte compétition internationale : l'indice de complexité haut (plus l'indice est élevé, plus la raffinerie est compétitive) et la réduction de la teneur en soufre dans les carburants nécessitent une consommation d'énergie accrue. De plus, l'augmentation des volumes de bruts de « mauvaise qualité » sur les marchés pourrait conduire le secteur à augmenter ses émissions par litre de produit traité.
Compte tenu de ces éléments, il est nécessaire de veiller à ce que les mesures prises afin de diminuer les émissions du secteur ne conduisent pas simplement à délocaliser la production de nos produits pétroliers à l'étranger. Une vision globale, au-delà du seul périmètre national, est nécessaire.

3. Articulation de la stratégie nationale bas carbone avec les plans et programmes pour le secteur de la production d'énergie

- La loi de transition énergétique pour la croissance verte prévoit en particulier un lien de compatibilité de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie en métropole continentale avec

la SNBC.

- Un lien de prise en compte existera pour :
  - les programmations pluriannuelles de l'énergie spécifiques aux zones non interconnectées
  - les Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET), (englobant les actuels schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie)
  - les Plans Climat-Air Energie Territoriaux. Ce lien pourra être indirect lorsque les SRADDET auront eux-mêmes pris en compte les dispositions de la Stratégie.

4. Spécificités des Outre-mer

Si les émissions des Outre-mer dues à la production d'électricité sont faibles en volume par rapport à la métropole, le mix énergétique reste fortement carboné (production issue à 78 % d'énergie thermique classique). L'autonomie énergétique en Outre-mer est visée d'ici 2030. Cet objectif ambitieux d'autonomie énergétique passe d'abord par la décarbonation de l'électricité, avant d'envisager des transferts d'usages. Les recommandations dédiées aux ZNI s'appliquent aux Outre-mer.

5. Suivi-évaluation et indicateurs

Pour ce secteur couvert quasi-intégralement par le système ETS, le pilotage des émissions sera largement assuré au niveau européen.

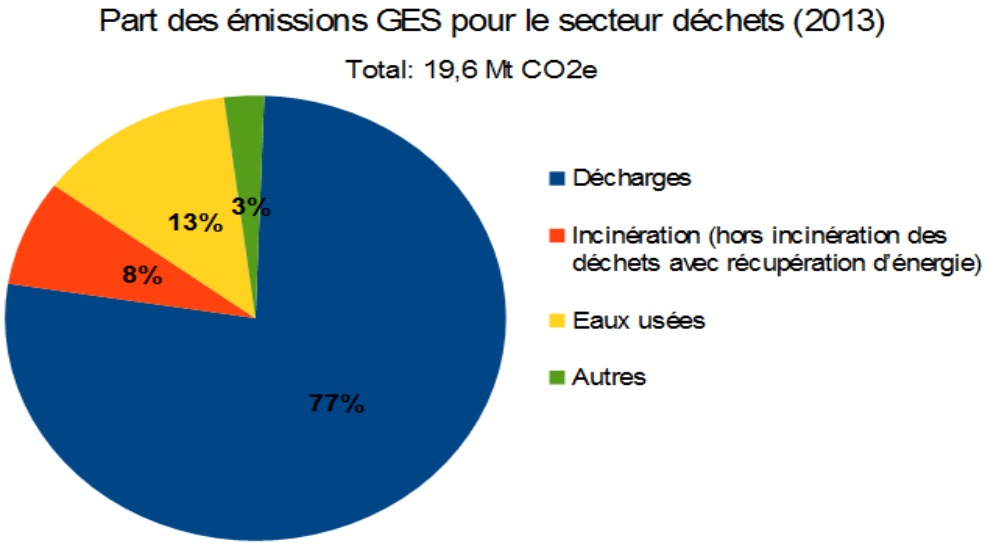
Au niveau national, les PPE seront les outils de pilotage complémentaires les plus structurants.

Indicateurs les plus structurants :
- émissions de gaz à effet de serre du secteur électrique
- part de la production électrique provenant des filières thermiques à combustible fossile

vii. Déchets

1. État des lieux et enjeux carbone

Le secteur du traitement des déchets représente 4% des émissions GES françaises en 2013. Depuis 1990, elles ont augmenté de 13%. Les émissions de méthane, issues des installations de stockage, représente la majorité (75 %) de ces émissions.



2. Stratégie (horizon 2030 et 2050)

Dans le cadre du « Comité trajectoire » (2012), l'objectif fixé pour le secteur du traitement des déchets est de réduire de -75 % à 2050.

A cette fin, les leviers d'action par ordre de priorité à long-terme sont les suivants :

1. Éviter de produire des déchets par la prévention (éco-conception, allongement de la durée de vie des produits, réparation, limitation du gaspillage alimentaire) et le réemploi (économie circulaire),
2. Augmenter la valorisation matière des déchets qui n'ont pu être évités (recyclage),
3. Valoriser énergétiquement les déchets inévitables et non valorisables sous forme matière,
4. Réduire les émissions diffuses de méthane des décharges et des stations d'épuration et en particulier la part non valorisable,
5. Faire disparaître l'incinération sans valorisation énergétique.

Ces cinq leviers d'actions sont à actionner conjointement. Est en jeu la transition vers un modèle d'économie plus circulaire au sens large qui constitue un changement de paradigme de notre modèle de production et de consommation (économie de matières, ressources et d'énergie ; pérennisation de valeur, richesse et d'emploi).

La généralisation du tri à la source des biodéchets en vue de leur valorisation d'ici à 2025 (art. 70 de la LTECV) revêt une importance particulière du point de vue des émissions de gaz à effet de serre. Il conviendra de veiller particulièrement aux conditions techniques et financières de sa mise en œuvre.

En outre, à court terme, deux actions issues du point 4 sont à signaler :

- la collecte et le torchage des émissions des décharges, compte-tenu de leur efficacité

immédiate. Le scénario de référence suppose une augmentation du taux de captage du biogaz dans les décharges de 38% en 2010 à 70% en 2030 et du taux de valorisation du biogaz capté, qui passe lui de 59 % à 80 % : il s'agit là de leviers structurants pour l'évolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur.
- l'optimisation énergétique et climatique des installations de traitement des eaux usées, à l'occasion des investissements structurants dont elles font l'objet (production, collecte et valorisation du méthane ; récupération de la chaleur des eaux usées).

Point de vigilance :
- La priorité à la rénovation du parc bâti générera de très gros volumes de déchets, notamment minéraux (donc valorisables dans le BTP) et combustibles (valorisables énergétiquement).

3. Articulation de la stratégie nationale bas carbone avec les plans et programmes pour le secteur déchets

- Plans déchets (le plan déchets 2014-2020 devrait permettre de réduire de 2,8 Mt CO2 équivalent par an les émissions GES en 2025),
- Programme national de prévention des déchets,
- plan EMAA (énergie, méthanisation, autonomie azote)
- réglementation sur les installations classées et instructions sur sa mise en œuvre (collecte et traitement du méthane issu des décharges),
- Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux et instructions nationales sur l'assainissement, qui devront notamment déterminer les stations concernées et les équipements à mettre en œuvre.

4. Spécificités des DOM

Concernant les déchets, la spécificité DOM la plus importante, en lien avec le bilan carbone, est le coût de transport particulièrement élevé pour traiter les déchets en métropole et l'impossibilité de respecter le principe de proximité, en raison des freins réglementaires liés à la convention de Bâle. Des travaux doivent expertiser les questions des mutualisations possibles d'équipements avec les pays avoisinants et de la convention de Bâle.

5. Suivi-évaluation et indicateurs

Indicateurs du plan déchet national
- suivi de la collecte du méthane issu des décharges
- À déterminer, dans le domaine de l'assainissement
- indicateurs du plan EMAA

CHAPITRE 4 : SUIVI DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA STRATÉGIE

4.1. Les budgets carbone

i. Les trois premiers budgets

Le premier budget carbone permet de respecter les engagements français à l'horizon 2020 (notamment).

Les niveaux des second et troisième budgets carbone tiennent compte de l'objectif adopté pour 2030 et inscrits dans la contribution européenne à l'accord international sur le climat de 2015, à savoir la réduction d'au moins 40 % des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 par rapport à 1990.

Les réductions d'émissions des installations les plus émettrices de gaz à effet de serre font l'objet d'un traitement harmonisé à l'échelle de l'Union Européenne (à travers le système communautaire d'échange des quotas d'émissions (SCEQE) dit ETS en anglais (Emission Trading System) avec un objectif de réduction de 43 % à l'horizon 2030 par rapport à 2005.

Pour les autres secteurs (transport, bâtiment, ...), l'objectif de réduction est de 30 % à l'horizon 2030 par rapport à 2005 au niveau européen. Une répartition des efforts entre pays est prévue courant 2016-2017. Elle sera réalisée sur la base du PIB par habitant des différents États et d'un ajustement relatif pour rechercher les gisements d'atténuation les plus coût-efficaces entre les États dont le PIB est supérieur à la moyenne européenne. Dans l'immédiat, la répartition entre secteurs ETS et hors ETS du budget carbone des périodes 2019-2023 et 2024-2028 n'est donc pas précisée. Elle pourra l'être à l'issue du partage de l'effort défini au niveau européen et en tout état de cause lors de la prochaine étape d'actualisation des budgets carbone prévue pour mi-2019.

Les trois premiers budgets carbone sont les suivants :

Période	**Budget carbone** (moyenne annuelle, sans bilan net de l'usage des terres à ce stade)*	secteurs pour lesquels le pilotage est avant tout européen (**ETS** hors aviation internationale)	autres secteurs, pour lesquels la France a des engagements communautaires et internationaux. (secteurs relevant de la décision de partage de l'effort 406/2009/CE)
2015-2018	442 Mt CO2eq	110 Mt CO2eq	332 Mt CO2eq
2019-2023	399 Mt CO2eq		
2024-2028	358 Mt CO2eq		

Les émissions de gaz à effet de serre comptabilisées ci-dessus correspondent à celles que la France rapporte à la Commission Européenne et dans le cadre de ses engagements communautaires et internationaux sous l'égide de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique, notamment dans le cadre de la mise en œuvre de l'article 7 du règlement 525/2013. Le périmètre géographique retenu correspond aux engagements français au titre de la seconde phase du protocole de Kyoto, c'est-à-dire les émissions en métropole, Corse et

Guadeloupe, Guyane, Martinique, Réunion, Saint-Martin et Mayotte ainsi que les émissions associées au transport entre ces zones géographiques. Sont exclues les émissions des autres pays et territoires d'outre-mer et les émissions associées aux liaisons aériennes et maritimes internationales.

Le traitement de l'agriculture et de l'usage des terres au sein de cet ensemble reste encore à préciser. Lors de la fixation des budgets carbone pour les périodes 2015-2018, 2019-2023 et 2024-2028, les émissions associées aux usages des terres et à leurs changements (évolution des stocks de carbone des sols,...) et à la foresterie sont exclues du périmètre retenu, dans la mesure où les modalités de comptabilité de ces émissions dans le cadre des engagements européens de la France à l'horizon 2030 ne sont pas connues. Lors de la fixation mi-2019 du budget carbone 2029-2033, les émissions et la fixation de carbone organique associées à l'usage des terres seront intégrées dans le périmètre couvert par les budgets carbone en tenant compte des modalités de comptabilité retenues pour la mise en œuvre du cadre énergie climat 2030. Une révision des budgets carbone 2019-2023 et 2024-2028 sera aussi réalisée pour intégrer ces émissions sans modifier significativement les efforts demandés aux autres secteurs d'activité.

La répartition entre secteurs pour lesquels le pilotage est avant tout communautaire (ETS, et selon l'issue des négociations européennes, une partie des émissions agricoles et/ou du secteur des terres à l'avenir,...) et les autres secteurs, pour lesquels la France prendra des engagements communautaires de réduction de ses émissions, sera précisée par la même occasion.

ii. Déclinaison indicative par grands secteurs d'activité et par gaz

Ils se déclinent ainsi par grands secteurs d'activité et par gaz à effet de serre, lorsque les enjeux le justifient :

Émissions annuelles moyennes (en Mt CO2eq)	1990	2013	1er budget carbone 2015-2018	2nd budget carbone 2019-2023	3ème budget carbone 2024-2028
Transport	121	136	127	110	96
Résidentiel-tertiaire	90	99	76	61	46
Industrie manufacturière	148	88	80	75	68
Industrie de l'énergie	78	57	55	55	55
Agriculture	98	92	86	83	80
Dont N2O	*44*	*40*	*37*	*35*	*34*
Dont CH4	*42*	*39*	*38*	*38*	*37*
Traitement des déchets	17	20	18	15	13
Dont CH4	*14*	*17*	*16*	*12*	*11*
Total d'émissions annuelles moyennes	552	492	442	399	358

Émissions annuelles moyennes (en Mt CO2eq)	1990	2013	1er budget carbone 2015-2018	2nd budget carbone 2019-2023	3ème budget carbone 2024-2028
Dont CO2	400	367	323	288	257
Dont N2O	69	60	57	54	51
Dont CH4	71	44	42	41	40
Dont gaz fluorés	12	21	20	16	10

Cette déclinaison sectorielle et par gaz est indicative.

Elle résulte de travaux de prospective (cf. partie 1.2) associant des parties prenantes, des experts et des modélisateurs, en particulier les travaux du Comité Trajectoire (France Stratégie, 2012) ainsi que les hypothèses et résultats du scénario de référence, inspiré très directement du scénario AMS2 résultant des travaux prospectifs climat-air-énergie conduits par le ministère en charge de l'écologie et l'Ademe en 2015.

Elle constitue une répartition jugée équilibrée des réductions d'émissions, tenant compte des orientations politiques définies ci-dessus (cf. partie 2.1). Pour chacun des secteurs, elle tient également compte d'éléments économiques, techniques ou pratiques comme le coût de l'atténuation, l'inertie liée aux investissements déjà consentis ou à opérer, le caractère plus ou moins organisé et fédéré des acteurs à mobiliser, leur difficulté potentielle à dégager les ressources nécessaires ou modifier les comportements, etc.

Les budgets carbone présentés ici ne correspondent donc pas à une compartimentation rigide des objectifs entre secteurs, mais à une première répartition sectorielle pour guider le pilotage d'ensemble et les ajustements nécessaires entre secteurs. Quand des anticipations de réductions seront plus faibles que prévu dans certains secteurs, il sera nécessaire de mettre en œuvre des mesures permettant d'obtenir des réductions plus importantes dans d'autres secteurs. Cette répartition constitue ainsi une partie intégrante du référentiel d'indicateurs de cette stratégie, fournissant des signaux sur le risque d'écart à l'objectif global et la nécessité d'éventuelles mesures correctives.

iii. Répartition des budgets carbone en tranches indicatives d'émissions annuelles

La trajectoire d'émissions ayant servie de référence pour déterminer les budgets carbone peut être répartie en tranches d'émissions annuelles :

Années	Tranches annuelles indicatives (Mt CO2eq)
2015	457
2016	447
2017	437
2018	427
2019	417

Années	Tranches annuelles indicatives (Mt CO2eq)
2020	407
2021	399
2022	391
2023	383
2024	374
2025	366
2026	358
2027	351
2028	343

De nombreux facteurs conjoncturels justifient des évolutions à l'échelle inter-annuelle différente de cette répartition indicative (variabilité climatique, conjoncture économique, évolutions des prix des différents combustibles sur les marchés internationaux, …). Les changements de rigueur hivernale induisant des fluctuations importantes du recours au chauffage, il est utile d'en corriger l'effet pour que la comparaison entre émissions annuelles et répartition en tranches d'émissions annuelles soit instructive. Sur les périodes couvertes par les budgets carbone (quatre à cinq ans), l'effet de ces facteurs conjoncturels est plus marginal.

iv. L'analyse du respect des budgets carbone

A l'issue de chacune des périodes sur lesquelles portent les budgets carbone, leur respect sera évalué sur la base des inventaires annuels transmis à la Commission Européenne ou à la Convention Cadre des Nations Unies les plus à jour sauf pour la dernière année de la période, pour laquelle il est fait recours aux inventaires par approximation que la France communique à la Commission Européenne.

En cas d'évolution de la comptabilité des émissions de gaz à effet de serre conduisant à une correction de plus d'un pourcent des émissions passées, le solde du budget carbone fait suite à un ajustement de son montant de sorte à assurer la cohérence de la méthodologie retenue avec celle qui prévaut dans l'évaluation de son respect.

L'analyse de la mise en œuvre de la stratégie bas-carbone et du respect des budgets carbone devra être examinée en prenant en compte les orientations politiques ainsi que la capacité effective des leviers d'action identifiés à permettre l'atteinte des indicateurs sectoriels. La maîtrise de l'impact des mesures menées sur les finances publiques constitue un enjeu particulièrement fort. Cette analyse permettra de révéler ex-post des éléments de coûts-efficacité et d'acceptabilité qui n'ont pas pu être estimés finement lors de l'élaboration de la stratégie.

4.2. Indicateurs de suivi

Les indicateurs ci-après ont vocation à faire l'objet d'un suivi annuel ou bisannuel. Leur exploitation gagnera à s'inscrire dans le cadre d'une lecture transversale, en lien avec des éléments de contexte globaux et sectoriels. Il pourra être utile de situer le contexte européen et d'établir des comparaisons avec d'autres États-membres. Des trajectoires indicatives (avec quelques années de recul et en allant jusqu'à 2028) pourront faciliter l'analyse. Il s'agit à ce stade d'un projet qui pourra être réorganisé et restructuré en associant le comité d'experts de la transition énergétique.

Les indicateurs suivis seront publics. Ils seront destinés en priorité aux parties prenantes qui ont été associées à l'élaboration de cette stratégie et qui pourront ainsi participer à son suivi. Ils auront également pour objectif de renforcer l'articulation avec les échelons régionaux et territoriaux. Le comité d'experts de la transition énergétique sera associé à la revue annuelle de mise en œuvre et des points d'information à un rythme bisannuel seront proposés au CNTE, à l'occasion desquels le suivi des indicateurs sera publié.

Au-delà des indicateurs, le suivi a également vocation à porter sur les problématiques signalées par les points de vigilance du chapitre 3.

4.2.i Indicateurs de synthèse

	Indicateurs de suivi	**Scénario de référence**	**unité**	**Fréquence de suivi**
Indicateurs globaux	Empreinte carbone de la France et des français.		MtCO2eq & MtCO2eq/h	Annuelle (à confirmer)
	Émissions globales de GES France	budgets carbone	MtCO2eq	annuelle
	Séquestration forestière (Accroissement biologique net de la mortalité en forêt ou « pompe à carbone »)	Un scénario de référence pourra être établi ultérieurement sur la base PNFB-PPE-SNMB et les prospectives à conduire par le CSF	MtCO2eq, sur la base des Mm3 (volume IGN, et volume aérien total)	annuelle
	Variation annuelle du stock de carbone des sols		MtCO2	annuelle
	Émissions sectorielles et par catégories de GES	voir figure (trajectoire illustrative …), §4.1	MtCO2eq	annuelle
	Emissions sectorielles « scope 2 » (en répartissant les émissions par secteurs « production d'énergie » entre les secteurs consommateurs d'énergie		MtCO2eq	annuelle
	(contribution transversale estimée de la) filière agricole	intégration des secteurs agricoles, de l' amont (agrofournitures) et de l'aval (industries agro-alimentaires), plus estimatif des effets de substitution permis par la bio-économie.	MtCO2eq	annuelle
	(contribution transversale estimée de la) filière forêt-bois	variation du stock forestier et des produits bois + somme pondérée des usages matériaux (valorisation des effets de substitution) et	MtCO2eq	annuelle

	Indicateurs de suivi	Scénario de référence	unité	Fréquence de suivi
		énergétiques (idem, acv). Coefficient à établir et choisir une année de référence. Un scénario de référence pourra être établi sur la base PNFB-PPE-SNMB		
	Population	2015 : 66,17M – 2035 : 71,68M	Hab	annuelle
	PIB/habitant	Hypothèses scénario	€2010/hab	annuelle
	Consommation énergétique finale par unité de PIB	Résultats AMS2	Tep/hab.	annuelle
	Émissions moyenne de GES par unité d'énergie	Résultats AMS2	TCO2eq/tep	annuelle
	Surface de logement par personne	Hypothèses scénario	m2	pas d'échéance
	Investissements publics (État) en faveur d'une société bas carbone	N/A	M€	annuelle
	Estimation des investissements totaux (privés et publics y. compris collectivités) en faveur d'une société bas carbone	N/A	M€	annuelle
Compétitivité et facture	Budget transport des ménages	Étude sur les impacts redistributifs : en écart au scénario tendanciel sur l'ensemble des ménages, gain de facture de carburants à 215€/an entre 2015-2028	%	tout les 5 ans
	Budget énergie des ménages	Étude sur les impacts redistributifs : en écart au scénario tendanciel sur l'ensemble des ménages, gain de facture de chauffage 100€/an pour les ménages occupant le parc existant entre 2015-2028 (gains liés aux travaux de rénovation, voir détails)	%	tout les 5 ans
	Facture énergétique des entreprises (industrie, et estimation pour tertiaire – agriculture à partir de leur évolution de consommation)	à comparer à un benchmark européen.	% de la valeur ajoutée	tout les 5 ans
Emploi	Demandes et offres d'emplois pour les métiers verts et verdissants	N/A	indice base 100 en 2010	annuelle

	Indicateurs de suivi	Scénario de référence	unité	Fréquence de suivi
Précarité énergétique	Population exposée à la vulnérabilité énergétique	N/A	%	tous les 3 ans
Air	Évolution de l'indice de pollution de l'air en milieu urbain	N/A	indice base 100 en 2000	annuelle
Ressources	Consommation intérieure de matières et intensité matières	N/A	indice base 100 en 1990	annuelle

4.2.ii Indicateurs de mise en œuvre des recommandations transversales

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
1	Empreinte Carbone	Favoriser la prise en compte des éléments "scope 3" dans les BEGES (bilan d'émissions de gaz à effet de serre), lorsque des leviers correspondants peuvent être potentiellement mis en oeuvre et encourager la mise en place de plans d'action visant à réduire ces émissions	- Nombre de BEGES réalisés intégrant des émissions scope 3 - Nombre de conventions d'engagement volontaire portant sur les émissions	N/A
2	Réorienter les investissements	Porter la part carbone dans les taxes intérieures de consommation sur les énergies de 22€/tCO2 en 2016 à 56€/tCO2 en 2020 et 100 €/tCO2 en 2030 (en € 2015), cette augmentation étant compensée par un allègement de la fiscalité sur d'autres produits, travaux ou revenus.	Niveau de la tarification indexée sur le carbone (min, max, moyenne pondérée par l'assiette)	Prix du CO2 dans l'ETS hors électricité : 7€/tCO2e (2015), 10€/tCO2e (2020), 14€/tCO2e (2025), 35€/tCO2e (2030) Prix du CO2 hors ETS : composante carbone de la TICPE (22€/tCO2 en 2016, 56 en 2020, 100 en 2030, en € 2010)
3		Créer et déployer fonds de garantie pour la transition énergétique	investissements privés dédiés à la transition énergétique	Résultats du scénario de référence
4		Conditionner les avantages fiscaux à un verdissement de l'utilisation des fonds collectés (ex. Livret développement durable)		
5		Favoriser les initiatives permettant de faire avancer le principe d'une tarification du carbone sur la majorité des émissions de GES dans le monde.	Part des émissions mondiales couverte par une fiscalité carbone	Emissions couverte en 2015 (voir figure en section 3.2.ii)
6		Développer l'analyse de l'empreinte carbone et de l'empreinte verte des actifs par les acteurs institutionnels (ex. Bpi France) et améliorer leur reporting extra-financier pour mettre en évidence et imposer à terme le verdissement des investissements de ces acteurs		
7		Améliorer la prise en compte opérationnelle du risque carbone par les acteurs financiers		
8	Gérer durablement les	Pour les espaces agricoles en déprise ou n'étant plus dédiés à la production alimentaire, déployer des modes de		

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
	terres	valorisation innovants, permettant une gestion durable des terres, et promouvant leur potentiel de production pour des usages alimentaires ou non-alimentaires à forte valeur ajoutée et/ou à forte capacité de substitution directe ou indirecte à des énergies fossiles		
9		Réduire fortement l'artificialisation nette des sols d'ici 2030 et à terme la stopper, tout en assurant la capacité à répondre aux besoins, notamment en logements, des populations	Artificialisation des sols (évolution sur 5 ans) en %	Réduction de 80% de l'artificilisation en 2035 et arrêt à terme
10		Rapprocher les lieux de résidence des lieux d'emplois et loisirs pour diminuer l'emprise au sol par les infrastructures de transports, dans le cadre de projet territoriaux ou d'aménagement	Part du territoire national couvert par des Scot incluant les enjeux de limitation de la consommation d'espace	Niveau 2014 : 11,2%
11	Accompagner les dynamiques territoriales de projets	Renforcer, de façon progressive et itérative, la cohérence des objectifs quantitatifs entre les différents échelons	Émissions par régions	N/A
12		Multiplier les territoires de projets, les appuyer dans leur démarche et les valoriser (labélisation, soutiens tels que les territoires à énergie positive pour la croissance verte (TEPCV), les territoires zéro gaspillage zéro déchets (ZGZD)) et faciliter les expérimentations	Nombre de territoires de projet (TEPCV et ZGZD (ou territoire)	N/A
13		Impliquer l'ensemble des territoires dans les démarches de type plan climat-air-énergie territorial (PCAET), à l'échelle des intercommunalités et faciliter l'accès aux données nécessaires à l'établissement de bilans carbone territoriaux et des plans d'actions	Nombre de PCAET adoptés (Part des EPCI obligés en ayant adopté un, dans la configuration et le calendrier post LTECV)	Couverture de la majorité du territoire à terme
14	Recherche et innovation	Encourager le développement et la diffusion rapide des technologies du futur, dans la perspective d'un monde décarboné	Financements publics de R&D énergétique dédiée aux technologies bas-carbone, en distinguant efficacité énergétique (EE) et approvisionnement énergétique bas carbone (nucléaire, et nouvelles technologies de l'énergie, dont les énergies renouvelables)	Résultats 2013 : 167 M€ dans l'efficacité énergétique et 787 M€ dans l'approvisionnement énergétique bas-carbone

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
15		Constituer des filières d'excellence dans les énergies renouvelables et technologies bas-carbone ainsi que dans l'efficacité énergétique pour prendre le leadership industriel de l'équipement bas-carbone		
16	Education	Accompagner l'implication des établissements scolaires dans la mise en œuvre des actions appropriées des plans et schémas territoriaux de transition énergétique pour la croissance verte de leur territoire	Nombre de projets d'éducation au développement durable dans les écoles, collèges et lycées	N/A
17		Accélérer la transition vers des campus "durables" en rendant exemplaires les établissements scolaires et d'enseignement supérieur en matière de performance énergétique et écologique		
18	Formation	Soutenir les démarches de Gestion territoriale des emplois et compétences (GTEC), afin notamment d'accompagner les transitions professionnelles liées à la transition énergétique		
19		Soutenir le développement du professionnalisme de la filière de l'audit énergétique		

4.2.iii Indicateurs de mise en œuvre des recommandations sectorielles

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
20	Transports	Améliorer l'efficacité énergétique des véhicules : atteindre les 2L/100 km en moyenne pour les véhicules vendus en 2030	Consommation unitaire des véhicules (conso/km) des VP neufs et dans le parc	Baisse des conso unitaire (généralisation des véhicules à 2L/100 parmi les véhicules neuf à l'horizon 2030)
21		Développer les infrastructures de ravitaillement (bornes de recharge électriques, unités de livraison de gaz) indispensables pour des transports bas-carbone	Part des vecteurs énergétique à faible contenu carbone par unité d'énergie en analyse cycle de vie "du puits à la roue"	-6 % d'émissions GES/énergies utilisées en moyenne entre 2013 et le 3ème budget carbone (ou + 5 % de la part de l'élec à 2030) -37 % d'émissions GES/énergies utilisées à 2050
22		Mettre en place des quotas de véhicules à faibles		

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
		émissions dans les flottes publiques (bus y compris)		
23		Déployer [coordonner le déploiement] des transports bas-carbone [par l'ensemble des acteurs]		
24		Encourager le report modal en : favorisant les transports doux (marche et vélo (ex. Incitation fiscale au vélo)) ; développant les transports massifiés pour le ferroviaire et le fluvial	Part des transports en commun et modes actifs dans la mobilité des passagers. Part du fret ferroviaire/fluvial	Entre 2013 et le 3ème budget carbone : -2 % de la part du routier et aérien domestique dans les transports passagers motorisés -7 % pour les transports de marchandises
25		Maîtriser de la demande de mobilité, notamment en: rapprochant la production et la consommation de biens grâce à l'économie circulaire et aux filières courtes développant le télé-travail dans le cadre de plans de déplacement d'entreprises et du dialogue social	Km parcourus par personne et transport de marchandises par unité de PIB (t.km/€)	+2 % de km/personne à l'horizon du 3ème budget carbone par rapport à 2013 stabilisation des tonnes*km par unité de PIB à 2050 par rapport à 2013
26		Développer le co-voiturage et les services de mobilité permettant d'augmenter le taux de remplissage des véhicules	Taux de remplissage moyen des véhicules particuliers	+8 % de taux de remplissage pour les transports de passagers des à l'horizon du 3ème budget carbone par rapport à 2013
27		Améliorer le taux de remplissage du fret, en encourageant les démarches volontaires comme 'les transporteurs s'engagent' et "FRET21"	Taux de chargement moyen des poids lourds	+10% de taux de chargement pour les poids lourds à l'horizon du 3ème budget carbone par rapport à 2013
28	Résidentiel-Tertiaire	Renforcer la prise en compte des enjeux d'analyse en cycle de vie des impacts environnementaux dans les nouvelles constructions dans les futurs réglementation thermiques et préparer cette évolution par des labels, ...	Émissions GES en ACV de l'activité de construction	N/A
29		Massifier la rénovation énergétique, en agissant à la fois sur la rénovation de l'enveloppe et en améliorant l'efficacité énergétique et climatique des systèmes (chauffage, eau-chaude sanitaire, cuisson)	investissements privés dédiés à la transition énergétique (volet Bâtiment)	Hypothèses du scénario de référence
30		Lever les barrières à l'investissement en soutenant la rénovation énergétique des logements des ménages modestes et en mobilisant les acteurs du		

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
		secteur bancaire pour distribuer des outils de financement dédiés (tiers-financement notamment)		
31		Maîtriser les consommations énergétiques liées aux comportements et à l'électricité spécifique en renforçant les dispositifs d'information des consommateurs (ex. sur les consommation cachées et la pratique des bons gestes) et en mobilisant les signaux-prix et système de régulation	Consommation d'énergie par usages	Résultats du scénario de référence
32		Encourager le remplacement des équipements de chauffage les plus carbonés (émissions supérieures à 300gCO2/kWh d'énergie finale utile) en fin de vie par d'autres vecteurs de chauffage moins émetteurs de GES, notamment les énergies renouvelables	Consommation d'énergie par vecteurs	Résultats du scénario de référence
33		Développer des filières locales visant la production et la mise en oeuvre de matériaux de construction et de rénovation peu carbonés (notamment matériaux biosourcés comme le bois) et des filières de recyclage des matériaux et déchets du BTP valorisables dans une ACV des bâtiments	Volume de bois consommé par le secteur de la construction ; volume de bois incorporé dans les bâtiments.	N/A
34			Part des déchets du BTP valorisés/recyclés	N/A
35	Agriculture	Optimiser le cycle de l'azote, la progression des intinéraires à bas intrants et la susbitution des engrais minéraux par des engrais organiques	Ventes de fertilisants azotés (en tonnes d'azote par an)	-30 unités d'azote minéral par hectare en moyenne en 2035, par rapport à 2010 (intégrant le développement d'itinéraires à bas intrants, ainsi que l'optimisation des doses et la substitution)
36			efficience des fertilisants azotés (ventes de fertilisants rapportées aux rendement moyen sur les céréales)	
37		Développer les légumineuses et augmenter la durée de rotation et la diversification culturale	Surface de légumineuses	plus de 2M d'ha de légumineuses en 2035, dont 900 000 ha de protéagineux en grandes cultures

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
38		Optimiser les rations animales et rechercher l'autonomie protéique		Développement des légumineuses et réduction de l'apport protéique dans plus de 50% du cheptel laitier d'ici à 2035
39		Maintenir les prairies permanentes et développer l'agroforesterie, des haies et des autres infrastructures agro-écologiques	Surface en prairies permanentes et linaire/surface de haies	limitation de la perte à 490 000 ha de prairies permanentes entre 2010 et 2035
40		Développer la couverture des sols et augmenter le taux de matière organique des sols		cultures intermédiaies sur 80% des cultures de printemps en 2035
41		Déployer la méthanisation agricole	Nombre de méthaniseurs à la ferme et volume de biogaz produit dans des méthaniseurs à la ferme	40% des déjections maîtrisables méthanisées
42	Forêt-bois-biomasse Industrie	Promouvoir la gestion de la petite propriété forestière de manière à assurer le renouvellement régulier de ces massifs, en encourageant par exemple son regroupement	surface des propriétés forestières privées de moins de X (10, 20, 25 ha?)	
43			Nombre et surface totale des GIEEF	cf. PNFB et Contrat Stratégique de Filière
44		Créer un cadre fiscal incitatif à une gestion dynamique et durable de la ressource	Plancher de la fiscalité foncière effective des petites propriétés forestière. Contrôles de la mise en oeuvre des plans simpes de gestion. Investissements forestiers soutenus.	
45		Développer un usage efficient des ressources bio-sourcées par l'industrie, la construction, l'ameublement, l'emballage et les filières énergétiques	1 - Volume de bois français valorisé par les secteurs français de la construction, de l'ameublement, de l'emballage, du panneau, de la pâte ; volume exporté pour les usages matériaux. 2 – Volume de bois français valorisé énergétiquement en France ; efficacité énergétique	

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
			moyenne ; volume de bois exporté pour l'énergie.	
46		Mettre en œuvre un suivi attentif de la durabilité et notamment des impacts sur les sols et la biodiversité	à préciser dans le cadre du PNFB et/ou de la SNMB (stratégie de mobilisation de la biomasse)	
47		Renforcer et partager le suivi des flux de matières et des données économiques	(mettre en place le module forêt bois et la veille économique mutualisée)	N/A
48		Améliorer l'efficacité énergétique pour maîtriser la demande en énergie et en matière par produit, notamment grâce aux bilans GES et aux audits énergétiques	Intensité énergétique de la production de l'industrie (notamment celles des 7 activités énergo-intensives (IIE))	Résultats du scénario de référence
49		Développer des services d'efficacité énergétique de qualité et reconnus et mobiliser le tiers-financement	Investissements consacrés à l'économie d'énergie dans l'industrie	Résultats du scénario de référence
50		Valoriser la chaleur fatale sur le site industriel et via les réseaux de chaleur	Mwh valorisé	10 TWh de chaleur fatale récupérée en 2030
51		Développer l'économie circulaire en augmentant le réemploi, recyclage et en diminuant la quantité globale de déchets pour mettre sur le marché des produits dont le cycle de vie complet sera moins émetteur et plus performant	Productivité matières et consommation intérieure de matières par personne	N/A
52		Diminuer la part des énergies fortement émettrices de gaz à effet de serre dans la demande d'énergie	Part des vecteurs énergétiques dans la demande industrielle	Résultats du scénario de référence
53	Production d'énergie	Accélerer les gains d'efficacité énergétique, en focalisant en priorité les efforts sur les sources carbonnées	Intensité énergétique primaire du PIB	Résultats du scénario de référence
54		Atténuer les pointes de consommation électrique saisonnières et journalières, afin de limter le recours aux moyens de production carbonés	Puissance moyenne appelée et pics de consommation	N/A
55		Décarboner radicalement le mix énergétique de la	gCO2/kWh de l'électricité et des	N/A

Numéro	Chapitre	Recommandation	Indicateur de suivi	Scénario de référence / niveau de référence passé
		production centralisée d'énergie à l'horizon 2050 (facteur 10)	réseaux de chaleur	
56		Eviter les investissements dans de nouveaux moyens thermiques à combustible fossile, qui seraient inutiles à moyen-terme compte tenu de la croissance des énergies renouvelables	Puissance autorisée en moyens thermiques à combustible fossile pour usage en semi-base ou base depuis la publication de la SNBC	N/A
57		Améliorer la flexibilité du système sans augmenter les émissions pour l'intégration des EnR en développant la capacité de flexibilité de la filière hydraulique les réseaux intelligents et le stockage en s'assurant d'un déploiement correspondant au besoin les interconnexions avec nos pays voisins	Part des EnR dans la production brute d'électricité	respect des objectifs de la loi (art. L-100-4)
58		Développer les réseaux de chaleur urbain et orienter la production vers la chaleur renouvelable et la récupération de chaleur fatale	Chaleur consommée d'origine renouvelable et de récupération dans les réseaux de chaleur	respect des objectifs de la loi (art. L-100-4)
59	Déchets	Prévenir la production de déchets (grâce à l'éco-conception, allongement de la durée de vie des produits, réparation et limitation du gaspillage alimentaire) et le réemploi	Production de déchets ménagers assimilés	Flux de déchets par filière (base 100) : En 2010 / 2030 : Stockage ISDND :100 / 43 Incinération UIDND : 75 / 64 Valorisation matière :44/ 62 Compostage :33 / 57 Méthanisation : 3 / 14
60		Augmenter la valorisation matière des déchets qui n'ont pu être évités (recyclage)	Flux de déchets pour le stockage ISDND	
61		Valoriser énergétiquement les déchets inévitables et non valorisables sous forme matière		
62		Réduire les émissions diffuses de méthane des décharges et des stations d'épuration et en particulier la part non valorisable	Volume de méthane capté et nombre d'installations raccordées pour injection de biométhane	Stokage en ISDND En 2010/2030 : taux de captage (%) : 38%/70% Valorisation du biogaz capté (%) : 59%/80%
63		Faire disparaître l'incinération sans valorisation énergétique		

CHAPITRE 5 : RAPPORT D'ACCOMPAGNEMENT

5.1. Vérification du respect des objectifs de la loi et des engagements européens et internationaux de la France avec les projets de budgets carbone et de stratégie bas-carbone

Pour mémoire, l'article 173 de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte prévoit qu'au plus tard quatre mois avant l'échéance de la publication le Gouvernement établit un rapport, rendu public, qui décrit la façon dont les projets de budget carbone et de stratégie bas-carbone intègrent les objectifs mentionnés à l'article L. 100-4 du code de l'énergie, ainsi que les engagements européens et internationaux de la France. Aussi le respect de ces objectifs est passé ici en revue.

A. Objectifs de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (art. L.100-4 du code de l'énergie)

Art. L. 100-4. – I. – La politique énergétique nationale a pour objectifs :

1° De réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050. La trajectoire est précisée dans les budgets carbone mentionnés à l'article L. 222-1 A du code de l'environnement ;

La stratégie nationale bas-carbone (SNBC) définit la marche à suivre et dégage des recommandations dans les différents secteurs pour atteindre le -40 % entre 1990 et 2030 et avec une trajectoire cohérente avec le facteur 4 à l'horizon 2050 par rapport à 1990. La trajectoire des budgets carbone permettent d'atteindre -42 % de réduction des émissions à 2030 par rapport à 1990. Cet objectif intermédiaire est cohérent avec une réduction de 75 % à l'horizon 2050 : selon l'étude du comité trajectoire (2012), parmi les trajectoires de réduction de 33 % à 41 % en 2030, c'est une trajectoire passant par une réduction dans le haut de la fourchette (-41%) qui tenait le mieux compte des enjeux d'équité intergénérationnelle.

2° De réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012, en visant un objectif intermédiaire de 20 % en 2030. Cette dynamique soutient le développement d'une économie efficace en énergie, notamment dans les secteurs du bâtiment, des transports et de l'économie circulaire, et préserve la compétitivité et le développement du secteur industriel ;

La trajectoire des budgets carbone permet l'atteinte de -22 % de réduction de la consommation énergétique finale entre 2012 et 2030. En continuant le rythme de réduction 2025-2030 (-1,43 %/an) après 2030, on arrive à une division par 2 de la consommation entre 2012 et 2050. La SNBC décrit les leviers d'actions d'efficacité énergétique dans les différents secteurs : rénovation dans les bâtiments, amélioration des performances énergétiques des véhicules (viser les 2L au 100 km en moyenne pour les véhicules vendus en 2030, développement de l'économie circulaire (notamment réemploi et recyclage), etc. Cette dynamique préserve la compétitivité et le développement du secteur industriel, cf. l'évaluation des effets macro-économiques de la présente stratégie présentée au chapitre 5. Pour mémoire, l'objectif du secteur de l'industrie a été estimé avec une hypothèse de croissance de la valeur ajoutée industrielle par an de 1,6 % entre 2016 et 2020, de 2,0 % pour 2021-2025, de 1,5 % pour 2026-2030 et de 1,3 % pour 2031-2035.

Il est toutefois utile de rappeler que ce sont les programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE) qui devront préciser les objectifs détaillés d'efficacité énergétique.

3° De réduire la consommation énergétique primaire des énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à l'année de référence 2012, en modulant cet objectif par énergie fossile en fonction du facteur d'émissions de gaz à effet de serre de chacune ;

La trajectoire des budgets carbone permet l'atteinte de cet objectif. Le scénario de référence qui la fonde permet des réductions de la consommation énergétique primaire des énergies fossiles en 2030 par rapport à 2012 qui dépassent cet objectif.

La SNBC émet bien des recommandations de modulation en fonction du facteur d'émissions de gaz à effet de serre, avec notamment ces deux exemples (en sus de l'élargissement progressif de la part carbone dans les taxes intérieures de consommation sur les énergies) :

- dans le résidentiel-tertiaire, lors du renouvellement des équipements en fin de vie, encourager au changement des équipements de chauffage les plus carbonées (ceux dont les émissions sont supérieures à 300g CO2/kWh)
- dans les transports, la diversification du bouquet énergétique quel que soit le mode afin d'améliorer l'intensité carbone des énergies utilisées de l'ordre de 6 % entre 2013 et le 3ème budget carbone.

4° De porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % de cette consommation en 2030 ; à cette date, pour parvenir à cet objectif, les énergies renouvelables doivent représenter 40 % de la production d'électricité, 38 % de la consommation finale de chaleur, 15 % de la consommation finale de carburant et 10 % de la consommation de gaz ;

La SNBC soutient le développement des énergies renouvelables et ses budgets sont bien compatibles avec le respect de ces objectifs.

Ceci étant dit, il est utile de rappeler que ce sont les programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE) qui devront préciser les objectifs détaillés de développements des énergies renouvelables.

5° De réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025 ;

La SNBC n'a pas pour objet de décrire précisément la composition du mix électrique, dès lors que celle-ci respecte l'objectif de limitation des émissions défini par les budgets carbone et les recommandations de la stratégie. C'est ainsi la PPE, compatible avec la SNBC, qui devra définir la part du nucléaire dans le mix.
La SNBC est néanmoins bien cohérente avec l'objectif de réduction de la part du nucléaire au travers de ses recommandations relatives au développement des énergies renouvelables.

6° De contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction de la pollution atmosphérique prévus par le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques défini à l'article L. 222-9 du code de l'environnement ;

L'ensemble des objectifs et mesures prévu par la loi contribue fortement à réduire les émissions de pollutions atmosphérique (cf. partie 4.3). Le PREPA visera spécifiquement et détaillera l'atteinte de

ces objectifs.

7° De disposer d'un parc immobilier dont l'ensemble des bâtiments sont rénovés en fonction des normes "bâtiment basse consommation" ou assimilées, à l'horizon 2050, en menant une politique de rénovation thermique des logements concernant majoritairement les ménages aux revenus modestes ;

La stratégie vise à disposer d'un parc entièrement rénové aux normes « bâtiment basse consommation » en 2050. La trajectoire des budgets carbone suppose d'ailleurs de rénover les logements privés les plus consommateurs (de classe supérieure ou égale à F) d'ici le 3ème budget carbone.

8° De parvenir à l'autonomie énergétique dans les départements d'outre-mer à l'horizon 2030, avec, comme objectif intermédiaire, 50 % d'énergies renouvelables à l'horizon 2020;

L'atteinte de cet objectif nécessite des mesures complémentaires et spécifiques à ces territoires, à définir dans le cadre des PPE concernées.

9°De multiplier par cinq la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid à l'horizon 2030.

La SNBC et les budgets carbone intègrent bien l'objectif de multiplier par cinq la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid à l'horizon 2030.

VIII – Le Gouvernement se fixe pour objectif, pour la composante carbone intégrée aux tarifs des taxes intérieures sur la consommation des produits énergétiques inscrites au tableau B du 1 de l'article 265 du code des douanes, d'atteindre une valeur de la tonne carbone de 56 € en 2020 et de 100 € en 2030.

Ce relèvement est bien inscrit dans la stratégie et il fait partie des instruments qui permettront le respect des budgets carbone.
Plus précisément ce relèvement de la composante carbone de la fiscalité s'insère naturellement dans le scénario de référence, en substitution et complément d'une partie des mesures initialement prévue. Le prix du carbone devient, au travers de ce relèvement plus explicite et moins implicite (le prix du carbone implicite étant l'évaluation que font les économistes de l'ensemble des contraintes et incitations non fiscales à un usage maîtrisé du carbone).

B. Engagements européens et internationaux

Objectif européen de - 14 % d'émissions de GES (hors secteur ETS) entre 2005 et 2020 :
Cet objectif est largement atteint au travers du respect des deux premiers budgets carbone.

Les engagements internationaux de la France en matière de gaz à effet de serre (protocole de Kyoto) sont étroitement articulés avec les engagements européens et quasiment équivalents dans leur niveau d'ambition. Ils ne nécessitent donc pas d'analyse spécifique : leur respect découle largement de celui des deux premiers budgets carbone.

Objectif d'efficacité énergétique d'ici à 2020 :
Afin de contribuer à l'objectif d'amélioration de 20 % de son efficacité énergétique, l'Union

européenne s'est dotée en 2012 d'un cadre législatif ambitieux avec une directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique.
Pour la transposition de l'article 3 de la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique, la France s'est fixé comme objectif pour 2020 un plafond de 131,4 Mtep pour la consommation d'énergie finale à 2020 hors aviation internationale et de 219,9 Mtep en pour la consommation d'énergie primaire. L'analyse des différents scénarios montre que ces deux objectifs pourront être presque atteints dans le cas d'une option basse, combinant une hypothèse d'efficacité énergétique ambitieuse et un scénario de sortie progressive de la crise.
Dans le cadre de la présente stratégie, il convient donc de souligner la nécessité d'une ambition très forte dans la définition des mesures concrètes à mettre en œuvre pour pouvoir atteindre ces objectifs. Le relèvement progressif de la composante carbone du prix de l'énergie y contribuera.

Objectif de développement des énergies renouvelables d'ici à 2020 :
La directive n° 2009/28/CE relative aux énergies renouvelables du Paquet Énergie Climat fixe l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie totale à l'horizon 2020 et à l'échelle de l'Union. Dans ce cadre, la France s'est engagée à porter la part des énergies renouvelables de sa consommation énergétique finale d'à peine 10 % en 2005 à 23 % en 2020. Il s'agit de produire 20 Mtep d'énergies renouvelables en plus, en faisant plus que doubler le niveau initial, qui était déjà significatif avec le bois-énergie et l'hydroélectricité. La France affiche donc une forte ambition dans ce domaine, ambition renforcée par les objectifs fixés par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte qui prévoient une part de 32 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale en 2030 (cf. ci-dessus).

Là encore le respect de cet objectif nécessite que soient mises en œuvre des mesures dynamiques dans le cadre de la présente stratégie et de la PPE.
Il est à noter que le respect de cet objectif est également relié au précédent, puisqu'il s'agit de la part des énergies renouvelables dans le total des énergies consommées.

5.2. Étude d'impacts des options retenues

i. Analyse des impacts économiques

1. Effets macro-économiques

L'évaluation des impacts macro-économiques des options retenues dans la SNBC a été réalisée à partir de deux scénarios : un scénario tendanciel (dit AME : avec mesures existantes) et un scénario de référence (dit AMS2 : avec mesures supplémentaires), qui est décrit en partie 2 de la stratégie. L'impact macro-économique du scénario de référence est analysé *en écart* au scénario tendanciel. Ce sont les écarts d'emplois et de PIB, pour une année donnée, ou en moyenne sur la période considérée (2014-2035), entre le scénario de référence et le scénario tendanciel qui constituent l'impact des mesures de la SNBC et que nous analysons.

Deux modèles ont été utilisés pour cette évaluation : le modèle NEMESIS par le cabinet d'étude SEURECO-ERASME et le modèle THREEME par l'ADEME et le CGDD, ce qui, plutôt que de ne disposer que d'une seule valeur, permet d'approcher avec plus de nuances la combinaison des effets escomptés.

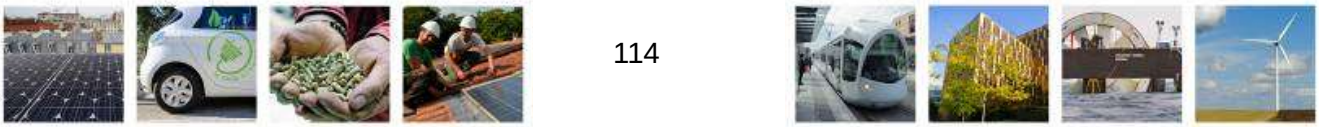
Principales conclusions de l'évaluation macro-économique

L'évaluation des impacts macro-économiques du scénario de référence (AMS2), en écart au scénario tendanciel, aboutit à des résultats positifs tant sur le PIB que sur l'emploi. Cet effet positif peut-être mesuré, au-delà des fluctuations liées aux vagues d'investissements, par le supplément de PIB annuel moyen sur la période et le nombre moyen d'emplois supplémentaires par an sur l'ensemble de la période.
Ainsi le scénario de référence amène, avec le modèle NEMESIS, un supplément annuel moyen de PIB de 25 milliards d'euros sur la période 2014-2035 et un supplément moyen de 108 000 emplois par an sur ces 22 années.[44]

L'évaluation macro-économique réalisée par l'ADEME avec le modèle THREEME, aboutit à un supplément annuel moyen de PIB équivalent à celui trouvé par NEMESIS et à un supplément annuel moyen de 350 000 emplois sur la même période 2014-2035.

Les résultats détaillés de chacun de ces modèles sont présentés ci-dessous successivement.
L'analyse faite par le modèle ThreeME intègre l'augmentation progressive de la part carbone dans les taxes intérieures de consommation sur les énergies 22€ en 2016 à 56€/tCO2 en 2020 et 100€/tCO2 en 2030 (euros constants 2015) a été réalisée. Elle est détaillée en annexe méthodologique. Cette intégration n'a pas été prise en compte par l'analyse du modèle NEMESIS.

44 Les mêmes calculs de PIB supplémentaire moyen et d'emplois supplémentaires moyens sur les 22 années (2014-2035) sans l'effort supplémentaire de 170 000 constructions neuves/an entre 2017 et 2021 aboutissent respectivement à des suppléments annuels moyens de PIB et d'emplois de 23 milliards d'euros et 87 000 emplois.an.



2. Évaluation plus détaillée des impacts macro-économiques du scénario AMS2 par le modèle NEMESIS

L'écart de PIB entre le scénario de référence et le scénario tendanciel (ligne noire de la figure 5.1 ci-dessous) est positif sur toute la période, ce qui montre que les options retenues dans la SNBC induisent une augmentation du niveau d'activité économique par rapport à un scénario tendanciel, chaque année de la période 2014-2035.

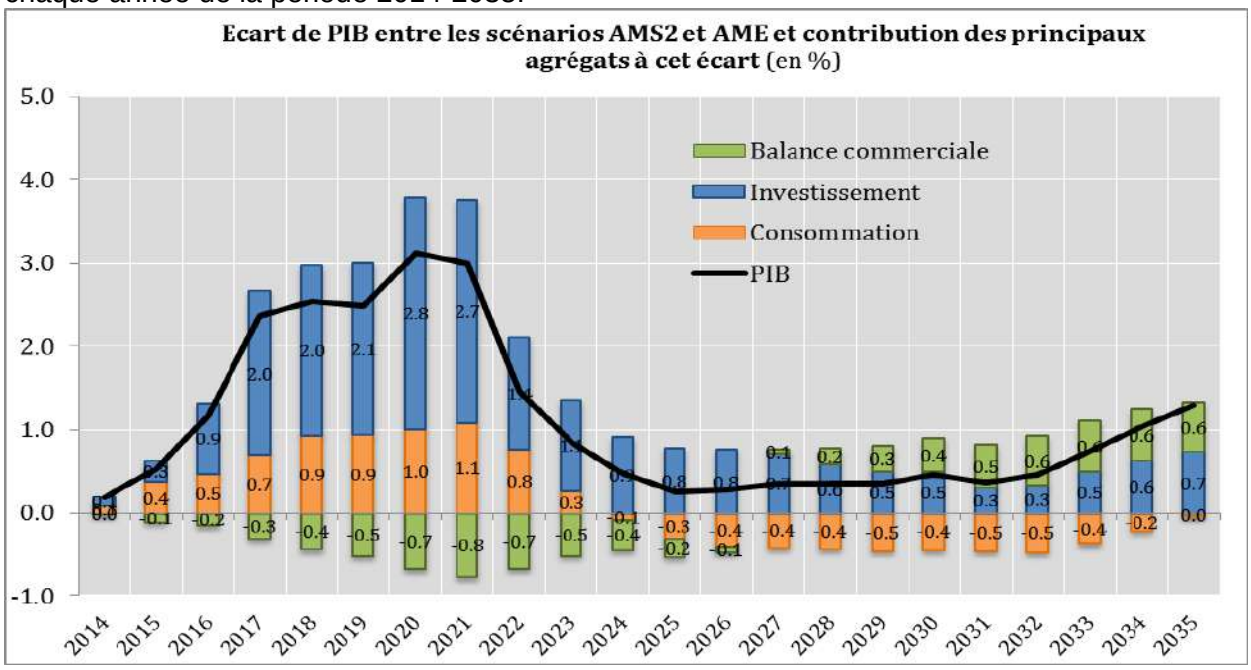


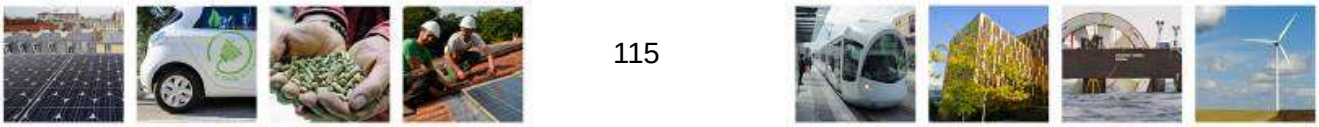
Figure 5.1 : Evolution de l'écart de PIB et contribution des agrégats du PIB (modèle NEMESIS)

L'investissement supplémentaire dans le scénario de référence par rapport au scénario tendanciel (barres bleues), particulièrement dans le domaine des bâtiments (rénovations et constructions neuves), est le principal contributeur à la croissance supplémentaire d'AMS2[45]. Le supplément de PIB est maximal en 2020 (PIB du scénario de référence supérieur de 3,1% au niveau du scénario tendanciel). Du fait du recours à l'emprunt des acteurs pour financer ces investissements, l'effort d'investissement est très supérieur aux efforts financiers jusqu'en 2022. L'effet multiplicateur de l'investissement (suppléments de croissance entraînant un supplément de revenus et donc de consommation) va ainsi jouer pleinement dans cette première période.

En effet, l'accroissement des investissements augmente la demande adressée aux secteurs fournisseurs de biens d'investissements. Ces derniers augmentent alors leur demande de facteurs de production (dont le travail) pour répondre à cet accroissement de demande et créent donc des emplois supplémentaires. Compte tenu des effets d'entraînement, un cercle vertueux se met en place, les effets multiplicateurs des investissements additionnels entraînant un surcroît d'activité supérieur au choc d'investissement initial : ce sont les effets keynésiens.

Avec l'arrêt en 2022 de l'effort supplémentaire dans la construction neuve (hypothèse schématique

45 A noter que les investissements additionnels dans les différents secteurs sont souvent peu significatifs par rapport à ceux considérés dans le secteur du bâtiment (bien qu'importants pour les acteurs et les filières considérés). Ainsi, à titre d'exemple, le développement de la méthanisation va vraisemblablement générer des investissements additionnels importants pour les filières agricoles concernées ; mais les montants correspondants seront de l'ordre de la centaine de millions d'euros par an, ce qui est faible au regard des montants présentés en figure 5.2 ci-dessous.



du scénario de référence), le supplément de PIB s'amenuise pour s'établir entre 0,3% et 0,5% entre 2024 et 2031. Les remboursements des emprunts deviennent importants et le reflux du supplément d'investissement (et donc de l'emploi associé) aboutissent à un fléchissement de la consommation. La consommation contribue négativement à l'écart de PIB entre AMS2 et AME à partir de 2024.

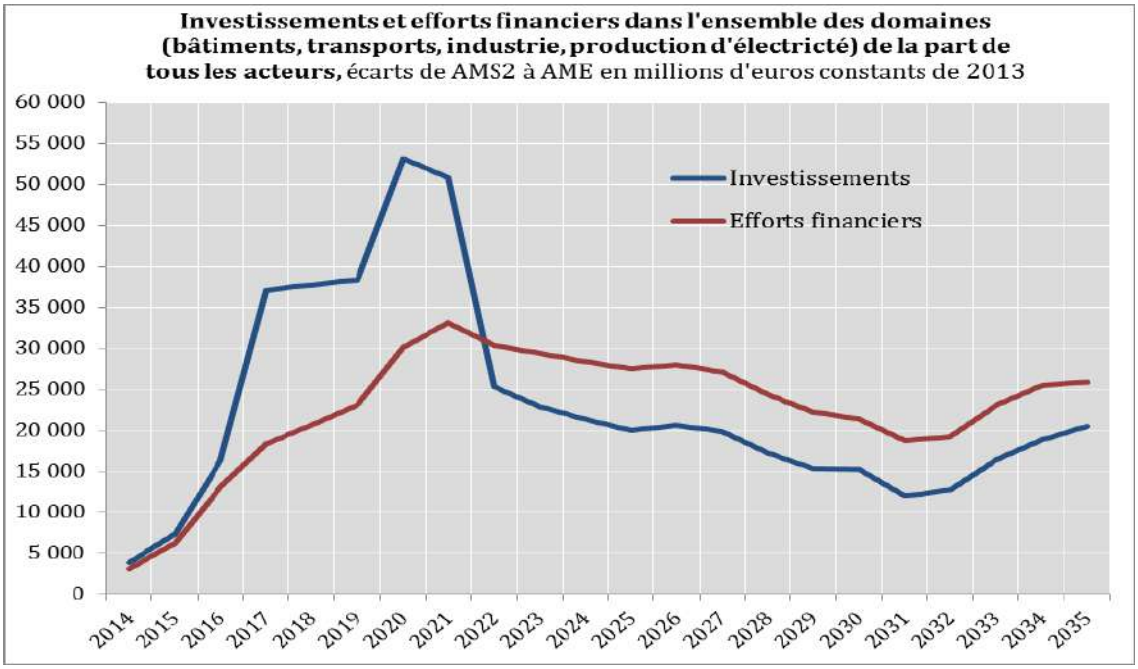
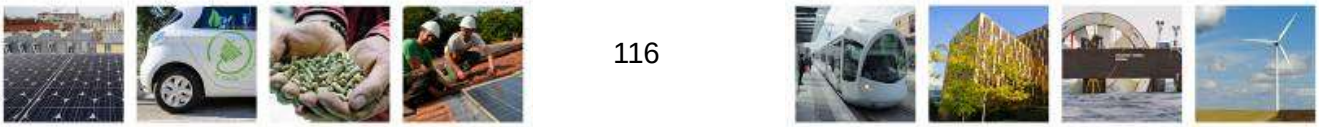


Figure 5.2 : Investissements et efforts financiers issus du modèle NEMESIS

A partir de 2023 et jusqu'en 2035, les efforts financiers totaux associés aux investissements dépassent les investissements totaux (cf. figure 5.2). C'est une période durant laquelle la situation économique se dégrade légèrement (les investissements fléchissent, le pouvoir d'achat des ménages est amoindri par les remboursements, la compétitivité est dégradée du fait de la hausse des prix provoquée par la forte activité économique et au report des coûts associés aux investissements de la période 2017-2021, ces coûts étant néanmoins modulés par le recours à l'emprunt, qui permet un étalement dans le temps des coûts et charges).

Cependant, Les dernières années du scénario sont marquées par un nouvel accroissement de l'écart de PIB (qui atteint 1,3% en 2035). Ceci est en partie dû aux investissements dans les nouveaux moyens de production d'électricité qui provoquent un nouveau pic d'investissement. C'est également dû, à partir du milieu de la décennie 2020, aux **cumuls d'économies d'énergie** (provenant des investissements réalisés auparavant), qui permettent de libérer progressivement du pouvoir d'achat, de sorte que la consommation recommence à augmenter (et la contribution de la consommation au supplément de PIB est de moins en moins négative, cf. figure 5.1). Les gains d'efficacité énergétique ont les conséquences suivantes pour l'économie : des gains de productivité et des baisses de coûts pour les entreprises, des gains de pouvoir d'achat pour les ménages et d'un point de vue macroéconomique, un allègement de la facture énergétique.

Les créations d'emplois sont relativement importantes dans la première période de croissance (jusqu'à 413 000 emplois supplémentaires en 2021 dans le scénario AMS2 comparativement au scénario AME) : les ménages voient leur situation sur le marché du travail s'améliorer et leurs revenus augmenter. Le supplément de création de richesse permet aux ménages d'accroître leur consommation par rapport au scénario tendanciel, d'autant plus que le recours à l'emprunt désynchronise l'effort financier associé aux investissements.



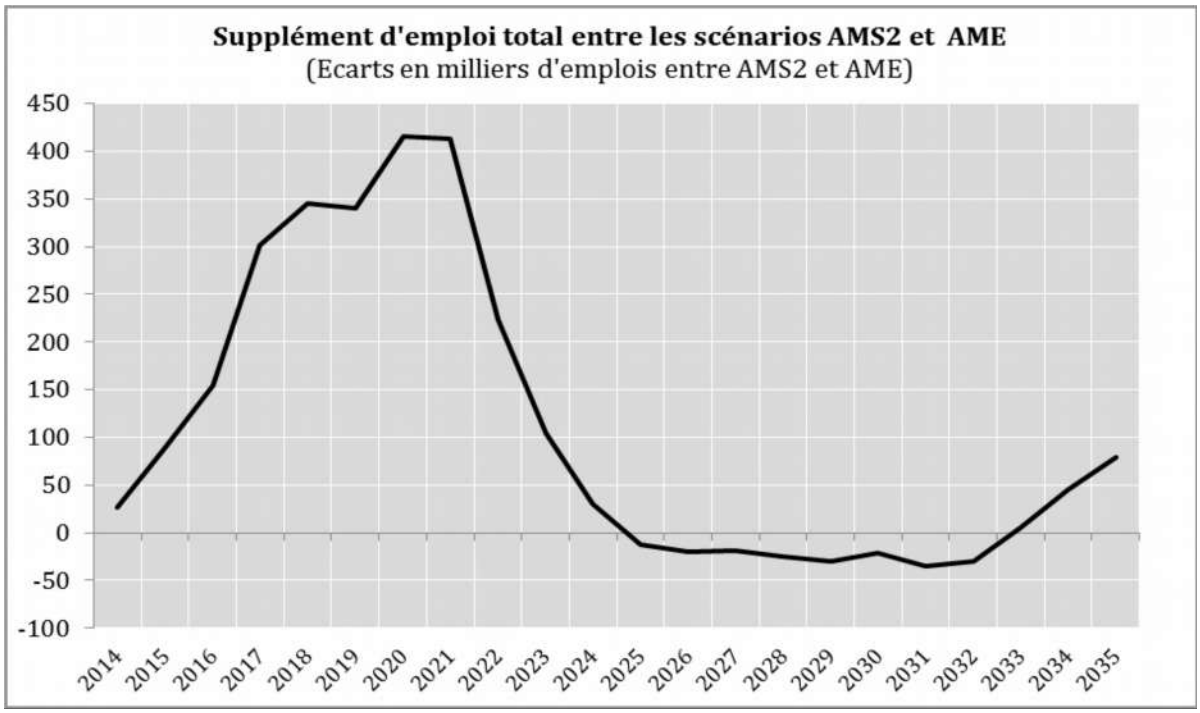


Figure 5.3 : supplément d'emploi issus de NEMESIS

La contribution du commerce extérieur à l'écart de PIB entre AMS2 et AME (d'abord négative jusqu'en 2026 puis de plus en plus positive par la suite, cf. figure 5.1 ci-dessus) s'explique par deux phénomènes :

- d'une part, par l'évolution de la compétitivité. Le supplément de progression de l'indice des prix du fait du supplément d'activité important et rapide entre 2015 et 2020 (l'indice des prix est supérieur de 4,2% à son niveau du compte de référence en 2022) aboutit dans un premier temps à une dégradation de la compétitivité-prix. Le niveau des exportations fléchit relativement à son niveau du scénario AME (les exportations de AMS2 sont inférieures de 1,8% à leur niveau du scénario AME en 2022). Par la suite le supplément d'indice des prix par rapport à AME diminue car le supplément d'activité est moins important et parce que les économies d'énergies se manifestent. Ainsi, les exportations ne sont plus inférieures à leur niveau du scénario tendanciel que de 0,9% en 2035,
- d'autre part, du fait de l'évolution des importations. Le supplément important de consommation en début de période provoque un supplément d'importations, ce qui creuse le déficit extérieur. Dans la seconde période (à partir de 2022), le supplément de demande intérieure par rapport au scénario tendanciel fléchit (moins d'importations de biens et services en provenance de l'étranger) et les économies d'énergie débouchent sur de moindres importations de produits fossiles (pétrole notamment). Le niveau des importations diminue et celles-ci sont inférieures de 2,6% à leur niveau du scénario tendanciel en fin de période. L'orientation à la baisse du niveau des importations et le regain de compétitivité aboutissent à ce que la contribution du commerce extérieur soit un déterminant majeur de la dynamique macroéconomique de fin de période (contribution de 0,6 point pour un supplément de PIB de 1,3% en 2035).

Les principaux investissements du scénario AMS2 par rapport au scénario AME, dans les secteurs des bâtiments, du transport, de l'énergie et de l'industrie

En écart au scénario tendanciel, les montants des investissements dans le domaine des **bâtiments** du scénario de référence sont très importants : plus de 30 milliards d'euros par an entre 2017 et 2019, 40 à 45 milliards d'euros en 2020 et 2021, 13 à 14 milliards d'euros par an sur le restant de la période (2022-2035). L'écart d'investissements cumulés dans le domaine du bâtiment

du scénario de référence par rapport au scénario tendanciel atteint 390 milliards d'euros sur la période 2014-2035. Si on retirait la mesure « 500 000 logements neufs entre 2017 et 2021 » du scénario de référence, les investissements dans le bâtiment baisseraient de 17 milliards d'euros entre 2017 et 2019, 26 milliards d'euros en 2020 et de 22 milliards d'euros en 2021.

Dans le bâtiment, les investissements sont financés suivant ces hypothèses :

Type d'opération	Acteur	Modalités des emprunts	Part empruntée
Rénovation du bâti et systèmes de chauffage	Ménages	Durée moyenne du prêt : 10 ans Taux d'intérêt réel 3%	33% par emprunt, le reste sur le revenu disponible
Rénovation du bâti et systèmes de chauffage	Tertiaire privé	Durée moyenne du prêt : 10 ans Taux d'intérêt réel 3%	67% par emprunt, le reste imputé directement sur les coûts de production
Logements neufs	Ménages	Durée moyenne du prêt : 18 ans Taux d'intérêt réel 3%	85% par emprunt, le reste sur le revenu disponible
Bâtiments tertiaires neufs	Tertiaire privé	Durée moyenne du prêt : 18 ans Taux d'intérêt réel 3%	85% par emprunt, le reste imputé directement sur les coûts de production
Rénovation du bâti et systèmes de chauffage	HLM	Durée moyenne du prêt : 10 ans Taux d'intérêt réel 1%	50% par emprunt

Ces investissements supplémentaires dans le scénario de référence relativement au scénario tendanciel sont réalisés à 62% par les ménages (242 milliards d'euros sur l'ensemble de la période 2014-2035), 20% par les entreprises du secteur tertiaire (78 milliards d'euros), à 9,5% par le tertiaire public (37 milliards d'euros) et à 8,5% dans les HLM (33 milliards d'euros).

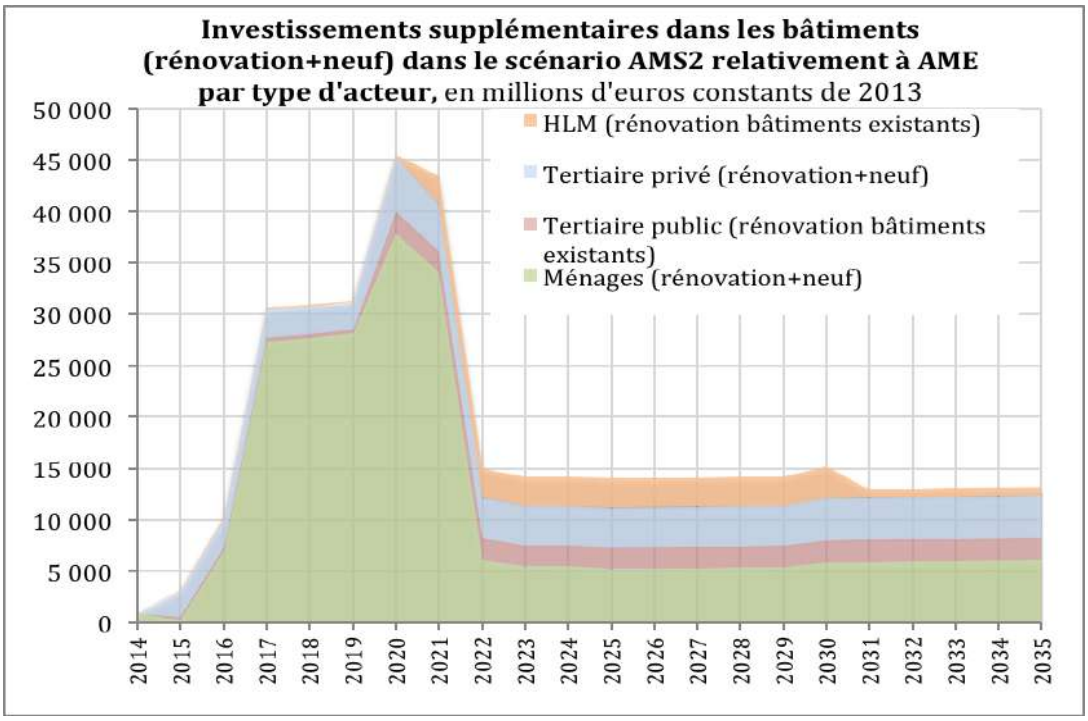
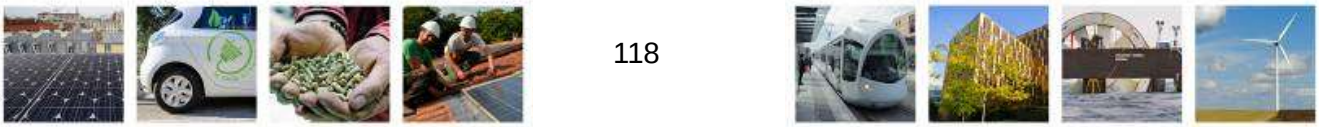


Figure 5.4 : Investissements supplémentaires dans les bâtiments (exogènes pour NEMESIS)

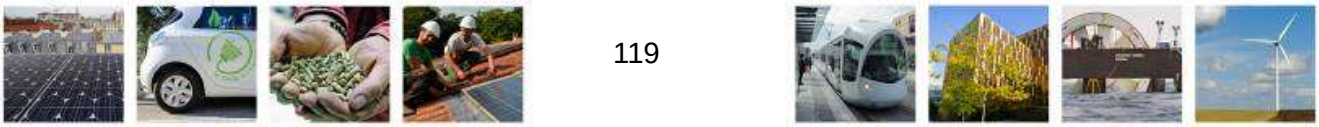


L'ensemble des surcoûts et investissements dans le domaine des **transports** (investissements pour le développement des bornes de recharge pour les véhicules électriques, coûts des LGV et TCSP, investissements des constructeurs automobiles et surcoûts d'acquisition de véhicules électriques), fluctue autour de 3 milliards d'euros par an pour le scénario AME (pour un total cumulé des surcoûts et investissements pour la période 2014-2035 de 63,9 milliards d'euros) et entre 4 et 6 milliards d'euros pour le scénario de AMS2 (pour un total cumulé de 109,5 milliards d'euros). Sur l'ensemble de la période 2014-2035 la somme des écarts annuels de surcoûts et d'investissements dans le domaine des transports relativement au scénario tendanciel est de 46 milliards d'euros pour le scénario de référence. L'écart annuel atteint entre 2,2 et 2,5 milliards d'euros pour le scénario AMS2 entre 2020 et 2030.

En ce qui concerne les secteurs industriels[46], dans le scénario de référence, des investissements supplémentaires (par rapport au scénario tendanciel) de 1.9 milliards d'euros par an, à vocation d'économies d'énergie, sont réalisés par l'ensemble des secteurs industriels entre 2015 et 2035 (soit 39,6 milliards d'euros d'investissement cumulés sur l'ensemble de la période). Ces investissements sont réalisés principalement dans le secteur de la chimie (20%), de l'agro-alimentaire (23%) et les industries de biens d'équipement.

En résumé, les investissements dans les bâtiments (rénovations et construction neuves) sont les plus importants et sont donc ceux de plus forte résonance d'un point de vue macroéconomique. Ce sont les investissements structurants de ces scénarios, ceux qui vont le plus influencer la dynamique économique d'ensemble du scénario de référence par rapport au scénario tendanciel.

46 Dans les services, les investissements économiseurs d'énergie sont le résultat des investissements dans les bâtiments tertiaires et non le résultat d'investissements directs comme dans l'industrie.



3. Évaluation plus détaillée des impacts macro-économiques du scénario AMS2 par le modèle THREEME

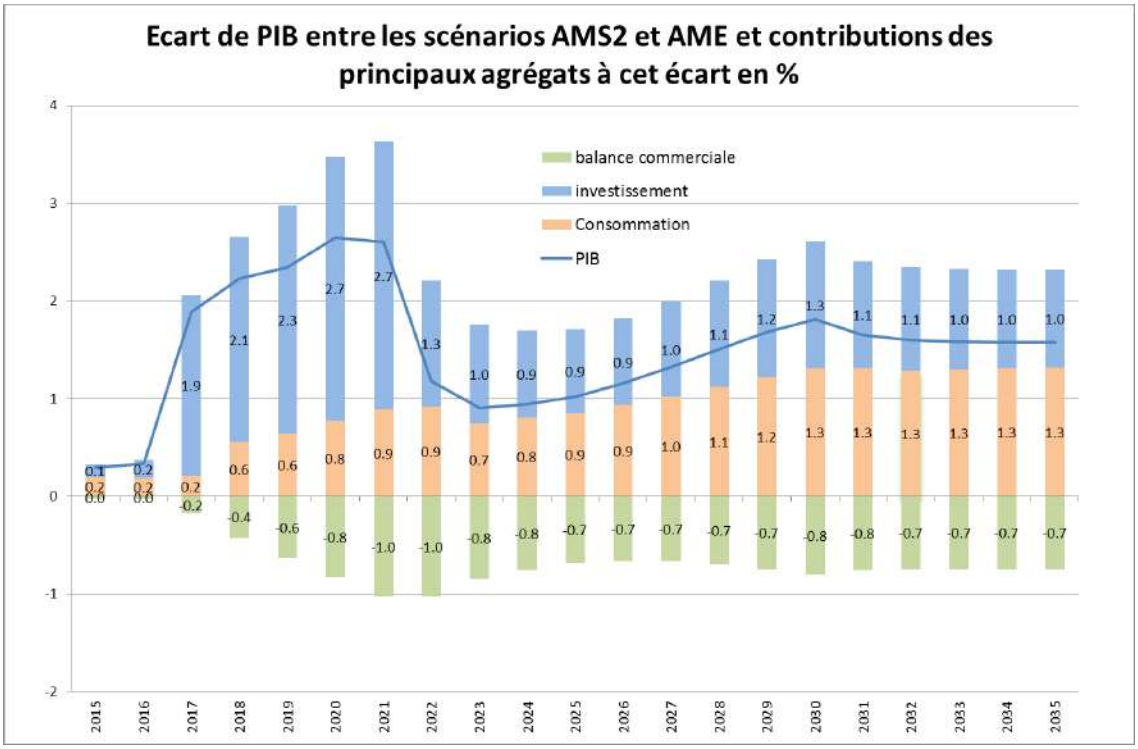


Figure 5.5 : Evolution de l'écart de PIB et contribution des agrégats du PIB (modèle THREEME)

Dans l'évaluation réalisée par l'ADEME avec le modèle THREEME, la mise en œuvre d'AMS2 se traduit entre le scénario de référence (AMS2) et le tendanciel (AME) par un écart d'investissement de +2,1 points de PIB en 2021 au moment maximum et par une hausse en 2035 de +1,6 point de PIB.

En début de période, l'essentiel de la croissance est tirée par les investissements, qui engendrent de nouvelles créations d'emplois et une hausse de la consommation, qui rétroagit positivement sur l'activité. Les créations d'emplois sont également soutenues en début de période. De ce fait, la hausse des mensualités induites par les constructions neuves et son effet d'éviction sur la consommation est largement compensée par l'essor de la masse salariale. La consommation des ménages augmente dès 2015, ce qui contribue positivement et vigoureusement à la croissance.

La balance commerciale se dégrade davantage dans AMS2 que dans AME en tout début de période sous l'effet des biens de consommation importés. Par la suite, l'écart entre la balance commerciale d'AMS2 et AME se resserre mais la contribution du commerce extérieur à l'écart de croissance entre les deux scénarios demeure négative. La diminution de la compétitivité des entreprises, liée à la hausse des prix de l'énergie, et le regain des importations de biens de consommation compensent en effet la réduction de la facture énergétique. Cependant, le ratio déficit extérieur sur PIB diminue de 0,8 point en 2035.

Au final, c'est la chronique des créations d'emplois qui détermine l'essentiel de la dynamique de la demande et donc du PIB.

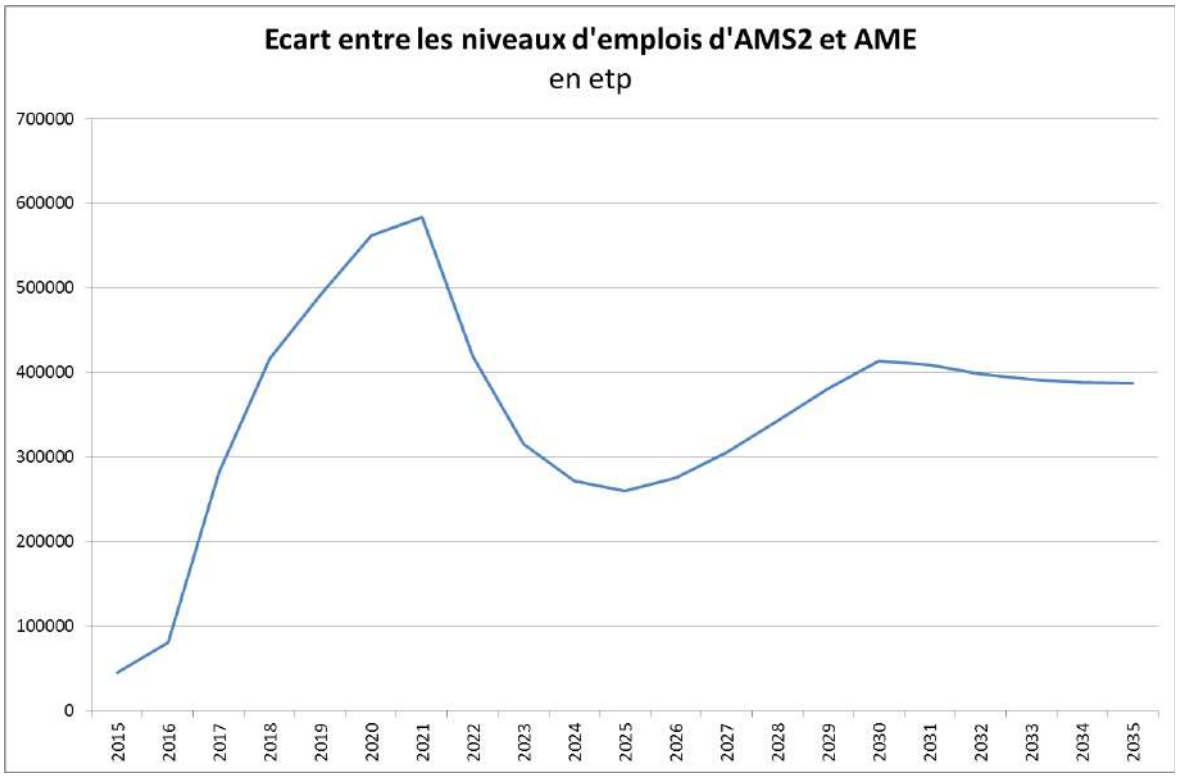


Figure 5.6 : supplément d'emploi issus de THREEME

Les créations d'emplois dans les filières vertes sont supérieures aux destructions de postes dans la branche des énergies fossiles et des filières énergivores. En 2035, près de 390 000 emplois supplémentaires sont créés dans AMS2 par rapport à AME, et 350 000 en moyenne sur la période 2015-2035

4. Effets sur la compétitivité

Les écarts entre modèles et la diversité des mesures concrètes envisageables pour décliner concrètement la SNBC ne permettent pas de décrire avec assurance ses impacts précis en termes de compétitivité, secteurs par secteurs.

Cette stratégie aura certains effets négatifs sur la compétitivité, décrits et quantifiés dans les modélisations ci-dessus (renchérissement du prix des énergies, hausse générale des prix provoquée par le surcroît d'activité économique et report transitoire des coûts associés aux investissements nécessaires dans chacun des secteurs concernés).

Des mesures sont prises pour atténuer ces effets négatifs. En particulier la composante carbone du prix de l'énergie, envisagée à hauteur de 56 €/tCO2 en 2020 et 100 €/tCO2 en 2030, ne s'applique pas aux secteurs soumis à échange de quotas (ETS). Elle est donc sans impact direct sur les principaux secteurs industriels exposés à la compétitivité internationale et sensibles au prix de l'énergie.

D'autre part, les modélisations ci-dessus ne portaient que sur les effets de la transition énergétique française. Les pertes relatives de compétitivité doivent être nuancées en resituant la problématique dans son contexte européen et international, nos partenaires économiques menant des politiques similaires. Le développement d'un signal prix carbone dans les principaux pays en dehors de l'Union européenne permettra une incitation équitable au niveau mondial et la France profitera du surcroît de demande émanant de ses clients internationaux.

Des effets positifs sur la compétitivité ressortent également des analyses macro-économiques.

D'une part les économies d'énergie se matérialisent et diminuent à terme les coûts de production. D'autre part les investissements induits par la transition énergétique permettent aux entreprises de mieux s'approprier et de développer ces technologies de maîtrise de la consommation et des émissions ainsi que substitution aux combustibles fossiles, pour se placer rapidement sur le marché mondial de l'équipement énergétique bas carbone de demain.

Pour accompagner cette dynamique, le soutien à l'innovation accompagnera la transition écologique avec un haut niveau de priorité. L'objectif français – ainsi qu'européen – est la constitution de filières d'excellence dans l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et les technologies bas-carbone.

In fine, les analyses macro-économiques menées s'accordent sur le fait que l'impact global sur l'économie du scénario AMS2 par rapport au scénario AME, bien que difficile à quantifier précisément, est positif tant en termes de croissance que d'emploi.

5. Courbe de coût d'abattement[47]

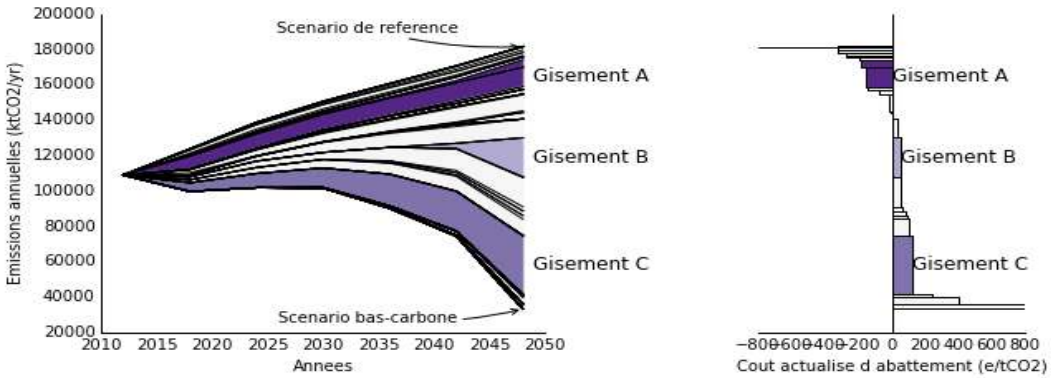
Une courbe de coût d'abattement (CCA) est un outil de planification conçu pour comparer des potentiels de gisements de réduction d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et définir l'ensemble des gisements à mobiliser pour atteindre un objectif de réduction au moindre coût, à une date donnée. La construction des courbes, à l'échelle sectorielle ou agrégée, repose sur l'estimation de coûts par rapport à un scénario de référence de l'évolution des émissions de GES.

Chacune des mesures/technologies d'atténuation est caractérisée par : (i) la vitesse de déploiement de l'action envisagée, (ii) le gisement potentiel de réduction d'émission et (iii) l'horizon temporel de l'objectif poursuivi, (iv) un coût par rapport à une technologie moyenne comparable du scénario de référence.

La qualité de la base de données qui informe les CCA est ainsi tout à fait critique. La constitution de cette base doit faire l'objet de discussions transparentes entre parties prenantes pour que la CCA délivre des messages pertinents. Elle peut alors fournir des points de comparaison entre différentes options.

Les messages clés délivrés par un outil d'évaluation et de pilotage de type CCA sont les suivants :

- Elle permet de visualiser, sur un même graphique (cf. figure-ci dessous), des scénarios de pénétration des gisements de réduction d'émissions associés à leur coût et à un horizon temporel donné. Son analyse renseigne sur l'ensemble des solutions technologiques modélisées et sur leur participation respective à l'atteinte des objectifs d'atténuation.
- Elle révèle des gisements directement profitables (à des coûts négatifs), qui peuvent ne pas être perçus spontanément (déficit d'information, évolutions des coûts, différence de taux d'actualisation privé/public) et qui devraient donc être déployés le plus rapidement possible (Gisement A dans la figure x)
- Les options de réduction d'émissions retenues pour atteindre des objectifs intermédiaires doivent éviter de conduire à un « verrouillage » technologique qui obérerait le futur. Les options retenues à court terme doivent au contraire préparer les étapes suivantes, pour en réduire le coût et en maximiser les co-bénéfices.
- Pour cela la CCA permet de mettre en évidence des technologies coûteuses à la diffusion lente (Gisement C) qui doivent être déployées en même temps que des technologies à coût d'abattement faible voire négatif (Gisement A), et même avant des gisements à coût plus faible mais à la diffusion plus rapide (Gisement B) afin d'atteindre l'objectif de long terme. La CCA facilite cette mise en perspective afin de contribuer à la mise en cohérence dynamique des options de réduction d'émissions.



47 Une publication à paraître Trajectoires de transition bas-carbone en France au moindre coût. Courbes dynamiques de Coûts d'abattement moyens (D-CAM) dans la série Etudes et documents du CGDD apporte une illustration de l'exploitation d'une telle courbe dans les différents secteurs en France.

L'utilisation de telles courbes peut également être pertinente à l'échelle de secteurs d'activité. Ainsi, dans le secteur agricole une telle CCA a par exemple été élaborée par l'INRA dans le cadre de l'étude « Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? »[48], dont le rapport a été publié en 2013. Cette courbe présente le potentiel d'atténuation évalué à horizon 2030, ainsi que les coûts d'atténuation évalués pour chacune des sous-mesures identifiées. Elle ne présente pas la vitesse de déploiement envisagée pour la mise en œuvre de ces sous-mesures, mais ces cinétiques pour la période 2010-2030 ont bien également été systématiquement étudiées dans le cadre de l'étude.

Cette courbe permet de constater que de nombreux leviers considérés dans le cadre de la SNBC correspondent à des mesures à coût négatif ou faible : réduction des doses d'intrants minéraux, amélioration de l'efficacité énergétique, développement des légumineuses, ajustement des rations animales... Sachant que parmi les sous-mesures caractérisées par un coût d'atténuation plus élevé, plusieurs sont d'ores et déjà encouragées par la PAC (en particulier le maintien des surfaces d'intérêt écologique telles que les haies et les bandes enherbées) ; et elles présentent des co-bénéfices à prendre en compte également dans l'évaluation de leur pertinence .

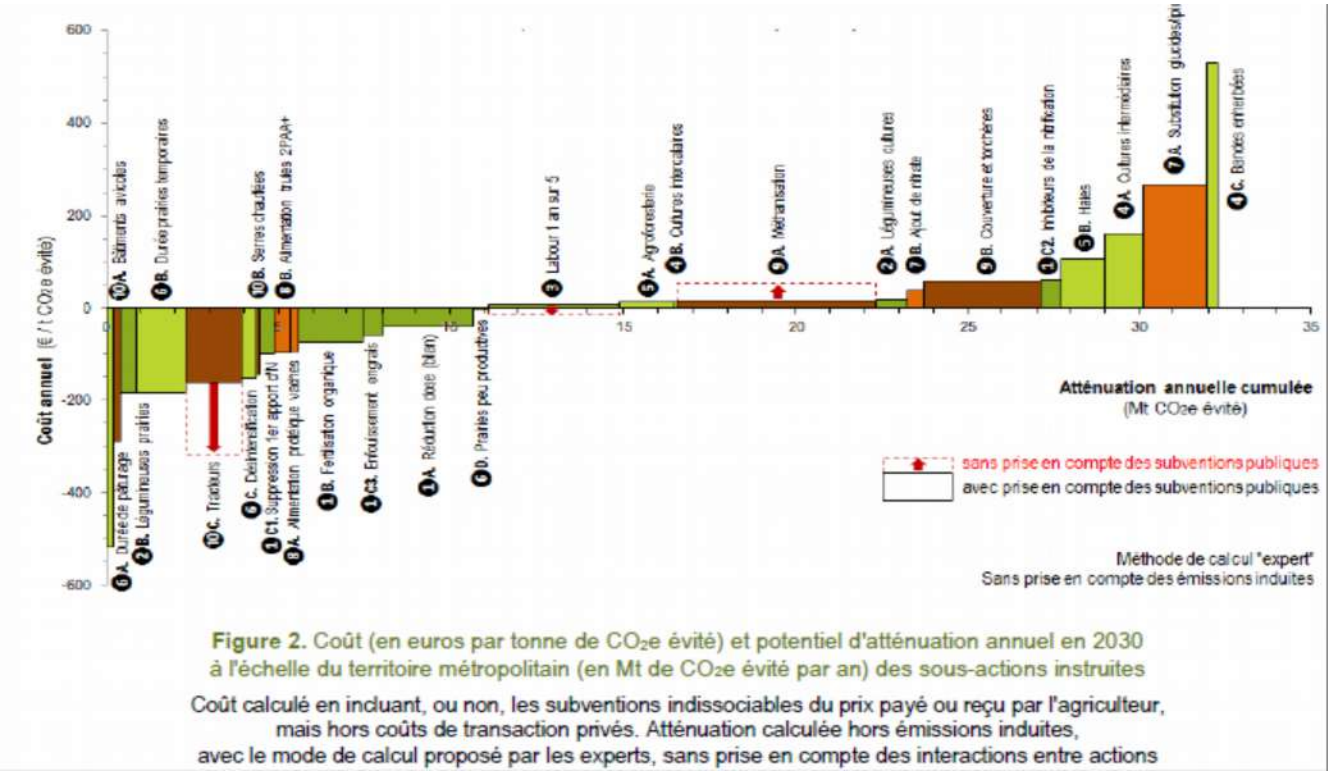


Figure 2. Coût (en euros par tonne de CO_2e évité) et potentiel d'atténuation annuel en 2030 à l'échelle du territoire métropolitain (en Mt de CO_2e évité par an) des sous-actions instruites

Coût calculé en incluant, ou non, les subventions indissociables du prix payé ou reçu par l'agriculteur, mais hors coûts de transaction privés. Atténuation calculée hors émissions induites, avec le mode de calcul proposé par les experts, sans prise en compte des interactions entre actions

Source : INRA

Finalement, si une courbe CCA est un outil d'analyse puissant (et beaucoup plus pertinent que le seul coût marginal d'abattement statique, souvent cité), les arbitrages entre mesures doivent nécessairement intégrer des éléments qui ne peuvent être pris en compte par celle-ci : co-bénéfices ou effets antagonistes des mesures sur d'autres objectifs de politique publique (autres impacts environnementaux, développement de filières économiques, valeurs d'usage de différents biens, acceptabilité des options retenues, ...). Elle ne saurait donc constituer le seul outil mobilisé dans la hiérarchisation des mesures.

48 http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Etude-Reduction-des-GES-en-agriculture

ii. Analyse des impacts sociaux redistributifs et d'équité

Des investissements de rénovation compensés à terme par des gains de facture énergétique du logement

Le scénario de référence de la transition (dit AMS2) se traduit par des travaux de rénovation plus nombreux que dans le scénario tendanciel (dit AME) (au total sur 2015-2028, 29,8 millions d'opérations de rénovations du parc existant dans le scénario de référence, contre 19,1 millions dans le scénario tendanciel). Les travaux de rénovation sont également plus ambitieux dans le scénario de référence (dans lequel 45% des rénovations incluent au moins deux gestes de rénovation, quand ce n'est le cas que de 20% des travaux du scénario tendanciel). Enfin, le scénario de référence intègre un signal-prix sur le carbone, qui entraîne par rapport au scénario tendanciel un renchérissement des énergies fossiles.

Sur la période 2015-2028, les investissements de rénovation s'élèveraient en moyenne à 24 Md€ par an dans le scénario de référence, contre 16 Md€ dans le scénario tendanciel. Ces investissements se répartiraient différemment au cours du temps : dans le scénario de référence, les investissements de rénovation s'élèveraient à 23 Md€ par an sur 2015-2018 puis augmenteraient à 25 Md€ par an sur 2019-2023 et 24 Md€ par an sur 2024-2028, tandis que le scénario tendanciel fait apparaître un profil décroissant, les investissements de rénovation s'élevant à 16 Md€ par an sur 2015-2023 puis 15 Md€ par an sur 2024-2028.

Les travaux de rénovation se traduiraient en moyenne, pour les logements du parc existant, par une dépense de l'ordre de 955 euros par an dans le scénario de référence, soit **près de 345 euros par an de plus que dans le scénario tendanciel**. Ce surcroît d'investissement par rapport au scénario tendanciel diffère selon la période considérée, compte tenu du rythme des rénovations, et également selon le niveau de vie des résidents :

- sur 2015-2018, les travaux de rénovation dans le scénario de référence engendreraient un investissement moyen de l'ordre de 275 euros par an, en écart au scénario tendanciel. Ces investissements s'effectueraient en majorité dans des logements occupés par les ménages des déciles supérieurs de niveau de vie (au-delà du 5ème décile[49]). En effet, le surplus de rénovations, par rapport au scénario tendanciel, concerne essentiellement des maisons individuelles, qui de façon générale sont plutôt occupées par les ménages de niveaux de vie supérieurs. Ainsi, s'agissant des logements des ménages les plus aisés (trois derniers déciles de niveau de vie), l'investissement s'élèverait à près de 320 euros par an, en écart au scénario tendanciel. S'agissant des ménages modestes (trois premiers déciles de niveau de vie), l'investissement supplémentaire s'élèverait à environ 225 euros par an ;
- sur 2019-2023, la montée en charge des travaux de rénovations, tous types de logement confondus, conduirait à un surcroît d'investissement d'environ 390 euros par an, en écart au scénario tendanciel. Cet investissement supplémentaire serait légèrement moins élevé pour les logements occupés par des ménages modestes (375 euros par an en moyenne pour les trois premiers déciles). Les investissements sont supposés en effet dépendants de la taille du logement, ce qui entraînerait en moyenne des montants moins importants pour les ménages modestes, dont les logements sont de taille plus réduite. Pour les logements occupés par les ménages des trois derniers déciles, l'investissement supplémentaire s'élèverait en moyenne à 420 euros par an ;
- sur 2024-2028, le surcroît d'investissement moyen serait plus faible, à hauteur de 355 euros par an en écart au scénario tendanciel, et porterait de manière plus prioritaire sur les logements occupés par des ménages modestes (380 euros par an en moyenne pour les trois premiers déciles) et moins sur les logements occupés par les ménages les plus aisés (345

49 Les déciles mentionnés ici représentent des déciles de niveau de vie. Le niveau de vie d'un ménage est égal à son revenu disponible divisé par le nombre d'unités de consommation. Le niveau de vie est donc le même pour tous les individus d'un même ménage.

euros par an en moyenne pour les trois derniers déciles). Cette différence s'explique là aussi par des rythmes de rénovations différents entre les types de logement, les rénovations des immeubles collectifs et HLM étant plus intenses sur cette période que celles des maisons individuelles.

Au total, pour les travaux de rénovation et en écart au scénario tendanciel, l'investissement moyen de 345 euros par an sur l'ensemble de la période serait moins élevé pour les logements occupés par les ménages modestes et de niveaux de vie intermédiaires, et ce suivant un profil relativement stable (à hauteur de 335 euros en moyenne entre le 1er et le 7ème décile). Il serait plus élevé pour les logements des ménages les plus élevés, compte tenu de la taille des logements rénovés (365 euros par an en moyenne).

Les travaux de rénovation ayant pour objectif une plus grande sobriété énergétique, ils doivent se traduire, toutes choses égales par ailleurs, par de moindres consommations de chauffage et par conséquent une facture d'énergie allégée. À l'inverse, le signal-prix sur le carbone entraîne un renchérissement des énergies carbonées et par conséquent de la facture de chauffage. L'impact total sur la facture d'énergie dépend ainsi de l'ampleur des rénovations effectuées, de l'état initial du logement (plus ou moins consommateur d'énergie, plus ou moins grande surface), de son énergie de chauffage et de l'ampleur du signal-prix.

Les gains énergétiques liés aux rénovations étant supérieurs au renchérissement de la facture dû à la montée de la composante carbone, **en moyenne sur l'ensemble de la période et en écart au scénario tendanciel, le gain de facture de chauffage s'élèverait à hauteur de 130 euros par an pour les ménages occupant le parc existant.** Sur 2015-2018, ce gain serait limité à hauteur de 30 euros par an en écart au scénario tendanciel, les gains de consommation d'énergie liés aux rénovations parvenant tout juste à compenser le renchérissement des énergies carbonées lié au signal-prix. Sur 2019-2023 au contraire, du fait du dynamisme des rénovations, la facture s'allégerait nettement, d'où un gain pour les ménages de 140 euros en moyenne par an, amplifié sur 2024-2028 à hauteur de 200 euros par an. Au total sur 2015-2028, le gain de 130 euros par an pour les ménages serait moins élevé pour les ménages modestes (gain de 190 euros par an en moyenne) du fait de logements de taille plus réduite. En proportion de la facture de chauffage, ce gain serait réparti de façon relativement uniforme entre les déciles de ménages, représentant en moyenne 10 % de la facture de chauffage du scénario tendanciel 15 % pour les trois premiers déciles).

Dans le scénario de référence, compte tenu du fait que les économies d'énergie liées aux rénovations subsistent au-delà des travaux effectués et que la montée en charge du signal-prix sur le carbone en accroît le gain sur la facture, les investissements engagés sont compensés à terme par les gains réalisés sur la facture de chauffage. En particulier, **le surplus de 345 euros d'investissements de rénovation effectués sur 2015-2028 dans le scénario de référence serait compensé intégralement dès 2033-2034 par les gains de facture de chauffage, par rapport à une situation où l'investissement n'aurait pas été engagé.** Cet horizon est identique pour l'ensemble des logements, quel que soit le niveau de vie du ménage occupant.

Il convient de noter que les investissements considérés dans cette évaluation se rapportent au logement faisant l'objet de la rénovation, sans préjuger de celui qui en supporte le coût (l'occupant lui-même ou, le cas échéant, le propriétaire du logement, ou enfin le contribuable au travers d'aides publiques). En pratique, les propriétaires-occupants modestes seraient moins enclins à entreprendre des travaux de rénovation compte tenu notamment de leur accès plus difficile au crédit, du fait que l'investissement supporté représente une part plus importante de leur revenu que pour les autres ménages. Le programme « Habiter Mieux » de l'Agence nationale de l'habitat et le dispositif de tiers financement devraient néanmoins contribuer à lever ces contraintes. Par ailleurs, la proportion de locataires parmi ces ménages est plus importante[50]. Enfin, les éventuels

50 Avec en outre un impact sur le passage à l'acte difficile à préciser : une politique de rénovation énergétique des HLM ne nécessite que de mobiliser un petit nombre d'acteurs, celle des petits bailleurs

effets rebonds résultant de la meilleure efficacité énergétique des logements ne sont pas pris en compte, notamment les éventuels effets de substitution entre la consommation énergétique du chauffage et celle des autres usages.

Une facture de carburant allégée du fait de véhicules en nombre plus réduits, plus efficaces énergétiquement et parcourant de plus faibles distances

Le scénario de référence se caractérise par un nombre de véhicules légèrement plus faible que dans le scénario tendanciel (300 000 véhicules de moins en 2035 dans le scénario de référence, résultant de 2,7 millions de véhicules essence et diesel en moins et 2,4 millions de véhicules électriques et hybrides en plus). En outre, les véhicules du scénario de référence sont plus efficaces (consommation de 3,8 litres par 100 km en 2035 pour un véhicule essence dans le scénario de référence, contre 5,9 litres dans le scénario tendanciel) et parcourent de plus faibles distances (distance annuelle parcourue de 8 600 km en 2035 pour un véhicule essence dans le scénario de référence, contre 10 900 km dans le scénario tendanciel).

S'agissant de la facture de carburants des ménages, les caractéristiques du scénario de référence en matière d'évolution du parc automobile constituent autant de facteurs à même de diminuer la consommation de carburants par rapport au scénario tendanciel. Le renchérissement des carburants fossiles, du fait du signal-prix sur le carbone, serait compensé par ces moindres consommations. Ainsi, sur 2015-2018, la facture de carburants par ménage serait inférieure de 125 euros par an à celle du scénario tendanciel. Cette baisse s'amplifierait dans les périodes suivantes, du fait de l'évolution progressive du parc : 165 euros par an sur 2019-2023 puis 330 euros par an sur 2024-2028.

Sur la période 2015-2028 et sur l'ensemble des ménages, le gain de facture de carburants s'élèverait ainsi à 215 euros par an, soit 11 % de la facture de carburants du scénario tendanciel.

L'impact du scénario de référence sur les dépenses d'investissement dans les moyens de transport individuels n'a pu être quantifié précisément selon les niveaux de vie[51]. Par conséquent, l'évolution des habitudes de transport (nombre de véhicules par ménage, consommation kilométrique, distances parcourues) a été appliquée de façon uniforme sur l'ensemble des ménages, en conservant cependant la distribution relative entre les déciles, considérée par ailleurs comme stable au cours du temps. Il s'ensuit un gain relatif de facture de carburants réparti de façon quasi-uniforme entre les déciles de ménages (gain relatif sur 2015-2028 à hauteur de 11 % de la facture de carburants du scénario tendanciel, quel que soit le niveau de vie). En termes absolus, le gain de facture de carburants est nettement plus faible chez les ménages modestes (145 par an sur 2015-2028 pour les trois premiers déciles) et plus élevé chez les plus riches (290 euros de gain par an sur 2015-2028 pour les trois derniers déciles). En effet, comparativement aux autres ménages, les ménages modestes détiennent moins de véhicules et parcourent des distances plus faibles.

est *a priori* plu complexe, c'est pourquoi la loi de transition énergétique pour la croissance verte demande d'étudier la possibilité d'instaurer un bonus-malus – article 14 VIII

51 À noter qu'il a été supposé dans l'évaluation macroéconomique des scénarios que les différentes orientations induisant une hausse et une baisse de ces dépenses pouvaient se compenser : les obligations de performance pour les constructeurs peuvent renchérir les prix des véhicules, mais le renchérissement des carburants (lié au développement des biocarburants) peut conduire les ménages à rechercher des véhicules de plus faible gabarit. De plus, le développement de l'auto-partage et du covoiturage peut réduire le nombre de véhicules. La résultante de tous ces phénomènes est difficile à évaluer selon les niveaux de vie des ménages.

Investissements de rénovation : montant total, par an et par ménage du parc existant

	Investissements de rénovation en Md€			Investissements de rénovation par an en Md€			par an et par ménage du parc existant en €		
	Référence	Tendanciel	*Référence en écart tendanciel*	Référence	Tendanciel	*Référence en écart au tendanciel*	Référence	Tendanciel	*Référence en écart au tendanciel*
2015-2018	92,9	64,5	*28,4*	23,2	16,1	*7,1*	880	607	*273*
2019-2023	125,5	78,2	*47,3*	25,1	15,6	*9,5*	995	607	*388*
2024-2028	118,2	77,0	*41,2*	23,6	15,4	*8,2*	971	614	*357*
Total 2015-2028	**336,6**	**219,7**	***116,9***	**24,0**	**15,7**	***8,4***	**953**	**609**	***344***

Investissements moyens de rénovation et facture énergétique dans le scénario de référence, en écart au scénario tendanciel, en euros par an, par décile de niveaux de vie des ménages*

2015-2018	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tous
Investissements de rénovation	187	236	251	263	264	263	277	300	311	354	273
Facture logement (1)	-13	-25	-25	-29	-26	-24	-23	-31	-31	-31	-26
Facture de carburants (2)	-65	-84	-110	-131	-147	-164	-177	-175	-167	-165	-127
Facture totale (1)+(2)	-78	-109	-135	-159	-173	-188	-200	-205	-198	-196	-153

2019-2023	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tous
Investissements de rénovation	361	378	382	383	369	366	377	390	402	462	388
Facture logement (1)	-118	-135	-140	-146	-137	-131	-136	-151	-154	-169	-142
Facture de carburants (2)	-85	-112	-146	-173	-199	-219	-239	-231	-222	-228	-167
Facture totale (1)+(2)	-202	-247	-286	-319	-336	-350	-375	-382	-377	-398	-309

2024-2028	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tous
Investissements de rénovation	386	381	371	354	341	347	353	333	332	369	357
Facture logement (1)	-201	-209	-216	-218	-203	-196	-204	-213	-216	-238	-212
Facture de carburants (2)	-169	-222	-290	-343	-393	-435	-473	-458	-441	-449	-332
Facture totale (1)+(2)	-370	-431	-506	-560	-596	-631	-677	-671	-657	-688	-544

2015-2028	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tous
Investissements de rénovation	320	338	340	338	329	330	340	344	351	398	344
Facture logement (1)	-117	-130	-134	-138	-129	-124	-128	-139	-141	-154	-134
Facture de carburants (2)	-109	-144	-187	-221	-253	-281	-305	-296	-284	-289	-215
Facture totale (1)+(2)	-227	-273	-322	-360	-382	-404	-433	-435	-425	-443	-348
En proportion de la facture énergétique du scénario de référence :											
Facture logement	-14%	-15%	-14%	-14%	-14%	-13%	-13%	-13%	-13%	-13%	-13%
Facture de carburants	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%
Facture totale	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	-11%	-12%	-12%	-12%	-12%

Lecture : sur 2015-2018, les ménages appartenant au premier décile de niveau effectueraient un investissement moyen de rénovation de 187 euros par an dans le scénario de référence, en écart au scénario tendanciel.

Investissements moyens de rénovation et facture énergétique dans le scénario de référence, en euros par an, par décile de niveaux de vie des ménages*

2015-2018	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tous
Investissements de rénovation	611	745	788	834	844	851	907	971	1019	1170	880
Facture logement (1)	842	884	954	989	976	974	1053	1082	1135	1291	1024
Facture de carburants (2)	1043	1343	1743	2075	2319	2610	2797	2776	2646	2584	2025
Facture totale (1) + (2)	1885	2227	2697	3064	3296	3584	3849	3858	3781	3875	3049

2019-2023	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tous
Investissements de rénovation	747	828	870	919	936	966	1043	1081	1154	1338	995
Facture logement (1)	723	758	820	849	842	841	912	930	976	1112	882
Facture de carburants (2)	968	1247	1619	1927	2155	2424	2599	2578	2458	2403	1881
Facture totale (1) + (2)	1691	2005	2439	2776	2997	3265	3511	3507	3434	3515	2763

2024-2028	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tous
Investissements de rénovation	743	828	862	899	921	954	1033	1042	1103	1259	971
Facture logement (1)	592	626	679	706	702	701	762	778	818	932	735
Facture de carburants (2)	834	1075	1395	1660	1858	2089	2240	2220	2117	2074	1620
Facture totale (1) + (2)	1426	1700	2075	2366	2560	2790	3002	2998	2936	3006	2354

2015-2028	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tous
Investissements de rénovation	707	804	844	888	904	929	1001	1036	1097	1262	953
Facture logement (1)	710	747	808	838	830	829	899	919	965	1099	870
Facture de carburants (2)	942	1213	1575	1874	2096	2357	2527	2506	2390	2337	1829
Facture totale (1) + (2)	1652	1959	2383	2712	2927	3186	3426	3426	3355	3436	2699

Lecture : sur 2015-2018, les ménages appartenant au premier décile de niveau effectueraient un investissement moyen de rénovation de 611 euros par an dans le scénario de référence.

** Ces tableaux n'intègrent pas les baisses de prélèvements mises en regard de la montée en puissance du signal-prix sur le carbone.*

iii. Enjeux environnementaux et sanitaires.

Co-bénéfices et points de vigilance

Il s'agit ici d'une approche qualitative.

Ont été passés en revue méthodiquement les principaux aspects par lesquels le respect des trois premiers budgets carbone et plus généralement la mise en œuvre de la stratégie bas-carbone sont susceptibles de présenter des enjeux environnementaux, autres que l'atténuation du changement climatique. La notion d'enjeux environnementaux est comprise ici au sens large, y compris les aspects sanitaires.

Sont récapitulés ci-après les co-bénéfices (aspects bénéfiques autres que l'atténuation du changement climatique) et points de vigilance les plus significatifs, afin qu'ils soient valorisés et pris en considération dans les plans et programmations sectoriels, après les approfondissements nécessaires.

1. Efficacité énergétique et énergies renouvelables : moindre recours aux fossiles

Les co-bénéfices sont majeurs : la moindre consommation des ressources fossiles et la réduction des impacts environnementaux et sanitaires associés non seulement à leur utilisation, mais aussi à leur extraction, leur transport, leur transformation et distribution. Les impacts et nuisances concernés sont réduits en France et à l'international, notamment ceux relatifs à l'extraction des énergies fossiles et fissiles par exemple

Il faut mentionner également la diminution des risques de pollutions accidentelles liés à l'extraction de combustibles fossiles (risque de marée noire, pollution des sols), à leur transport (risque de marée noire, dégazages illégaux) et leur transformation (pollution de l'eau et de l'air).

Isolation des bâtiments

Elle présente des co-bénéfices pour la santé, en hiver et en été, en assurant par exemple une meilleure protection des personnes vulnérables lors d'épisodes de fortes chaleurs.

L'isolation des bâtiments peut se traduire par une dégradation de la qualité de l'air intérieur si la ventilation est mal conçue ou défaillante. Ce risque est réduit dans la mesure où pour bénéficier du crédit d'impôt développement durable, les travaux doivent être réalisés par un professionnel RGE (Reconnu Garant de l'Environnement). Inversement, en portant également cette préoccupation sanitaire, la rénovation des logements présente l'opportunité de progresser sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments. Il est donc important que cet enjeu sanitaire soit bien partie intégrante des objectifs de la politique de rénovation à conduire, aux côtés de l'efficacité énergétique et de l'atténuation du changement climatique.

La politique de rénovation thermique des logements se traduira par une augmentation des déchets du secteur du BTP et une augmentation de l'utilisation de matières (matériaux isolation).

2. Transport

Maîtrise de la demande, report modal et différents leviers d'optimisation logistique

Ces leviers permettent de réduire les nuisances liées aux transports (bruit, pollution atmosphérique, et notamment impacts correspondants sur la santé) et à leurs infrastructures linéaires et de parking (consommation d'espaces).

Ils réduisent également la consommation énergétique, en particulier d'énergies fossiles, cf. la rubrique efficacité énergétique ci-dessus.

Véhicules électriques

L'électrification présente des co-bénéfices majeurs en termes de nuisances sonores et de pollution atmosphérique, particulièrement appréciables en zones urbaines.

Elle appelle toutefois un point de vigilance important. L'augmentation de la consommation en matières minérales dont l'exploitation et la transformation peuvent s'accompagner d'impacts environnementaux conséquents (lithium, cobalt… par exemple) et, dans certains cas, engendrer des conflits d'usages entre activités agricoles et activités minières. Ces impacts peuvent néanmoins être réduits en développant des systèmes de collecte et de recyclage efficaces des matières utilisées, en concevant les installations et les produits de telle sorte à en optimiser l'utilisation et enfin en s'assurant que les matières premières utilisées ont été produites dans des installations utilisant les meilleures technologies disponibles.

Véhicules au gaz

La substitution du gaz aux carburants traditionnels présente des co-bénéfices très importants en termes de santé et de pollution atmosphérique.

Ce co-bénéfice appelle toutefois un point de vigilance selon les sources de bio-gaz compte tenu de leur composition variable selon le matériau méthanogène utilisé. Leur utilisation nécessite de procéder à des analyses préliminaires, de procéder aux traitements nécessaires de ce biogaz le cas échéant et/ou de le soumettre à un contrôle régulier.

Mobilité active

Outre sa contribution à la maîtrise de la demande en transports traditionnels (cf. ci-dessus), la mobilité active s'accompagne de co-bénéfices bien connus sur la santé, en particulier la réduction de certaines pathologies du fait de l'activité physique induite.

3. Économie circulaire et biosourcée, agriculture, forêt

Économie circulaire, recyclage : moindre recours aux ressources minérales.

L'usage plus sobre des ressources minérales de la planète est à terme une nécessité. La stratégie va fortement en ce sens au travers de l'efficacité énergétique, de l'économie bio-sourcée et plus généralement de l'économie circulaire et la promotion systématique du réemploi et du recyclage. C'est un co-bénéfice signalé de cette politique. (Certains développements des énergies renouvelables nécessiteront néanmoins de mobiliser des ressources supplémentaires, qui devront être optimisés, cf. ci-après.)

Recours accru à la biomasse et économie circulaire

La SNBC prévoit le développement de l'usage de matériaux bio-sourcés et la mobilisation accrue de biomasse en vue de développer les usages énergétiques (biogaz et biomasse solide, pour la production notamment de chaleur et de biocarburants essentiellement de seconde génération) et surtout les usages matériaux (recours à la biomasse pour produire des produits manufacturés, dits bio-sourcés, en tout ou partie).

S'agissant de biomasse et ici d'agriculture, sont concernés les écosystèmes associés. Conformément à l'objectif 12 de la stratégie nationale pour la biodiversité, il est essentiel de garantir la durabilité de l'utilisation des ressources biologiques correspondante. Ce point également est à signaler. Cette durabilité consiste à appréhender de façon cohérente différents enjeux précisés au travers des paragraphes qui suivent.

Recours à la biomasse pour des usages non alimentaires : impacts agricoles

La stratégie ne retient pas de développer fortement les cultures agricoles dédiées aux usages non

alimentaires, et en tout état de cause prévoit de privilégier si possible le recours aux cultures intermédiaires. Les biocarburants de première génération et en concurrence avec les usages alimentaires sont dorénavant plafonnés (à la fois au niveau national et au niveau de l'Union Européenne). Cela permet de minimiser la compétition pour les terres agricoles et les impacts potentiels liés aux changements d'usage des terres, directs ou indirects, à l'échelle internationale.

De même la priorité à la méthanisation des effluents d'élevage, résidus de culture, cultures intermédiaires et intercalaires et bio-déchets permettra de limiter la concurrence entre le débouché « méthanisation » et les autres débouchés de l'agriculture.

Il faut toutefois noter l'usage des phytosanitaires parfois nécessaire pour la destruction des cultures intermédiaires : la maîtrise de cet usage nécessite un point de vigilance, en lien avec le plan « Ecophyto ».

Développement des cultures de légumineuses

L'introduction de cultures de légumineuses dans l'assolement contribue à la réduction du recours aux fertilisants minéraux, et donc à réduire les pollutions – et consommations d'énergie – liées à leur production, à leur transport, à leur épandage.

En régulant mieux la disponibilité de l'azote dans le sol, elle contribue à l'amélioration de la qualité du sol et elle réduit les fuites d'azotes dans la nappe phréatique.

De plus, leur caractère mellifère leur confère un attrait particulier pour les pollinisateurs (en tant que source de nourriture), contribuant ainsi à maintenir le service de pollinisation pour d'autres cultures.

Développement du linéaire de haies

Pour mémoire l'objectif indicatif est de 700 000 ha de haies à l'horizon 2035 contre 500 000 aujourd'hui.

Les haies contribuent au maintien des sols (réduction de l'érosion éolienne et hydraulique). Elles constituent des éléments patrimoniaux clés du paysage (bocages). Enfin les haies constituent des habitats essentiels pour le support de la biodiversité.

Durabilité de la gestion forestière

Celle-ci consiste à s'assurer du bon renouvellement de la forêt et à prévenir l'accroissement des pressions sur les ressources naturelles (sol, eau, biodiversité). Le prélèvement accru et régulier de biomasse forestière ne doit pas se traduire par une perte de fertilité des sols. Les méthodes d'exploitation doivent limiter leur impact sur ces derniers (une attention toute particulière doit être portée sur les risques de de tassement des sols). Peuvent être utiles ou nécessaires l'apport d'amendements (par exemple, retour de cendres) en s'assurant de leur non toxicité et dans des conditions prévenant le risque de fuites dans la nappes.

Dans le cas de l'exploitation des rémanents, il est nécessaire de maintenir une quantité suffisante de bois mort en forêt utile à la biodiversité associée (en tant qu'habitat ou qu'aliment, notamment en cas de réduction de la quantité de rémanents) (Bio2, 2009). Des pratiques contribuent à diminuer les impacts négatifs de son prélèvement, notamment la collecte différée peut permettre de réduire l'export des nutriments (Bio2, 2009).

Le changement de composition et de structure des massifs forestiers peut constituer une opportunité comme une pression potentielle selon la manière dont il est articulé avec les problématiques de préservation de la biodiversité (notamment de la diversité des habitats) et des paysages.

Sur cette thématique, il est important de distinguer les effets domestiques et internationaux. Actuellement au plan domestique les pressions sur la forêt sont bien maîtrisées, via un dispositif

législatif ancien, mais une vigilance est particulièrement nécessaire puisqu'à terme les prélèvements devront sensiblement augmenter. Au plan international, en l'absence de dispositif de suivi de la durabilité de la gestion, les impacts indirects des importations peuvent être significatifs selon l'origine des bois, d'autant que certains pays développés prévoient une croissance rapide de leurs importations.

Il est à noter que l'importation de bois augmente le risque de transfert de maladies et de pathogènes (risque corrélé à la qualité du produit).

Le cas particulier des pratiques forestière très intensives

Les exploitations forestières fortement intensives (taillis à courtes ou très courtes rotations) nécessitent d'être étudiées soigneusement en préalable, pour prévenir les incidences du recours éventuel aux produits phytosanitaires et aux fertilisants. Sont également à prendre en compte les effets possibles sur l'hydrologie du bassin versant : recharge des ressources en eau (interception, transpiration) et maintien des débits d'étiage.

Le recours éventuel aux végétaux invasifs appellerait des études préalables spécifiques et des suivis adaptés.

Le bilan carbone du recours à la biomasse forestière – la dette ou investissement carbone

L'exploitation du bois en forêt provoque une baisse temporaire de stockage de carbone liée à l'extraction de bois. Celle-ci est dans le court terme plus importante que la réduction d'émission associée à la consommation de combustibles fossiles évitée. Il s'en suit dans l'immédiat une surémission de carbone à l'atmosphère, en comparaison au scénario sans exploitation de ce bois et avec recours aux énergies fossiles. On appelle dette ou investissement carbone cette surémission. Si l'exploitation forestière se fait dans de le respect de conditions de durabilité de sorte que les ressources sont préservées et leur renouvellement assuré, cette dette carbone est provisoire – généralement de quelques dizaines d'années – puis rattrapée avec alors un impact climatique qui devient positif et pérenne. En outre cet impact positif est renouvelable au prochain cycle forestier. La dette carbone n'est donc pas un problème majeur du point de vue climatique, dès lors que la gestion forestière est bien durable. En outre l'exploitation forestière présente une opportunité pour l'adaptation des écosystèmes et pour la prévention de certains risques naturels, y compris ceux que renforce le changement climatique (sécheresse et incendies par exemple, dégâts par des ravageurs,...). Enfin dans le cas du recours aux sous-produits de l'exploitation forestière, la dette carbone est sensiblement réduite et sa durée de « remboursement » extrêmement courte.

4. Développement des énergies renouvelables

L'utilisation du bois-énergie

Lorsque sa combustion est incomplète, l'utilisation du bois comme source de production de chaleur présente des risques pour la santé et la qualité de l'air, avec émissions de polluants atmosphériques et de particules.

La diffusion d'équipements modernes en substitution aux chaudières anciennes (et a fortiori aux foyers ouverts) permet de réduire de façon drastique ces émissions et constitue un co-bénéfice majeur de ces équipements (quand ce n'est pas l'objectif premier).

En outre, l'utilisation du bois comme source d'énergie s'accompagne de quantités importantes de cendres de combustion, riches en nutriments, mais dont la gestion est sujette à incertitude et présente des risques. Cette gestion est à prendre en compte pour assurer la durabilité du recours au bois-énergie.

Méthanisation

La méthanisation permet de récupérer le biogaz naturellement émis par les effluents d'élevage, et de valoriser une partie des biodéchets pour la production d'énergie et le retour au sol. Elle ne réduit pas les quantités d'azote contenues dans les effluents d'élevage, mais permet de disposer de cet azote sous forme de digestat, plus facilement assimilable par les plantes. L'épandage des digestats permet donc de limiter l'achat d'engrais minéraux.

Toutefois, l'azote contenu dans ces digestats est également plus volatile, et la méthanisation peut donc conduire à une augmentation des émissions d'ammoniac (et de protoxyde d'azote, puissant gaz à effet de serre dont l'ammoniac peut être un précurseur) du fait de la substitution de l'épandage d'effluents d'élevage bruts par celle du digestat. Il est nécessaire de poursuivre les études de cet impact potentiel, et des adaptations techniques pour le réduire le cas échéant.

Énergie éolienne

Le développement de l'énergie éolienne terrestre peut constituer une pression sur la biodiversité (oiseaux, chauves-souris). Il perturbe les écosystèmes à travers le bruit. Il modifie les paysages.

Le développement de cette énergie augmente par ailleurs la consommation de certaines matières minérales nécessaires à la construction des infrastructures. Certaines d'entre elles (terres rares) peuvent présenter des risques d'approvisionnement (en particulier pour l'offshore) et leur production (y compris extraction) génère des impacts environnementaux conséquents (émissions de polluants dans l'air, dans l'eau et les sols, production d'importantes quantités de déchets, etc). Ces effets peuvent être réduits en favorisant l'utilisation de matières premières extraites dans des installations utilisant les meilleures technologies disponibles, mais surtout en développant des filières de collecte et de recyclage performantes et en concevant des équipements facilitant la récupération des matériaux.

Les équipements éoliens peuvent aussi être bénéfiques pour la biodiversité locale. Par exemple, l'éolien offshore peut offrir un habitat pour certaines espèces marines. En outre, il peut être intéressant de relativiser l'impact environnemental par rapport aux impacts déjà existants. Par exemple, le nombre d'oiseaux morts du fait des collisions avec les éoliennes est faible comparé à ceux causés par les chats domestiques, les fenêtres, ou les lignes électriques lorsque les mêmes espèces sont concernées.

Énergie photovoltaïque

L'intensité matière de l'énergie photovoltaïque est relativement élevée par rapport à d'autres technologies de production d'électricité.

L'extraction et l'élaboration des matières premières nécessaires à la production des équipements (et notamment des cellules photovoltaïques) ont des impacts sur les écosystèmes terrestres et marins (émissions de substances toxiques dans les milieux). En outre, lorsque les panneaux photovoltaïques mobilisent du foncier, il peut y avoir artificialisation des sols et modification d'habitats de la biodiversité. Inversement la mobilisation d'espace déjà artificialisés (couverture de bâtiments) ou contraints (risques industriels) réduit sensiblement ces impacts.

Réseaux de transport et distribution d'électricité

Le développement des énergies intermittentes, notamment l'éolien et le photovoltaïque, en France, et plus généralement en Europe, nécessite une modification significative des réseaux de transport et distributions d'électricité. Selon leurs caractéristiques, ces ouvrages sont soumis à étude d'impact environnementale, ce qui permettra d'en caractériser et maîtriser les impacts environnementaux.

Énergie hydraulique

La production d'hydroélectricité, y compris fournie par des micro-centrales, présente des impacts sur le fonctionnement hydrologique et sédimentaire des cours d'eau (perturbation des débits naturels, diminution des crues morphogènes, déficit sédimentaire), sur leur fonctionnement biologique (modification des milieux aquatiques et de leurs habitats) à l'échelle de l'installation mais aussi sur un linéaire plus ou moins long (ruptures des continuités écologiques avec interruption de la dérive des invertébrés et modification de la circulation des poissons et modifications sédimentaires).

Dans le cas des cours d'eau à grands migrateurs (saumon, truite de mer, alose, anguille, etc.), les impacts des différents obstacles sont cumulatifs (D4E, 2002). La réalisation de micro-centrales présente ainsi des impacts malgré la mise en place de dispositifs de franchissement adaptés.

Enfin s'ajoutent certains effets liés au fonctionnement d'un barrage et à leur entretien.

Le développement de cette énergie doit se faire en cohérence avec la directive cadre sur l'eau.

5.3. Étude des évolutions des émissions de gaz à effet de serre de 1990 à 2013

Une étude conduite par le ministère de l'écologie en 2015 et réalisée par le groupement CITEPA/CEREN a permis d'analyser l'évolution des émissions nationales de gaz à effet de serre en France métropolitaine de 1990 à 2013 pour l'ensemble des secteurs et depuis 1960 pour les secteurs liés à l'énergie au travers de paramètres déterminants. Une synthèse complète figure en annexe. Les résultats principaux sont présentés ici.

Cette étude a permis notamment :

- d'identifier les principaux paramètres ayant une influence sur les évolutions sectorielles constatées ;
- de préciser les relations entre l'évolution de ces paramètres et celle des émissions.

De 1990 à 2013, les émissions totales de GES (hors UTCF) ont diminué de 12,3 % en métropole, résultant :

- d'une part d'une augmentation des émissions de 11,7 % dans le secteur des transports, de 5,9 % dans le secteur résidentiel-tertiaire, de 11,1 % dans le secteur du traitement des déchets ;
- d'autre part d'une baisse des émissions de 39,8 % dans le secteur de l'industrie manufacturière, de 30,9 % dans le secteur de l'industrie de l'énergie et de 6,1 % dans le secteur de l'agriculture/sylviculture.

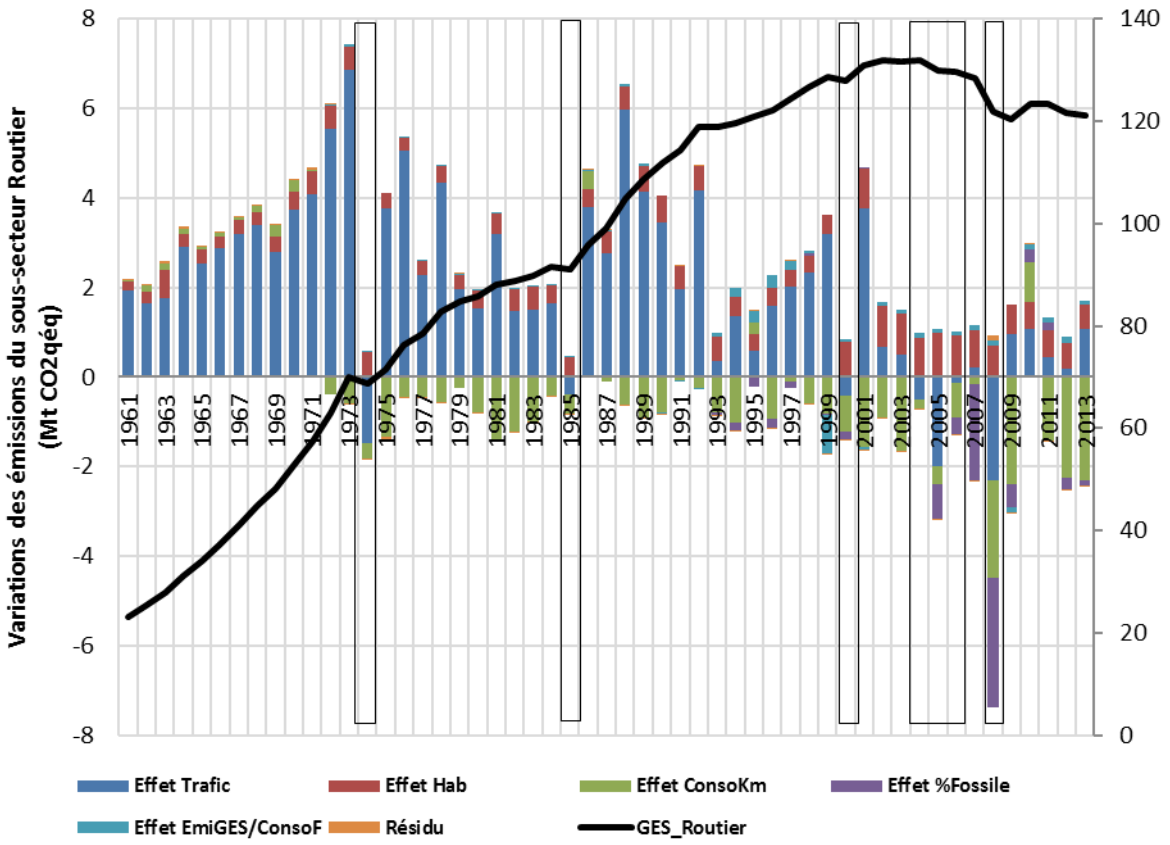
Ces évolutions sectorielles sont à pondérer par la part de chaque secteur dans le volume global des émissions de GES. Par ailleurs, des ruptures de tendance sont observées au cours de la période, notamment à la suite de la mise en place de certaines politiques publiques.

Les résultats sectoriels sont les suivants :

Le secteur des transports

Depuis 1990, les émissions du secteur des transports ont augmenté de 11,1 % (118,3 Mt éq. CO_2 en 1990) pour atteindre 131,4 Mt éq. CO_2 en 2013. Le secteur routier a été le principal contributeur (92 % des émissions de GES), suivi du secteur aérien (3 % des émissions de GES) et du secteur maritime (1 % des émissions de GES).

En ce qui concerne le secteur routier, il s'avère que le développement des biocarburants a contribué à la baisse des émissions de même que la diminution de la consommation unitaire des véhicules et la réduction de la vitesse moyenne de circulation, tandis que l'augmentation des kilomètres parcourus, l'augmentation de la population, du nombre de véhicules par habitant et du transport de marchandises par route ont contribué à la hausse des émissions. En revanche, le rôle joué par d'autres facteurs tels que le prix moyen des carburants, la répartition des voyageurs entre véhicules particuliers et transports collectifs routiers et ferrés, l'extension des surfaces urbanisées ou l'âge moyen des véhicules particuliers reste plus difficile à cerner.

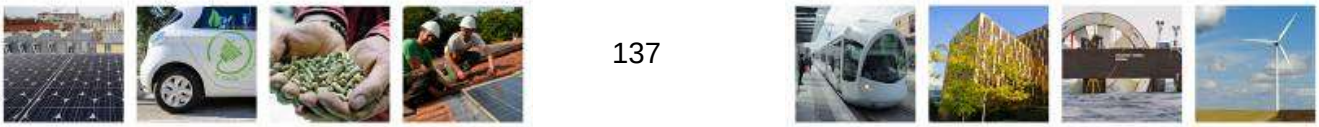


Entre 1960 et 1990, les émissions de GES sont systématiquement tirées vers le haut par le volume de trafic par habitant (effet trafic), hormis les années de crise économique telles que 1974 ou 2008. A l'inverse, la diminution de la consommation unitaire moyenne des véhicules du parc roulant (effet ConsoKm), qui s'est améliorée avec les années, notamment grâce à la mise en place de politiques européennes et nationales (bonus/malus, règlement européen sur la valeur limite des émissions de CO2 des véhicules neufs), a participé à la diminution des émissions de GES. L'introduction progressive des biocarburants (% fossile) a participé à la diminution des émissions de GES à partir de 2005. La population toujours à la hausse entre 1960 et 1990 (effet Hab), participe à l'augmentation des émissions de GES, mais dans une moindre mesure par rapport au trafic. Le facteur d'émissions (EmiGES/ConsoF) induit une légère augmentation des émissions.

En ce qui concerne le secteur aérien, les émissions de GES ont augmenté depuis 1990 pour atteindre un pic à 4,7 Mt Éq. CO2 en 2000. Elles ont ensuite diminué progressivement jusqu'en 2010, avant de se stabiliser juste en dessous de 4 Mt Éq. CO2. La première période (1990-2000), favorable sur le plan économique, a été caractérisée par une intensification du trafic touristique et commercial, entraînant une augmentation des émissions. La seconde période (2001-2013) a été caractérisée par un ralentissement du trafic et donc des émissions, avec report sur d'autres moyens de transport, dans un contexte plus difficile du fait de l'augmentation du prix du Brent. Le développement des trains grande vitesse (LGV Méditerranée) a pu inciter au transfert des passagers de l'aérien vers le ferroviaire.

Le secteur de l'agriculture

Entre 1990 et 2013, les émissions liées aux grandes cultures ont diminué de 8,4 %. Elles ont été principalement influencées par l'apport azoté et le contexte économique de la filière. Certaines politiques publiques ont pu favoriser la réduction des émissions, comme la directive nitrates ou certaines aides du 2nd pilier de la PAC. A partir de 2000, l'augmentation du prix des engrais a également pu contribuer à réduire les émissions. La diminution des surfaces cultivées et le



contexte économique expliquent également une partie de la diminution des émissions au cours de cette période, alors que la production végétale a continué dans le même temps à augmenter.

Sur la période 1990-2013 , les émissions de l'élevage ont diminué de 6,5 %. Ces émissions sont principalement influencées par le cheptel bovin. Sur la période considérée, ce cheptel a baissé tandis que le rendement laitier a augmenté. Ces évolutions sont à mettre en lien avec la restructuration de la filière laitière (quotas laitiers à partir de 1984), la prime au troupeau allaitant et la réforme de la PAC. Concernant la gestion des déjections du cheptel bovin, celle-ci est passée progressivement d'une prépondérance fumier à un équilibre fumier-lisier, traduisant une modification structurelle des élevages bovins avec la disparition progressive des petites exploitations. Bien que les systèmes lisiers soient plus émetteurs, les émissions liées à la gestion des déjections ont été relativement stables car cet effet a été contrebalancé par l'effet prépondérant de la diminution du cheptel. En parallèle, le développement des techniques de méthanisation a contribué à réduire les émissions du secteur.

L'état économique de la filière, qui a montré un recul d'activité sur la période, et l'évolution des prix des moyens de production ont également contribué au recul des émissions. C'est le cas notamment de l'IPAMPA alimentation animale (indice des prix d'achat des moyens de production agricole), en augmentation sur la période concernée.

Le secteur du traitement des déchets

Les émissions liées au traitement des déchets ont augmenté de près de 10 % sur la période 1990-2013 (16,8Mt Éq. CO2 en 1990, 18,4Mt Éq. CO2 en 2013) pour représenter 4 % des émissions de GES en 2013. L'augmentation de la quantité de déchets produits par habitant a d'abord eu un impact à la hausse sur les émissions de GES (de 1991 à 2000) puis à la baisse (de 2001 à 2013), traduisant une diminution de la production de déchets rapportée au nombre d'habitants. Les émissions de GES par quantité de déchets produits ont eu tendance à augmenter jusqu'en 1995, puis à baisser sur la période suivante. Cela peut traduire des taux de captage plus forts à partir de la fin des années 1990.

Le secteur résidentiel – tertiaire

Entre 1960 et 2013, les émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie des bâtiments résidentiels et tertiaires ont augmenté de 77 %, passant de 49 millions de tonnes à 86,6 millions de tonnes. Cette évolution est la résultante de mouvements très contrastés selon la sous-période considérée. La démographie, l'activité économique, l'évolution du confort thermique, les prix de l'énergie, la prégnance des questions environnementales avec leur traduction en termes de politiques publiques, de réglementation thermique et de comportement des ménages, ainsi que l'évolution du mix énergétique plus ou moins émetteur de GES, ont influencé le niveau d'émissions. Depuis le début des années 1990, ont en outre cru les émissions liées aux émissions de gaz fluorés (HFC) utilisés en substitution des chlorofluorocarbones (CFC) dont l'usage est régulé par le Protocole de Montréal. En 2013, ces émissions représentaient plus de 10 Mt eq CO2.

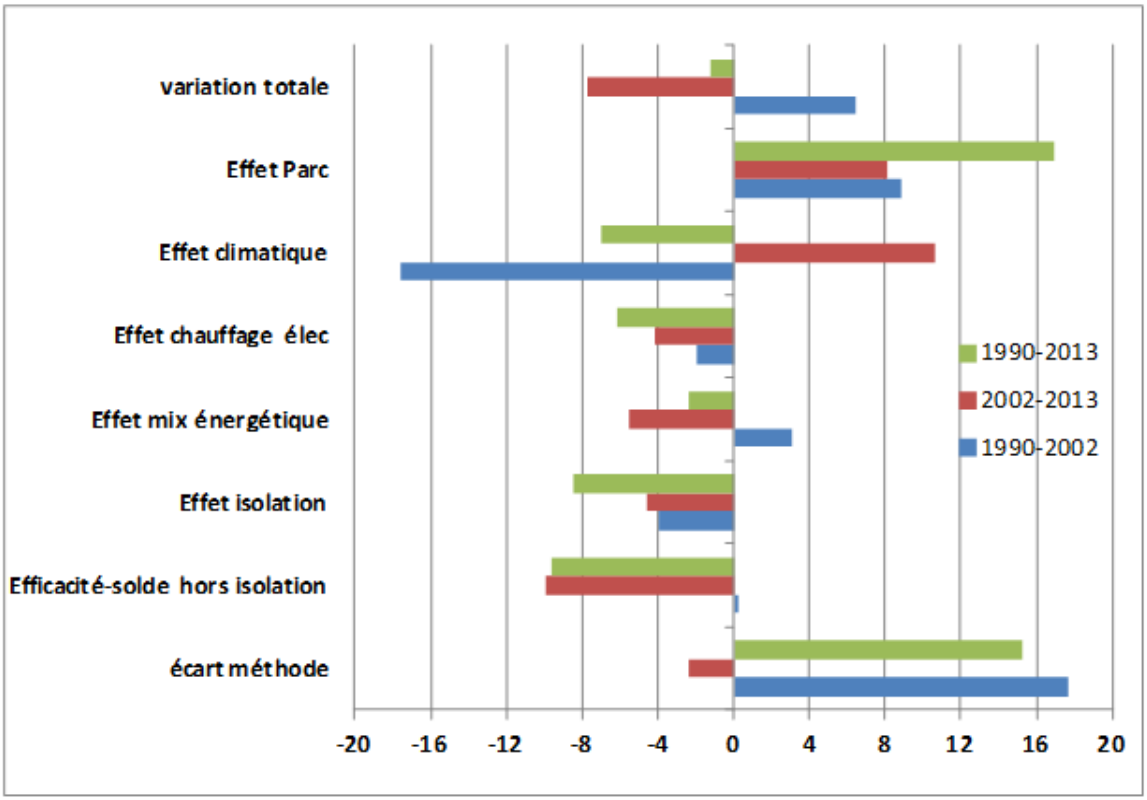
A l'exception des facteurs démographiques dont l'impact sur le niveau d'émission de GES a été régulier, l'ensemble des facteurs précités ont agi à la hausse ou à la baisse avec plus ou moins d'intensité, selon la sous période considérée.

La sous-période 1960-1975 a bénéficié d'une très forte croissance (5,2 % par an en moyenne) et de prix bas de l'énergie. La sous-période 1975-1990 a intégré le premier choc pétrolier de 1973, dans un contexte de croissance élevée mais néanmoins sensiblement ralentie par rapport à la première sous-période (2,7 % par an en moyenne entre 1975 et 1990). La sous-période 1990-2002 a été caractérisée par des prix orientés à la baisse en monnaie constante et une croissance qui est restée soutenue (2 % par an en moyenne). La sous-période 2002-2013 a marqué une rupture notable en matière de prix de l'énergie, orientés à la hausse, et de croissance économique qui a ralenti (+1,1 % par an en moyenne, intégrant les épisodes récessifs de 2008 et 2009). Par

ailleurs, cette sous-période a connu la diffusion progressive des réglementations thermiques dans le parc de logements, notamment celles de 2000 et de 2005.

Le secteur résidentiel

L'analyse des émissions directes liées à la consommation directe d'énergie du secteur résidentiel s'est faite selon la méthode de décomposition des effets. Les résultats en Mt éq. CO_2 sont présentés sur le graphique suivant.



Entre 1990 et 2013, les émissions directes de GES liées à la consommation directe d'énergie dans le secteur résidentiel ont été quasiment stables (« variation totale »). Les effets « parc » et « efficacité énergétique » (*« efficacité_solde »*[52]) ont été dominants et se sont neutralisés (+1,1 % d'émissions de GES par an en moyenne pour le premier et -1,5 % par an pour le second).

L'effet « efficacité énergétique » a fortement augmenté entre 2002 et 2013 et a donc eu une influence positive sur la réduction des émissions de GES (-2,5 % par an en moyenne contre -0,5 % par an entre 1990 et 2002). Sur la première période, les prix des combustibles ont été relativement stables en monnaie constante, alors qu'ils ont progressé fortement sur la seconde période. La combinaison de cette conjoncture et de la montée en puissance des réglementations thermiques successives ont ainsi favorisé les actions d'efficacité énergétique au cours de cette seconde période. Sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet isolation des bâtiments a représenté environ la moitié des gains d'efficacité énergétique, avec une importance contrastée selon la sous-période considérée : il a couvert la totalité de ces gains sur la période 1990-2002 et environ le tiers

52 L'effet « efficacité solde » du secteur résidentiel est la différence entre la variation totale des émissions calculées par le CEREN et la somme des effets parc, climatique, chauffage électrique, mix énergétique, isolation. L'écart méthode est lié aux différences méthodologiques de calcul des émissions entre le CITEPA et le CEREN.

des gains d'efficacité sur la période 2002-2013.

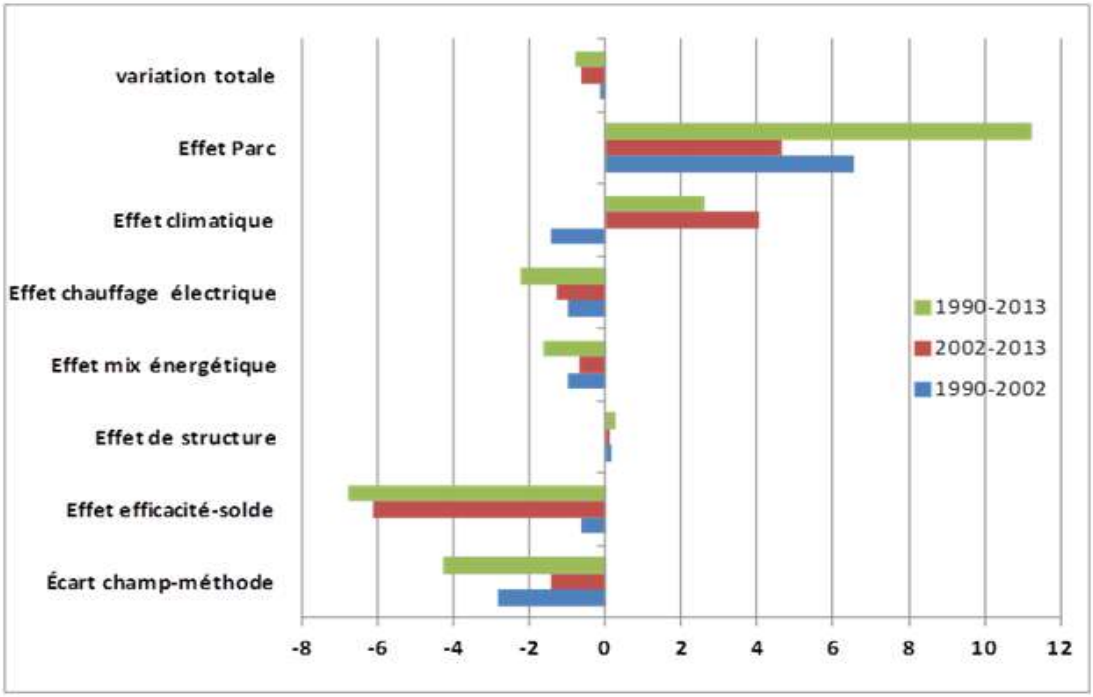
Sur l'ensemble de la période, l'effet climatique a limité les émissions de GES (-0,5 % par an en moyenne). Les premières années ont été plus clémentes qu'en fin de période (seules deux années sont plus froides que l'année «normale»), se traduisant par une diminution correspondante des émissions de GES de 2,8 % par an entre 1990 et 2002. De 2002 à 2013, l'effet climatique s'est traduit par une augmentation de 1,5 % par an des émissions. Quatre années ont été plus froides, dont 2010, année particulièrement froide. Contrairement au secteur tertiaire, l'effet climatique global sur la période 1990-2013 a contribué à réduire les émissions.

La part de réduction des émissions liée à l'évolution du mix énergétique est évaluée à -0,2 % par an en moyenne entre 1990 et 2013. Les résultats sont contrastés selon la période considérée : le recul du bois entre 1990 et 2002 a fait plus qu'atténuer les gains apportés par la pénétration du gaz. L'effet mix énergétique a ainsi fait augmenter les émissions de 0,4 % par an en moyenne entre 1990 et 2002, puis les gains relatifs du gaz et du bois dans le mix énergétique ont permis de réduire significativement le niveau des émissions (-0,9 % par an en moyenne entre 2002 et 2013).

L'effet de la substitution du chauffage combustible par le chauffage électrique a contribué à réduire les émissions de GES de -0,5 % par an en moyenne entre 1990 et 2013, traduisant l'effet conjugué de la baisse des consommations unitaires et d'un contenu moyen en GES réduit. Il a été plus important en seconde période en raison d'une accélération de la pénétration du chauffage électrique (34 % de part de marché en 2013 contre 28 % en 2002 et 26 % en 1990). Cette accélération a notamment été portée par la diffusion des pompes à chaleur chez les ménages à partir du milieu des années 2000.

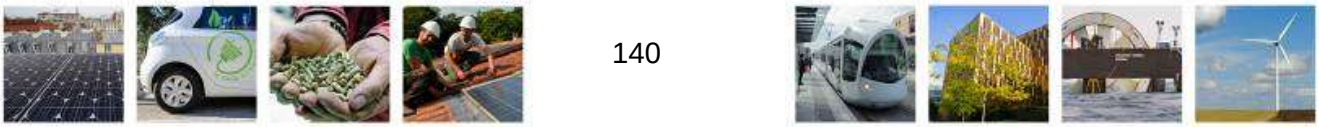
Le secteur tertiaire

L'analyse des émissions directes liées à la consommation d'énergie du secteur tertiaire s'est faite selon la méthode de décomposition des effets comme le résidentiel. Les résultats en Mt éq. CO_2 sont présentés sur le graphique suivant.



Les émissions directes de GES ont été relativement stables entre 1990 et 2013. L'effet parc et l'effet efficacité énergétique (*« efficacité -solde »*[53]) ont très largement conditionné l'évolution des

53 Cet effet est calculé par écart entre la variation totale des émissions et la somme des effets : parc, climatique, chauffage électrique, mix énergétique, structure. Leffet « écart champs méthode intègre les



émissions. On notera l'amplification de l'effet efficacité énergétique entre 2002 et 2013 (-2,2 % par an en moyenne) par rapport à la période précédente (-0,1 % par an en moyenne entre 1990 et 2002).

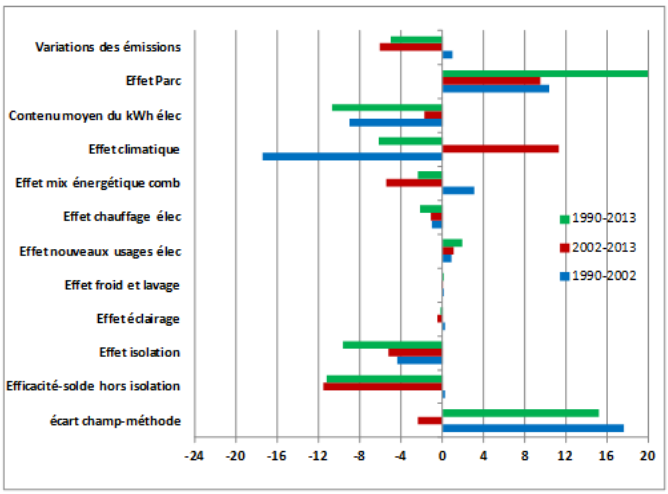
L'effet parc a été l'effet dominant, passant de 1,7 % par an en moyenne entre 1990 et 2002 à +1,4 % par an entre 2002 et 2013. Sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet climatique a agi à la hausse sur les émissions de GES : +0,3 % par an en moyenne annuelle, avec des variations en cours de période (-0,5 % par an entre 1990 et 2002 puis +1,2 % par an entre 2002 et 2012). L'évolution du mix énergétique a été favorable au gaz naturel, au détriment du fuel domestique. Cette évolution a favorisé la réduction des émissions de GES, évaluée à -0,3 % par an en moyenne annuelle sur la période 1990-2013. L'impact du développement du chauffage électrique a été évalué à -0,4 % par an en moyenne entre 1990 et 2013. La substitution du chauffage combustible par le chauffage électrique, a effectivement conduit à une baisse des émissions due à l'effet conjugué de la baisse des consommations unitaires et d'un contenu moyen en GES réduit. Sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet des actions d'efficacité énergétique a eu une influence positive sur la réduction des émissions, évaluée à -1,1 % par an en moyenne. Il a évolué au fil du temps : -0,1 % par an entre 1990 et 2002 puis -2,2 % par an entre 2002 et 2013. On notera que sur la première période, les prix des combustibles ont reculé en monnaie constante, alors qu'ils ont fortement progressé sur la seconde période, ce qui a certainement contribué à développer les actions d'efficacité énergétique. Par ailleurs, à partir des années 2000, les réglementations thermiques ont également concerné le secteur tertiaire, améliorant ainsi l'efficacité énergique globale du secteur via les bâtiments neufs et la rénovation thermique.

Facteurs explicatifs de l'évolution des émissions directes et indirectes de GES liées à la consommation d'énergie du secteur résidentiel-tertiaire

L'analyse des émissions indirectes permet de prendre en compte les effets propres à la consommation d'électricité, notamment l'effet du contenu moyen en GES du kWh électrique, l'effet climatisation et l'effet usages spécifiques.

Sont présentés ci-après l'analyse des émissions totales des secteurs résidentiel et tertiaire (directes et indirectes) sur la période 1990-2013.

Bâtiments résidentiels



L'effet « contenu moyen en GES du kWh électrique » a induit une baisse importante des émissions.

-10,7 Mt éq. CO_2 entre 1990 et 2013.

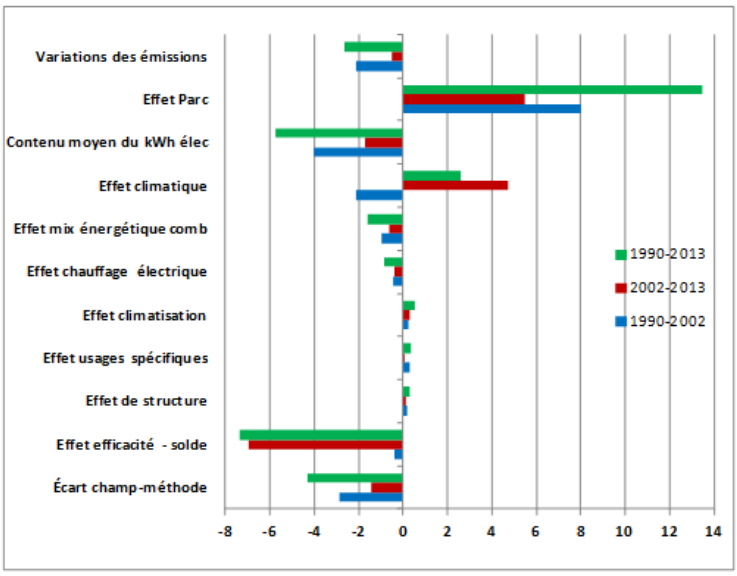
Cette baisse a été concentrée sur la première sous-période.

-9,0 Mt entre 1990 et 2002, en raison du climat plus clément.

Les effets liés aux consommations spécifiques de l'électricité ont été faibles en raison de la faible teneur en GES de ce type d'usage.

écarts méthodologiques liés aux différentes approches du CITEPA et du CEREN et les différences de périmètres des enquêtes liées au tertiaire.

Bâtiments tertiaires



L'évolution du contenu moyen en GES du kWh électrique a réduit les émissions de 5,7 MtÉq. CO2 entre 1990 et 2013.

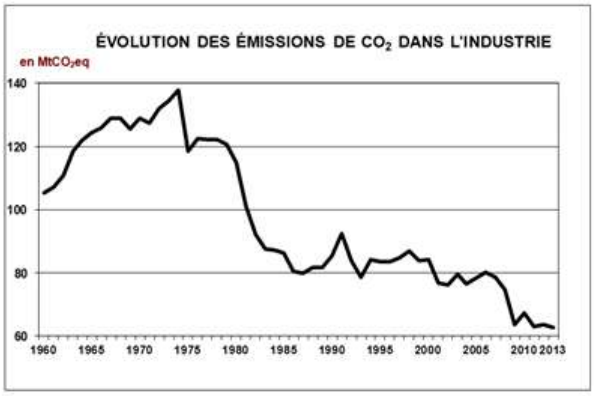
La diffusion de la climatisation a eu un impact limité sur les émissions du fait de sa faible teneur en GES.

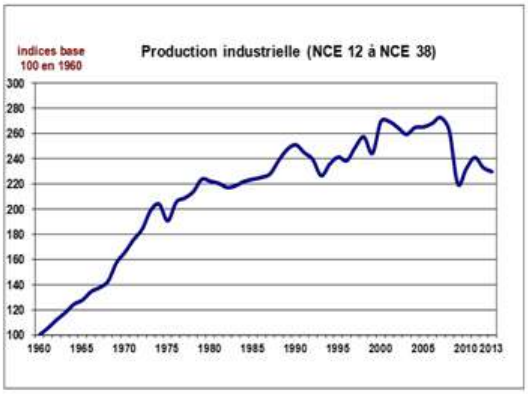
L'effet usages spécifiques a été presque nul entre 2002 et 2013, en raison de l'amélioration de l'efficacité énergétique de l'éclairage et de la bureautique.

Le secteur industriel

Entre 1960 et 2013, les émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie de l'industrie ont presque été divisées par deux, passant de 105,2 millions de tonnes à 62,7 millions de tonnes, après avoir atteint un pic de 137,9 millions de tonnes au milieu des années 70.

A ces émissions, il faut ajouter les émissions des procédés industriels, dont l'évolution n'est pas étudié dans cette analyse historique.





Parallèlement, la production a été multipliée par 2,3 sur l'ensemble de la période, avec un taux moyen de croissance annuelle de 5,2 % entre 1960 et 1974, de +1,3 % entre 1974 et 1990 et de -0,4 % par an entre 1990 et 2013, du fait de l'ampleur des épisodes récessifs de 2008 et 2009.

Entre 1990 et 2013, les émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie de l'industrie ont reculé sensiblement (-22,7 Mt). Tous les effets ont agi à la baisse sur les émissions, sur l'ensemble de la période, à l'exception de l'effet climatique. L'effet technique explique environ la moitié de la diminution des émissions. Sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet technique calculé par différence entre la variation totale des émissions et l'impact de tous les autres effets (à savoir effet production, effet climatique, structure, mix énergétique.), a en effet eu une influence positive sur la réduction des émissions, évaluée à près de 11,6 Mt éq. CO_2, soit 0,5 Mt par an en

moyenne. Ce gain est assimilable à l'amélioration de l'efficacité énergétique et à la mise en place de techniques de dépollution. Pendant les années 1990, les prix des combustibles ont reculé en monnaie constante, alors qu'ils ont progressé fortement au cours des années 2000, ce qui a été de nature à favoriser l'efficacité énergétique. Par ailleurs, à partir de 2006, le dispositif des certificats d'économie d'énergie a contribué à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie.

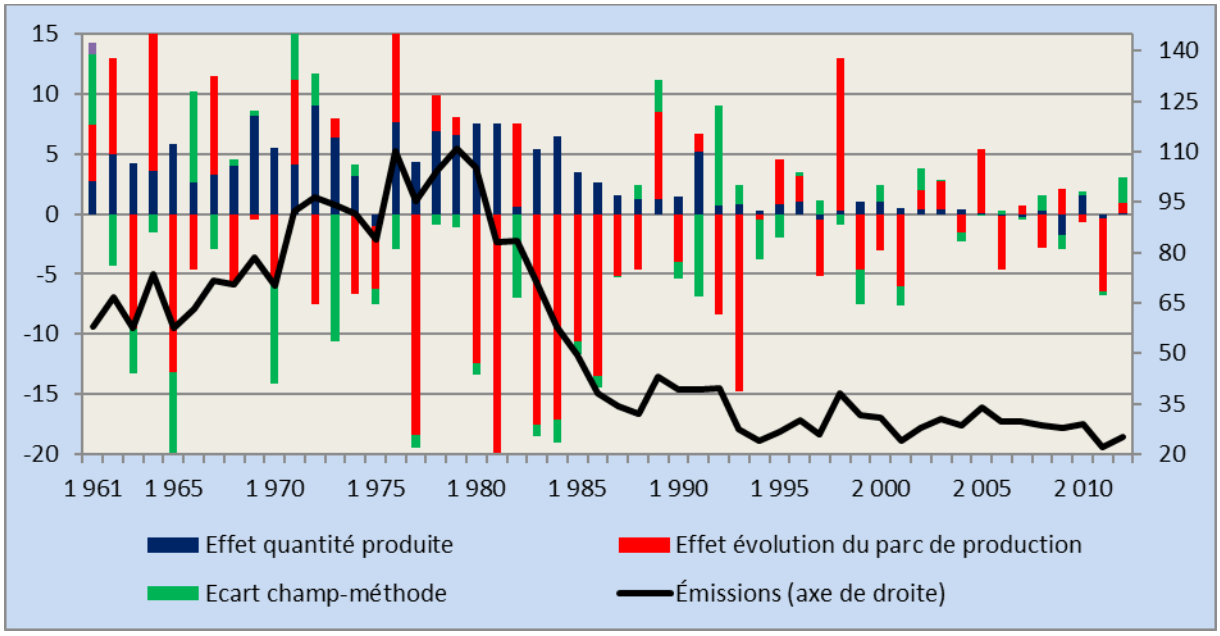
L'effet production a été quasiment nul sur l'ensemble de la période (-0,5 Mt éq. CO_2), mais cette quasi-stabilité est la résultante de deux sous-périodes opposées (+6,6 Mt éq. CO_2 entre 1990 à 2002 et -7 Mt entre 2002 à 2013).

Au sein des combustibles, l'évolution du mix énergétique a été favorable au gaz naturel, au détriment des produits pétroliers, ainsi qu'à la biomasse qui a vu sa part de marché presque doubler sur la période (de 5% à presque 10 %). Les émissions ont donc baissé d'un tiers sous l'effet du changement de mix énergétique.

Durant la même période (1990-2013), les émissions associées aux procédés industriels (hors énergie) ont également fortement baissées (la baisse des émissions des procédés de l'industrie chimique a été particulièrement importante : plus de 24 Mt eq CO2, les émissions des procédés de fabrication des métaux sont en baisse de 5 Mt eq CO2, les émissions des procédés minéraux – fabrication de ciment notamment - également).

La production d'électricité

L'évolution des émissions de gaz à effet de serre dans la production d'électricité entre 1960 et 2013 a connu trois phases bien différenciées. De 1960 à 1979, il y a eu une forte augmentation des émissions de 79 Mt éq. CO_2, tirée par l'évolution de la production électrique (+ 92 Mt éq. CO_2), l'effet mix énergétique du parc étant quasi nul. De 1980 à 1988, les émissions ont chuté (- 79 Mt éq. CO_2), en raison d'un effet important mix ou évolution du parc de production (- 101 Mt), traduisant la montée en puissance du programme nucléaire, et ce malgré un effet production important (+ 37 Mt éq. CO_2). De 1989 à 2013, les émissions ont stagné, l'effet production (+ 15 Mt éq. CO_2) étant compensé par l'effet évolution du parc de production.



CHAPITRE 6 : ANNEXE MÉTHODOLOGIQUE

i. Impacts économiques : rapport détaillé sur l'analyse du modèle ThreeME

Contexte

L'ADEME et le CGDD ont été sollicités pour simuler avec le modèle ThreeME[54] (Modèle Macroéconomique Multisectoriel d'Evaluation des politiques Energétiques et Environnementales) les effets macroéconomiques de la mise en œuvre des scénarios de transition énergétique élaborés par la DGEC, suite à l'adoption de la Loi sur la transition énergétique et la croissance verte.

ThreeME est un modèle macroéconomique néokeynésien multisectoriel, que l'ADEME co-développe avec l'OFCE (Observatoire Français des conjonctures économiques) depuis 2008.

Après une brève description des caractéristiques clefs de la modélisation macroéconomique, les résultats de la simulation sont présentés.

Le modèle ThreeME

Le modèle développé conjointement avec l'OFCE est un modèle néo-keynésien du type « Offre Globale - Demande globale » comparable aux modèles couramment utilisés par les instituts de prévision conjoncturelle, comme EMOD de l'OFCE[55] ou MESANGE de l'INSEE[56], à cette différence près qu'il est multisectoriel.

Un modèle multisectoriel néokeynésien

Désagrégé en 24 secteurs de production et 17 sous-secteurs énergétiques, ThreeME permet de mettre en évidence les effets d'un transfert d'activité d'une branche à une autre :

- sur l'emploi, puisque les secteurs de production n'ont pas tous la même intensité en main d'œuvre ;
- sur la consommation énergétique, puisqu'ils n'ont pas tous la même intensité énergétique ;
- sur la balance commerciale, puisqu'ils n'ont pas tous la même propension à importer et à exporter.

Par exemple, une hausse des énergies renouvelables au détriment des centrales thermiques à flamme entraîne une augmentation de l'emploi -- les premières étant plus intensives en main d'œuvre que les secondes -- et une diminution des importations de combustibles fossiles.

Or la modification du contenu en emploi de l'économie exerce une influence directe sur la consommation et donc in fine sur le PIB, tout comme l'évolution du déficit extérieur, puisque cet agrégat est égal à la somme de la consommation C, de l'investissement I, des variations de stocks ΔS et du solde de la balance commerciale (X-M).

54 G. Callonnec, G. Landa, P. Malliet, F. Reynès, Y. Yeddir Tamsamani. *A full description of the Three-ME model: Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy*, OFCE, 2013.
http://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/documents/threeme/doc1.pdf

55 V. Chauvin, G. Dupont, E. heyer, M. Plane et Xavier Timbeau, « Le modèle France de l'OFCE, la nouvelle version : e-mod.fr », Revue de l'OFCE 81, avril 2002, 300 p. http://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/revue/6-81.pdf

56 C. Klein, O. Simon, "Le modèle MESANGE nouvelle version réestimée en base 2000 », Document d etravail de la DGTPE, numéro 2010/02, mars 2010, 105 p. http://www.tresor.economie.gouv.fr/file/326046

PIB = C+I+ΔS+(X-M)

Si l'on admet que la demande n'est pas sans influence sur la production (voir infra), il est essentiel de modéliser finement l'influence des transferts sectoriels sur l'emploi et la balance commerciale, faute de quoi, le modélisateur s'expose à des biais de prospectives conséquents.

De possibles arbitrages énergétiques

Pour modéliser les choix énergétiques des agents, 17 sous-secteurs énergétiques ont été identifiés (voir la liste des secteurs page 7).

Les entreprises réalisent des arbitrages énergétiques :

- Elles substituent du capital à l'énergie lorsque son prix relatif augmente.
- Elles peuvent substituer les sources d'énergies les unes aux autres.

Les ménages font un choix entre investissements permettant ou non des économies d'énergie, en particulier entre 3 classes de logements et de véhicules.

- Les parts de marché de chaque classe varient en fonction de l'évolution des coûts d'usage (amortissement du prix d'achat, net des aides, et consommation d'énergie).
- Le taux de pénétration des véhicules électriques est supposé exogène.

Par ailleurs, ThreeME tient compte de l'effet de sobriété induit par la variation des prix : les ménages réduisent leurs dépenses de chauffage et de carburant lorsque les prix augmentent et inversement.

ThreeME a la particularité d'être un modèle hybride dans les sens où il combine la modélisation macroéconomique et la modélisation technique des consommations énergétiques : les investissements des agents (les flux) entraînent une modification des parcs de véhicules et immobiliers (les stocks) et c'est la structure de ces parcs qui détermine la consommation d'énergie. C'est une différence importante avec la plupart des modèles d'équilibre général où la consommation d'énergie dépend directement du revenu des ménages. Ces modèles ont alors tendance à générer un biais de prospective puisque la relation entre consommation énergétique et revenu n'est généralement pas linéaire.

Contrairement aux purs modèles d'offre (d'inspiration néoclassique) les modèles néokeynésiens comme ThreeME prennent en compte les effets rétroactifs de la variation de la demande (consommation, investissement et balance commerciale) sur l'offre (la somme des valeurs ajoutées) et vice versa. Un modèle multisectoriel néokeynésien peut donc faire apparaître, avec de moindres biais de prospective, l'influence de la transition énergétique sur la demande, et évaluer en retour son impact sur l'activité économique.

Un effet d'éviction limité grâce à la création monétaire

L'une des grandes différences entre les modèles Offre - Demande (néokeynésien, en équilibre dynamique) et les modèles d'Offre (walrassien, en équilibre statique) porte sur l'effet d'éviction entre investissements.

Dans ThreeME, les investissements ne sont pas seulement financés par l'épargne mais aussi grâce au crédit bancaire, qui est une forme de création monétaire. Le modèle présuppose donc un effet d'éviction entre investissements limité.

Ex : La hausse des investissements de rénovation énergétique des ménages ne débouche pas sur une baisse équivalente de leurs dépenses par ailleurs. Celles-ci diminuent d'un montant égal à la hausse des annuités de la dette induite par les travaux, moins la baisse des factures énergétiques obtenues.

Dans les modèles néokeynésiens comme ThreeME, la hausse de l'investissement peut

contrebalancer la « perte sèche » induite par l'instauration d'une taxe. En effet, dans les modèles d'offre pur, la hausse de la fiscalité entraîne une augmentation mécanique du prix des produits ou des facteurs qui y sont assujettis. Elle incite les agents à réaliser des investissements qui se substituent à d'autres. Ils ne provoquent pas une augmentation globale de la demande, puisque l'effet d'éviction est total. Ces investissements sont moins rentables que ceux auxquels ils se substituent puisqu'une taxe est nécessaire pour les rendre profitables. La taxe réduit donc les profits et l'investissement, ce qui affecte négativement la demande et la croissance ; à moins que la taxe n'induise une diminution des importations, soit parce qu'elle frappe essentiellement des produits importés, comme les combustibles fossiles par exemple, soit parce que le recyclage des recettes permet à l'Etat de réduire une taxe encore plus distorsive, comme les cotisations employeurs, par exemple. Mais dans ces cas, le coût de la taxe est en partie supporté par le reste du monde.

Dans le modèle ThreeME, les investissements d'efficacité énergétique, induits par la fiscalité environnementale des entreprises comme des ménages, sont essentiellement financés à crédit, ils ne se substituent pas intégralement aux autres. La substitution capital énergie débouche donc sur une augmentation globale des investissements en général puisque l'effet d'éviction est partiel. La demande croît et les débouchés des entreprises se développent : la demande influence l'offre.

Cela entraîne une hausse de la production (sous l'effet à la fois de l'augmentation du stock de capital productif et de l'augmentation des ventes des fournisseurs de biens d'équipement) et une diminution des importations d'énergie, qui génère une hausse de l'emploi et donc de la consommation : l'offre influence la demande.

Une spirale expansive s'enclenche à court terme. Toutefois, à long terme, le remboursement de la dette induite par le financement de l'investissement exerce un effet récessif sur l'économie (la masse monétaire se contracte).

Dans ce cadre théorique, à court terme, l'instauration d'une taxe énergétique est non seulement compensée par l'amélioration de la balance commerciale mais aussi par une hausse globale de l'investissement.

A long terme, si la somme des revenus directs générés par l'investissement et si les revenus indirects induits par l'effet multiplicateur sur l'emploi et l'évolution de la balance commerciale couvrent la charge de la dette, alors la hausse du PIB sera durable. A l'inverse, si les investissements ne sont pas rentables (les VAN sont négatives) et si leurs pertes ne sont pas compensées par ailleurs par les effets d'entraînement positifs qu'ils ont exercés sur le reste de l'économie, alors la baisse du PIB sera durable.

Ex : L'instauration d'une taxe carbone incite les consommateurs à privilégier les modes de transports les moins carbonés : comme par exemple délaisser la route au bénéfice du rail. L'usage des automobiles diminue mais la consommation de transports collectifs augmente. Or le contenu en emploi des chemins de fer est supérieur à celui du trafic routier. Cela entraîne une contraction du chômage qui rétroagit aussi positivement sur la demande. Dans un modèle d'offre, cet effet aurait été au moins en partie compensé par une diminution tendancielle du taux de profit, qui aurait réduit le taux d'épargne et donc l'investissement, si bien que la demande serait restée stable. Dans le cas d'un modèle offre - demande, où l'épargne ne finance pas l'investissement, les créations d'emplois liées au transfert d'activité des secteurs énergivores vers les secteurs sobres exercent un effet multiplicateur positif sur l'économie au moins à court terme

En théorie, à l'équilibre de plein emploi, les modèles néo-keynésiens retrouvent des propriétés néoclassiques. Le sentier de croissance devient parfaitement stable. Le taux de croissance du PIB revient au niveau qui était le sien avant l'intervention de l'Etat. Mais le niveau du PIB peut durablement s'écarter du niveau qui aurait été le sien dans le scénario de tendantiel.

Il est ainsi possible de montrer que l'instauration d'une politique de transition énergétique génère un double dividende écologique et économique.

Cas de la transition énergétique

La transition énergétique implique la réalisation d'investissement d'efficacité énergétique mais aussi une modification du mix énergétique.

Nous venons d'expliquer pourquoi, dans ThreeME, les investissements d'efficacité énergétique ne se substituent pas nécessairement aux investissements d'autres secteurs. Ce raisonnement ne vaut pas pour les investissements liés à la modification du mix. En effet, pour une demande donnée et un instant t, l'augmentation de la puissance installée d'énergie renouvelable sera au moins partiellement compensée par une diminution de la puissance installée des énergies non renouvelables. La hausse des investissements dans les filières vertes devrait donc s'accompagner d'une diminution des investissements dans d'autres secteurs, en l'occurrence les énergies carbonées (le raisonnement est aussi valable entre les divers modes de transport). Il existe donc un effet de substitution conséquent, indépendamment du mode de financement de ces équipements. Le regain d'investissement dans les énergies renouvelables ne devrait donc pas exercer un fort effet d'entraînement à court et moyen terme, sauf si la propension à importer les biens d'équipements dans les secteurs de production d'énergie renouvelable est inférieure à la propension à importer des biens d'équipements dans les secteurs de production d'énergie non renouvelable. Ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

En revanche, la substitution des énergies renouvelables aux autres devrait augmenter le contenu en emploi de la branche et déboucher sur une baisse sensible de nos importations de combustibles fossiles. Cela devrait avoir un effet expansif.

Néanmoins, la hausse du prix de l'énergie qui pourrait en résulter, au moins à court et moyen terme, pourrait exercer un impact récessif sur l'activité, essentiellement via une baisse de la compétitivité externe et interne car les entreprises devraient répercuter cette hausse sur leur prix de vente. Cela pourrait donc contrebalancer au moins en partie l'effet expansif lié à la variation de l'emploi et des importations d'énergie fossiles.

Cela dit au niveau macroéconomique, les coûts des uns sont les gains des autres. Toutes les recettes liées à la production d'énergie renouvelable seront redistribuées aux agents (et en définitive aux ménages) via les dépenses du secteur (salaires, consommations intermédiaires, investissement, dividendes) sauf celles qui serviront à l'achat de biens importés et une partie de la charge de la dette (qui sert au refinancement des banques auprès de la Banque Centrale). L'augmentation de la production d'énergie renouvelable et du coût de l'énergie ne devrait donc pas affecter négativement le revenu disponible moyen des ménages net de leur facture énergétique, sauf si la propension à importer et le coût du capital des filières vertes sont supérieurs au secteur des énergies non renouvelables.

Si les effets expansifs l'emportent sur les effets récessifs et que la somme cumulée des gains de PIB couvre le remboursement des annuités de l'emprunt, alors le niveau du PIB restera durablement supérieur à ce qu'il aurait été en l'absence de transition. A l'inverse, si les effets récessifs l'emportent sur les effets expansifs, les entreprises devront augmenter leurs prix et l'Etat devra augmenter les taxes pour rembourser leurs dettes respectives, ce qui affectera négativement et durablement la demande.

En définitive, les effets macroéconomiques de la transition énergétique vont dépendre :

- de l'effet de la baisse de la demande d'énergie sur la balance commerciale
- de la réduction de production d'énergie ;
- de l'influence des prix de l'énergie sur les investissements d'efficacité énergétique et leur rentabilité.
- de la modification de la propension à importer/exporter des diverses filières ;
- des effets de la hausse du coût unitaire de production des entreprises sur les prix et la

demande interne et externe ;

- des modalités de la redistribution des recettes fiscales environnementales ;
- de la variation de l'emploi.

Le calibrage du modèle

Pour faire correctement la part des choses entre les effets récessifs et les impacts expansifs à l'œuvre, il est essentiel de calibrer soigneusement le modèle.

Le modèle ThreeME est calibré sur plusieurs bases de données, en premier lieu sur les tableaux de la comptabilité nationale (TES et TEE) de l'INSEE à l'année de base (2006)[57], ainsi que sur des bases sectorielles pour les logements (CEREN), les véhicules (Car labelling de l'ADEME) et les consommations d'énergie des différents secteurs (CEREN). Les fluctuations conjoncturelles constatées entre 2006 et 2015 ont été reproduites, via l'introduction des réformes fiscales et budgétaires et des distorsions de balance commerciale constatées sur la période.

Une attention particulière a été portée aux coûts unitaires de production, puisque ceux-ci influencent beaucoup les résultats. Les coûts unitaires de production de l'énergie ont été calibrés sur la base du rapport coût de production de l'électricité de la DGEMP (2003)[58]. Les autres coûts ont été calibrés sur la base du rapport In Numeri (2008)[59]. Le coût du nucléaire estimé par la DGEMP en 2003 a été corrigé sur la base du rapport de la Cour des Comptes sur le coût du nucléaire (2012)[60] et du rapport du Sénat rédigé sur la question (2012)[61]. Le coût du MWh (hors coût d'acheminement) est fixé à 50€/MWh pour les centrales existantes (frais de prolongation inclus). Le coût de production de l'EPR a été fixé à 70€/MWh sur la base du rapport. Ce chiffre correspond à la fourchette basse de l'estimation réalisée, comprise entre 70 et 90€/MWh.

On suppose par ailleurs que la propension à importer les biens d'équipements des filières ENR converge vers celle des branches industrielles à l'horizon 2030-2040. Cela signifie implicitement que l'Etat encourage le développement de filières nationales via sa politique d'appel d'offre.

57 http://www.insee.fr/fr/themes/comptes-nationaux/default.asp?page=archives/archives_cnat_annu.htm
58 DGEMP, DIDEME, « Coûts de référence de la production électrique, Rapport, decembre 2003. 79 p.
59 I NUMERI, « Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'amélioration de l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2008-2009_ perspectives 2010 ». Rapport ADEME, Octobre 2010, 379 p.
60 Cour des Comptes, « les coûts de la filière electronucléaire », Rapport Thématique, janvier 2012, 430 p. http://www.ccomptes.fr/Publications/Publications/Les-couts-de-la-filiere-electro-nucleaire
61 Sénat, «Le coût réel de l'électricité afin d'en déterminer l'imputation aux différents agents économiques », Rapport du Sénat n°667, sous la présidence de L. Poniatowski, rap. J. Desessard, 11 juillet 2012, http://www.senat.fr/rap/r11-667-1/r11-667-11.pdf.

		Coût de production et de distribution
Carburants	Pétrole	49.8
	Biocarburants et biogaz	60.8
Electricité	Nucléaire	71.1
	Fioul	211.1
	Combiné gaz	77.6
	Charbon	74.0
	Eolien, hydrolien	105.3
	Solaire	203.9
	Hydraulique et step	53.8
	Cogénération, méthanation	107.1
Chaleur et vapeur	Gaz naturel	56.5
	Bois	62.3
	Biogaz	90.3
	Incinération (UIOM)	26.6
	Géothermie, pompe à chaleur	53.8
	Cogénération, autres	60.0

Moyenne des prix des moyens de production existants en 2006 Source ThreeME 2014 d'après CGDD

Les paramètres des équations de comportement sont estimés sur la base d'études économétriques du CEREN et de l'INSEE pour les arbitrages énergétiques des agents. Pour la consommation énergétique des ménages, ThreeME distingue une élasticité prix à court terme (effet de sobriété ou de restriction dû à la hausse des prix de l'énergie) et un arbitrage entre des investissements peu efficaces (achat d'un véhicule énergivore, travaux de rénovation sans isolation…) et des investissements efficaces (achat de véhicule sobre, travaux de rénovation performant). Cet arbitrage est réalisé par le ménage en considérant un coût d'usage du véhicule et du logement qui dépend du coût de l'investissement, du coût du crédit et des prix de l'énergie anticipés. Pour la substitution inter-énergie, des élasticités issues de la littérature sont retenues pour le logement (de l'ordre de 0.8), alors que pour le véhicule électrique, le taux de pénétration est exogène car faute de données sur longue période, il n'est pas possible de modéliser de manière pertinente le choix des agents.

Dans l'industrie, des élasticités de substitution capital énergie et inter-énergie sont fixées respectivement à 0,5 et 0,4, pour les combustibles servant à la production de chaleur.

En dehors du bloc énergie, les équations de comportement ont été paramétrées sur la base d'études économétriques de l'OFCE : fixation des salaires (Courbe Wage Setting WS), fixation des prix (théorie du mark-up), élasticité de substitution entre facteurs de production (fonction CES). Dans cet exercice, il est supposé que les taux d'intérêts réels demeurent fixes. De ce fait, les propriétés dynamiques du modèle sont comparables à celles du modèle de prévision conjoncturelle utilisé par l'INSEE et la DG Trésor de Bercy, MESANGE. Ainsi, en cas d'augmentation des investissements publics de 1 point de PIB, l'activité économique augmente de 1.3 %, à court terme.

Les résultats de la modélisation macroéconomique

Pour apprécier les effets macroéconomiques de la transition énergétique, nous comparerons les agrégats économiques d'un scénario de tendanciel, dit AME « avec mesures existantes » avec

ceux du scénario de référence de la transition énergétique dit AMS2 « avec mesures supplémentaires ».

Le calibrage des scénarios au fil de l'eau (AME) et du scénario de référence ayant servi à construire la répartition sectorielle de la transition (AMS2 dans la suite de cette section)

Le calibrage du modèle a été modifié de manière à respecter les hypothèses concernant l'évolution:

- de la croissance démographique
- des gains de productivité
- du prix des combustibles fossiles
- des immatriculations neuves et du taux de pénétration des véhicules électriques
- de la construction de logements neufs
- de la part des différents modes de production énergétique dans chacun des vecteurs (carburants, électricité, chaleur et vapeur), est fixée de façon exogène pour respecter les hypothèses du scénario
- des mesures fiscales environnementales (CIDD et EcoPtz)
- du prix des quotas de CO2 sur le marché européen

Pour modéliser les effets du scénario AMS2, les modifications suivantes ont été apportées au scénario tendanciel AME :

1. La part des différents modes de production énergétique dans chacun des vecteurs (carburants, électricité, chaleur et vapeur) est fixée de façon exogène pour respecter les hypothèses du scenario

2. Des mesures réglementaires et des investissements supplémentaires ont été introduits, selon différentes techniques de modélisation :

- a. Simulation de la mesure en tant que telle :
    - Augmentation du nombre de PTZ distribués ;
    - Evolution du taux du CITE ;
    - Investissements dans le ferroviaire et les transports collectifs ;
    - Hausse de la pénétration du nombre de véhicule électriques (VE) ;
    - Amélioration des rendements des véhicules VP, VUL et PL ;
    - Modification du taux d'occupation des véhicules ;
    - Report modal des voyageurs entre la route et le rail ;
    - et essor des mobilités douces ;
    - Baisse des vitesses de circulation routière ;
    - Augmentation du nombre de constructions neuves ;
    - Amélioration des rendements énergétiques de la production d'eau chaude sanitaire et de la cuisson ;
- b. Augmentation « fictive » des prix de l'énergie dans les équations de comportement des

acteurs économiques, permettant d'atteindre la cible de consommation souhaitée (voir précisions ci-dessous) :

- Obligation de rénovation dans le tertiaire et renforcement des CEE ;
- Amélioration des normes thermiques dans le bâtiment ;
- Regain d'investissement d'efficacité énergétique dans l'industrie.

3. Augmentation de la taxe carbone

Le taux de la taxe carbone croît de 22€ en 2016 à 56€/tCO2 en 2020 et 100€/tCO2 en 2030 (euros constants 2015). Il est maintenu à 100€/tCO2 au-delà (euros constants 2015).

Du côté de la demande d'énergie, des signaux prix ont en effet été introduits pour inciter les acteurs à atteindre les cibles de consommation finale dans les scénarios. Ils reflètent le coût implicite du renforcement des normes et de l'amélioration des rendements. L'avantage de cette méthodologie est que les mécanismes d'investissement sont endogènes. Seules les investissements relatifs aux constructions de logements neufs et aux immatriculations neuves de véhicules sont exogènes.

C'est la raison pour laquelle, le montant des investissements ne correspond pas exactement à ce qui a été estimé, toutes choses égales par ailleurs, pour l'évaluation macro-économique des scénarios réalisée par le consortium Seureco-Enerdata-Energies Demain-CITEPA.

Par ailleurs Les investissements de rénovation dans le résidentiel sont financés à 45% par emprunt contre 33 % dans NEMESIS. Les autres types d'investissements sont exclusivement financés par emprunt (y compris l'acquisition d'une construction neuve également, alors que les ménages font l'acquisition d'une résidence neuve en empruntant 85 % côté NEMESIS).

La modélisation des mesures listées ci-dessus permet ainsi que l'atteinte approximative des cibles de consommation finale retenues dans AMS2 pour chaque secteur (115 Mtep vs 112).

	sorties ThreeME				Cibles DGEC			
	2010	2020	2030	2035	2010	2020	2030	2035
	threeME				Cible DGEC			
transport	44	38	32	31	44	37	32	30
résidentiel	44	41	34	32	45	41	33	32
tertiaire	22	21	18	18	22	22	19	18
industrie	36	33	30	29	34	33	29	29
Agriculture	4	4	4	4	4	4	3	3
total en Mtep finales	**151**	**136**	**118**	**115**	**150**	**136**	**116**	**112**

Source ADEME/SEP 2015

La version du modèle qui a été utilisée est celle avec de faibles retards d'ajustement de la quantité de facteurs de production employée (les estimations usuelles des modèles macro-économétriques considèrent que la quantité de facteurs de production employée -capital, travail et consommations intermédiaires- s'ajuste avec retard à son « niveau désiré »).

Des effets expansionnistes

La transition énergétique exerce un effet d'entraînement positif sur l'activité économique.

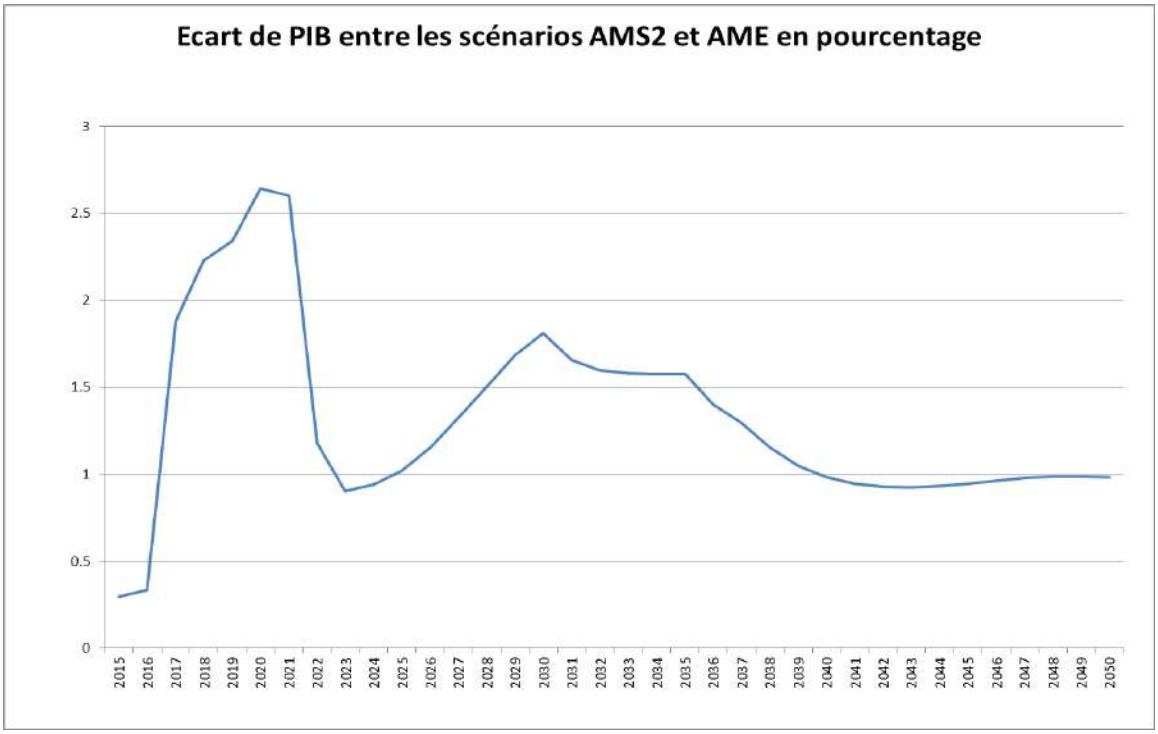


Figure 6.1 : Ecart de PIB dans le scénario de référence (AMS2) par rapport à un scénario au fil de l'eau

Source ThreeME 2015 ADEME/SEP

La mise en œuvre d'AMS2 se traduit par une hausse de 1,6 point de PIB en 2035 par rapport à son niveau dans AME. L'essentiel de la croissance est tirée par les investissements en début de période, qui engendrent de nouvelles créations d'emplois et une hausse de la consommation, qui rétroagit positivement sur l'activité.

La différence s'estompe ensuite progressivement à mesure que les agents remboursent leurs dettes, et sous l'effet d'une dégradation du déficit de la balance commerciale. La baisse de la facture énergétique est en effet compensée par la diminution des exportations, provoquée par le regain des pressions inflationnistes, et l'augmentation des importations liées à un regain de la consommation. Néanmoins, le ratio déficit commercial sur PIB diminue. Cependant, le ratio déficit extérieur sur PIB diminue de -0.8 point en 2035.

A terme, les gains de PIB restent positifs puisqu'en 2050 l'écart entre le niveau du PIB d'AMS2 et le PIB d'AME reste proche de 1 point.

Cette politique entraîne une baisse du ratio déficit public sur PIB à partir de 2020 sous l'effet (voir tableau ci-dessous) :

- d'une diminution des dépenses sociales de l'Etat (baisse du chômage),
- d'un supplément de recettes fiscales (résultant d'un surcroît d'activité),
- et d'une hausse du PIB.

		2014	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
PIB en volume	(a)	0.0	0.3	2.6	1.2	1.9	1.6	0.8	0.9
Consommation des ménages	(a)	0.0	0.4	1.4	1.8	2.6	2.7	1.2	0.6
Investissement	(a)	0.0	0.6	12.6	4.5	6.6	5.2	3.7	4.7
dont investissement privé	(a)	-0.1	0.0	7.7	5.2	8.2	5.7	2.7	4.5
Dépenses publiques	(a)	0.0	0.3	1.1	-0.5	-0.8	-1.8	-3.0	-3.2
Exportations	(a)	0.0	0.0	-1.5	-2.9	-3.3	-3.8	-3.5	-2.5
Importation	(a)	0.0	0.1	1.6	0.0	0.2	-0.4	-1.3	-1.2
Taux de chômage	(b)	0.0	-0.2	-1.9	-1.0	-1.5	-1.3	-0.8	-0.9
Population employée	(a)	0.0	0.2	2.2	1.1	1.7	1.5	0.9	1.0
Salaire brut	(a)	0.0	0.2	5.5	7.8	9.2	10.2	8.8	6.4
Prix (déflateur du PIB)	(a)	0.0	0.1	3.5	6.5	7.6	8.9	8.2	5.8
Taux d'intérêt nominal	(b)	0.0	0.0	0.9	0.1	0.2	0.0	-0.2	-0.1
Déficit public/PIB	(c)	0.0	0.0	-0.8	-0.7	-1.3	-1.5	-1.8	-2.1
Dette publique/PIB	(c)	0.1	-0.2	-6.7	-9.2	-13.9	-18.8	-23.1	-31.9
Déficit commercial/PIB	(c)	0.0	0.0	0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0
PIB (indice)	(d)	108	111	125	134	146	157	168	197
Emissions de CO2	(d)	87	83	72	68	57	49	51	57

SourceThreeME 2015 ADEME/SEP Légende: écart par rapport au scénario de référence sauf pour (d);
écart en pourcentage entre le niveau de l'agrégat d'AMS2 et celui d'AME pour l'année considérée (a)
différence entre le taux d'AMS2 et le taux d'AME pour l'année considérée en points de pourcentage (b);
différence entre le ratio d'AMS2 et le ratio d'AME pour l'année considérée en points de pourcentage (c);
indice base 100 en 2006 (d)

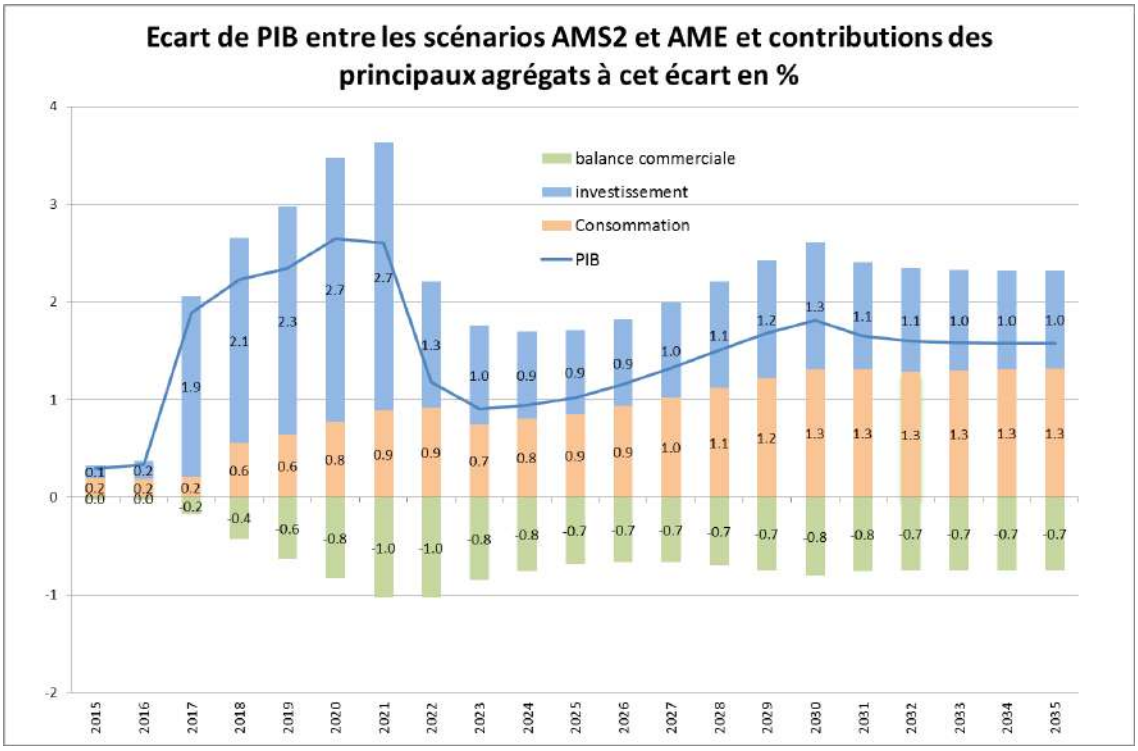


Figure 6.2 : Contribution des principaux agrégats à l'écart de PIB du scénario de référence (AMS2) par rapport à un scénario au fil de l'eau (AME). Source ThreeME 2015 ADEME/SEP

La consommation des ménages augmente sous l'effet des économies d'énergie et des créations

d'emplois générées à la fois par la forte activité du secteur du BTP entre 2017 et 2021 et de la transition énergétique. Dans un premier temps, elle croît modérément sous l'effet de l'augmentation des remboursements d'emprunt des ménages. Celle-ci est imputable à la hausse des travaux de rénovation énergétique et au quasi doublement des constructions neuves. Il existe un effet d'éviction. Par la suite, elle augmente plus vigoureusement, et se stabilise à 1.5 point de PIB.

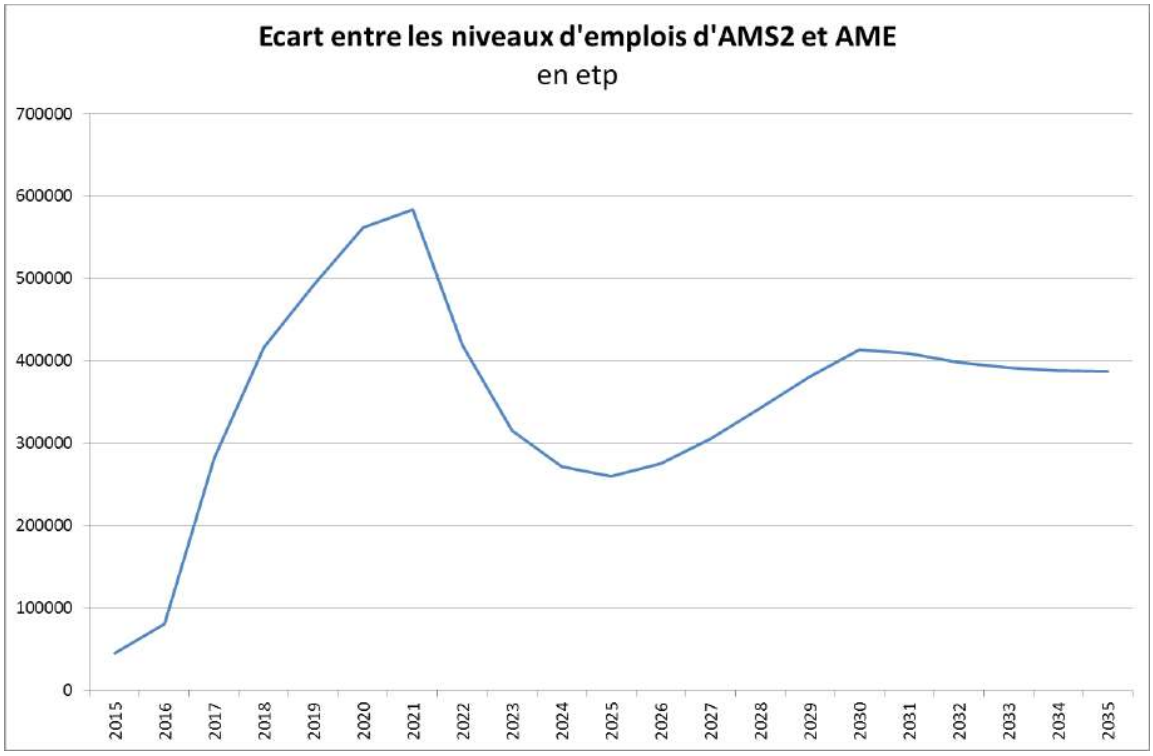


Figure 6.3 : Ecart d'emploi dans le scénario de référence (AMS2) par rapport à un scénario au fil de l'eau (AME). Source ThreeME 2015 ADEME/SEP

La mise en œuvre des mesures prévues au scénario AMS2 permettrait de créer 390 000 emplois supplémentaires en 2035 par rapport à AME et 350 000 en moyenne sur la période 2015-2035. La part des actifs occupés en pourcentage de la population active augmenterait donc de 1.5 % en 2035. Le taux de chômage diminuerait ainsi de 1.3% point en pourcentage de la population active en 2035.

Conclusion

Selon nos simulations, les mesures représentées dans AMS2 entraîneraient un regain d'investissement, des créations d'emplois dans les filières vertes bien supérieures aux destructions de postes dans la branche des énergies fossiles et des filières énergivores et une diminution du ratio déficit de la balance commerciale sur PIB. A court et moyen terme, en dépit de la hausse des prix, elles débouchent sur une augmentation de la demande qui rétroagit positivement sur l'offre, de sorte que le PIB est supérieur à ce qu'aurait été son niveau sans mesures supplémentaires. Au bout du compte, la transition énergétique induit un gain équivalent aux revenus générés par une année de croissance supplémentaires sur la période considérée, soit 1.6 point de PIB en 2035 par rapport à son niveau dans AME. La population active occupée augmenterait de 1.5%.

A terme, la somme cumulée des économies d'énergies et des suppléments de revenus induits (notamment via l'expansion de la masse salariale) couvre le principal de la dette et la charge d'intérêts liés au financement de la transition. Il y a création de valeur puisque le gain de PIB perdure bien au-delà de 2035 et s'élève encore à 1 point de PIB en 2050.

Ce travail de modélisation supporte la vision selon laquelle la transition énergétique n'est pas inéluctablement coûteuse, du seul fait de l'augmentation du prix de l'énergie à court et moyen terme. Par ailleurs, elle ne nuirait pas forcément au pouvoir d'achat des ménages et à l'activité industrielle. Pour autant des mesures de compensations ciblées sur les populations les plus vulnérables peuvent être envisagées.

La décroissance de l'empreinte écologique et des émissions de gaz à effet de serre n'implique pas une diminution de l'activité économique. Un découplage PIB et émissions de CO2 semble possible.

ii. Méthodologie d'évaluation des impacts sociaux redistributifs et d'équité

De façon générale, la méthodologie employée pour cette évaluation consiste en premier lieu à disposer de données externes issues de l'élaboration de la SNBC. Ces données sont utilisées en entrée d'outils adéquats du bureau ERNR3 (modèle de microsimulation Prométhéus, Enquête nationale transports et déplacements) permettant notamment de les ventiler selon différentes caractéristiques socio-économiques. On peut alors évaluer l'impact de la SNBC en termes d'investissements de rénovation réalisés dans les logements occupés par les ménages, selon le niveau de vie, ou en termes de gains de facture de chauffage ou de carburants, également selon le niveau de vie.

1. Investissements de rénovation et facture énergétique du logement

1.1 Évaluation des investissements de rénovation par décile de niveaux de vie

1.1.1 Matrice de transition pour chaque type de logement

L'évaluation des investissements de rénovation supportés par les ménages s'appuie, d'une part, sur la dynamique des flux de rénovation par types de logement et, d'autre part, sur la répartition des ménages entre les différents types de logement.

Les données externes issues de l'élaboration de la SNBC[62] ont permis de disposer de la dynamique du parc de logement existant dans le scénario au fil de l'eau (ou scénario tendanciel dit AME) et le scénario de référence de la transition énergétique (aussi dit AMS2), par type de logement (maison individuelle, logement collectif, HLM) et par classe énergétique (de « 0 », c'est-à-dire les logements n'ayant fait l'objet d'aucune rénovation depuis 2010 à « +++ » lorsque les logements ont fait l'objet d'une rénovation thermique touchant tous les postes de réduction de la consommation : façade, toiture, ouvrants).

Pour rappel, les gestes type envisagés derrière ces actions sont les suivants :

Geste de rénovation	Gestes types « références »	
Modéré 0->+	Fenêtres	Double vitrage 4/16 (argon)/4 peu émissif - Menuiserie PVC - Uw[63]=1,4
Intermédiaire 0-> ++	Fenêtres	Double vitrage 4/16 (argon)/4 peu émissif - Menuiserie PVC - Uw=1,4
	Murs	Isolation intérieure - 15 cm - R = 4,7
Fort 0-> +++	Fenêtres	Double vitrage 4/16 (argon)/4 peu émissif - Menuiserie PVC - Uw=1,4
	Murs	Isolation extérieure - 20 cm - R[64] = 5,5
	Toit	Isolation combles aménagés - 20 cm - R = 6
	Ventilation	Ventilation mécanique hygro B

Source : Énergie Demain.

Pour chaque période et chaque type de logement, on dispose ainsi du stock à l'année de départ,

62 Cf. SNBC.
63 Coefficient de transmission thermique.
64 Coefficient de résistance thermique.

des destructions et des flux de rénovation faisant passer un logement d'une classe énergétique à une classe supérieure (cf. ci-dessous à titre d'exemple pour la période 2019-2023 et pour les maisons individuelles construites après 1975).

Maisons individuelles construites après 1975, par classe énergétique, pour la période 2019-2023, dans le scénario de référence

En millions de logement		Classe énergétique début 2019				
		0	**+**	**++**	**+++**	
Stock début 2019		**3,16**	**2,43**	**1,30**	**0,37**	**Stock fin 2023**
Destructions		0,04	0,05	0,03	0,01	
Classe énergétique fin 2023	**0**	0,00				**0,00**
	+	1,81	1,97			**3,78**
	++	0,95	0,32	1,27		**2,53**
	+++	0,35	0,09	0,00	0,36	**0,80**

Lecture : au sein des maisons individuelles construites après 1975 et dans le scénario de référence, 2,60 millions de logement sont classés en « 0 » en 2019, 0,04 sont détruits entre 2020 et 2023 et 1,81 millions sont rénovés vers la classe « + ». Source : Énergie Demain, calculs CGDD.

1.1.2. Détermination des coûts associés aux travaux de rénovation

Les données externes issues de l'élaboration de la SNBC ont permis de disposer des montants d'investissements réalisés sur chaque période, pour chacun des scénarios.

Investissements de rénovation en Md€, dans le scénario de référence et le scénario au fil de l'eau

	Référence	Fil de l'eau
2015-2018	92,9	64,5
2019-2023	125,5	78,2
2024-2028	118,2	77,0
Total 2015-2028	**336,6**	**219,7**

Source : Énergie Demain.

Par ailleurs, les données externes issues de l'élaboration de la SNBC ont permis de disposer de coûts associés aux travaux de rénovation, par logement et type de geste entrepris, avec une distinction entre maison individuelle et logement collectif.

Coûts relatifs associés aux travaux de rénovation(en euro par logement et selon le type de geste)

Geste de rénovation	Coût relatif de rénovation entre maison individuelle et logement collectif
0_+	1,8
0_++	2,0
0_+++	2,1
+_++	2,4
+_+++	1,9
++_+++	2,4

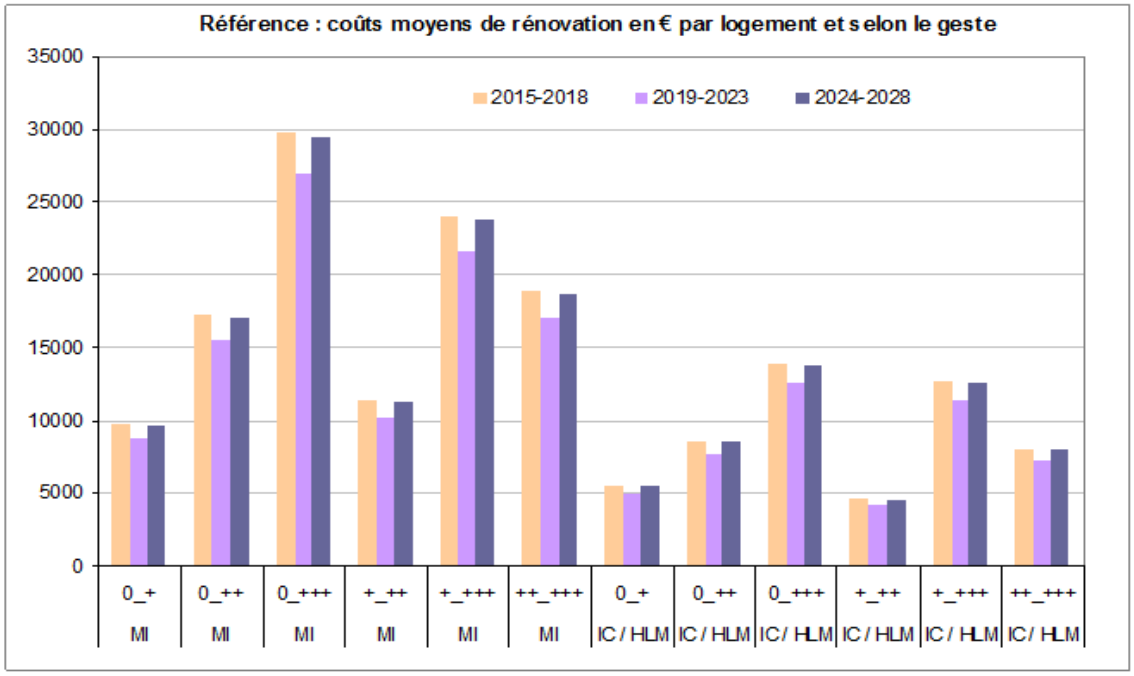
Source : Énergie Demain.

Ces coûts sont susceptibles d'évoluer au cours du temps et, par ailleurs, ne dépendent pas de la surface du logement alors qu'il semblerait raisonnable de penser que les investissements de rénovation sont d'autant plus importants que le logement à rénover est de grande taille. En l'absence d'informations complémentaires sur, d'une part, l'évolution au cours du temps des coûts de rénovation par logement et, d'autre part, leur dépendance à la surface du logement, les hypothèses suivantes ont été adoptées :

- on a réalisé pour chaque période une augmentation homothétique des coûts de rénovation par geste, de façon à ce que les montants totaux d'investissements coïncident avec les montants disponibles dans les données externes. Cette hypothèse permet de conserver la hiérarchie des coûts suivant les gestes, ainsi que le différentiel de coût entre type de logement. On obtient alors, pour chaque période, les coûts de rénovation moyens par logement, selon le geste et le type de logement. On vérifie que l'évolution des coûts ainsi obtenus ne présente pas de profil trop heurté au cours du temps (cf. figure 6.4) ;
- on a supposé par ailleurs une relation de proportionnalité entre les coûts de rénovation et la surface des logements : des hypothèses alternatives pourraient consister à considérer une part donnée de coûts fixes mais en l'absence d'information à ce sujet, seule l'hypothèse de pure linéarité a été privilégiée. On obtient alors, pour chaque période, des coûts de rénovation par m², selon le geste et le type de logement. On constate qu'au sein d'un même geste de rénovation, les coûts ainsi obtenus présentent un profil relativement stable au cours du temps et entre types de logements (bien que pouvant être supérieurs pour les maisons individuelles) et, par ailleurs, la hiérarchie entre les différents gestes est globalement respectée (cf. figure 6.5).

À noter que dans le scénario de référence, les coûts moyens de rénovation sont plus faibles sur 2019-2023 que sur 2015-2018 ou 2024-2028. Le scénario de référence présente en effet, sur la période 2019-2023, une plus forte proportion de gestes de rénovation peu coûteux (de 0 à + ou de + à ++) que sur les autres périodes. Dans le scénario au fil de l'eau, les gestes sont plus onéreux sur la période 2019-2023 (quoique moins nombreux en absolu).

Figure 6.4 : coûts moyens associés aux travaux de rénovation, en euro par logement, selon le geste et le type de logement Source : calculs CGDD



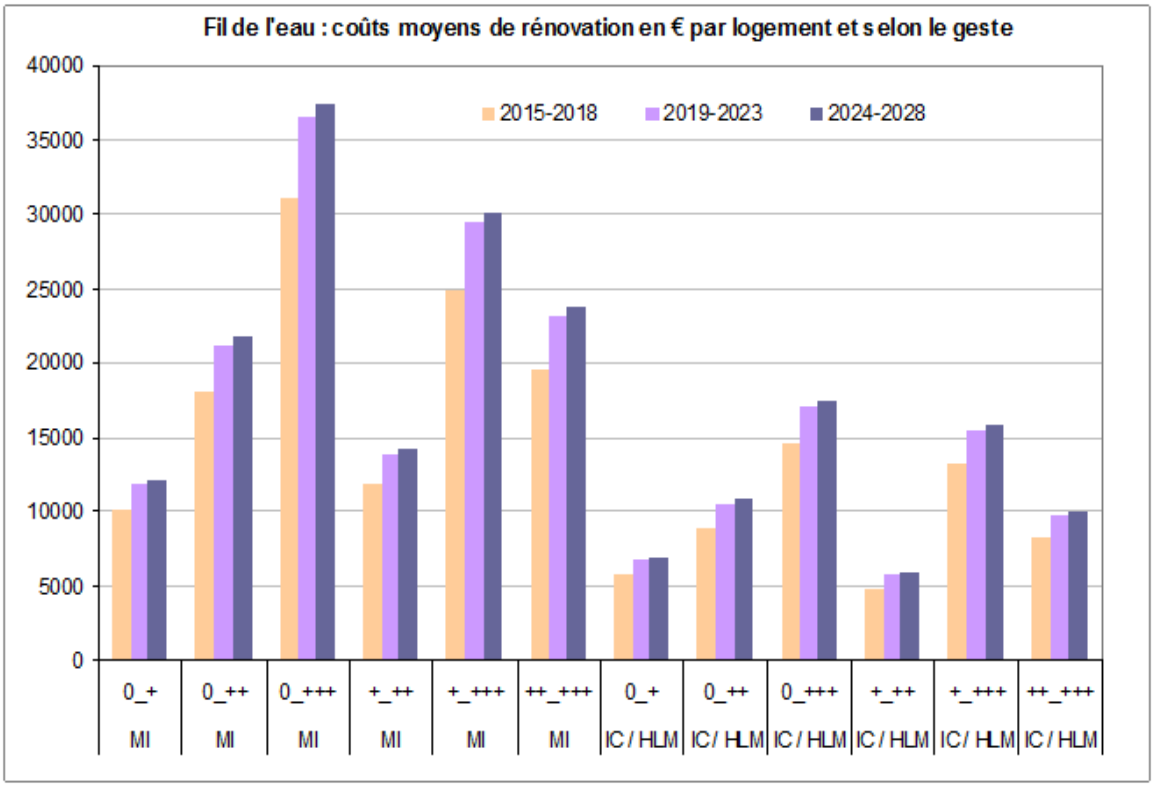


Figure 6.5 : coûts par m² associés aux travaux de rénovation, en euro par logement, selon le geste et le type de logement Source : calculs CGDD.

1.1.3. Ventilation des investissements de rénovation dans les logements, selon le niveau de vie du ménage occupant

Les investissements moyens surfaciques sont ensuite ventilés par décile de niveaux de vie, en se calant sur la répartition des ménages au sein de chaque type de logement. Cette répartition est fournie par le modèle Prométhéus, élaboré par le CGDD et simulant au niveau microéconomique les consommations énergétiques du logement des ménages, pour l'année 2006 (cf. ci-dessous à titre d'exemple pour les maisons individuelles construites après 1975).

Répartition des ménages au sein des maisons individuelles construites après 1975, pour l'année 2006

Décile de niveau de vie	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	**Tous**
Proportion de ménages	4%	6%	7%	8%	10%	12%	14%	13%	13%	14%	**100%**

Lecture : au sein des ménages habitant dans une maison individuelle construite après 1975, 4 % d'entre eux appartiennent au premier décile de niveau de vie.

Source : Prométhéus (version issue de l'Enquête nationale logement 2006), calculs CGDD.

À l'aide de la surface du logement fournie par Prométhéus pour l'année 2006 (cf. ci-dessous), on en déduit les investissements par décile, selon le geste de rénovation et le type de logement. La surface du logement est supposée constante au cours du temps.

Surface du logement dans les maisons individuelles construites après 1975, pour l'année 2006

Décile de niveau de vie	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	**Tous**
Surface du logement en m²	110	106	103	105	107	108	114	118	125	141	**116**

Lecture : pour les maisons individuelles construites après 1975, la surface du logement des ménages du premier est de 110 m² en moyenne.

Source : Prométhéus (version issue de l'Enquête nationale logement 2006), calculs CGDD.

Par ailleurs, on détermine la répartition des ménages entre types de logement et classes énergétiques, celle-ci suivant l'évolution des flux de rénovation d'une classe à l'autre (cf. ci-dessous à titre d'exemple). Au sein de chaque classe énergétique, la répartition par décile est supposée suivre celle fournie par Prométhéus pour l'année 2006.

Répartition des ménages entre types de logement et classes énergétiques, en 2019, dans le scénario de référence

2019		répartition	2019		répartition
Maisons individuelles construites avant 1975	0	0%	Maisons individuelles construites après 1975	0	12%
	+	15%		+	9%
	++	9%		++	5%
	+++	3%		+++	1%
Logements collectifs construits avant 1975	0	9%	Logements collectifs construits après 1975	0	8%
	+	5%		+	3%
	++	3%		++	2%
	+++	1%		+++	1%
HLM construits avant 1975	0	7%	HLM construits après 1975	0	7%
	+	0%		+	0%
	++	0%		++	0%
	+++	1%		+++	1%

Lecture : en 2019 et dans le scénario de référence, 12 % des ménages vivent dans une maison individuelle construite après 1975 et classée « 0 ». Source : calculs CGDD.

En agrégeant les investissements de rénovation par type de logement, classe énergétique et décile, on obtient alors les investissements effectués dans les logements du parc existant, répartis par décile de niveau de vie, dans le scénario au fil de l'eau et le scénario de référence.

Investissements annuels de rénovation par décile de niveau de vie, pour 2019-2023, dans le scénario de référence (en €)

Décile de niveau de vie	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	**Tous**
Investissement annuel en €	747	828	870	919	936	966	1043	1081	1154	1338	**995**

Lecture : dans le scénario de référence et pour 2019-2023, les investissements de rénovation engagés dans les logements occupés par les ménages du premier décile de niveau de vie s'élèveraient à 747 € par an.

1.2. Évaluation des consommations énergétiques par décile de niveaux de vie

Les données externes issues de l'élaboration de la SNBC ont permis de disposer de la consommation énergétique unitaire (par unité de surface) de chauffage, en fonction de la date de construction du logement et pour l'année 2010.

Consommation unitaire de chauffage du logement, pour l'année 2010

Date de construction	kWh/m²
Logement construit avant 1975	147
Logement construit entre 1975 et 2000	117
Logement construit après 2000	96
Ensemble	**130**

Source : Énergie Demain.

Le modèle Prométhéus permet néanmoins de désagréger ces chiffres externes pour obtenir une estimation des consommations unitaires de chauffage selon le type de logement considéré dans cette évaluation (cf. ci-dessous).

Consommation unitaire de chauffage, par type de logement, pour l'année 2010

Type de logement	kWh/m²
Maison individuelle construite avant 1975	152
Maison individuelle construite après 1975	116
Logement collectif construit avant 1975	142
Logement collectif construit après 1975	106
HLM construit avant 1975	140
HLM construit après 1975	110
Ensemble	**130**

Source : Énergie Demain, Prométhéus (version issue de l'Enquête nationale logement 2006), calculs CGDD.

Par ailleurs, les travaux de rénovation induisent des gains de consommation unitaire de chauffage, dépendant du type de logement et de l'ampleur des travaux[65]. Supposant que le parc de logement existant est intégralement composé pour l'année 2010 de logements de classe « 0[66] », les consommations unitaires déterminées ci-dessus correspondent à des logements de classe « 0 ». On en déduit les consommations unitaires de chauffage dans chaque type de logement, selon la classe énergétique (cf. ci-dessous à titre d'exemple). Ces consommations unitaires sont supposées inchangées dès lors que le logement se situe dans une classe énergétique donnée. Elles sont par ailleurs les mêmes dans le scénario au fil de l'eau et le scénario de référence.

65 Ces gains, fournis par les travaux réalisés par ailleurs dans le cadre de la SNBC, dépendent de la classe énergétique d'appartenance du logement, du type de logement et sont évalués en référence à la classe « 0 » de ce même type de logement. Par exemple, pour les maisons individuelles construites après 1975, le gain de consommations énergétiques unitaires est de 9 % pour la classe « + » par rapport à la classe « 0 », 39 % pour la classe « ++ » et 74 % pour la classe « +++ » (source : Energie Demain).

66 Dans les simulations réalisées par Énergie Demain, les travaux de rénovation effectués avant 2010, et permettant d'atteindre une classe « + » ou au-delà, sont très minoritaires. L'hypothèse faite dans le cadre de notre évaluation est donc quasi-vérifiée.

Consommation unitaire de chauffage dans les maisons individuelles construites après 1975, selon la classe énergétique

	Maison individuelle construite après 1975	Gain énergétique par rapport à « 0 »	kWh/m² de chauffage
Classe énergétique	0	0 %	116
	+	9 %	103
	++	39 %	75
	+++	74 %	45

Source : Energie Demain, calculs CGDD.

Il s'agit ensuite de décomposer, pour chaque type de logement et classe énergétique, les consommations unitaires de chauffage entre les différentes sources d'énergie. Cette décomposition dépend, d'une part, de la répartition des logements entre énergie de chauffage et, d'autre part, de la consommation unitaire associée à chaque énergie de chauffage. Par souci de simplification, on a supposé que la consommation unitaire associé à chaque énergie de chauffage ne dépend que du type de logement. Autrement dit et à titre d'exemple, dans les maisons individuelles construires après 1975 et de classe « 0 », la consommation unitaire de chauffage est de 155 kWh/m², quelle que soit l'énergie de chauffage. Ce n'est pas le cas en pratique, où la consommation unitaire des logements chauffés à l'électricité est par exemple nettement plus faible que celle des logements chauffés au gaz. Cependant, si ces disparités traduisent des différences d'efficacité énergétique entre les logements chauffés à l'électricité et ceux chauffés au gaz (liées à des facteurs géographiques ou socio-économiques), il semblerait non pertinent de les maintenir inchangées tout au long du scénario de référence. En revanche, si ces disparités proviennent de facteurs intangibles (chauffage au gaz localisé par exemple dans des régions où le climat est plus rigoureux), il conviendrait de les prendre en compte. Dans l'incertitude et en l'absence de facteurs explicatifs structurants, il semble préférable de s'en tenir à l'hypothèse simplificatrice retenue ici.

De ce fait, la décomposition des consommations unitaires de chauffage entre les différentes sources d'énergie ne dépend que de la répartition des logements entre énergies de chauffage. Cette répartition est fournie par les données externes issues de l'élaboration de la SNBC :

Répartition des logements (résidences principales) entre énergies de chauffage

Énergie de chauffage principale	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**
Électricité	32%	35%	38%	37%	36%	34%
Gaz	42%	41%	42%	44%	46%	47%
Fioul	16%	10%	4%	2%	0%	0%
Bois	10%	13%	16%	17%	18%	19%
Total	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

Source : Energie Demain.

On en déduit la consommation unitaire de chauffage par type de logement et classe énergétique, décomposée suivant les sources d'énergie (cf. ci-dessous à titre d'exemple).

Décomposition de la consommation unitaire de chauffage dans les maisons individuelles construites après 1975, selon la classe énergétique

	Électricité	Gaz	Fioul	Bois	Total
0	38	49	19	11	**116**
+	39	45	3	17	**103**
++	28	33	3	12	**75**
+++	17	20	2	7	**45**

Lecture : pour les maisons individuelles construites après 1975, la consommation unitaire moyenne de chauffage s'élève en moyenne à 103 kWh/m² pour les logements de classe « + », dont 39 kWh d'électricité, 45 kWh de gaz, 3 kWh de fioul et 17 kWh de bois.

Par ailleurs, Prométhéus fournit, pour l'année 2006, la distribution des consommations unitaires par type de logement (cf. ci-dessous) et également, comme on l'a vu plus haut, la surface des logements. On en déduit, pour le scénario de référence et le scénario au fil de l'eau, les consommations énergétiques de chauffage par type de logement, classe énergétique, type d'énergie et décile de niveau de vie.

Consommation unitaire des énergies du logement dans les maisons individuelles construites après 1975, pour l'année 2006

Décile de niveau de vie	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	**Tous**
Consommation unitaire en kWh/m²	171	165	186	181	181	175	172	169	172	178	**175**

Lecture : pour les maisons individuelles construites après 1975, les ménages du premier décile consomment 171 kWh/m² pour l'année 2006.Source : Prométhéus (version issue de l'Enquête nationale logement 2006), calculs CGDD.

Les données externes issues de l'élaboration de la SNBC ont permis de disposer enfin des prix de l'énergie dans les deux scénarios :

Prix de l'énergie dans le scénario de référence, en moyenne sur 2019-2023

En €/kWh	**2019-2023**
Électricité	0,16
Gaz	0,11
Fioul	0,11
Bois	0,03

Source : Energie Demain.

La donnée des prix de l'énergie dans les deux scénarios permet de déterminer le montant de la facture énergétique de chauffage par type de logement, classe énergétique, type d'énergie et décile de niveau de vie. Compte tenu de la répartition des ménages dans les différents types de logement et classe énergétique, on en déduit la facture de chauffage par décile de niveau de vie.

Facture de chauffage par décile de niveau de vie, pour 2019-2023, dans le scénario de référence (en €)

Décile de niveau de vie	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	**Tous**
Facture énergétique en €	723	758	820	849	842	841	912	930	976	1112	**882**

Lecture : dans le scénario de référence et pour 2019-2023, la facture de chauffage s'élèverait à 723 € par an pour les ménages du premier décile.

1.3. Hypothèses sous-jacentes à l'évaluation des coûts de rénovation et de la facture énergétique du logement

Il convient de noter que l'évaluation précédente est effectuée sous les hypothèses suivantes :

- les investissements par décile doivent s'entendre comme des investissements engagés pour rénover les logements occupés par les ménages de tel décile, sans se prononcer sur celui qui en supporte le coût : le ménage lui-même ou, le cas échéant, le propriétaire du logement. En pratique, on peut s'attendre à ce que les travaux de rénovation soient plus fréquemment engagés par des ménages propriétaires, et donc appartenant à des déciles de niveau de vie supérieurs. Par ailleurs, il n'est pas à exclure que dans les logements occupés par des ménages locataires et faisant l'objet de travaux de rénovation, le coût de l'investissement ne soit répercuté par la suite dans le loyer réglé par l'occupant ;
- les probabilités de rénovation, les coûts associés aux différents travaux et les gains énergétiques associés sont supposés indépendants des déciles de niveau de vie ;
- la répartition des logements par énergie de chauffage est supposée indépendante des déciles et identique quel que soit le logement (type et classe énergétique, hormis la classe « 0 » dont la répartition reste inchangée par rapport à la date initiale) ;
- par conséquent, la variabilité inter-décile intervient s'agissant de la répartition des ménages entre type de logement (ménages modestes plus souvent en logement collectifs et en HLM), la distribution des consommations unitaires entre décile (courbe en U inversé, avec des ménages modestes ayant des consommations unitaires plus élevées que celles des ménages intermédiaires, ces derniers ayant des consommations plus faibles que celles des ménages aisés) et les surfaces des logements (ménages modestes avec des surfaces plus petites) : ces distributions sont par ailleurs supposées stables au cours du temps. Ces hypothèses reviennent à supposer que les ménages ne déménagent pas au cours de la période d'étude ou que la structure des ménages occupant le parc existante est constante ;
- tous ménages confondus, le niveau de consommation unitaire d'un type de logement est supposé le même quelle que soit l'énergie de chauffage ;
- les logements neufs construits sur la période 2010-2028 n'ont pas été intégrés à l'analyse et les grandeurs calculées (coûts de rénovation et factures énergétiques du logement) portent donc sur les ménages du parc de logement existant.

2. Évaluation de la facture énergétique des carburants

Les données externes issues de l'élaboration de la SNBC ont permis de déterminer l'évolution du nombre de véhicules du parc automobile par type de carburant, de la consommation kilométrique de chacun et des distances annuelles parcourues en moyenne (cf. ci-dessous à titre d'exemple).

Caractéristiques des véhicules à essence dans le scénario de référence, pour 2019-2023

Véhicules à essence	2019-2023
Nombre (en millions)	14,2
Consommation kilométrique (en L/100km)	6,4
Distance parcourue annuelle (en km)	9276

Lecture : Énergie demain, calculs CGDD.

L'enquête nationale transport et déplacement (ENTD) fournit par ailleurs, pour les années 2007-2008, une répartition du parc automobile par décile de niveau de vie, ainsi que des consommations kilométriques et des distances parcourues (cf. ci-dessous à titre d'exemple).

Répartition des véhicules à essence par décile, pour 2007-2008, ainsi que des consommations kilométriques et des distances parcourues

Décile de niveau de vie	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	**Tous**
Proportion de véhicules	6%	7%	9%	9%	10%	11%	11%	11%	12%	14%	**100 %**
Consommation kilométrique (L/100km)	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	7,3	7,2	7,2	7,2	7,5	**7,2**
Distance parcourue (km par an)	7293	7597	7738	7777	8221	7910	8664	9285	8976	8395	**8285**

Lecture : selon l'Enquête nationale transports et déplacement 2007-2008, les ménages du premier décile détiennent 6 % des véhicules à essence, qui consomment 7,2 L/100km et parcourent 7293 km par an.

On utilise ces distributions pour déterminer, dans chaque scénario, la distribution des ménages par type de véhicule, la consommation kilométrique associée et les distances parcourues. Compte tenu des prix des carburants, on en déduit la facture de carburant associée à chaque type de véhicule, ventilée par décile, l'agrégation des factures donnant la facture de carburant moyenne par décile.

Facture annuelle de carburant par décile, pour 2019-2023, dans le scénario de référence

Décile de niveau de vie	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	**Tous**
Facture de carburant en €	968	1247	1619	1927	2155	2424	2599	2578	2458	2403	**1881**

Lecture : dans le scénario de référence et pour 2020-2023, la facture de carburant s'élèverait à 865 € par an pour les ménages du premier décile.

Il convient de noter que l'évaluation de la facture de carburant des ménages est effectuée sous les hypothèses suivantes :

- la distribution relative des ménages par type de véhicules, des consommations kilométriques et des distances parcourues est supposée inchangée au cours du temps ;
- concernant les véhicules électriques et les véhicules hybrides pour lesquels l'ENTD ne fournit pas suffisamment de données, on a supposé pour l'électricité une distribution uniforme des ménages, des consommations kilométriques et des distances parcourues et, pour la part fossile des véhicules hybrides, on a supposé une distribution identique à celle des véhicules à essence ;
- par ailleurs, l'analyse ne prend pas en compte les coûts associés au remplacement du parc automobile.

iii. Analyse des évolutions des émissions nationales de gaz à effet de serre de 1960 à 2013

Une étude conduite par le ministère de l'écologie en 2015 et réalisée par le groupement CITEPA/CEREN a permis d'analyser les évolutions des émissions nationales de gaz à effet de serre de 1990 à 2013 pour l'ensemble des secteurs et d'étendre cette analyse à la période 1960-1990 pour les secteurs liés à l'énergie. Elle a permis :

- 1. d'identifier les principaux paramètres ayant une influence sur les évolutions constatées des émissions de GES en France ;
- 2. de préciser les relations entre l'évolution de ces paramètres et celle des émissions.

Les émissions ont été analysées sur le périmètre métropole.

Différentes méthodes ont été utilisées, comme l'analyse des données brutes d'évolution des paramètres potentiels d'explication de l'évolution des émissions de GES, l'analyse en composantes principales ou des méthodes d'analyse telles que la cointégration et la décomposition des effets, lorsque cela s'avérait possible en termes de données disponibles et de résultats probants.

Une approche sectorielle a également été adoptée. L'évolution des émissions de GES a été étudiée dans chaque secteur de l'inventaire, avec parfois une analyse au niveau des sous secteurs.

Secteurs	> [Sous-secteurs]	>> (Catégories)
Transports		
	> [Routier]	>> (Véhicules Particuliers)
		>> (Poids Lourds)
		>> (Véhicules Utilitaires Légers)
	> [Aérien]	
	> [Maritime]	
Agriculture		
	> [Elevage]	
	> [Cultures]	
Résidentiel-tertiaire		
	> [Résidentiel]	
	> [Tertiaire]	
Industrie		
Traitement des déchets		

1. Evolution des émissions de GES par secteur en France Métropolitaine

De 1990 à 2013, les émissions totales de GES (hors UTCF) ont diminué de 12,3 %. Cette diminution globale du volume des émissions résulte d'une augmentation de 11,7 % des émissions du secteur des transports, de 5,9 % des émissions du secteur résidentiel-tertiaire, de 11,1 % des émissions du secteur du traitement des déchets et d'une baisse de 39,8 % des émissions du secteur de l'Industrie manufacturière, de 30,9 % des émissions du secteur de l'industrie de l'énergie et de 6,1 % des émissions du secteur de l'agriculture/sylviculture.
Ces évolutions sectorielles sont à pondérer par la part de chaque secteur dans le volume global des émissions de GES. Par ailleurs, des ruptures de tendance sont observées au cours de la période notamment à la suite de la mise en place de politiques nationales.

Les descriptions des politiques et mesures mises en place depuis 1960 sont disponibles dans les communications nationales remises tous les 4 ans à la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques (CCNUCC) et téléchargeables à l'adresse suivante :http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/7742.php.

2. Le secteur des transports

Depuis 1990, les émissions de ce secteur ont augmenté de 11,1% (118,3 Mt CO2éq en 1990) pour atteindre 131,4 Mt CO2éq en 2013. Au sein de ce secteur, le sous-secteur routier est le principal contributeur (92% des émissions de GES). Viennent ensuite le sous-secteur aérien (3% des émissions de GES) et le sous-secteur maritime (1% des émissions de GES).

2.1 L'évolution du secteur routier entre 1990 et 2013

En 2013, les Véhicules Particuliers (VP) sont à l'origine de 56% des émissions de GES, les Poids Lourds (PL) 23% et les Véhicules Utilitaires Légers (VUL) 20%.
Les trois catégories de véhicules ont été analysées séparément. Des modèles de cointégration ont été testés afin de trouver des relations entre l'évolution des émissions de GES et certains facteurs. Ainsi, on définira comme :

- Effet « certain » d'un paramètre, sa contribution physique directe ou indirecte à la hausse ou à la baisse des émissions.
- Effet « probable » d'un paramètre, sa contribution physique directe ou indirecte à la hausse ou à la baisse des émissions, en considérant qu'elle est faible et/ou contrebalancée par un effet rebond significatif.
- Effet « ambigu » d'un paramètre, une contribution qui varie selon les analyses effectuées dans cette étude (positive, négative ou neutre), ou bien qu'il n'a pas été possible de cerner au cours de cette étude.

	VP	PL	VUL
biocarburants	Contribution certaine à la baisse Passage de 0 % à presque 6 % dans le carburant de 1990 à 2013	Contribution certaine à la baisse Passage de 0 % à presque 6 % dans le carburant de 1990 à 2013	Contribution certaine à la baisse Passage de 0 % à presque 6 % dans le carburant de 1990 à 2013
consommation unitaire des véhicules	Contribution certaine à la baisse Baisse de 20 % entre 1990 et 2013	Contribution certaine à la baisse Baisse de 4,3 % entre 1990 et 2013	Contribution certaine à la baisse Baisse de 6 % entre 1990 et 2013
vitesse moyenne des véhicules	Contribution probable à la baisse Diminution de 15,7% entre 1996 et 2013	Contribution probable à la baisse Diminution de 16,3% entre 1996 et 2013	Contribution probable à la baisse Diminution de 15,7 % entre 1996 et 2013
kilomètres parcourus en véhicule	Contribution certaine à la hausse Augmentation des kilomètres parcourus par habitant de 15 % entre 1990 et 2013	Contribution certaine à la hausse Augmentation des kilomètres parcourus en PL de 12 % entre 1990 et 2013	Contribution certaine à la hausse Augmentation des kilomètres parcourus par habitant de 30 % entre 1990 et 2013
nombre de véhicules par habitants	Contribution probable à la hausse		

	VP	PL	VUL
	Augmentation de 21% entre 1990 et 2013*		
répartition du transport de marchandises entre la route et le réseau ferré		Contribution certaine à la hausse Le transport de marchandises est passé de 4 à 7,5 fois celui par le réseau ferré.	
prix moyen de carburants	Paramètre ambigu Augmentation de plus de 100% entre 1990 et 2013 mais impacts variables sur le trafic entre court et long terme	Paramètre ambigu Augmentation de presque 100 % du prix du diesel entre 1990 et 2013	Paramètre ambigu Augmentation de presque 100 % du prix du diesel entre 1990 et 2013
augmentation de la part du réseau autoroutier dans le trafic des poids lourds		Contribution probable à la hausse Passage de 32 % à 43 % du trafic des PL entre 1990 et 2013	
répartition des voyageurs entre VP et transports collectifs routiers et ferrés	Paramètre ambigu		
extension des surfaces urbanisées	Paramètre ambigu Augmentation de 40% entre 1990 et 2013		
âge moyen des VP	Paramètre ambigu Augmentation de près de 30% entre 1990 et 2013		
augmentation de la population française	Contribue à la hausse	Contribue à la hausse	Contribue à la hausse
entrée des femmes sur le marché du travail	Contribue à la hausse		
Contexte économique		Contribue à la hausse ou baisse selon les années	Contribue à la hausse ou baisse selon les années

** La tendance à l'augmentation de l'âge moyen des véhicules a, quant à lui ralenti notamment en conséquence des politiques environnementales.*

2.2 L'évolution du secteur routier entre 1960 et 2013

La méthode de décomposition des effets a été utilisée pour la période de 1960 à 2013 et a permis d'identifier les principaux paramètres suivants :

- Effet Trafic : entre 1960 et 1990, les émissions de GES sont systématiquement tirées vers le haut par le volume de trafic par habitant, hormis les années de crise économique telles que 1974 ou 2008.

- Effet Consommation Unitaire : à l'inverse, la diminution de la consommation unitaire moyenne des véhicules du parc roulant (ConsoKm), qui s'est améliorée avec les années, notamment grâce à la mise en place de politiques européennes et nationales (bonus/malus, règlement européen sur la valeur limite des émissions de CO2 des véhicules neufs), a participé à la diminution des émissions de GES.
- Effet Part des énergies fossiles (% fossile) : L'introduction progressive des biocarburants a participé à la diminution des émissions de GES à partir de 2005.
- Effet Habitants : La population toujours à la hausse entre 1960 et 1990, participe à l'augmentation des émissions de GES, mais dans une moindre mesure par rapport au trafic.
- Effet Emissions de GES par consommation d'énergie fossile : Le facteur d'émissions (EmiGES/ConsoF) induit une légère augmentation des émissions.
- Effets non intégrés : ces effets sont très réduits et valident ainsi la méthode.

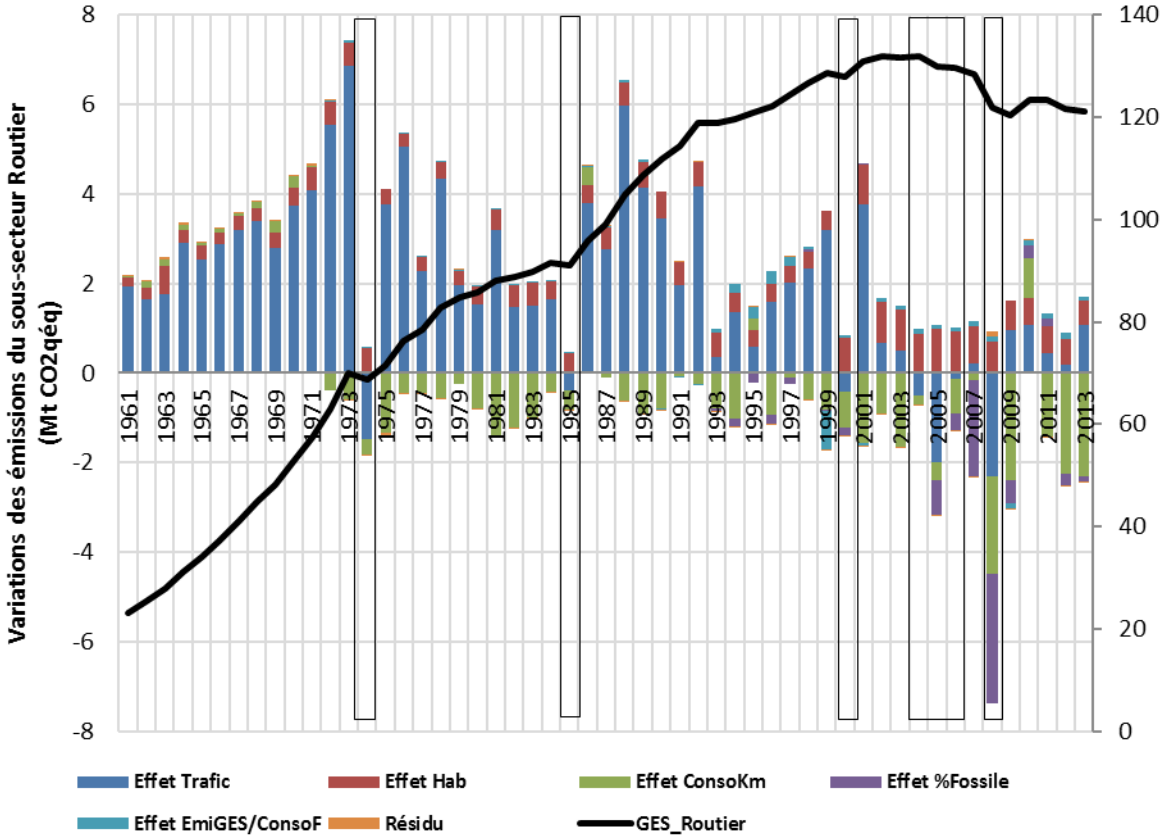


Figure 6.6 : variation des émissions du sous-secteur routier

L'évolution du secteur aérien entre 1990 et 2013

Les émissions de GES du sous-secteur aérien ont augmenté depuis 1990 pour atteindre un pic en 2000 à 4,7 Mt CO2éq. Par la suite, elles ont diminué progressivement jusqu'en 2010, avant de se stabiliser juste en dessous de 4 Mt CO2éq.

Les principaux paramètres impactant les émissions sont les suivants : passagers.kilomètres (PKT : produit du nombre de passagers transportés par les kilomètres parcourus) ; emport moyen (nombre de passagers divisé par le nombre de mouvements contenant uniquement des passagers, à l'exception des vols cargos) ; fret ; nombre de passagers tous trains ; PIB par habitant.

A partir des analyses en composantes principales, deux périodes sont distinguées pour le secteur aérien :

- La première période (1990-2000) est caractérisée par une intensification du trafic touristique et commercial, entraînant une augmentation des émissions. La période a été favorable d'un point de vue économique.
- La seconde période (2001-2013) est caractérisée par un ralentissement du trafic avec report sur d'autres moyens de transport, dans un contexte plus difficile du fait de l'augmentation du prix du Brent, entraînant une réduction des émissions.

Ces évolutions sont à mettre en parallèle avec deux événements séparant ces deux périodes :

Le 11 septembre 2001 : attentats aux Etats-Unis, induisant un changement de comportement des usagers.

En France : développement des trains grande vitesse (LGV Méditerranée), incitant au transfert des passagers de l'aérien vers le ferroviaire.

3. Le secteur de l'agriculture

3.1. Les grandes cultures

Entre 1990 et 1994, les émissions des grandes cultures ont diminué légèrement. S'ensuit une période d'augmentation des émissions jusqu'en 2000, année à partir de laquelle la tendance revient à la baisse, malgré quelques épisodes sporadiques opposés à la tendance générale. Au global, entre 1990 et 2013, les émissions du secteur ont diminué de 8,4%.
Les principaux paramètres analysés du fait de leur impact sur les émissions du secteur sont : azote épandu (minéral, organique et pâture) ; surfaces en culture ; prix du Brent ; prix du gaz naturel ; indice de prix des engrais simples (IPAMPA) ; aides apportées (aides directes du premier pilier de la PAC) ; PIB Agriculture.

Les émissions liées aux grandes cultures ont principalement été influencées par l'apport azoté aux surfaces cultivées et par le contexte économique de la filière. Certaines politiques publiques mises en place ont pu favoriser la réduction des émissions, comme la directive nitrates ou certaines aides du 2nd pilier de la PAC. A partir de 2000, l'augmentation du prix des engrais a également pu contribuer à réduire les émissions.
La diminution des surfaces cultivées et le contexte économique expliquent également une partie de la diminution des émissions au cours de cette période, alors que la production végétale a continué dans le même temps à augmenter.

3.2. L'élevage

Sur la période 1990-1998, les émissions de l'élevage ont eu tendance à diminuer légèrement, avant d'augmenter en 1999. Une période de diminution a alors suivi jusqu'en 2004, année à partir de laquelle les émissions se sont à nouveau stabilisées. Sur la période 1990-2013, les émissions de l'élevage ont diminué de 6,5%.
Deux postes principaux ont été considérés pour l'évaluation de ces émissions : la fermentation entérique et la gestion des déjections animales.
Des paramètres généraux ont été considérés : méthanisation ; indice des prix de l'alimentation animale (IPAMPA) ; aides apportées (aides directes du premier pilier de la PAC et prime au maintien du troupeau de vaches allaitantes) ; PIB Agriculture. Des paramètres complémentaires ont été considérés pour le cheptel bovin : cheptel bovin ; rendement laitier ; modes de gestion des déjections (lisier ou fumier).

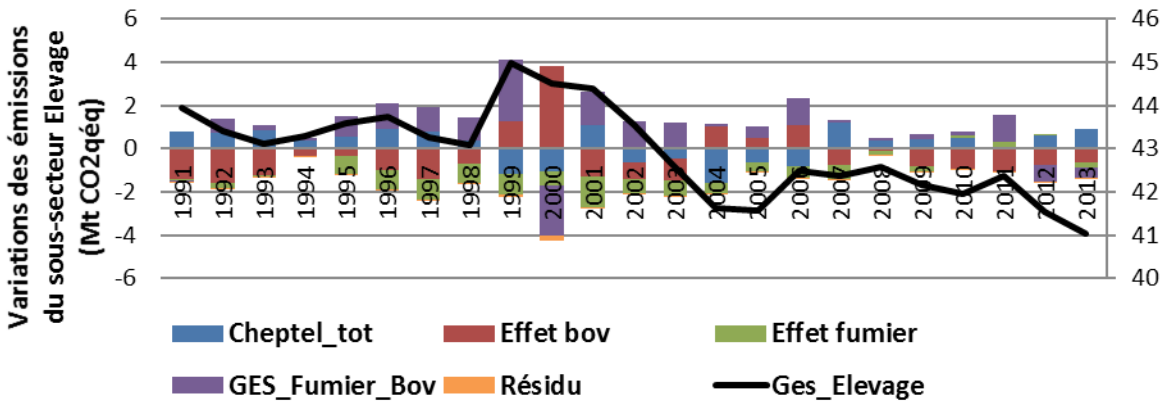


Figure 6.7 : variation des émissions du sous-secteur de l'élevage

Les émissions de l'élevage sont principalement influencées par le cheptel bovin. Sur la période considérée, ce cheptel a baissé tandis que le rendement laitier a augmenté. Ces évolutions sont à mettre en lien avec la restructuration de la filière laitière (quotas laitiers à partir de 1984), la prime au troupeau allaitant et la réforme de la PAC. Concernant la gestion des déjections du cheptel bovin, celle-ci est passée progressivement d'une prépondérance fumier à un équilibre fumier-lisier, traduisant une modification structurelle des élevages bovins avec la disparition progressive des petites exploitations. Bien que les systèmes lisiers soient plus émetteurs, les émissions liées à la gestion des déjections sont relativement stables car cet effet est contrebalancé par l'effet prépondérant qu'est la diminution du cheptel.

En parallèle, le développement des techniques de méthanisation a impacté les émissions du secteur à la baisse.

Enfin, l'état économique de la filière, représenté dans notre analyse par le PIB Agriculture, a montré un recul d'activité sur la période, accompagné d'un recul des émissions. De même, l'évolution des prix des moyens de production ont pu impacter les émissions du secteur. C'est le cas notamment de l'IPAMPA alimentation animale (indice des prix d'achat des moyens de production agricole), en augmentation sur la période concernée. Cette évolution peut indirectement expliquer certaines réductions d'émissions constatées.

4. Le secteur du traitement des déchets

Les émissions liées au traitement des déchets ont augmenté de près de 10 % sur la période 1990-2013 (16,8Mt CO2éq en 1990, 18,4Mt CO2éq en 2013) pour représenter 4 % des émissions de GES en 2013. Pour ce secteur la méthode de décomposition des effets a été utilisée.

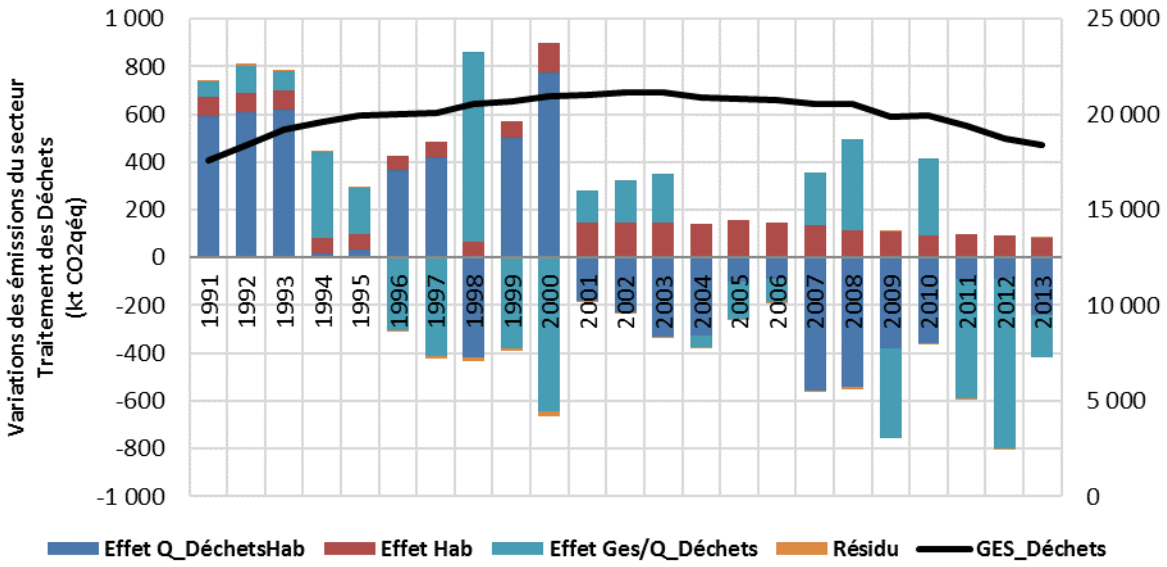


Figure 6.8 : variation des émissions du secteur du traitement des déchets

Elle donne les résultats suivants :

- Effet « quantité de déchets produits par habitant » : ce paramètre a d'abord eu un impact à la hausse sur les émissions de GES (de 1991 à 2000) puis à la baisse (de 2001 à 2013), traduisant une diminution de la production de déchets rapportée au nombre d'habitants.
- Effet « habitants » : l'augmentation du nombre d'habitants conduit à une légère augmentation des déchets.
- Effet « émissions de GES par quantité de déchets produits » : ce facteur tend à augmenter les émissions de GES jusqu'en 1995, puis l'effet est plus régulièrement à la baisse sur la période suivante. Cela peut traduire des taux de captage plus forts à partir de la fin des années 1990.

5. Le secteur résidentiel – tertiaire

Entre 1960 et 2013, les émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie des bâtiments résidentiels et tertiaires ont augmenté de 77 %, passant de 49 millions de tonnes à 86,6 millions de tonnes. Cette évolution est la résultante de mouvements très contrastés selon la sous-période considérée. La démographie, l'activité économique, l'évolution du confort thermique, les prix de l'énergie, la prégnance des questions environnementales avec leur traduction en termes de politiques publiques, de réglementation thermique et de comportement des ménages, ainsi que l'évolution du mix énergétique plus ou moins émetteur de GES, ont influencé le niveau d'émissions.

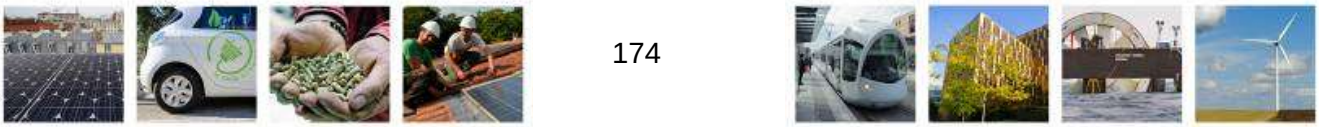
A l'exception des facteurs démographiques dont l'impact sur le niveau d'émission de GES est régulier, l'ensemble des facteurs précités agit à la hausse ou à la baisse avec plus ou moins d'intensité, selon la sous période considérée.

La sous-période 1960-1975 bénéficie d'une très forte croissance (5,2% par an en moyenne) et de prix bas de l'énergie.

La sous-période 1975-1990 intègre le premier choc pétrolier de 1973, dans un contexte de croissance élevée mais néanmoins sensiblement ralentie par rapport à la première sous-période (2,7% par an en moyenne entre 1975 et 1990).

La sous-période 1990-2002 se caractérise par des prix orientés à la baisse en monnaie constante et une croissance qui reste soutenue bien qu'encore ralentie (2% par an en moyenne).

La sous-période 2002-2013 marque une rupture notable en matière de prix de l'énergie orientés à



la hausse et de croissance économique qui continue de ralentir (+1,1% par an en moyenne intégrant les épisodes récessifs de 2008 et 2009). Par ailleurs, cette sous-période connaît la diffusion progressive des réglementations thermiques dans le parc de logements, notamment celles de 2000 et de 2005.

5.1. Analyse des émissions directes liées à la consommation de combustibles des bâtiments résidentiels et tertiaires

Entre 1960 et 1990, les émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie des bâtiments résidentiels et tertiaire ont progressé de 37,6 millions de tonnes, soit une hausse de 77 % en valeur relative.

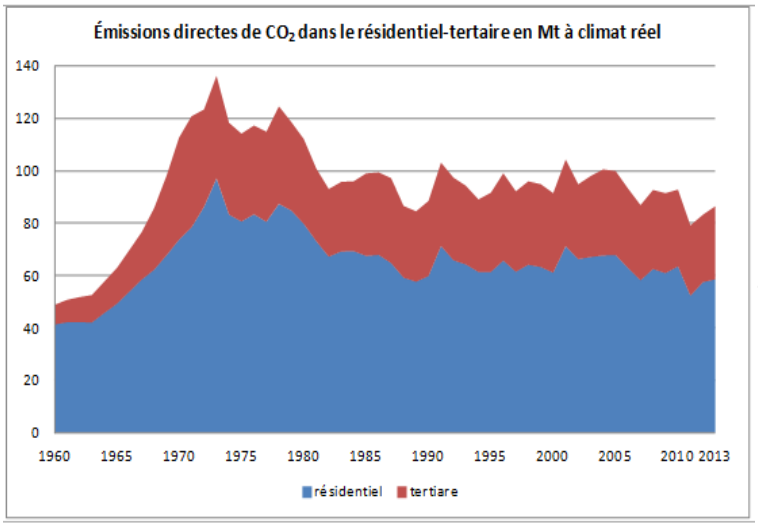


Figure 6.9 : émissions directes de CO2 dans le résidentiel-tertiaire à climat réel

Les émissions du secteur tertiaire ont été multipliées par 3,7 sur la période et celles du résidentiel ont augmenté de 42%. Le mouvement d'ensemble est donc similaire sur toute la période, avec un pic pour les deux secteurs au milieu des années 70, suivi d'une décrue jusqu'au début des années 90 et d'une relative stabilité entre 1990 et 2013.

5.2. Facteurs explicatifs de l'évolution des émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie du secteur résidentiel de 1960 à 2013

a. Secteur résidentiel, période 1960-2013 (en Mt éq. CO2)

La méthode de décomposition des effets a été appliquée aux émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel. Les résultats entre 1960 et 2013 sont présentés en Mt éq. CO2 sur la figure 6.10 ci-dessous.

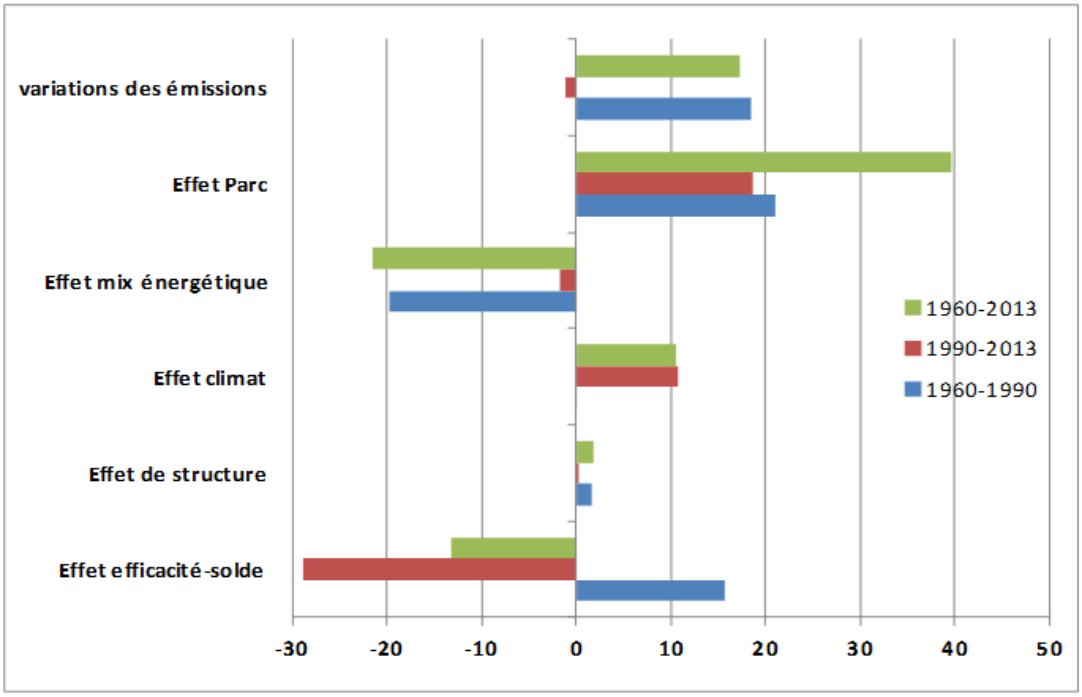


Figure 6.10 : décomposition par la méthode des effets sur les émissions directes de GES associées à la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel entre 1960 et 2013

Les émissions de GES liées à la consommation directe d'énergie ont progressé de 18,5 Mt sur la période. Concentré sur la première sous-période, l'effet mix énergétique (-19,7 Mt) a neutralisé largement l'importance de l'effet parc (+21 Mt).
On notera que l'effet « efficacité énergétique » est de loin l'effet dominant au sein de chaque sous-période. Il a été fortement négatif entre 1960 et 1975 (+38,3 Mt), en raison notamment de la pénétration massive du chauffage central dans l'habitat avec un taux d'équipement des ménages de 53 % en 1975 contre seulement 20 % en 1962. Ce phénomène s'est poursuivi entre 1975 et 1990 avec une nouvelle progression du taux d'équipement en chauffage central, proche de 30 points sur la période (82% en 1992 contre 53% en 1975). Il devient en revanche fortement positif sur les émissions de GES après le 1er choc pétrolier (-22,7 Mt entre 1975 et 1990) et en lien avec la montée en puissance du programme électronucléaire, associé à la diffusion du chauffage électrique.

b. Secteur résidentiel, période 1990-2013 :

L'analyse sur la période 1990-2013 de la figure 6.10 a été effectuée à partir de données restreintes et parcellaires, disponibles sur la période 1960-1990 et prolongées sur la période 1990-2013. Ces résultats ont été affinés en effectuant une analyse spécifique à cette dernière période, à partir du système d'information statistique du CEREN, ce qui a permis notamment d'évaluer l'impact de la diffusion du chauffage électrique et des travaux d'isolation dans l'habitat.
Les émissions de GES liées à la consommation directe d'énergie apparaissent quasiment stables (« variation totale »). Les effets « parc » et « efficacité énergétique » (« efficacité_solde ») sont dominants et se neutralisent (+1,1 % d'émissions de GES par an en moyenne pour le premier et -1,5 % par an pour le second).

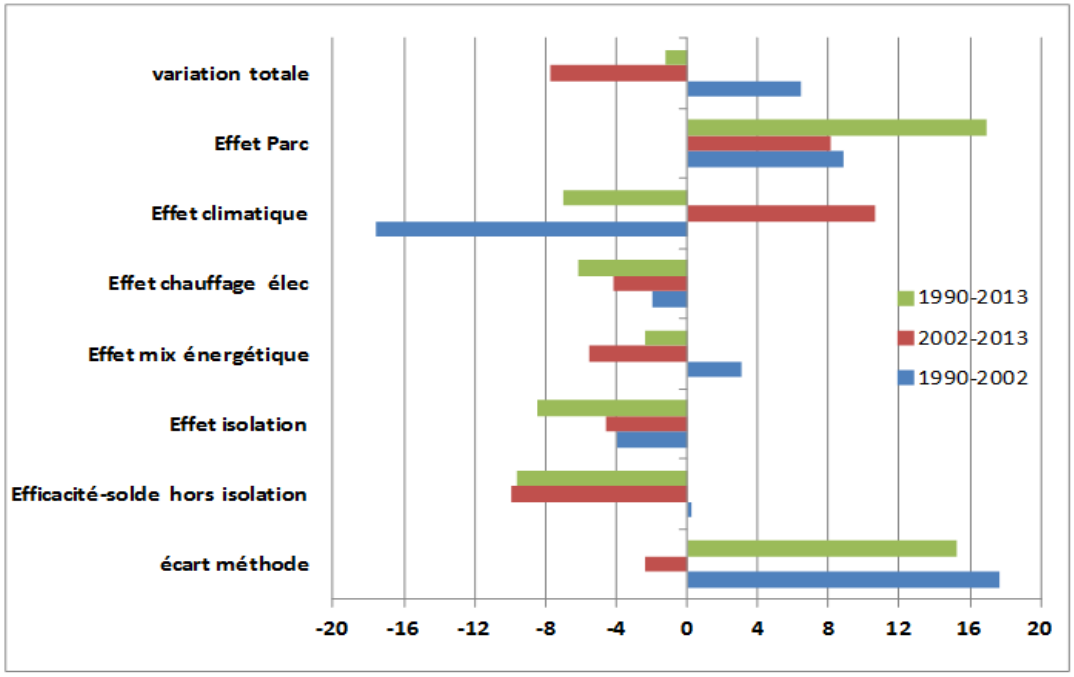


Figure 6.11 : décomposition par la méthode des effets des évolutions des émissions de GES liées à la consommation directe d'énergie dans le secteur résidentiel entre 1990 et 2013

Les effets en Mt éq. CO2 sont commentés spécifiquement ci-après.

- L'effet parc : l'effet parc a induit une progression moyenne des émissions de 1,1 % par an entre 1990 et 2013.
- L'effet climatique : sur l'ensemble de la période 1990-2013, le climat a limité les émissions de GES (-0,5 % par an en moyenne). Les premières années ont été plus clémentes qu'en fin de période (seules deux années sont plus froides que l'année «normale»), se traduisant par une diminution correspondante des émissions de GES de 2,8 % par an entre 1990 et 2002. De 2002 à 2013, l'effet climatique s'est traduit par une augmentation de 1,5 % par an des émissions. Quatre années ont été plus froides, dont 2010, année particulièrement froide, d'où un impact négatif du climat sur les émissions de la période. Contrairement au secteur tertiaire, l'effet climatique global sur la période 1990-2013 a contribué à réduire les émissions.
- L'effet de structure (type d'habitat : maison/immeuble) : l'effet de structure apparaît ici quasiment inexistant, le type d'habitat n'ayant pas évolué de manière significative entre 1990 et 2013.
- L'effet mix énergétique combustibles : au sein des combustibles, l'évolution du mix énergétique a été favorable au gaz naturel, au détriment du fuel domestique. Cette évolution a favorisé la réduction des émissions de GES mais le recul relatif du bois a agi à la hausse. La part de réduction des émissions liée à l'évolution du mix énergétique est au final évaluée à -0,2 % par an en moyenne entre 1990 et 2013. Les résultats sont contrastés selon la période considérée : le recul du bois entre 1990 et 2002 a fait plus qu'atténuer les gains apportés par la pénétration du gaz. L'effet mix énergétique a ainsi fait augmenter les émissions de 0,4 % par an en moyenne sur la période. Les gains relatifs du gaz et du bois dans le mix énergétique ont ensuite permis de réduire significativement le niveau des émissions (-0,9 % par an en moyenne entre 2002 et 2013).
- L'effet chauffage électrique : l'impact de cet effet sur les émissions de GES a été évalué à -0,5 % par an en moyenne entre 1990 et 2013. L'effet chauffage électrique traduit la substitution du chauffage combustible par le chauffage électrique d'où une baisse des émissions due à l'effet conjugué de la baisse des consommations unitaires et d'un contenu

moyen en GES réduit. Cet effet est plus important en seconde période en raison d'une accélération de la pénétration du chauffage électrique (34 % de part de marché en 2013 contre 28 % en 2002 et 26 % en 1990). Cette accélération est notamment portée par la diffusion des pompes à chaleur chez les ménages à partir du milieu des années 2000.

- L'effet efficacité énergétique (ou « efficacité_solde » dans le graphe): sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet efficacité énergétique calculé par différence entre la variation totale des émissions et l'impact de tous les effets précités, a eu une influence positive sur la réduction des émissions de GES, évaluée à -1,5 % par an en moyenne. Mais l'impact évolue selon la sous-période étudiée : -0,5 % par an entre 1990 et 2002 puis -2,5 % par an entre 2002 et 2013. On notera que, sur la première période, les prix des combustibles étaient relativement stables en monnaie constante, alors qu'ils ont progressé fortement sur la seconde période. La combinaison de cette conjoncture et de la montée en puissance des réglementations thermiques successives ont ainsi favorisé les actions d'efficacité énergétique au cours de cette seconde période. Sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet isolation des bâtiments a représenté environ la moitié des gains d'efficacité énergétique, avec une importance contrastée selon la sous-période considérée : il a couvert la totalité de ces gains sur la période 1990-2002 et environ le tiers des gains d'efficacité sur la période 2002-2013.

c. Secteur tertiaire, période 1960-2013 (effets en Mt éq. CO2) :

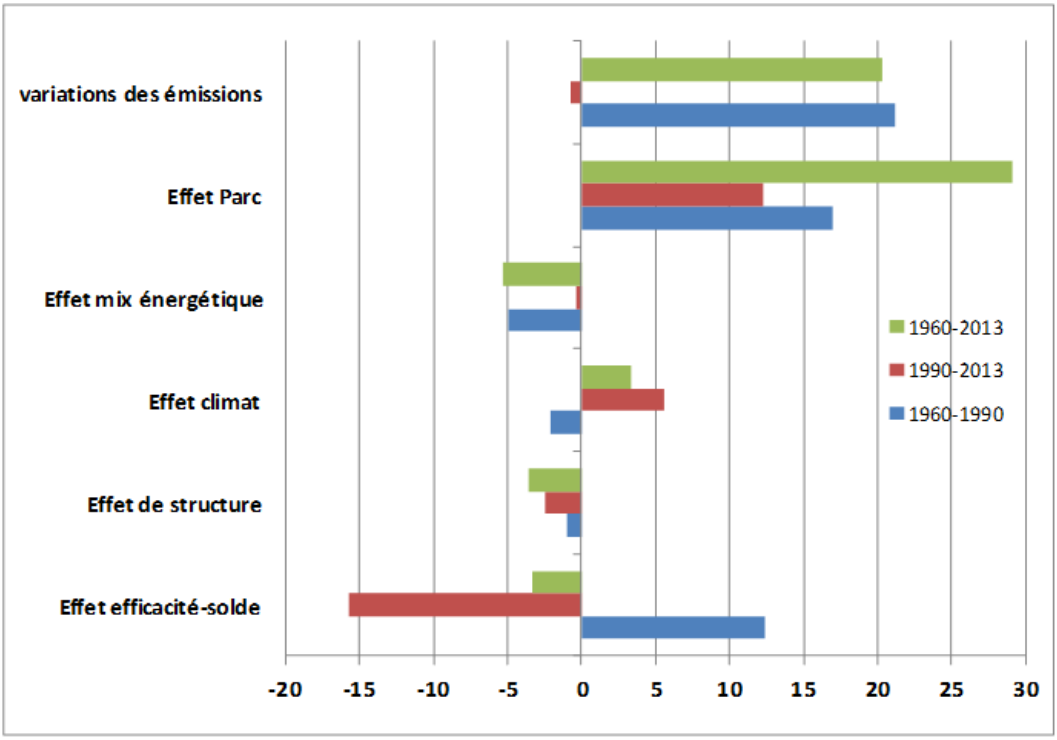


Figure 6.12 : décomposition par la méthode des effets des émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie du secteur tertiaire entre 1960 et 2013

Les émissions de GES liées à la consommation d'énergie du secteur tertiaire augmentent de 21,1 Mt entre 1960 et 1990. L'effet parc (+16,9 Mt) et la faible efficacité énergétique (+12,4 Mt) sont de loin les effets dominants. Leur impact est en partie contrebalancé par les autres effets qui jouent à la baisse, notamment l'effet mix énergétique (-5,0 Mt). On notera l'impact de la faible efficacité énergétique entre 1960 et 1975 (+18,2 Mt) et à l'inverse l'effet positif des actions d'efficacité énergétique sur la deuxième sous-période (-5,8 Mt entre 1975 et 1990).

d. Secteur tertiaire, période 1990-2013 :

L'analyse présentée dans la figure 6.12 sur la période 1960-2013 a été effectuée à partir de données restreintes et parcellaires, disponibles sur la période 1960-1990 et prolongées sur la période 1990-2013. Les résultats ont été affinés sur la période 1990-2013 en effectuant une nouvelle analyse spécifique à partir du système d'information statistique du CEREN, ce qui a permis notamment d'évaluer l'impact de la diffusion du chauffage électrique.

Les émissions de GES liées à la consommation d'énergie apparaissent relativement stables (ligne « variation totale »). L'effet parc et l'effet efficacité énergétique (« efficacité -solde »[67]) ont très largement conditionné l'évolution des émissions. On notera l'amplification de l'effet efficacité énergétique entre 2002 et 2013 (-2,2 % par an en moyenne) par rapport à la période précédente (-0,1 % par an en moyenne entre 1990 et 2002).

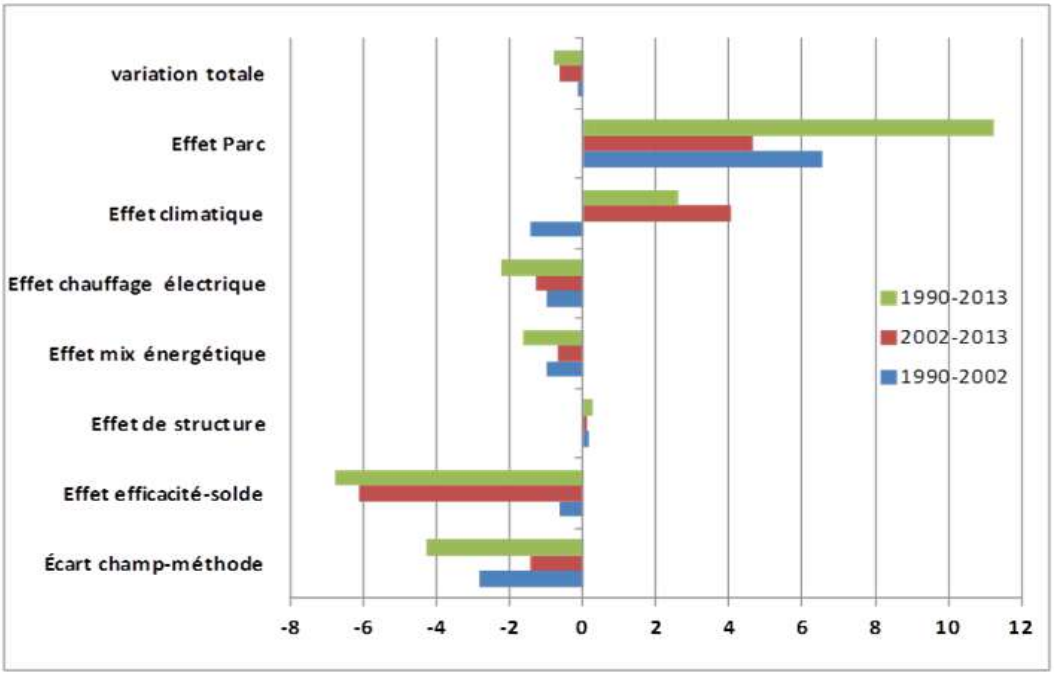


Figure 6.13 : décomposition par la méthode des effets des émissions directes de GES liées à la consommation d'énergie du secteur tertiaire entre 1990 et 2013

- L'effet parc : l'effet parc est l'effet dominant. Il est à l'origine d'une progression moyenne des émissions de 1,4 % par an entre 1990 et 2013. Cette croissance décélère légèrement en seconde période passant de 1,7 % par an en moyenne entre 1990 et 2002 à +1,4 % par an entre 2002 et 2013.
- L'effet climatique : les degrés-jours de référence et les degrés-jours observés permettant d'évaluer l'effet climatique du secteur tertiaire sont calculés par branche tertiaire en prenant en compte les spécificités sectorielles. Sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet climatique a agi à la hausse sur les émissions de GES : +0,3% par an en moyenne annuelle, avec des variations en cours de période (-0,5% par an entre 1990 et 2002 puis +1,2% par an entre 2002 et 2012). En première période, le climat a été assez clément. Seules deux années ont été plus froides que l'année « normale ». En seconde période, quatre années ont été plus

67 L'effet « efficacité solde » du secteur résidentiel est la différence entre la variation totale des émissions calculées par le CEREN et la somme des effets parc, climatique, chauffage électrique, mix énergétique, isolation.

L'écart méthode est lié aux différences méthodologiques de calcul des émissions entre le CITEPA et le CEREN.

froides que l'année « normale », dont 2010 qui a été particulièrement froide.

- L'effet de structure (type de bâtiment) : l'effet de structure a été très marginal (+0,04 % par an d'augmentation de GES lié à cet effet), la croissance des surfaces chauffées étant relativement homogène pour chacune des huit branches tertiaires étudiées (restauration, habitat communautaire, santé, enseignement, sport/loisir/culture, bureaux, commerces, transports).
- L'effet mix énergétique combustibles : au sein des combustibles, l'évolution du mix énergétique a été favorable au gaz naturel, au détriment du fuel domestique. Cette évolution a favorisé la réduction des émissions de GES, évaluée à -0,3 % par an en moyenne annuelle sur la période 1990-2013. L'effet sur la réduction des émissions est légèrement moins accentué en première période (1990-2002), en raison d'un ralentissement des travaux de substitution fuel vers gaz dans le milieu des années 90.
- L'effet chauffage électrique : l'impact de cet effet a été évalué à -0,4 % par an en moyenne entre 1990 et 2013. Il traduit la substitution du chauffage combustible par le chauffage électrique, d'où une baisse des émissions due à l'effet conjugué de la baisse des consommations unitaires et d'un contenu moyen en GES réduit.
- L'effet efficacité énergétique[68] (ou « efficacité-solde » sur le graphe) : cet effet traduit la variation des consommations d'énergie du tertiaire rapportées à la surface chauffée, en dehors des effets déjà cités. C'est donc à l'intérieur de ce solde qu'on retrouve les effets « comportement/investissements » des usagers/gestionnaires impulsés par la variation des prix de l'énergie ou par les politiques publiques. Sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet technique calculé par différence entre la variation totale des émissions et l'impact de tous les effets précités, a une influence positive sur la réduction des émissions, évaluée à -1,1 % par an en moyenne. Ce taux est assimilable à l'amélioration de l'efficacité énergétique. Il évolue au fil du temps : -0,1 % par an entre 1990 et 2002 puis -2,2 % par an entre 2002 et 2013. On notera que sur la première période, les prix des combustibles ont reculé en monnaie constante, alors qu'ils ont fortement progressé sur la seconde période, ce qui a certainement contribué à développer les actions d'efficacité énergétique. Par ailleurs, à partir des années 2000, les réglementations thermiques ont également concerné le secteur tertiaire, améliorant ainsi l'efficacité énergique globale du secteur via les bâtiments neufs et la rénovation thermique.

5.3. Facteurs explicatifs de l'évolution des émissions directes et indirectes GES liées à la consommation d'énergie du secteur résidentiel-tertiaire

L'analyse précédente concernait les émissions directes liées à la consommation de combustibles des bâtiments résidentiels et tertiaires.
L'analyse des émissions indirectes permet de prendre en compte les effets propres à la consommation d'électricité, notamment l'effet du contenu moyen en GES du kWh électrique, l'effet climatisation et l'effet usages spécifiques.
Sont présentés ci-après les émissions liées à la consommation directe et indirecte d'énergie des secteurs résidentiel et tertiaire sur la période 1990-2013, la période 1960-1990 n'ayant pas fait l'objet d'une ventilation sectorielle des émissions indirectes faute d'enquête le permettant.

68 Cet effet est calculé par écart entre la variation totale des émissions et la somme des effets : parc, climatique, chauffage électrique, mix énergétique, structure. L'effet « écart champs méthode intègre les écarts méthodologiques liés aux différentes approches du CITEPA et du CEREN et les différences de périmètres des enquêtes liées au tertiaire.

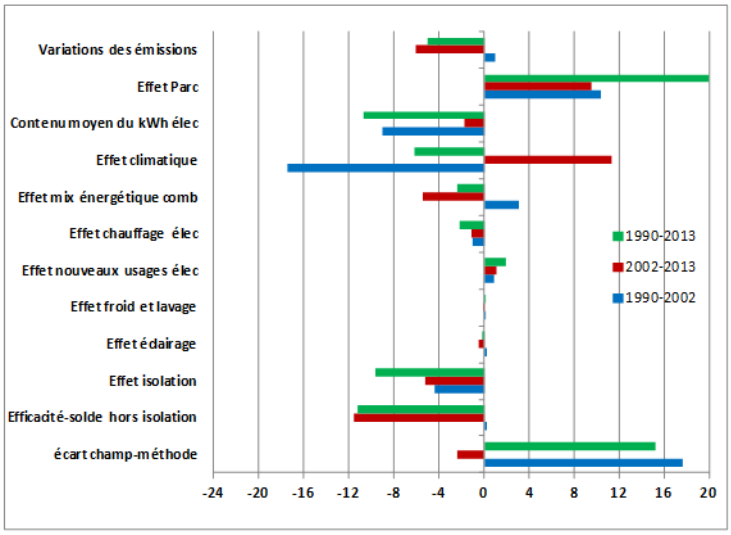


Figure 6.14 : décomposition par la méthode des effets des émissions de GES liées à la consommation d'énergie du secteur résidentiel (en Mt eq. CO2) entre 1990 et 2013 y compris émissions indirectes liées à la production d'électricité

L'effet « contenu moyen en GES du kWh électrique » induit une baisse importante des émissions.
-10,7 MtCO2éq entre 1990 et 2013.
Cette baisse est concentrée dans la première sous-période.
-9,0 Mt entre 1990 et 2002, en raison du climat plus clément.
Les effets liés aux consommations spécifiques de l'électricité sont faibles en raison de la faible teneur en GES de ce type d'usages.

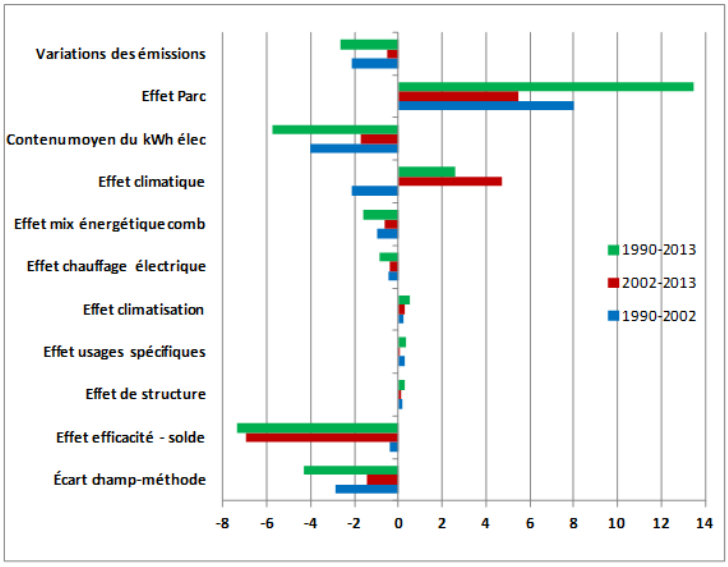


Figure 6.15 : décomposition par la méthode des effets des émissions de GES liées à la consommation d'énergie du secteur tertiaire (en Mt eq. CO2) entre 1990 et 2013 y compris émissions indirectes liées à la production d'électricité

L'évolution du contenu moyen en GES du kWh électrique réduit les émissions de 5,7 MtCO2éq entre 1990 et 2013.
La diffusion de la climatisation a un impact limité sur les émissions du fait de sa faible teneur en GES.
Il en va de même pour l'effet usages spécifiques qui est presque nul entre 2002 et 2013, en raison de l'amélioration de l'efficacité énergétique de l'éclairage et de la bureautique.

6. Le secteur industriel

sur la période 1960-2013

Entre 1960 et 2013, les émissions directes de GES de l'industrie liées à la consommation directe d'énergie ont presque été divisées par deux, passant de 105,2 millions de tonnes à 62,7 millions de tonnes, après avoir atteint un pic de 137,9 millions de tonnes au milieu des années 70.

Parallèlement, la production a été multipliée par 2,3 sur l'ensemble de la période, avec un taux moyen de croissance annuelle de 5,2 % entre 1960 et 1974, puis de +1,3 % entre 1974 et 1990 et de -0,4% par an entre 1990 et 2013, du fait de l'ampleur des épisodes récessifs de 2008 et 2009.

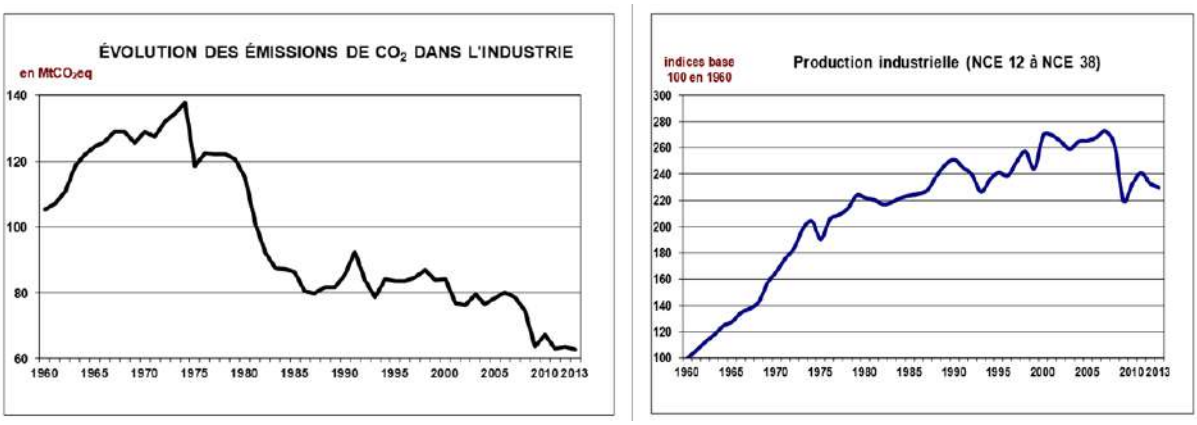


Figure 6.16 : évolution des émissions directes de GES de l'industrie liées à la consommation directe d'énergie (en Mt eq. CO2) entre 1960 et 2013 (hors émissions des procédés) et évolution de la production industrielle (base 100 en 1960)

La figure 6.17 ci-dessous décompose la variation en Mt éq. CO2 des émissions directes de GES associées à la consommation d'énergie du secteur industriel en quatre effets (production, mix énergétique, structure et technique-substitution) entre 1960 et 2013.

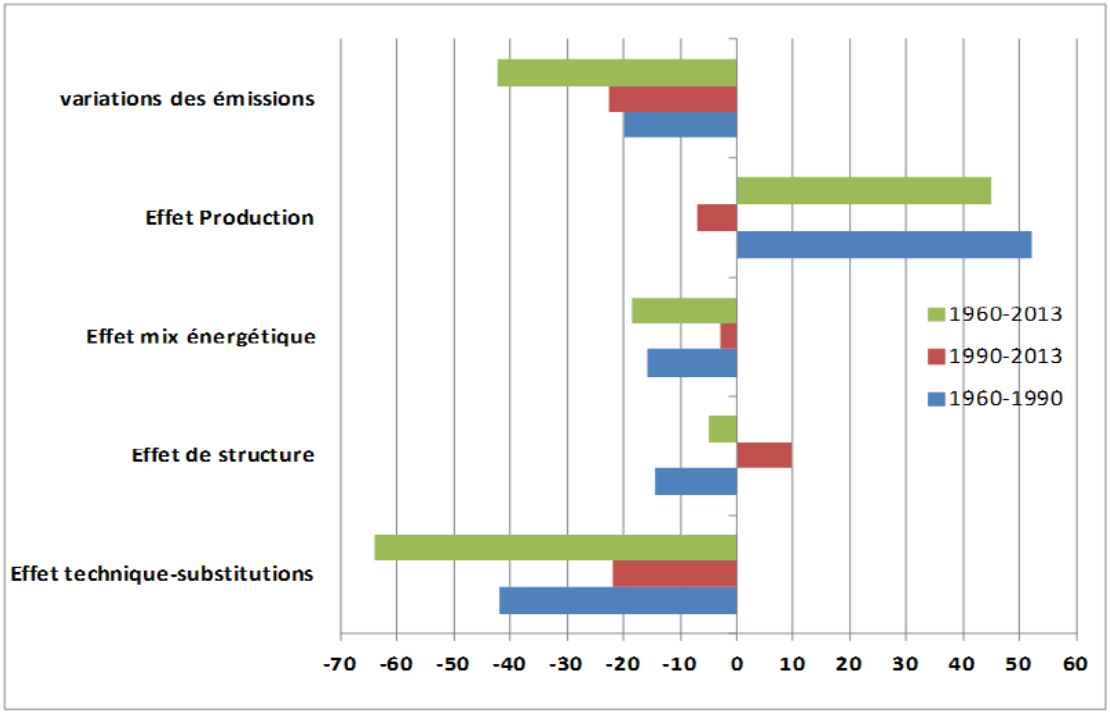
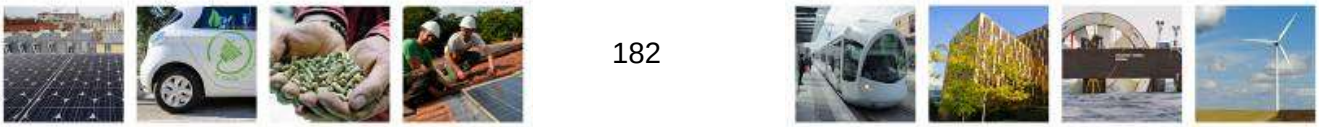


Figure 6.17 : décomposition par la méthode des effets des émissions directes de l'industrie liées à la consommation d'énergie (en Mt eq. CO2) entre 1960 et 2013

Les émissions de GES de l'industrie liées à la consommation directe d'énergie ont reculé de 42,5 Mt entre 1960 et 2013. Plusieurs effets ont contribué au recul des émissions. L'effet « technique-substitution » a de loin été l'effet dominant (-63,9 Mt). L'effet mix énergétique a permis de réduire les émissions de GES de 18,6 Mt, principalement entre 1960 et 1990, notamment grâce au désengagement massif du charbon entre 1960 et 1975. L'augmentation de la production industrielle a, à l'inverse, eu un impact négatif sur l'évolution des émissions GES, concentré sur la période 1960-1990. Globalement sur la période 1960-2013, l'effet production a conduit à une augmentation des émissions de 45 Mt.



sur la période 1990-2013

Les résultats présentés en figure 6.17 sur la période 1960-2013 ont été établis à partir de données restreintes et parcellaires, disponibles sur la période 1960-1990 et prolongées sur la période 1990-2013. Les résultats ont été affinés en effectuant une nouvelle analyse spécifique à cette dernière période, à partir du système d'information statistique du CEREN, ce qui a permis notamment de substituer à l'analyse en 15 branches sur la période 1960-2013, une analyse en 250 produits industriels.
Il est ainsi possible de retenir à partir de cette dernière analyse que les émissions de GES liées à la consommation d'énergie ont reculé sensiblement dans l'industrie (-22,7 Mt). Tous les effets ont agi à la baisse sur les émissions, sur l'ensemble de la période, à l'exception de l'effet climatique. L'effet technique-substitution explique environ la moitié de la diminution des émissions et l'effet mix énergétique environ le tiers.

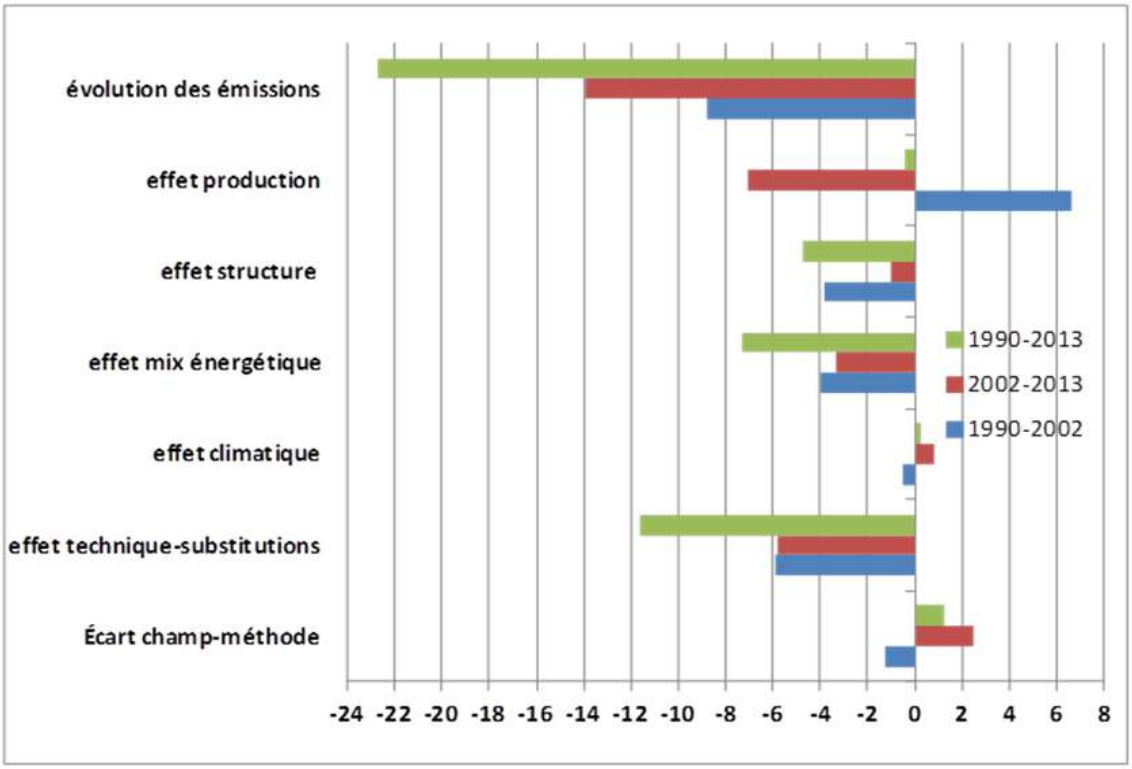


Figure 6.18 : décomposition par la méthode des effets des émissions directes de l'industrie liées à la consommation d'énergie (en Mt eq. CO2) entre 1990 et 2013

- L'effet production : L'effet production a été quasiment nul sur l'ensemble de la période (-0,5 Mt), mais cette quasi-stabilité est la résultante de deux sous-périodes opposées (+6,6 Mt entre 1990 à 2002 et -7 Mt entre 2002 à 2013).
- L'effet de structure : L'effet de structure a contribué à réduire les émissions de GES (-4,8 Mt) sur la première sous-période.
- L'effet mix énergétique combustibles : Au sein des combustibles, l'évolution du mix énergétique a été favorable au gaz naturel, au détriment des produits pétroliers, ainsi qu'à la biomasse qui a vu sa part de marché presque doubler sur la période (de 5 % à presque 10 %). Les émissions ont donc baissé sous l'effet du changement de mix énergétique.
- L'effet technique-substitution : Sur l'ensemble de la période 1990-2013, l'effet technique calculé par différence entre la variation totale des émissions et l'impact de tous les effets précités, a eu une influence positive sur la réduction des émissions, évaluée à près de 11,6 éq. Mt CO2, soit 0,5 Mt par an en moyenne. Ce gain est assimilable à l'amélioration de l'efficacité énergétique et à la mise en place de techniques de dépollution. Pendant les années

1990, les prix des combustibles ont reculé en monnaie constante, alors qu'ils ont progressé fortement au cours des années 2000, ce qui a été de nature à favoriser l'efficacité énergétique. Par ailleurs, à partir de 2006, le dispositif des certificats d'économie d'énergie a contribué à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie.

7. La production d'électricité de 1960 à 2013

Les variables explicatives retenues ont été en particulier la quantité d'électricité produite et l'évolution du parc de production (répartition entre filières de production (thermique, nucléaire, énergies renouvelables) et efficacité énergétique).

La figure 6.19 ci-dessous synthétise les résultats obtenus.

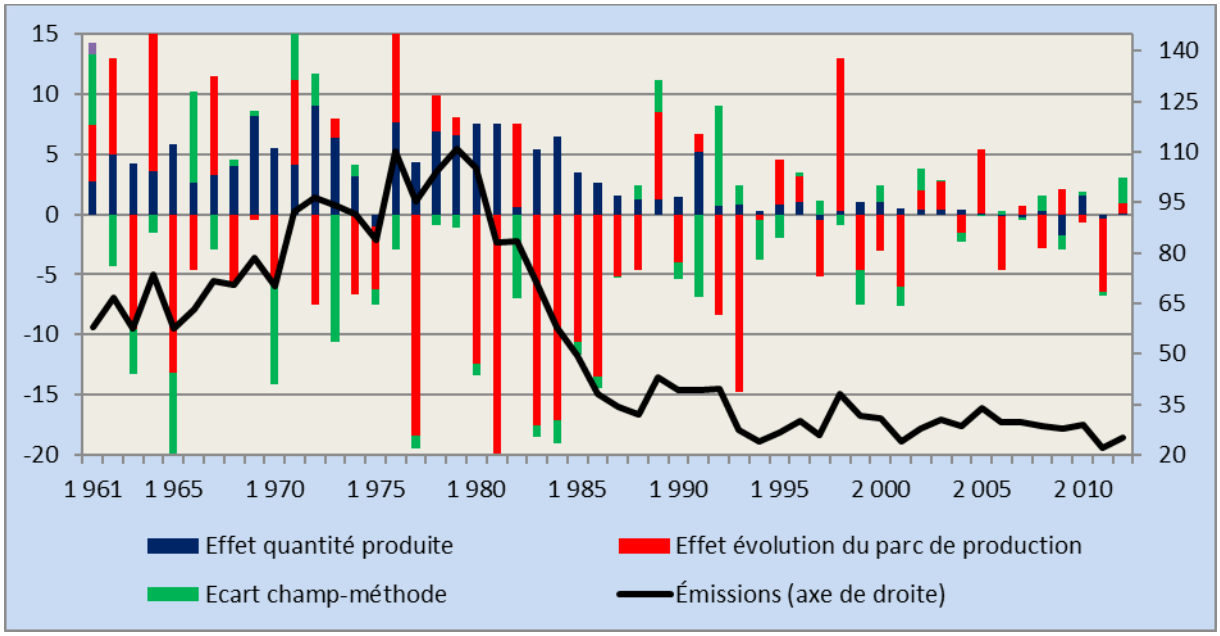


Figure 6.19 : décomposition par la méthode des effets de l'évolution inter-annuelle des émissions liées à la production d'électricité (en Mt eq. CO2) entre 1960 et 2013

L'évolution des émissions de gaz à effet de serre dans la production d'électricité entre 1960 et 2013 a connu trois phases bien différenciées :

- De 1960 à 1979 : forte augmentation des émissions de 79 Mt, tirée par l'évolution de la production électrique (+ 92 Mt), l'effet mix énergétique du parc étant quasi nul.
- De 1980 à 1988 : chute des émissions (- 79 Mt), en raison d'un effet important mix ou évolution du parc de production (- 101 Mt), traduisant la montée en puissance du programme nucléaire, et ce malgré un effet production important (+ 37 Mt).
- De 1989 à 2013 : stagnation des émissions, l'effet production (+ 15 Mt) étant compensé par l'effet évolution du parc de production.

CHAPITRE 7 : ANNEXE SUR L'UTILISATION DES TERRES, LE CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET LA FORESTERIE (UTCATF)

Introduction

La présente annexe, en tant que partie clairement identifiable de la SNBC, permet de répondre à l'obligation de la France au titre de l'article 10 de la décision 529/2013/EU du Parlement européen et du Conseil du 23 mai 2013, relative aux règles comptables concernant les émissions et les absorptions de gaz à effet de serre résultant des activités liées à l'utilisation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie et aux informations sur les actions liées à ces activités

Il décrit le contexte national pour le secteur UTCATF (Cf. partie 1), présente les données historiques de l'inventaire national de gaz à effet de serre soumis par la France au titre de la Convention Cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) et au titre du protocole de Kyoto (Cf partie 2). Il présente ensuite les résultats de projections (Cf. partie 3). Il donne ensuite les informations relatives aux leviers d'atténuation (Cf partie 4) et aux politiques et mesures en vigueur et envisagées dans le cadre de la SNBC (Cf. partie 5).

La Stratégie Bas Carbone a vocation à préciser les grandes orientations mais ne se substitue pas aux planifications sectorielles. Aussi, le scénario de référence (AMS2 run 2 dans la suite de cette annexe) pourra être amené à être révisé, en fonction notamment des objectifs adoptés dans le cadre de la Stratégie Nationale de Mobilisation de la Biomasse.

1. Circonstances nationales

La superficie de la France métropolitaine (550 000 km²) est la plus importante des pays de l'Union européenne (environ 13 % de la surface de l'Union européenne). Située entre l'Atlantique et la Méditerranée, entre les latitudes 41 °N à 51 °N, la France compte environ 3 200 km de côtes. Pays d'altitude moyenne, où les plaines et les collines occupent deux tiers du territoire, elle possède cependant deux barrières montagneuses, à l'est et au sud : les Alpes et les Pyrénées. Le Mont Blanc (4 810 m), point culminant de la France, se situe dans les Alpes, à la frontière avec l'Italie. Le Massif central, au centre du pays, joue un rôle de dispersion des eaux en quatre grands bassins principaux : la Seine au nord, la Loire au nord-ouest, le Rhône à l'est et la Garonne au sud-ouest.

Les paysages agricoles (cultivés et toujours en herbe) occupent 51 % de la surface métropolitaine. Les espaces dits naturels (sols boisés, landes, sols nus, zones humides et sous les eaux) en représentent 40 % et les sols artificialisés 9 % (sols bâtis, sols revêtus ou stabilisés, autres sols artificialisés).

1. 1 Agriculture

Le secteur agricole et agroalimentaire représente environ 3,2 % du PIB national (respectivement 1,6 % et 1,6 %) en 2011 et 5,6 % de l'emploi total en 2011 (respectivement 3,3 % et 2,3 %). Premier producteur agricole européen, la France est en deuxième position au niveau européen en termes de chiffres d'affaires des industries agro-alimentaires[69].

L'agriculture occupe, en 2010, 29,2 millions d'hectares sur les 55 millions du territoire métropolitain et 131 800 hectares de superficie agricole utilisée sur 8,5 millions d'hectares dans les départements d'outre-mer. On compte environ 515 000 exploitations agricoles réparties sur l'ensemble du territoire.

La superficie agricole utilisée (SAU) décroît régulièrement depuis 1950. Cette diminution bénéficie aux superficies boisées et au territoire non agricole qui augmentent respectivement de 75 et 51 milliers d'hectares par an, en moyenne, depuis 1950. Entre 1990 et 2010, la SAU a ainsi par exemple diminué en moyenne de 75 000 hectares par an (Cf. Tableau 1, ci-dessous).

La ventilation du territoire agricole entre terres arables (63 %), superficies toujours en herbe (33 %) et cultures permanentes (4 %) reste relativement stable ; mais il est important de noter que les surfaces toujours en herbe diminuent toutefois tendanciellement : elles représentaient ainsi 37,3 % de la SAU en 1990, contre seulement 33,3 % en 2010.

	1990	**2010**
Superficie agricole utilisée	30,6	29,1
- terres arables	17, 8	18,3
- superficies toujours en herbe	11,4	9, 7
- vignes, vergers, autres	1,4	1,1
Territoire agricole non cultivé	2,8	2,6
Peupleraies, bois et forêts	15,0	15,6
Territoire non agricole	6,5	7,6
Territoire métropolitain	54,9	54,9

Tableau 7.1 : Évolution de la surface agricole utile (en millions d'hectares) - Source : Agreste France – Mémento 2012

En 50 ans, l'agriculture française a connu, comme celles de ses voisins européens, une

69 Mémento statistique agricole Agreste décembre 2012

modernisation et des gains de productivité sans précédent. Aujourd'hui, le secteur agricole doit aussi répondre aux nouveaux enjeux de préservation de l'environnement, des ressources naturelles et de lutte contre le changement climatique. Le projet agro-écologique pour la France, ainsi que la mise en œuvre de la Politique agricole commune contribuent à promouvoir une agriculture plus durable conciliant performance économique et écologique.

1. 2 Forêt

La France est le deuxième pays forestier, en surface, de l'Europe des 28 (la Suède a 28 millions d'hectares (Mha) et la Finlande 23Mha) avec 10 % des forêts de l'Union européenne[70]. La forêt occupe près de 24,3 Mha : 16 Mha en métropole, soit 27 % du territoire métropolitain, et 8,3 millions d'hectares dans les départements d'outre-mer (Guadeloupe, Guyane, Martinique et Réunion, Mayotte). La Guyane est un département essentiellement forestier avec un taux de boisement de 95% et représente la quasi-totalité de la surface de forêt des départements d'outre-mer.

Les peuplements feuillus occupent 62 % de la surface des forêts françaises métropolitaines, les résineux 21 %, les 17 % restants étant des peuplements mixtes. Le secteur forestier emploie directement et indirectement environ 400 000 personnes le plus souvent en zones rurales.

La surface des forêts françaises métropolitaines s'est accrue fortement depuis la deuxième moitié du XIXe siècle. On estime que la surface boisée de la France était comprise entre 8,9 et 9,5 millions d'hectares en 1830, et de l'ordre de 10 Mha en 1900 et atteint 16 Mha en 2014[71]. Les sols boisés (forêts et surfaces boisées hors forêts, ces dernières représentant aujourd'hui de l'ordre de 2 Mha) se sont accrus d'environ 7 millions d'hectares depuis 1900. Entre 1980 et 2000, la progression annuelle était ainsi d'environ 68 000 hectares. Cette extension se fait principalement par colonisation naturelle de terres sans usage agricole.

La forêt métropolitaine privée représente 75 % et est très morcelée. Les 25% restant sont répartis entre les forêts domaniales (appartenant à l'État) pour 10%, et les forêts des collectivités territoriales pour 15 %. La forêt des départements d'outre-mer est quant à elle principalement domaniale.

Le volume sur pied de la forêt française est en forte augmentation, avec un accroissement biologique annuel brut d'environ 120 Mm3· (volume ligneux aérien total) sur la période 2004-2012, tandis que le prélèvement moyen annuel est estimé à environ 60 Mm3 aérien total, soit un taux de prélèvement d'environ 50 %[72]. Ce prélèvement inclut la récolte commercialisée et auto-consommée issue de forêt les pertes d'exploitation ainsi que le menu bois[1].

Le puits forestier français est l'un des plus importants de l'Union européenne.

Si on retient une approche basée sur le **rapportage réalisé par la France à la CCNUCC,** on trouve en 2013[73] :

- un puits pour les terres forestières d'environ 65,5 MteqCO2 (dont 58 MteqCO2 pour les forêts restant forêts et 7,5 MteqCO2 pour les terres devenant forêts)
- un puits d'environ 11 MteqCO2 pour les prairies
- un puits d'environ 2 MteqCO2 pour les zones humides
- une source d'environ 21 MteqCO2 pour les terres cultivées,
- une source d'environ 12,5 MteqCO2 pour les zones urbanisées

- et donc au total, pour l'ensemble des usages des terres (forestières ou non), correspondant donc

70 Agreste-2012
71 Agreste 2013, « La Forêt et les Industries du Bois »
72 IGN 2014
73 Inventaire CITEPA v2015 pour l'année 2013

au **bilan du secteur UTCATF, un puits s'élevant à environ 45 MteqCO2** (sans le carbone stocké dans les produits bois).

Dans le format de **comptabilisation du protocole de Kyoto**, en 2013, pour les seules terres forestières le **puits** (à nouveau sans le carbone stocké dans les produits bois) est **de l'ordre de 52 MteqCO2**[74] et se décompose en un puits de près de 54 MteCO2 au titre de la gestion forestière, un puits de 10 MteqCO2 concernant les terres boisées depuis 1990, et une source de 12 MteqCO2 correspondant aux terres boisées ayant été défrichées. Le puits dans les produits ligneux récoltés est, lui, estimé à 3,8 MteqCO2 en 2013.

Ces chiffres peuvent être mis en regard du **niveau de référence retenu pour la France au titre de son activité « Gestion Forestière », dans le cadre de la 2ème période du Protocole de Kyoto (2013-2020)**. Le bilan carbone de l'activité Gestion Forestière est en effet comparé à ce **niveau de référence projeté** : c'est la différence entre les émissions comptabilisées au titre de cette activité annuellement dans les inventaires, et les émissions de référence, qui permet d'obtenir le solde comptable des émissions (ou du puits, si ces émissions sont négatives) comptabilisées pour cette activité. Le niveau de référence projeté étant estimé par modélisation de la tendance des émissions et absorptions de l'activité « Gestion Forestière », en tenant compte de l'impact des politiques adoptées jusque mi-2009.

Le niveau de référence projeté pour la France en 2011, s'élevait à 63 MteqCO2 / an en moyenne sur 2013-2020 (67,4 MteqCO2 en incluant les produits bois récoltés). Mais ce calcul se **basait sur les données historiques françaises, qui ont été fortement révisées depuis** (suite à une correction technique réalisée par notre inventaire forestier national en 2011, entraînant largement à la baisse les estimations du puits forestier). Ainsi, pour tenir compte de ces nouveaux résultats, une correction technique de ce niveau de référence est en cours.

74 Inventaire CITEPA v2015 pour l'année 2013

2. Tendances des émissions et des absorptions passées

Les chiffres au format Kyoto sont donnés pour la France entière, c'est à dire métropole et territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE (Départements d'Outre-mer[75], DOM, et collectivités d'Outre- mer[76], COM).

Les chiffres au format CCNUCC sont donnés pour la France entière au périmètre Kyoto + les pays et territoires d'Outre-mer non inclus dans l'UE[77] (PTOM).

2.1 Format KYOTO

Bilan physique des émissions GES en Mt CO2éq					
Année	3.3 Total	3.3 Boisements et Reboisements	3.3 Déforestation	3.4 Gestion Forestière	HWP Produits bois
2008	8 401,65	-8 011,09	16 412,74	-65 530,38	11 283,40
2009	6 418,32	-8 590,56	15 008,89	-57 595,75	11 127,21
2010	4 115,97	-8 654,66	12 770,63	-48 389,93	10 956,24
2011	2 778,89	-9 095,03	11 873,91	-51 217,15	10 602,05
2012	2 319,78	-9 554,64	11 874,42	-57 767,75	10 047,56
2013	1 849,95	-10 032,31	11 882,26	-53 621,52	-3 843,21

Tableau 7.2 : Bilan des émissions et absorptions GES pour le secteur UTCF au format Kyoto selon les différentes activités comptabilisées (Inventaire v2015 pour l'année 2013)

Remarques :

- Du fait d'un changement de méthodologie, seule l'année 2013 présente un résultat représentatif du solde des émissions liées à l'évolution du compartiment des produits bois. En effet, pour les années 2008-2012 ne sont présentées que les émissions liées à la dégradation des produits bois, mais pas le puits correspondant à la fabrication de nouveaux produits. dans la mesure où la règle comptable dite d'« oxydation instantanée » a été utilisée au cours de cette période.
- Les activités « Gestion des prairies » et « Gestion des cultures » ne sont pas comptabilisées sur cette période.

75 DOM : Guadeloupe, Guyane, Martinique, Réunion
76 COM : Saint Barthélémy et Saint Martin
77 PTOM : Saint-Pierre et Miquelon, Wallis et Futuna, Polynésie française, Nouvelle-Calédonie, Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) et Ile de Clipperton + Mayotte jusqu'au 1er janvier 2014

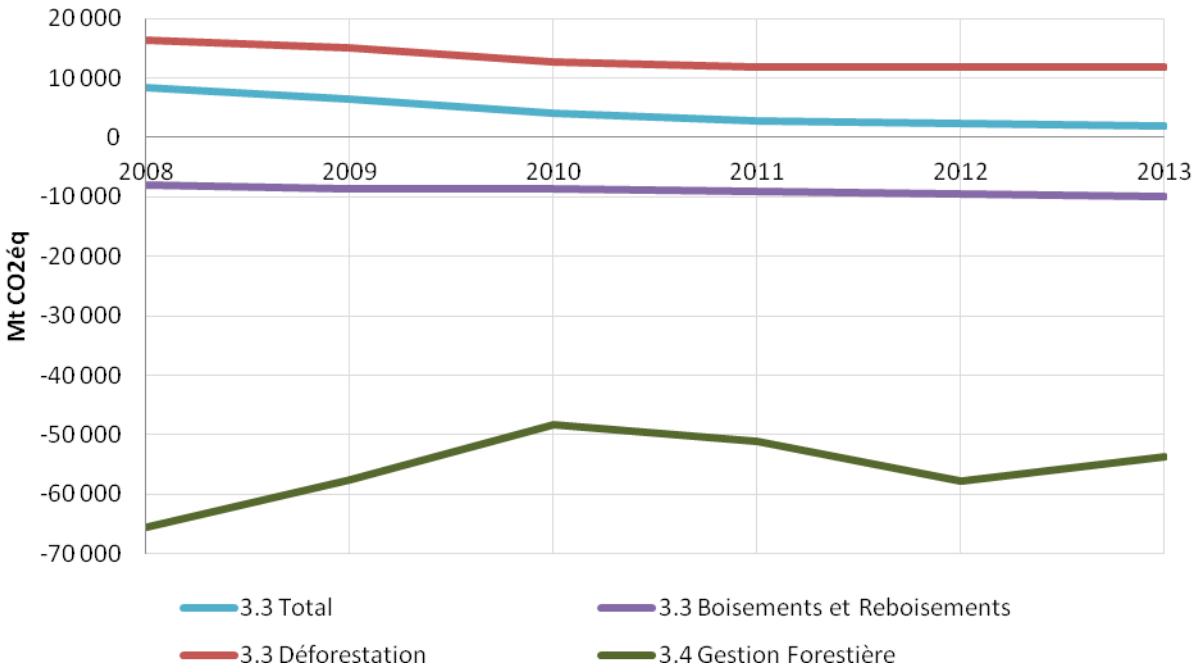


Figure 7.1 : Evolution des émissions / absorptions GES des activités du secteur UTCATF (format Kyoto, Inventaire v2015 pour l'année 2013)

2.2 Format CCNUCC

Secteur UTCATF									
An-née	**Forêts**	**Cultures**	**Prairies**	**Zones hu-mides**	**Zones ur-baines**	**Autres terres**	**Produits Bois**	**Autre (barrage du Petit-Saut)**	**Total**
1 990	-40 785,11	13 481,45	-8 649,23	-923,59	7 162,67	0,16	-7 810,20		-37 523,85
1 991	-39 683,94	14 384,92	-9 807,46	-1 084,62	7 515,20	0,16	-7 457,45		-36 133,18
1 992	-38 795,73	15 339,16	-10 906,03	-1 253,51	7 886,43	0,16	-4 534,52		-32 264,04
1 993	-45 309,86	16 339,40	-11 956,89	-1 430,28	8 276,41	0,16	-3 233,03		-37 314,10
1 994	-46 558,92	17 112,58	-12 528,27	-1 534,15	9 127,60	0,16	-3 912,82	3 473,67	-34 820,14
1 995	-47 110,76	17 687,64	-14 093,89	-1 779,59	9 326,12	0,16	-4 200,73	3 915,03	-36 256,03
1 996	-50 992,95	18 909,58	-14 367,85	-1 697,48	9 499,57	0,16	-3 754,53	3 056,94	-39 346,55
1 997	-50 720,82	19 491,18	-15 063,85	-1 859,98	10 519,95	0,16	-4 317,91	2 417,72	-39 533,55
1 998	-53 005,01	20 493,27	-16 001,72	-2 073,73	10 725,95	0,16	-4 892,23	1 938,46	-42 814,85
1 999	-56 732,65	21 443,20	-15 660,53	-2 076,50	12 328,51	0,16	-4 982,07	1 576,53	-44 103,35
2 000	-41 807,21	20 215,96	-16 622,92	-2 154,39	10 747,80	0,16	-5 216,07	1 301,07	-33 535,59

Secteur UTCATF									
Année	**Forêts**	**Cultures**	**Prairies**	**Zones humides**	**Zones urbaines**	**Autres terres**	**Produits Bois**	**Autre (barrage du Petit-Saut)**	**Total**
2 001	-50 219,14	20 443,37	-15 713,70	-2 005,51	11 107,76	0,16	-5 083,04	1 089,63	-40 380,47
2 002	-54 345,19	19 851,52	-15 061,00	-2 166,03	11 461,00	0,16	-3 853,29	925,90	-43 186,92
2 003	-58 466,96	19 337,26	-14 790,22	-2 185,78	11 210,46	0,16	-3 664,06	797,85	-47 761,28
2 004	-60 222,97	19 296,82	-13 303,44	-2 006,01	11 827,57	0,16	-4 047,16	696,82	-47 758,20
2 005	-63 037,27	19 534,45	-12 202,69	-1 890,31	12 525,76	0,16	-4 579,33	616,31	-49 032,92
2 006	-68 939,99	19 977,82	-11 176,76	-1 818,76	13 123,54	0,16	-4 618,70	551,54	-52 901,13
2 007	-70 323,17	20 536,58	-10 277,50	-1 808,35	13 524,11	0,16	-5 026,53	498,94	-52 875,76
2 008	-71 658,52	21 951,35	-10 704,11	-2 302,16	14 195,22	0,16	-3 658,45	455,90	-51 720,61
2 009	-66 123,36	21 511,36	-10 943,68	-2 282,32	13 958,51	0,16	-2 515,48	420,34	-45 974,47
2 010	-57 246,79	21 597,59	-11 268,44	-2 390,76	12 789,33	0,16	-3 254,41	390,78	-39 382,55
2 011	-60 500,57	21 033,73	-11 632,95	-2 244,71	12 990,92	0,16	-3 368,83	366,01	-43 356,23
2 012	-67 493,22	21 020,43	-11 312,24	-2 218,74	12 815,94	0,16	-1 937,86	345,17	-48 780,34
2 013	-65 596,10	20 961,38	-11 040,29	-2 185,17	12 618,84	0,16	-1 652,60	327,53	-46 566,24

Tableau 7.3 : Bilan des émissions et absorptions GES pour le secteur UTCATF au format CCNUCC selon les différents types de terres rapportés (Inventaire v2015 pour l'année 2013)

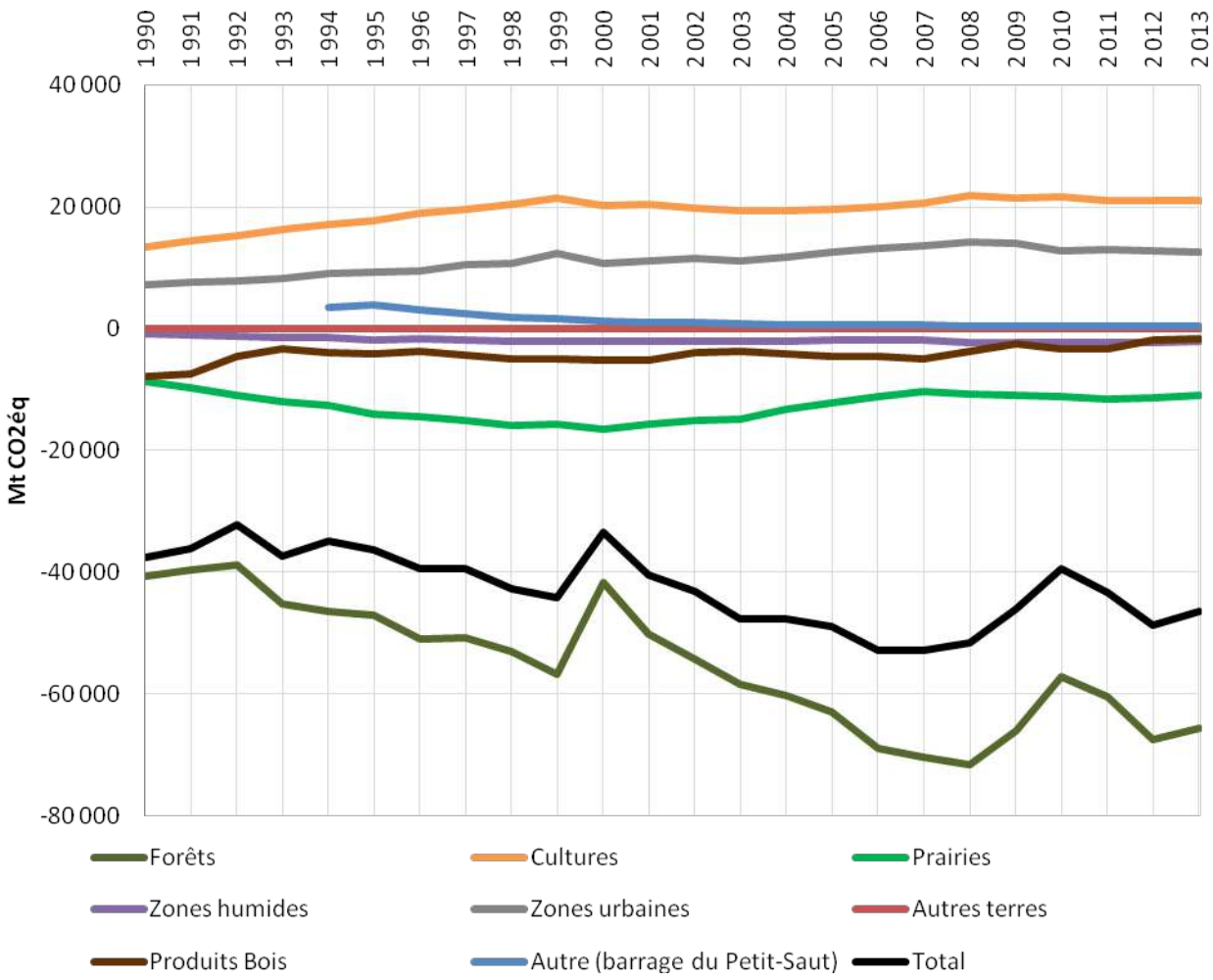


Figure 7.2 : Evolution des émissions / absorptions GES des différents types de terres et des produits bois de 1990 à 2013 (format CCNUCC, inventaire v2015 de 2013)

3. Projections des émissions et des absorptions pour la période comptable 2013-2020 et à l'horizon 2035.

Cette partie présente les résultats des scénarios prospectifs 2035 réalisés dans le cadre de l'élaboration de la présente stratégie nationale bas carbone.

Le scénario AME « avec mesures existantes » repose sur toutes les mesures effectivement adoptées ou exécutées avant le 1er janvier 2014, et suppose une augmentation modeste des prélèvements de bois forestier. Le scénario AMS2 « avec mesures supplémentaires 2 » (correspondant au scénario de référence décrit au chapitre 2 de la SNBC) comprend toutes les mesures permettant le respect des objectifs de la loi sur la transition énergétique et la croissance verte (LTECV). Il suppose une augmentation plus marquée de la récolte de bois forestier.

Toutefois, les prélèvements de bois forestier dans ces deux scénarios ne constituent que des hypothèses provisoires, qui seront amenées à être révisées. Des objectifs concernant ces prélèvements seront arrêtés dans le cadre de la Stratégie Nationale pour la Mobilisation de la Biomasse, prévue par la Loi pour la Transition Energétique et la Croissance Verte. De nouvelles projections pour le secteur UTCATF, sur la base de ces objectifs, pourront alors être réalisées – sachant qu'elles n'affecteront pas les budgets carbone, qui sont établis pour les secteurs

émetteurs mais hors UTCATF.

L'atteinte des objectifs nationaux en matière de développement des énergies renouvelables supposera quoi qu'il en soit une hausse massive des prélèvements de bois forestiers, si on considère que les importations nettes de biomasse ne pourront pas être démesurément accrues. Une relance ambitieuse des usages matériaux du bois (bois d'oeuvre, dans la construction notamment), dont le bois énergie est en majorité un coproduit, pourra donc être nécessaire.

Concernant les DOM, COM et PTOM[78], pour la réalisation des projections présentées, les tendances sont prolongées.

3.1 Format KYOTO

	AME Kyoto				AMS2_RUN2 Kyoto			
Année	3.3 Total	3.3 Boisements et Reboisements	3.3 Défores-tation	3.4 Gestion Forestière	3.3 Total	3.3 Boisements et Reboisements	3.3 Déforesta-tion	3.4 Gestion Fo-restière
2014	731,88	-8 426,04	9 157,92	-64 806,32	750,67	-8 407,25	9 157,92	-63 913,73
2015	743,39	-8 585,56	9 328,95	-66 119,68	790,46	-8 538,49	9 328,95	-64 402,28
2016	662,95	-8 821,69	9 484,64	-67 528,11	748,65	-8 735,99	9 484,64	-64 890,80
2017	577,43	-9 056,26	9 633,69	-68 803,56	709,84	-8 923,85	9 633,69	-65 182,12
2018	505,29	-9 309,57	9 814,86	-70 018,73	693,39	-9 121,47	9 814,86	-65 369,28
2019	284,59	-9 588,41	9 873,00	-71 232,92	538,20	-9 334,79	9 873,00	-65 507,94
2020	**226,28**	**-9 928,64**	**10 154,92**	**-73 178,97**	**548,06**	**-9 606,86**	**10 154,92**	**-66 323,01**
2021	36,80	-10 296,30	10 333,10	-74 874,30	442,17	-9 890,93	10 333,10	-66 865,81
2022	-108,42	-10 618,56	10 510,14	-75 818,14	386,51	-10 123,63	10 510,14	-66 619,13
2023	-200,64	-10 964,29	10 763,65	-76 770,24	382,49	-10 381,16	10 763,65	-66 351,87
2024	-444,89	-11 330,88	10 885,99	-77 725,67	248,08	-10 637,90	10 885,99	-66 077,81
2025	-784,66	-11 671,15	10 886,49	-78 603,91	44,00	-10 842,49	10 886,49	-65 737,40
2026	-1 303,43	-12 088,88	10 785,45	-79 471,26	-309,48	-11 094,93	10 785,45	-65 418,80
2027	-1 872,35	-12 479,11	10 606,76	-80 304,59	-681,03	-11 287,80	10 606,76	-65 062,36
2028	-2 494,23	-12 906,27	10 412,05	-81 123,99	-1 142,86	-11 554,91	10 412,05	-64 685,97
2029	-3 057,25	-13 364,78	10 307,53	-82 007,25	-1 539,46	-11 846,99	10 307,53	-64 346,82
2030	-3 433,91	-13 818,68	10 384,77	-82 844,31	-1 761,06	-12 145,82	10 384,77	-63 972,74
2031	-3 904,23	-14 289,69	10 385,46	-83 643,55	-1 406,08	-11 791,54	10 385,46	-59 144,77
2032	-4 385,09	-14 770,54	10 385,46	-84 428,67	-1 607,61	-11 993,07	10 385,46	-58 258,24
2033	-4 873,82	-15 259,27	10 385,46	-85 199,08	-1 801,95	-12 187,40	10 385,46	-57 354,67
2034	-5 225,32	-15 610,78	10 385,46	-84 587,66	-1 862,34	-12 247,80	10 385,46	-55 255,94
2035	-5 725,10	-16 110,55	10 385,46	-85 337,66	-2 054,93	-12 440,39	10 385,46	-54 496,98

Tableau 7.4 : Bilan des émissions et absorptions GES projetées pour le secteur UTCF au format Kyoto selon les différentes activités comptabilisées (Scénarios prospectifs 2035 CITEPA)

78 Départements d'Outre-mer, Collectivités d'Outre-mer, et Pays et Territoires d'Outre-mer

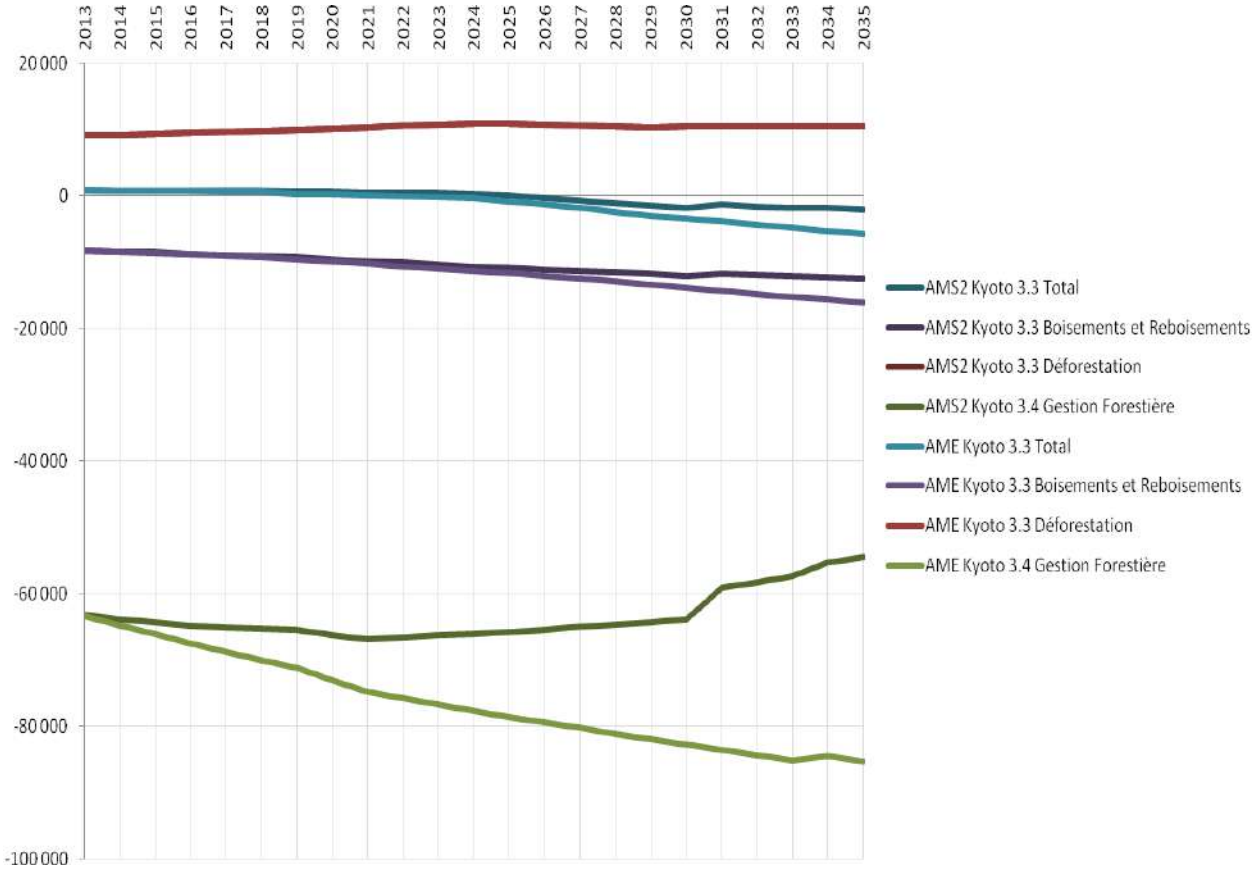


Figure 7.3 : Evolution des émissions / absorptions GES projetés des activités du secteur UTCF (format Kyoto, Scénarios prospectifs 2035 - Citepa) version 1

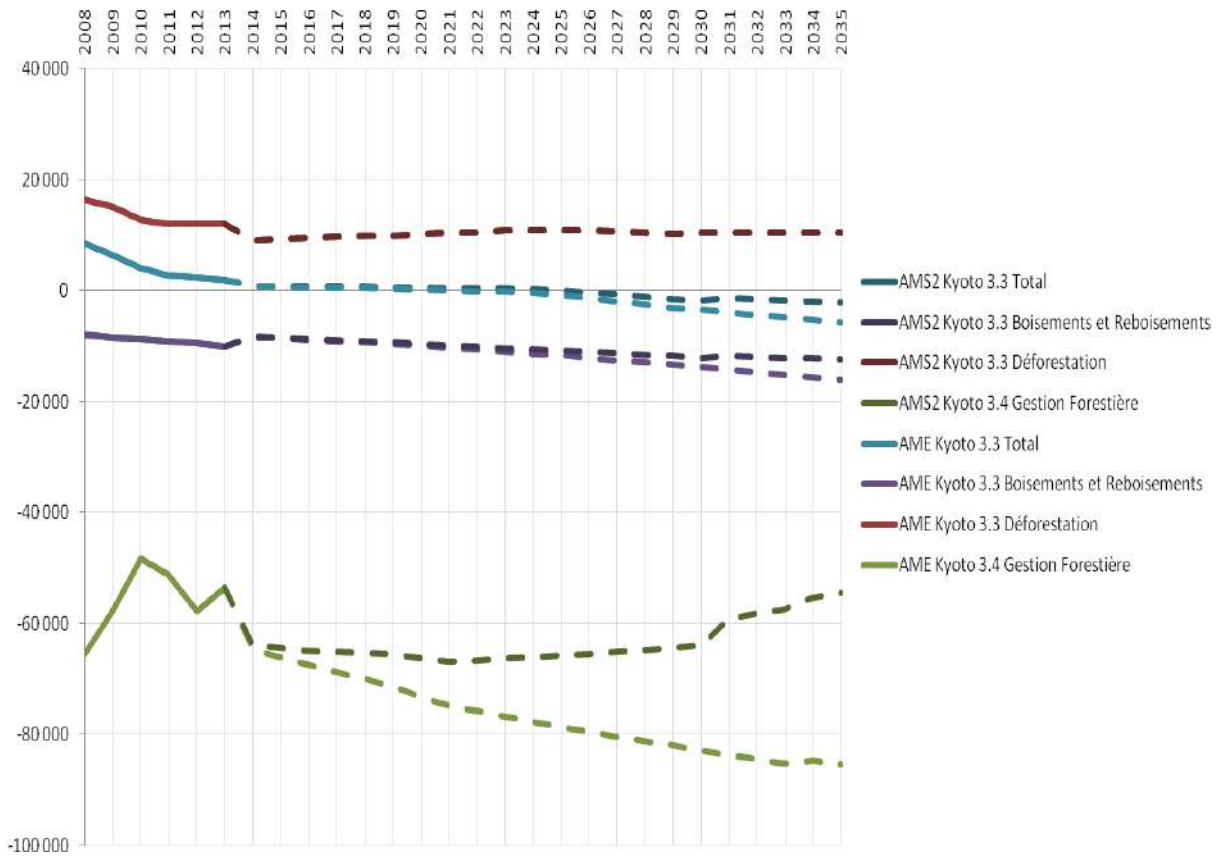


Figure 7.4 : Evolution des émissions / absorptions GES projetés des activités du secteur UTCF (format Kyoto, Scénarios prospectifs 2035 - Citepa) version 2 (traits en continu : inventaire 2013 v2015, format Kyoto ; traits discontinus : projection)

3.2 Format CCNUCC

AME CCNUCC									
	Forest Land	Cropland	Grassland	Wetlands	Settle-ments	Other lands	HWP[79]	Other	Total
2014	-72 429,90	19 675,01	-10 479,58	-2 588,82	11 207,73	0,00	-1 598,39	0,00	-56 213,95
2015	-73 902,78	19 673,39	-10 245,45	-2 588,82	11 329,88	0,00	-1 673,22	0,00	-57 407,00
2016	-75 547,34	19 633,70	-10 043,30	-2 588,82	11 458,17	0,00	-1 699,80	0,00	-58 787,39
2017	-77 057,35	19 675,45	-9 913,16	-2 588,82	11 556,54	0,00	-1 739,74	0,00	-60 067,07
2018	-78 525,83	19 703,18	-9 804,03	-2 588,82	11 715,33	0,00	-1 775,94	0,00	-61 276,11
2019	-80 018,87	20 013,15	-9 857,47	-2 588,82	11 729,68	0,00	-1 798,32	0,00	-62 520,65
2020	**-82 305,14**	**20 238,50**	**-9 979,60**	**-2 588,82**	**11 967,88**	**0,00**	**-1 809,36**	**0,00**	**-64 476,54**

79 Harwested Wood Product = produits ligneux récoltés

AME CCNUCC									
	Forest Land	Cropland	Grassland	Wetlands	Settle-ments	Other lands	HWP	Other	Total
2021	-84 368,13	20 874,92	-9 956,36	-2 588,82	12 120,38	0,00	-1 819,19	0,00	-65 737,21
2022	-85 634,23	21 397,24	-9 989,16	-2 588,82	12 288,36	0,00	-1 824,60	0,00	-66 351,21
2023	-86 932,07	22 078,37	-9 967,62	-2 588,82	12 326,97	0,00	-1 829,61	0,00	-66 912,78
2024	-88 254,09	22 572,49	-9 861,42	-2 588,82	12 312,98	0,00	-1 830,61	0,00	-67 649,46
2025	-89 472,60	22 934,19	-9 665,58	-2 588,82	12 254,97	0,00	-1 831,12	0,00	-68 368,96
2026	-90 757,68	22 960,87	-9 422,83	-2 588,82	12 173,18	0,00	-1 834,90	0,00	-69 470,17
2027	-91 981,24	22 592,56	-9 154,32	-2 588,82	12 082,98	0,00	-1 827,35	0,00	-70 876,19
2028	-93 227,80	21 903,68	-9 154,00	-2 588,82	11 983,27	0,00	-1 828,31	0,00	-72 911,97
2029	-94 569,57	21 808,60	-9 222,51	-2 588,82	12 006,71	0,00	-1 815,65	0,00	-74 381,25
2030	-95 860,53	21 825,27	-9 363,03	-2 588,82	12 157,62	0,00	-1 805,53	0,00	-75 635,02
2031	-97 130,77	21 617,40	-9 368,56	-2 588,82	12 288,00	0,00	-1 790,66	0,00	-76 973,41
2032	-98 396,76	21 270,59	-9 387,50	-2 588,82	12 418,69	0,00	-1 773,38	0,00	-78 457,18
2033	-99 655,89	21 112,83	-9 376,42	-2 588,82	12 549,67	0,00	-1 753,88	0,00	-79 712,50
2034	-99 395,98	21 315,27	-9 386,79	-2 588,82	12 549,67	0,00	-1 732,52	0,00	-79 239,17
2035	-100 645,75	21 516,98	-9 397,40	-2 588,82	12 549,67	0,00	-1 709,65	0,00	-80 274,97

Tableau 7.5 : Bilan des émissions et absorptions GES projetées pour le secteur UTCF au format CCNUCC selon les différents types de terres rapportés (Scénarios prospectifs 2035 CITEPA - AME)

AMS2_run2 CCNUCC									
	Forest Land	Cropland	Grassland	Wetlands	Settle-ments	Other lands	Harvested Wood Products	Other	Total
2014	-71 518,51	18 646,50	-10 489,77	-2 588,82	11 129,54	0,00	-1 699,40	0,00	-56 520,46
2015	-72 138,30	18 067,34	-10 264,74	-2 588,82	11 173,49	0,00	-1 866,52	0,00	-57 617,55
2016	-72 824,33	17 788,48	-10 365,88	-2 588,82	11 204,82	0,00	-1 993,39	0,00	-58 779,12
2017	-73 303,51	17 585,78	-10 539,22	-2 588,82	11 187,47	0,00	-2 134,46	0,00	-59 792,75
2018	-73 688,29	17 363,68	-10 733,86	-2 588,82	11 211,76	0,00	-2 267,15	0,00	-60 702,68
2019	-74	17 418,03	-11	-2 588,82	11 072,85	0,00	-2 382,24	0,00	-61

	AMS2_run2 CCNUCC								
	Forest Land	Cropland	Grassland	Wetlands	Settle-ments	Other lands	Harvested Wood Products	Other	Total
	040,27		091,13						611,58
2020	**-75 127,41**	**17 383,50**	**-11 517,55**	**-2 588,82**	**11 139,02**	**0,00**	**-2 484,70**	**0,00**	**-63 195,95**
2021	-75 954,27	17 802,94	-11 798,33	-2 588,82	11 091,35	0,00	-2 585,62	0,00	-64 032,75
2022	-75 940,30	18 101,15	-12 135,43	-2 588,82	11 030,99	0,00	-2 682,26	0,00	-64 214,66
2023	-75 930,57	18 548,77	-12 418,23	-2 588,82	10 813,12	0,00	-2 778,34	0,00	-64 354,06
2024	-75 913,25	18 801,62	-12 616,35	-2 588,82	10 514,50	0,00	-2 869,79	0,00	-64 672,09
2025	-75 777,43	18 913,23	-12 724,72	-2 588,82	10 143,72	0,00	-2 959,93	0,00	-64 993,95
2026	-75 711,26	18 735,43	-12 786,37	-2 588,82	9 736,64	0,00	-3 052,80	0,00	-65 667,18
2027	-75 547,69	18 163,31	-12 823,34	-2 588,82	9 308,64	0,00	-3 131,81	0,00	-66 619,71
2028	-75 438,42	17 269,80	-13 129,23	-2 588,82	8 858,62	0,00	-3 219,34	0,00	-68 247,39
2029	-75 391,34	16 961,58	-13 504,00	-2 588,82	8 519,24	0,00	-3 289,25	0,00	-69 292,60
2030	-75 316,11	16 763,99	-13 951,41	-2 588,82	8 294,81	0,00	-3 360,41	0,00	-70 157,94
2031	-70 133,85	16 370,89	-14 263,98	-2 588,82	8 046,74	0,00	-3 285,57	0,00	-65 854,60
2032	-69 448,84	16 070,19	-14 551,82	-2 588,82	7 795,83	0,00	-3 337,24	0,00	-66 060,70
2033	-68 739,61	15 873,14	-14 822,63	-2 588,82	7 542,10	0,00	-3 385,24	0,00	-66 121,06
2034	-66 701,27	16 427,22	-15 103,42	-2 588,82	7 232,45	0,00	-3 405,21	0,00	-64 139,05
2035	-66 134,90	16 981,17	-15 383,85	-2 588,82	6 919,67	0,00	-3 431,88	0,00	-63 638,61

Tableau 7.6 : Bilan des émissions et absorptions GES projetées pour le secteur UTCF au format CCNUCC selon les différents types de terres rapportés (Scénarios prospectifs 2035 CITEPA – AMS2_run2)

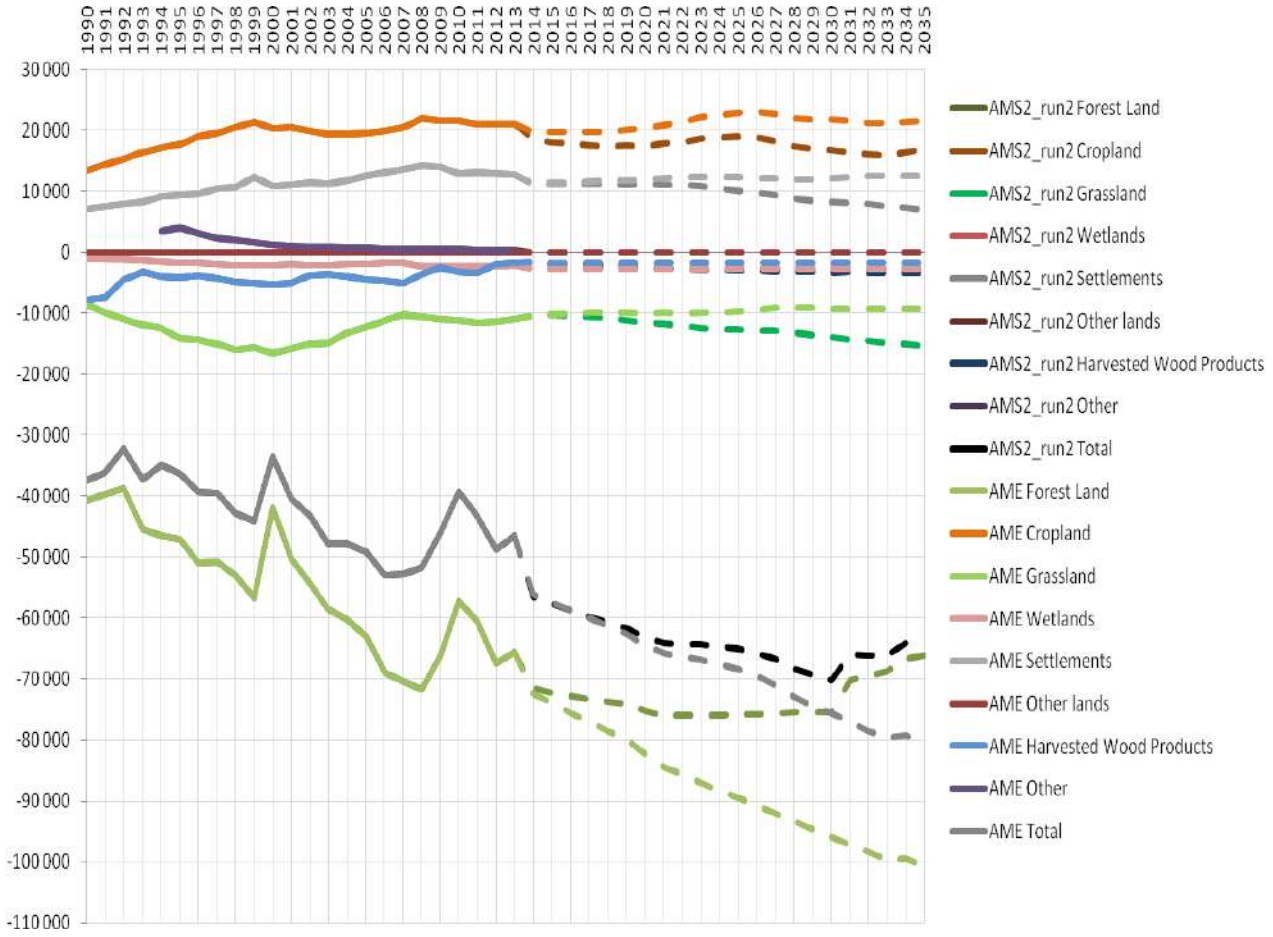


Figure 7.5 : Evolution des émissions / absorptions GES projetés des activités du secteur UTCF (format CCNUCC, Scénarios prospectifs 2035 - Citepa) version 2 (traits en continu : inventaire 2013 v2015, format Kyoto ; traits discontinus : projections)

4. Analyse du potentiel de limitation ou de réduction des émissions et de maintien ou de renforcement des absorptions et mesures adéquates.

4.1. Sols agricoles

Plusieurs pratiques permettant de stocker du carbone dans le sol et la biomasse ont été identifiées par la littérature :

- optimiser la gestion des prairies pour favoriser le stockage de carbone (maintien des prairies permanentes et amélioration de la productivité des prairies les moins productives)
- freiner l'artificialisation des terres
- développer les systèmes agroforestiers (arbres intra-parcellaires, alignement d'arbres et haies en périphérie des parcelles agricoles) ;
- promouvoir les systèmes de production agroécologique reposant sur : la couverture des sols (cultures intermédiaires ; cultures intercalaires et bandes enherbées), le travail simplifié du sol, des rotations plus longues.
- poursuivre les efforts pour une valorisation de l'herbe et des systèmes d'élevage herbagers
- développer la production de matériaux et d'énergie à partir de ressources biosourcées, en substitution à des énergies et à des matériaux responsables d'importantes émissions de gaz à

effet de serre.

L'exercice de scénarisation AMS2, fondé sur la mise en œuvre renforcée du projet agro-écologique, met en œuvre notamment ces différents leviers à l'horizon 2035 :

- préservation des prairies permanentes ; Objectif indicatif : limitation de la perte à 490 000 ha de prairies permanentes entre 2010 et 2035
- développement de l'agroforesterie, des haies, et des autres infrastructures agro-écologiques ; Objectifs indicatifs : un total de 700 000 ha de haies et 120 000 ha d'agroforesterie intra-parcellaire en 2035
- couverture des sols et augmentation du taux de matière organique dans les sols ; Objectif indicatif : Cultures Intermédiaires Pièges A Nitrates (CIPAN) sur 80 % des cultures de printemps en 2035
- frein à l'artificialisation des terres ;

Les cumuls d'une mise en œuvre cohérente à l'échelle du territoire des leviers et de la réduction de l'artificialisation des terres tels que simulés dans le scénario prospectif AMS2 mènent à une inversion de la tendance concernant les émissions de CO2 des sols agricoles passant, sur un format CNUCC, d'une source nette de 9.9 à 3.6 MtCO2 entre 2013 et 2035 sur AMS2run2

Enfin, en matière de substitution la production de biomasse additionnelle permettra de générer un effet de substitution, matériau et énergie.

4.2. Forêt-bois

La filière forêt-bois française contribue à la réduction des émissions de GES, au stockage du carbone et au respect des engagements internationaux à travers l'ensemble des leviers suivants :

- 1) la substitution, dans l'économie, du matériau bois aux matériaux énergivores tels que l'aluminium, l'acier, le ciment et les plastiques issus de la pétrochimie ;
- 2) la valorisation énergétique de la biomasse forestière et des produits connexes issus de la transformation du bois, ainsi que des produits bois en fin de vie, qui viennent en substitution aux combustibles fossiles ;
- 3) le stockage de carbone dans les produits bois ou ceux à base de bois ;
- 4) la séquestration de carbone dans l'écosystème forestier grâce à la photosynthèse (sol, litière, biomasse aérienne et souterraine).

Il est ainsi important d'aborder le potentiel d'atténuation de la filière forêt-bois sous un angle large, intégrant l'**ensemble des flux de GES** qui lui sont associés, et ce dans une optique de long terme.

Le rapport du CGAAER d'octobre 2014 sur les contributions de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique précise bien l'importance de ces 4 leviers et en particulier des 2 leviers de substitution.

Les effets de stockage de carbone doivent également être pris en considération – stockage dans la biomasse, aérienne et souterraine ; ainsi que dans les sols, qui représentent un compartiment très important ; et ce en tenant compte le cas échéant d'éventuels risques de déstockage. Il s'agit de la fonction de « puits de carbone » que joue actuellement la forêt française, dont le volume sur pied s'accroît rapidement (du fait de prélèvements de bois correspondant à la moitié seulement de l'accroissement biologique net de la mortalité et de la jeunesse des peuplements existants issus des reboisements financés par le Fonds Forestier National -FFN- ainsi que des accrus forestiers sur les espaces de déprises agricoles).

Mais dans une approche tenant compte du long terme, les effets de substitution (substitution énergie et substitution matériau) doivent également être développés. En effet les réductions d'émissions ainsi permises seront indispensables sur le moyen et le long terme à notre transition vers une économie bas carbone (et biosourcée). Le volume de carbone stocké dans la biomasse

et dans les sols ne pourra pas continuer à augmenter indéfiniment (il se stabilise déjà dans un certain nombre de pays de l'UE par exemple) ; par ailleurs l'augmentation de ces stocks entraîne également une augmentation du risque de déstockage, en particulier dans la mesure où le changement climatique pourrait avoir pour effet de déstabiliser fortement les écosystèmes (attaques d'insectes, arbres renversés par les tempêtes, incendie de forêt, ...). Il est donc primordial de développer le potentiel des effets de substitution.

Par ailleurs, pour réduire les risques de destockage de carbone par les écosystèmes forestiers, il est important de dynamiser la gestion des forêts qui ne sont actuellement pas ou peu gérées – et notamment des taillis moyennement riches, des friches provenant des espaces de déprise agricole, des peuplements dépérissants ou encore des parcelles surcapitalisées. Quand la potentialité des écosystèmes le permet, la conversion de taillis en taillis sous futaie ou en futaie permet à la fois une augmentation de la part du bois d'œuvre dans les récoltes de bois, mais aussi une augmentation de la productivité des forêts et donc une augmentation de la séquestration des gaz à effet de serre (GES). Il en est de même lorsque l'on peut valoriser les friches issues de déprise agricole, avec l'introduction par reboisement d'essences plus productives, et mieux adaptées au changement climatique.

Les effets de substitution doivent ainsi être mis en avant, et en premier lieu sur le long terme ceux permis par le développement des débouchés du bois-matériau :

- i) il s'agit de la valorisation permettant d'optimiser l'utilisation du bois – en matière de valeur ajoutée, d'emplois générés, mais aussi de réduction d'émissions de gaz à effet de serre (les effets de substitution matériau étant supérieurs aux effets de substitution énergie) ;
- ii) la vente de bois de qualité Bois d'Oeuvre (ou « BO » : de qualité suffisante pour avoir un débouché matériau) est le principal levier économique pour dynamiser la gestion sylvicole ;
- iii) le développement du BO suppose une augmentation des travaux sylvicoles de type éclaircies, balivages, permettant de produire en plus de bois de bonne qualité, du bois de qualité inférieure, valorisable dans les filières Bois Industrie (BI) (panneaux, pâte, fibres...) et bois énergie (BE) ; des bois de moindre qualité (houppiers, branches...) sont également récoltés conjointement avec les tiges de qualité bois d'œuvre ;
- iv) enfin la transformation du bois d'œuvre génère des produits connexes, valorisables en BI ou BE ; et les produits bois eux-mêmes, après avoir été réutilisés et/ou recyclés, peuvent en fin de vie être valorisés pour la production d'énergie (c'est l'utilisation du bois « en cascade », dans le respect de la hiérarchie des usages).

Ainsi, le développement du BO permet de « tirer » l'ensemble de la filière forêt-bois.

5. Politiques et mesures en vigueur et prévues ainsi que leurs impacts

5.1 . Sols agricoles

5.1.1. Les politiques et mesures mises en œuvre et programmées

La mise en œuvre du projet agro-écologique et des plans afférents permet d'actionner de nombreux leviers en faveur de la réduction des émissions de GES et du stockage de carbone dans les sols agricoles.

La réforme de la PAC 2014-2020 a par ailleurs permis une prise en compte renforcée des enjeux liés au changement climatique et à la réduction des émissions de GES, par le verdissement du premier pilier d'un part, et par le renforcement du second pilier d'autre part. La régionalisation du second pilier offre par ailleurs des marges de manœuvre territoriales pour la mise en place de leviers adaptés aux enjeux locaux.

a) Dispositions de déclinaison nationale de la PAC

- La conditionnalité de la PAC et la mise en oeuvre des bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE), concernant de façon transversale les soutiens directs et le développement rural :
  - BCAE I (bandes tampons)
  - BCAE IV (couverture des sols)
  - BCAE VI non brûlage des résidus de cultures,
  - BCAE VII maintien des particularités topographiques (haies..)

- Le verdissement de la PAC
  - maintien des prairies permanentes ;
  - diversification des assolements ;
  - surfaces d'intérêt écologique.

- Le développement rural :
  - Mesures agroenvironnementales et climatiques (MAEC)
    - MAEC Systèmes:
    - MAEC maintien de pratiques pour les systèmes herbagers extensifs/limitation intensification et retour de la matière organique au sol ;
    - MAEC de maintien et de changement de pratique pour les systèmes de polyculture-élevage/limitation des intrants ;
    - MAEC de changement de pratique pour les systèmes en grandes cultures/amélioration de la capacité de stockage de carbone dans les sols.
  - Mesure agroforesterie ;
  - Plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles avec le financement d'investissements matériels, par exemple dédiés aux techniques culturales simplifiées.

b) Plans nationaux mis en œuvre dans le cadre du projet agro-écologique

Les plans nationaux cités ci-dessous s'appuient principalement sur les financements européens prévus pour le 1er et 2ème pilier de la PAC.

- Projet agroécologique (diversification des assolements, agroforesterie, travail du sol, diminution de la fertilisation minérale, etc)
- Programme ambition bio, soutien à l'agriculture biologique (impact direct UTCF limité, mais atténuation des émissions globales du secteur agricole)
- Plan protéines végétales, développement des cultures des plantes riches en protéines végétales (impact direct UTCF limité, mais atténuation des émissions globales du secteur agricole)

c) Autres réglementations - législations

- Dispositions pour maîtrise de l'artificialisation des sols (lois ALUR et LAAF) : préservation des sols agricoles et du potentiel de stockage de carbone
- Plan de développement de l'agroforesterie

5.1.2. Les politiques à développer/renforcer

Ces politiques récentes ont pour horizon 2020, et il est nécessaire d'aller plus loin pour atteindre les objectifs fixés à l'horizon 2050 en poussant plus loin les curseurs(dans les négociations sur la future PAC notamment, et via une mise en œuvre renforcée du projet agro-écologique), en investissant toujours plus dans l'innovation, la formation, l'information, en améliorant la cohérence

des différentes politiques publiques, et en expérimentant des voies originales pour tous les acteurs (Etat, collectivités, acteurs professionnels, ONG).

Il faut également favoriser les innovations techniques (agro-équipement, agriculture de précision) mais aussi organisationnelles, institutionnelles, en termes d'instruments via des expérimentations locales et de l'échange de bonnes pratiques.

Des avancées stratégiques sont attendues en provenance du monde de la recherche pour développer des outils économiques permettant :

- de rendre compte et de valoriser les services environnementaux et sociaux rendus par l'agriculture,
- de mieux prendre en compte le contenu carbone des productions agricoles (par des analyses de cycle de vie, notamment),
- de répondre à la complexité de la mesure des émissions (compte tenu des nombreux phénomènes biologiques et culturaux en jeu),
- et de satisfaire les besoins en inventaires et en systèmes de suivi adaptés.

Une attention particulière devra être portée à la préservation et l'accroissement du carbone des sols, dans le sens de l'initiative « 4 pour 1000 : les sols pour la sécurité alimentaire et le climat » engagée par le ministre de l'agriculture en vue de la COP 21 de décembre 2015 et qui comprend 2 volets : un programme international de recherche et de coopération scientifique et une alliance d'acteurs s'engageant en ce sens.

Le besoin en formation et en conseils techniques adaptés est important pour faciliter la détection, la capitalisation, le déploiement et la diffusion des pratiques et techniques agricoles innovantes. L'enseignement agricole devra permettre d'intégrer ces préoccupations dès la formation initiale, ainsi que dans les projets d'installation des agriculteurs.

Enfin, l'organisation des filières amont et aval autour des exploitations pourrait permettre de réduire les coûts d'abattement.

5.2 Forêt-Bois

Pour rappel, les leviers d'atténuation dans le secteur UTCATF, évoqués ci-dessus en partie 4, sont les suivants :

- Levier 1. la substitution, dans l'économie, du bois aux matériaux énergivores tels que l'aluminium, l'acier, le ciment et les plastiques issus de la pétrochimie ;
- Levier 2. la valorisation énergétique de la biomasse forestière et des produits connexes issus de la transformation du bois, ainsi que des produits bois en fin de vie, qui viennent en substitution aux combustibles fossiles.
- Levier 3. le stockage de carbone dans les produits bois ;
- Levier 4. la séquestration de carbone dans l'écosystème forestier grâce à la photosynthèse (sol, litière, biomasse aérienne et souterraine).

5.2.1. Les politiques et mesures mises en œuvre et programmées

La plupart des politiques et mesures mises en œuvre et programmées pour la filière forêt-bois ont des effets combinés sur plusieurs leviers.

- **Loi de finances rectificative (LFR) pour 2013 :**
  - la prorogation et la rénovation du dispositif d'encouragement fiscal à l'investissement en forêt (DEFI) incitant les propriétaires forestiers à s'inscrire dans une démarche de gestion durable de leur forêt, y compris à se regrouper dans des organisations de

producteurs du fait d'un taux de crédit d'impôt supérieur. L'objectif vise à améliorer la gestion forestière permettant de multiples bénéfices notamment une réduction de la sur-capilatisation de certaines forêts, une meilleure résilience au risque de tempête, mais aussi une plus grande mobilisation de bois.

- la création du compte d'investissement forestier et d'assurance (CIFA) incitant les propriétaires forestiers à s'assurer contre le risque de tempête et à constituer une épargne pour financer les travaux de prévention et, le cas échéant, de nettoyage et de reconstitution des peuplements endommagés. L'objectif vise à améliorer la résilience au changement climatique et donc maintenir la séquestration en forêt ;
- l'instauration d'une majoration des taux d'amortissements dégressifs pour les matériels de production, de sciage et de valorisation des produits des entreprises de première transformation du bois, acquis ou fabriqués entre le 13 novembre 2013 et le 31 décembre 2016. l'objectif vise à développer les filières de transformation au niveau national et donc favoriser prioritairement la substitution matériau, voire énergétique, via les connexes et déchets notamment.

- **Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (LAAAF) publiée le 14 octobre 2014:**
  - la reconnaissance d'intérêt général du stockage de CO2 par la forêt et les produits bois ;
  - la création du Fonds Stratégique de la Forêt et du Bois (FSFB) pour le financement de la politique forestière. Tous les leviers sont concernés dans la mesure où le fonds pourra financer diverses actions dans le cadre de la multifonctionnalité de la forêt ;
  - la création des Groupements d'intérêt économique et environnemental forestier (GIEEF) pour dynamiser la gestion durable en forêt privée au niveau d'un territoire cohérent et permettre le regroupement des propriétaires forestiers pour favoriser la mobilisation des bois ;
  - le Programme national de la forêt et du bois qui sera décliné en région par les Programmes régionaux de la forêt et du bois. Ces programmes définissent la politique forestière nationale et sa déclinaison régionale pour les 10 prochaines années ; ils concernent tous les leviers d'atténuation.

- **Plan National Action pour l'avenir des industries de transformation du bois (PNAA)** repris et complété par le Contrat Stratégique de la Filière Bois (Cf. infra) dont l'objectif est de conforter l'activité des entreprises de transformation de la filière. Il s'articule autour de quatre axes stratégiques :
  - l'affirmation d'une nouvelle dynamique de filière,
  - la prise en compte des enjeux de financement pour développer une offre compétitive,
  - la mobilisation de leviers immédiats et structurants,
  - l'engagement rapide de changements structurels dans la filière au service de la compétitivité,

- **Plan « Industries du bois », l'un des 34 plans de la Nouvelle France Industrielle lancé en septembre 2014 par le Président de la République, et intégré le 18 05 2015 par le Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique, E. MACRON, à l'axe "ville durable" d'INDUSTRIE DU FUTUR.** Ce plan vise à promouvoir l'utilisation du bois dans la construction d'immeubles de grande hauteur en bois et dans leur aménagement intérieur dans des immeubles de grande hauteur en bois ;

- **Nouveau Plan d'Actions Techniques Bois Construction** avec notamment des mesures pour favoriser la formation des professionnels, la réhabilitation des bâtiments (isolation thermique et agrandissement) et la valorisation de la ressource en bois feuillus dans la construction ;

- **Plan National Matériaux de Construction Bio-sourcés** dont l'objectif est de soutenir les filières des matériaux de construction biosourcés (hors bois d'œuvre) ;
- **Fonds chaleur :** le doublement du fonds chaleur s'accompagne d'une allocation de moyens dédiés à une plus grande mobilisation du bois (30 M€). Au-delà de cette enveloppe de crédits dédiée à l'amont forestier, le fonds chaleur lui-même, en finançant des installations de production de chaleur à partir de biomasse, soutient la demande en bois, permet de générer des effets de substitution énergie, et contribue à dynamiser l'ensemble de la filière ;
- **Plan National d'adaptation au changement climatique (PNACC)** : bien que centré sur l'adaptation, ce plan comporte des mesures ayant un effet direct sur l'atténuation du changement climatique comme par exemple : les mesures de l'action 3 « Favoriser la capacité d'adaptation des peuplements forestiers et préparer la filière bois au changement climatique » : mesures 3.1, 3.2, 3.3 ;
- **Contrat stratégique de la filière bois (CSF Bois) signé le 16 décembre 2014,** qui reprend et complète les mesures du Plan National d'Action pour l'Avenir des industries de transformation du bois (PNAA) et dont l'objectif est de proposer des mesures qui contribueront au développement industriel de la filière bois. Ces mesures devront notamment permettre de promouvoir l'utilisation du bois dans la construction par la caractérisation des bois français, notamment des bois feuillus, de lever les obstacles réglementaires à l'utilisation du bois et de développer des stratégies de valorisation s'appuyant sur l'architecture d'intérieur et le design.
- **La Stratégie Nationale de Mobilisation de la Biomasse, et les Schémas Régionaux Biomasse,** identifieront les différents gisements de biomasse mobilisable, les volumes correspondants, le cas échéant les mesures à mettre en œuvre pour qu'ils puissent effectivement être mobilisés, et fixeront des objectifs de développement pour la valorisation énergétique de biomasse.

5.2.2. Les politiques à développer/renforcer

5.2.2.1. intensifier les prélèvements en forêt :

- accentuer le développement de la desserte (routes et câbles forestiers) ;
- développer l'animation dans les territoires auprès des collectivités et, surtout, auprès des propriétaires forestiers privés ;
- soutenir la création des GIEEF (Groupements d'Intérêt Économique et Environnemental Forestiers) ;
- améliorer les équipements des entreprises forestières ;
- renforcer le caractère incitatif des mesures fiscales afin de soutenir la gestion durable, la mobilisation du bois et le regroupement de la gestion forestière ;
- contrôler la garantie de gestion durable conditionnée à la mise en œuvre effective des documents de gestion durable.

5.2.2.2. augmenter la capacité productive de la forêt et sa fonction de « pompe à carbone » :

- améliorer la qualité des peuplements en favorisant la production de bois d'œuvre (BO), voire en introduisant des essences plus productives et / ou mieux adaptées au changement climatique à différentes échelles de temps et d'espace, et en intégrant la dimension territoriale,
- accélérer le renouvellement des forêts.

5.2.2.3. accentuer la substitution des produits énergivores par des produits bois ou à base de bois :

- sensibiliser les consommateurs à l'intérêt des produits bas carbone ;
- favoriser l'augmentation de l'usage des fibres ligno-cellulosiques dans la construction (introduction de critères dans ce sens dans la commande publique, incorporation dans les

règles de calcul de la consommation énergétique des bâtiments des effets de substitution, …), dans l'ameublement, dans l'emballage...

5.2.2.4. favoriser le stockage de carbone dans les produits bois, en favorisant leur réutilisation :

- encourager à l'éco-conception et au développement d'une économie circulaire ;
- augmenter les efforts de collecte, de tri et de recyclage des produits bas carbone ;
- faciliter le recyclage des produits à base de bois et l'amplification de l'économie circulaire.

5.2.2.5. accentuer la substitution des énergies fossiles par du bois énergie par :

- la construction de territoires à « énergie positive pour la croissance verte » avec dans ces territoires un équilibre entre des investissements consommateurs de bois et la mobilisation de cette ressource, en adaptant notamment l'implantation des chaufferies biomasse aux ressources bois disponibles localement et exploitées rationnellement ;
- l'incitation à la mise en place d'installations de valorisation énergétique du bois disposant de bons rendements chez les industriels et pour alimenter les réseaux de chaleur ;
- l'adaptation des réglementations pour que les produits en bois ou à base de bois puissent être, en fin de vie, utilisés dans les installations thermiques

5.2.2.6. soutenir et développer les investissements immatériels (études, recherches).

- améliorer la connaissance de la filière, des flux de matière, des enjeux économiques... ;
- améliorer la connaissance sur les flux de GES également : poursuite de l'appel à projet de l'ADEME « REACCTIF » (projets BicaFF, GesFor, Evafora...) ;
- poursuivre les travaux sur la temporalité des flux de GES : travaux importants en cours au niveau de l'UE (Forest Commission et UK notamment impliqués), mais aussi en France (travail méthodologique de l'ADEME, revue de littérature sur la dette carbone...) ;
- lancer des travaux visant à réduire les incertitudes des modélisations, et des mesures...
- développer un volet forestier de l'outil d'aide à la décision territorial Clim'Agri de l'ADEME (permettant d'estimer les émissions et absorptions de gaz à effet de serre sur le territoire en fonction d'un certain nombre de variables) pour que les collectivités puissent avoir une meilleure appréciation, un meilleur suivi des flux de GES associés aux filières Agriculture et Forêt, et qu'elles puissent mieux piloter l'impact de leurs politiques publiques sur ces flux.
- améliorer la connaissance sur le lien entre les pratiques (agricoles et forestières) et les stocks de carbone dans les sols (projet « 4 pour 1000 » pour le volet sols agriculture ...).

5.2.3. Les indicateurs de suivi à mettre en place

Aucun nouvel indicateur n'est créé spécifiquement pour la SNBC, les sources actuelles d'indicateurs seront utilisées.

5.2.3.1. En lien avec l'effet « pompe à carbone » :

- Accroissement biologique net de la mortalité (suivi annuel ; en volume IGN « Bois fort tige », et en volume aérien total ; en distinguant Feuillus et Résineux).
- Nombre de GIEEF mis en place et surface totale couverte par les nouveaux GIEEF (suivi annuel)

5.2.3.2. Permettant de suivre l'efficience, du point de vue du climat, de l'utilisation du bois récolté :

- Récolte de bois (correspondant aux prélèvements, moins les pertes d'exploitation). Suivi annuel, en Mm3 ; en distinguant Feuillus et Résineux (sources EAB – Enquêtes Annuelles de Branches – du MAAF pour les bois commercialisés et récolte totale évaluée par l'IGN) ;

- Pertes d'exploitation. Suivi annuel, en Mm3 (Source : IGN)
- Volumes de sciages produits en France (suivi annuel) ; en distinguant Feuillus et Résineux (source : EAB)
- Volume de bois valorisé énergétiquement (suivi annuel) (sources : EAB pour le bois énergie commercialisé ; SOeS ; ADEME)
- Volume de bois consommé dans le secteur de la construction/rénovation (Source : DHUP)

LISTE DE RÉFÉRENCES

Par ordre d'apparition :

MIES (2004). Mission interministérielle de l'effet de serre. La division par 4 des émissions de dioxyde de carbone en France d'ici 2050: introduction au débat. Ed. Pierre Radanne. Consultable sur : http://lowcarbon.inforse.org/files/resource_1/3%20-%20Facteur4-MIES.pdf

Documentation française (2006)**.** Ministères de l'écologie et du développement durable et de l'économie, des finances et de l'industrie. Rapport du groupe de travail « Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050 » sous la présidence de Christian de Boissieu. Consultable sur : http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/064000757/

Centre d'analyse stratégique, Comité Trajectoire (2012). Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone. Rapport du comité présidé par de Perthuis C.. Consultable sur : http://archives.strategie.gouv.fr/cas/content/trajectoires-2020-2050-vers-une-economie-sobre-en-carbone-rapport.html

CGEDD (2013). Conseil général de l'environnement et du développement durable du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Le facteur 4 en France : la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. Consultable sur : http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/008378-01_rapport-final_cle0aca84.pdf

DNTE (2013). Conseil du débat national sur la transition énergétique**.** Rapport du groupe de travail numéro 2 intitulé « Quelle trajectoire pour atteindre le mix énergétique en 2025 ? Quels types de scénarios possibles à horizons 2030 et 2050, dans le respect des engagements climatiques de la France ? » (2013). Consultable sur : http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DEFAULT/doc/IFD/IFD_REFDOC_TEMIS_0078782/debat-national-sur-la-transition-energetique-rapports-des-groupes-de-travail-du-conseil-national-du-

OCDE, Organisation de coopération et de développement économiques (2011). *Outils pour la mise en place d'une croissance verte.* Consultable sur : http://www.oecd.org/fr/croissanceverte/vers-une-croissance-verte-9789264111332-fr.htm

CEDD, Conseil économique pour le développement durable (2014). *La croissance verte, principes et instruments de politique économique.* Consultable sur : http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DEFAULT/doc/IFD/IFD_REFDOC_TEMIS_0079818/la-croissance-verte-principes-et-instruments-de-politique-economique-2009-2013-cinq-ans-de-conseil-e

CEDD (2013). La rénovation énergétique des bâtiments. *Politiques publiques et comportements privés.* Consultable sur : http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DEFAULT/doc/IFD/IFD_REFDOC_TEMIS_0078485/la-renovation-energetique-des-batiments-politiques-publiques-et-comportements-prives

ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (2014). *Alléger l'empreinte environnementale de la consommation des Français en 2030*. Consultable sur : http://www.ademe.fr/alleger-lempreinte-environnementale-consommation-francais-2030

LiveWellforLIFE (2013). *Un équilibre des choix alimentaires et durables pour la France, l'Espagne et la Suède*. Consultable sur : http://livewellforlife.eu/wp-content/uploads/2013/10/LiveWell_Report-Sum_2013_FR.pdf

Commissariat Général du Plan (2001).*Transports : choix des investissements et coût des nuisances, Rapport Boiteux, M..* Consultable sur : http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/014000434-transports-choix-des-investissements-et-couts-des-nuisances

Centre d'analyse stratégique (2009). *La valeur tutélaire du carbone,* Rapport de la commission présidée par Quinet, A.. Consultable sur : http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/094000195/

Commissariat général à la stratégie et à la prospective (2013). *Evaluation socioéconomique des investissements publics*, Rapport final, Tome 1 présidé par Quinet, E..

Consultable sur : http://www.strategie.gouv.fr/publications/levaluation-socioeconomique-investissements-publics-tome1

Banque Mondiale, Ecofys (2014). *State and Trends of Carbon Pricing.* Consutable sur : http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/05/27/000456286_20140527095323/Rendered/PDF/882840AR0REPLA00EPI2102680Box385232.pdf

AIE, Agence Internationale de l'Energie (2015). *Energy Technology Perspectives 2015*. Consultable sur : http://www.iea.org/etp/etp2015/

Crédoc, Centre de Recherche pour l'EtuDe et l'Observation des Conditions de vie (2004). *Consommation et Modes de Vie n°177*, *Etre propriétaire de sa maison : un rêve largement partagé, quelques risques ressentis.* Consultable sur : http://www.credoc.fr/pdf/4p/177.pdf

ONCEA, Observatoire national de la consommation des espaces agricoles (2014). *Panorama de la quantification de l'évolution nationale des surfaces agricoles.* Consultable sur : http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/140514-ONCEA_rapport_cle0f3a94.pdf

HSBC Global Research (2013). *Oil & carbon revisited – Value at risk from 'unburnable' reserves.*

Carbon Tracker Initiative, Grantham Research Institute (2013). *Unburnable carbon 2013: Wasted capital and stranded assets*. Consultable sur : http://www.carbontracker.org/report/wasted-capital-and-stranded-assets/

2° Investing Initiative (2013). *Des émissions financées aux indicateurs de performance climatique. État de l'art de la comptabilité des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur financier.*
Consultable sur : http://2degrees-investing.org/IMG/pdf/2dii_emissionsfinancees_diff.pdf?iframe=true&width=986&height=616

Novethic (2015). Les investisseurs mobilisés sur le changement climatique. Consultable sur : http://www.novethic.fr/isr-et-rse/les-etudes-isr-et-rse/les-etudes/detail/les-investisseurs-mobilises-sur-le-changement-climatique.html

MEDDE, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (2014). *Feuille de route 2015 issue de la Conférence environnementale.* Consultable sur : http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Feuille_de_route_transition_energetique_2015.pdf

Agreste, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (2014). *Mémento de la statistique agricole*. Consultable sur : http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/chiffres-cles-4/france/memento-de-la-statistique-agricole/

Ecofys (2013). Carbon Leakage Evidence Projet. Consultable sur : http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/leakage/docs/cl_evidence_factsheets_en.pdf

MEDDE, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (à paraître). Etudes et documents. Trajectoires de transition bas-carbone en France au moindre coût. Courbes dynamiques de Coûts d'abattement moyens (D-CAM). Consultable dès parution à partir de la page : http://www.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Trajectoires%20de%20transition%20bas%20carbone%20au%20moindre%20co%C3%BBt.pdf

INRA (2013) Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques
http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Etude-Reduction-des-GES-en-agriculture