

Document de travail n°5

Tableau des émissions de gaz à effet de serre en France

Sources, niveau, évolution



Coe-Rexecode

OCTOBRE 2008

Ce document de travail a été établi



Gilles
KOLEDA

responsable des études au sein de Coe-Rexecode. Il est en charge de travaux portant sur la politique économique, l'environnement et la croissance. Avant de rejoindre Coe-Rexecode, il était maître de conférences à l'Institut Universitaire de Technologie de Tours, chercheur au sein du laboratoire Erasme de l'Ecole Centrale Paris et en charge du cours d'économie dans cette école. Ses travaux de recherche académique portaient sur l'innovation, la croissance et la propriété intellectuelle. Il a rejoint Coe-Rexecode en 2008.

Gilles Koléda est docteur en économie de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, habilité à diriger les recherches, et titulaire du magistère d'économie de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Coe-Rexecode

Direction

Michel DIDIER, *directeur général* • mdidier@coe-rexecode.fr
Françoise BOLLOT, *directrice de la communication* • fbollot@coe-rexecode.fr
Jean-Michel BOUSSEMART, *directeur délégué* • jmboussemart@coe-rexecode.fr
Alain HENRIOT, *directeur délégué* • ahenriot@coe-rexecode.fr

Conjoncture

Denis FERRAND : *directeur pour la conjoncture et les perspectives*
France, Benelux, compétitivité, conjoncture de l'industrie • Tél. 01 53 89 20 86 • dferrand@coe-rexecode.fr
Stéphanie CHORT : Espagne, Italie, Amérique latine, compétitivité France • Tél. 01 53 89 20 93 • schort@coe-rexecode.fr
Carole DENEUVE : Allemagne, Pays de l'Est, Europe du Nord, Turquie, immobilier et construction, biens d'équipement • Tél. 01 53 89 20 74 • cdeneuve@coe-rexecode.fr
Olivier REYMONDON : Royaume-Uni, Afrique, matières premières • Tél. 01 53 89 20 81 • oreymondon@coe-rexecode.fr
M. x : Japon, Asie émergente, marchés financiers

Études et modélisation

Gregori COLIN : études structurelles • Tél. 01 53 89 20 85 • gcolin@coe-rexecode.fr
Gilles KOLÉDA : travaux de politique économique, environnement et croissance • Tél. 01 53 89 20 87 • gkoleda@coe-rexecode.fr

Indicateurs, enquêtes et système d'information

Jacques ANAS, *directeur pour les indicateurs économiques et le système d'information, indicateurs de retournement, indicateurs avancés* • 01 53 89 20 89 • janas@coe-rexecode.fr
Dominique DALLE-MOLLE, *États-Unis, Canada, Royaume-Uni, NTIC, matières premières, séries quotidiennes financières* • 01 53 89 20 95 • ddalle-molle@coe-rexecode.fr
Aurélien HEUZÉ, *enquête Trésorerie, indicateurs Coe-rexecode*
Marie-Claude KONATÉ, *France, zone euro, Asie, finances publiques, coûts salariaux, construction, commerce international* • 01 53 89 20 94 • mckonate@coe-rexecode.fr
Christine RIEFFEL, *autres pays de l'Union européenne, Amérique latine, pays de l'Est, énergie, métaux* • 01 53 89 20 84 • crieffel@coe-rexecode.fr

Documentation, Informatique et site web

Murielle PREVOST • 01 53 89 20 83 • mprevost@coe-rexecode.fr
Fabienne BESSON-LHOSTE • 01 53 89 20 92 • fbesson-lhoste@coe-rexecode.fr
Sylvie FOUTRIER Van LEEUWEN • 01 53 89 20 98 • sfoutrier@coe-rexecode.fr
Dominique DALLE-MOLLE, *réseau informatique* • 01 53 89 20 95 • ddalle-molle@coe-rexecode.fr
Régine GAYET • 01 53 89 20 71 • rgayet@coe-rexecode.fr

Administration et gestion

Maria LAHAYE, *administration générale* • 01 53 89 20 99 • mlahaye@coe-rexecode.fr
Régine GAYET, *imprimerie, relations avec les adhérents* • 01 53 89 20 71 • rgayet@coe-rexecode.fr
Martine GRANGÉ, *secrétariat et publications* • 01 53 89 20 90 • mgrange@coe-rexecode.fr
Françoise SAINT-LOUIS, *secrétariat* • 01 53 89 20 89 • fsaint-louis@coe-rexecode.fr

Conseil d'Administration

Gérard WORMS, *Président* • Pierre SIMON, *co-Président* • Pierre GADONNEIX, *Vice-président* • Antoine GENDRY, *Trésorier*
Administrateurs : Christian BAFFY • René BARBIER de LA SERRE • Patrick BERNASCONI • Philippe BOULIN • Jean-Louis BOUVIER
Michel CICUREL • Jean-François CIRELLI • Philippe CITERNE • Martine CLEMENT • Jacques-Henri DAVID • Gérard DE LA MARTINIÈRE
Gilles de MARGERIE • Jean DESAZARS • Xavier FELS • Jean-Loup GIROS • Eric HAYAT • Yvon JACOB • Bernard LEMOINE
Philippe LEMOINE • Jean-François PALUS • Gervais PELLISSIER • Vincent REMAY • Pierre-Henri RICAUD • Frédéric SAINT-GEOURS
Guy SALZGEBER • Jean-François VEYSSET • Bruno WEYMULLER



Coe-Rexecode

Tableau des émissions de gaz à effet de serre en France

Sources, niveau, évolution



Sommaire

Le phénomène d'effet de serre	4
Les gaz à effet de serre	4
Les puits à carbone	5
Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France	5
Les émissions de dioxyde de carbone (CO ₂)	6
Les émissions de méthane (CH ₄)	7
Les émissions de protoxyde d'azote (N ₂ O)	7
Les émissions de gaz fluorés (HFC, PFC, SF ₆)	8
• Les émissions d'hydrofluorocarbures (HFC)	8
• Les émissions de perfluorocarbures (PFC)	9
• Les émissions d'hexafluorure de soufre (SF ₆)	9
Le pouvoir de réchauffement global (PRG) des GES	11
Les émissions de GES par sources	13
Les émissions provenant du transport	13
• Evolution du transport de marchandises	14
• Evolution du transport de voyageurs	15
Secteur du bâtiment : résidentiel/tertiaire	20
• Résidentiel	20
• Tertiaire	23
Production d'énergie	24
• Le bilan énergétique français	24
• Electricité	27
• Chauffage urbain	27
• Les énergies renouvelables	29
• Raffinage	29
Agriculture/sylviculture	29
Industrie	31
• Combustion de l'industrie manufacturière	31
• Industrie chimique	32
• Métallurgie	32
Bibliographie	35

Tableau des émissions de gaz à effet de serre en France

Sources, niveau, évolution

Plusieurs mesures de politiques environnementales récemment proposées ont pour objet de réduire de manière forte les émissions de gaz à effet de serre en France (certaines des mesures du Grenelle de l'environnement, le Paquet Energie-climat actuellement discuté au niveau européen...). Les moyens envisagés sont multiples : rénovation thermique des bâtiments existants, construction de nouvelles infrastructures de transports, développement des énergies renouvelables... Le projet de loi Grenelle introduit ainsi un objectif de réduction de 38 % des consommations énergétiques des bâtiments d'ici 2020 et inscrit dans la loi les objectifs du 3 fois 20 provenant du paquet climat-énergie européen : 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre, 20 % d'énergie renouvelable dans notre consommation d'énergie et un gain de 20 % en matière d'efficacité énergétique à l'horizon 2020.

Pour mieux apprécier la pertinence de ces objectifs de politique environnementale, il nous a paru utile de procéder au recensement le plus exhaustif possible des émissions françaises de gaz à effet de serre de leur source, de leur niveau et de leur évolution. Les données sur le sujet des gaz à effet de serre sont relativement éparpillées car les secteurs à examiner sont nombreux (bâtiment, transport, énergie, industrie, agriculture) et les gaz multiples (CO₂, CH₄, N₂O,...). L'objet de ce dossier est de présenter les données disponibles (données provenant principalement du CITEPA, mais également de l'Observatoire de l'énergie de la DGEMP, du CEREN, de l'ANAH...) de façon synthétique afin d'offrir un panorama complet et cohérent du système français des émissions de gaz à effet de serre. Connaître précisément les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre et les vecteurs de leurs évolutions nous paraît essentiel pour apprécier les potentialités de leur réduction et l'intensité des efforts à fournir.

La concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre (GES) est désormais reconnue comme étant responsable du phénomène de changement climatique qui semble à l'œuvre sur notre planète, phénomène dont l'ampleur pourrait croître à l'avenir (cf. les rapports du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC)).

Le relatif consensus qui a émergé au niveau scientifique concernant le lien entre émissions de gaz à effet de serre et changement climatique, semble justifier les efforts de réduction des émissions entrepris dès à présent pour limiter le risque d'une interférence humaine dangereuse avec le climat.

Le rapport Stern (2006) a popularisé la vision d'un coût de réduction des émissions raisonnable (1 % du PIB en 2050) par rapport au coût économique futur qui pourrait résulter du changement climatique (coût total

d'un minimum de 5 % et pouvant aller jusqu'à 20 % de la consommation par habitant à l'horizon 2100).

Il nous semble primordial, préalablement à toute étude des mesures mises en œuvre pour atteindre des objectifs fixés de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de décrire le système de ces émissions le plus précisément possible et au niveau national.

Ce recensement permettra d'apprécier la plausibilité d'un point de vue technique et économique des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, fixés dans le cadre du projet de loi relatif au Grenelle de l'environnement.

Dans un premier temps, nous décrirons brièvement le mécanisme de l'effet de serre. Puis nous établirons l'inventaire des différents gaz à effet de serre en comparant leur niveau d'émissions de 2006 avec celui de 1990 (année qui sert de référence lors des fixations d'objectifs



comme dans le cas du protocole de Kyoto). Enfin, nous décrivons le plus concrètement et le plus précisément possible les sources de ces émissions (par secteurs, par technologies...) en essayant de préciser les ressorts des évolutions sur la période récente.

Le phénomène d'effet de serre

Sous l'effet de certains gaz, l'atmosphère terrestre se comporte comme la vitre d'une serre, laissant entrer une large part du rayonnement solaire, mais retenant le rayonnement infrarouge réémis. Ces gaz sont appelés gaz à effet de serre.

La transparence de l'atmosphère permet au rayonnement solaire d'atteindre le sol. L'énergie ainsi apportée s'y transforme en chaleur. Comme tout corps chaud, la surface de la terre a tendance à rayonner une partie de sa chaleur vers les corps plus froids qui l'environnent. Mais les gaz à effet de serre et les nuages sont opaques aux rayons infrarouges émis par la terre. En absorbant ces rayonnements, ils emprisonnent l'énergie thermique près de la surface du globe, ce qui réchauffe l'atmosphère basse.

Le phénomène d'effet de serre est principalement dû à la vapeur d'eau (0,3 % en volume, 55 % de l'effet de serre) et aux nuages (27 % de l'effet de serre). L'effet de serre permet de porter la température moyenne à la surface de la terre à +15 °C (elle serait de - 18 °C en son absence). Il existe également des gaz à effet de serre dont les émissions sont liées à l'activité humaine (émissions anthropiques). Ce sont les émissions de ces gaz que nous allons recenser et commenter puisque leur croissance contribue au phénomène de réchauffement climatique.

Les gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre sont des gaz qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre, phénomène principalement dû aux activités humaines, est à l'origine du réchauffement climatique.

Les différents gaz qui concourent au phénomène de l'effet de serre sont les suivants : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF₆)¹.

Les gaz à effet de serre, une fois dans l'atmosphère, ne s'éliminent que progressivement. La durée de leur séjour, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que leur concentration diminue de moitié, diffère selon les gaz. Les gaz peuvent être extraits de l'atmosphère de plusieurs manières : par un phénomène naturel (la pluie et la condensation retirent la vapeur d'eau de l'atmosphère, raison pour laquelle le pouvoir de réchauffement global (PRG) est sans objet), par des réactions chimiques intervenant dans l'atmosphère (le méthane crée du dioxyde de carbone), par des réactions chimiques intervenant entre l'atmosphère et la surface du globe (réduction du dioxyde de carbone par photosynthèse par les végétaux, dissolution dans l'océan pour former des ions bicarbonate et carbonate), par des rayonnements (les rayonnements électromagnétiques émis par le soleil brisent les molécules dans les couches supérieures de l'atmosphère). Les gaz déjà émis continuent ainsi d'agir pendant de très nombreuses années². La complexité du système atmosphérique rend difficile la précision des durées de

Concentration et durée de séjour de certains gaz à effet de serre					
		Concentration préindustrielle*	Concentration actuelle*	Durée de séjour (en années)	PRG à 100 ans
Dioxyde de carbone	CO ₂	278 ppm	384 ppm	200 (variable)	1
Méthane	CH ₄	0,7 ppm	1,7 ppm	12 +/- 3	21
Protoxyde d'azote	N ₂ O	0,275 ppm	0,311 ppm	120	310
Tétrafluorure de carbone	CF ₄	0	0,070 ppb	50 000	6 500
Hexafluorure de carbone	SF ₆	0	0,032 ppb	3 200	23 900

* ppm : partie(s) par millions, ppb : partie(s) par milliards
Source : GIEC et CITEPA

¹ La vapeur d'eau est également un gaz à effet de serre mais sa durée de séjour dans l'atmosphère est très courte et son pouvoir de réchauffement global est donc négligeable.

² Il peut ainsi y avoir un intérêt à centrer les efforts de réduction des émissions sur les gaz dont la durée de séjour est la plus faible (méthane plutôt que dioxyde de carbone...) si l'on souhaite obtenir des résultats plus rapides.



Emissions de GES en France avec et sans prise en compte des puits (2006)
(en millions de tonnes équivalent CO₂)

	PRG	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC, PFC, SF ₆
Emissions hors puits (millions de tonnes éq. CO ₂)	541,3	404,2	56,1	64,7	16,3
Part du gaz dans l'ensemble des GES hors puits (%)		74,7	10,4	12,0	3,0
Emissions avec puits (millions de tonnes éq. CO ₂)	471,4	331,9	57,3	65,9	16,3
Part du gaz dans l'ensemble des GES avec puits (%)		70,4	12,2	14,0	3,5
Effet des puits à carbone (%)	-12,9	-17,9	2,2	1,8	-

Source : CITEPA

séjour. Le tableau page 4 donne néanmoins quelques estimations de la durée de séjour provenant du GIEC.

La multiplicité des gaz concourant au phénomène de réchauffement climatique, et les différences de leur durée de séjour dans l'atmosphère, ont obligé la définition d'un indice synthétique permettant de mesurer l'effet de l'ensemble des gaz. Le pouvoir de réchauffement global (PRG) est un indicateur qui vise à regrouper sous une seule valeur l'effet additionné de toutes les substances contribuant à l'accroissement de l'effet de serre. Cet indicateur est calculé sur la base d'un horizon fixé à 100 ans qui tient compte de la durée de séjour des différentes substances dans l'atmosphère. Il est exprimé en « équivalent de CO₂ » : par définition, l'effet de serre attribué au CO₂ est fixé à 1, et celui des autres substances est fixé relativement au CO₂. Les PRG des différents gaz tels que définis par le GIEC sont les suivants : CO₂ = 1, CH₄ = 21, N₂O = 310, HFC = 140-11 700 selon les molécules (valeur pondérée de 1608 en 2005), PFC = 6500-9200 selon les molécules (valeur pondérée de 7113 en 2005), SF₆ = 23 900.

Du fait de la longueur des durées de séjour des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, les différents scénarios retenus dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, même ambitieux, de type « facteur 4 » par exemple, n'ont pour objectif que de stabiliser la concentration dans l'atmosphère de ces gaz (notamment le dioxyde de carbone) à un horizon de quarante ans. La concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est actuellement de 385 ppm (parties par millions). La concentration du CO₂ était de 280 ppm en 1750 (niveau préindustriel). L'objectif dit du « facteur quatre » est de diminuer par deux les émissions de GES au niveau mondial (et par quatre les émissions des pays développés pour parvenir à cet objectif) afin de contenir le degré de concentration du dioxyde de carbone en dessous de 450 ppm au niveau global. L'augmentation actuelle de 2 ppm par an ne faiblira que lentement. Les actions entreprises ne peuvent, dans l'immédiat, qu'infléchir la croissance du niveau de concentration de GES dans l'atmosphère.

Les puits à carbone

Les rejets de dioxyde de carbone (CO₂) sont principalement liés à l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, produits pétroliers, gaz naturel) et de la biomasse. Ils sont partiellement compensés par les « puits à carbone » induits par l'activité de photosynthèse des plantes et aux éventuels stockages de carbone dans les sols. Une forêt en croissance est un puit à carbone. Une forêt mature est un réservoir important de carbone. La déforestation augmente les rejets de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Les parts des émissions des différents gaz à effet de serre dans le PRG, pour l'année 2006 en France, sont données dans le tableau ci-dessus, avec ou sans la prise en compte de ces puits qui absorbent une part non négligeable des émissions de dioxyde de carbone (de l'ordre de 18 %).

Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France

Les émissions de gaz à effet de serre sont estimées par le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) conformément à la législation internationale et les règles fixées par la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

Les données sur les gaz à effet de serre sont présentées sous plusieurs formats :

- Le format SECTEN correspond aux émissions en France métropolitaine avec une division en secteurs d'activité. Certaines émissions (les émissions non anthropiques par exemple) ne sont pas incluses. Les émissions liées aux trafics maritime et aérien internationaux n'entrent pas dans les émissions du secteur des transports.
- Le format CCNUCC intègre les émissions d'outre-mer. Le découpage sectoriel est différent. Les émissions de la biomasse ne sont pas prises en compte.
- Le format PNLCC (Programme de lutte contre le changement climatique) correspond à une sectorisa-



Emissions de CO ₂ au format « Plan Climat » en France (Métropole + DOM)				
Secteurs	1990	2006	1990-2006	2006
	CO ₂ Emissions en Kt éq CO ₂		Evolution (%)	Part des émissions de CO ₂ (%)
Transports	118,0	137,8	16,8	34,1
Aérien	4,2	4,7	10,6	1,2
Routier	110,7	129,1	16,6	31,9
Fer	1,1	0,6	-42,5	0,2
Maritime	1,7	2,8	63,4	0,7
Autre	0,2	0,6	176,2	0,1
Résidentiel, tertiaire, institution. et commercial	83,6	91,7	9,8	22,7
Résidentiel	55,2	60,9	10,4	15,1
Tertiaire	27,9	30,3	8,8	7,5
Solvants et produits divers	0,5	0,4	-10,1	0,1
Industrie manufacturière	108,1	95,2	-11,9	23,6
Combustion industrie manufac. et construc.	84,8	76,2	-10,1	18,9
Procédés industrie chimique	3,3	1,3	-58,9	0,3
Procédés produits minéraux	15,1	13,1	-13,2	3,2
Procédés production de métaux	3,7	3,8	3,3	0,9
Solvants et produits divers	1,3	0,8	-40,6	0,2
Industrie de l'énergie	70,7	68,6	-2,9	17,0
Production d'électricité et chauffage urbain	47,9	46,9	-2,2	11,6
Raffinage	13,2	13,8	4,5	3,4
Transformation de CMS et autres	5,0	3,8	-24,6	0,9
Emissions fugitives des combustibles	4,5	4,2	-7,8	1,0
Agriculture/ sylviculture	10,6	9,1	-13,9	2,3
Consommation d'énergie	10,6	9,1	-13,9	2,3
Traitement des déchets	2,3	1,8	-22,4	0,4
Incinération	2,3	1,8	-22,4	0,4
Total hors effets de puits à carbone	393,2	404,2	2,8	100
Effets des puits à carbone (UTCF)	-43,7	-72,3	65,6	-17,9
Total	349,5	331,9	-5,0	82,1

Source CITEPA/ inventaire CCNUCC décembre 2007

tion mise en place par la Mission interministérielle de l'effet de serre (MIES) pour suivre les émissions des différents secteurs et les mesures du Plan climat (2004). Ce format intègre les émissions dans les DOM.

Nous présentons les émissions des différents gaz à effet de serre selon le format « Plan climat ».

Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂)

Une part importante des émissions de gaz à effet de serre est composée des émissions de dioxyde de carbone CO₂. Le débat sur le changement climatique et le moyen de réduire les émissions de gaz à effet de serre se focalise bien souvent sur ce gaz dont les émissions représentent 75 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre au niveau national.

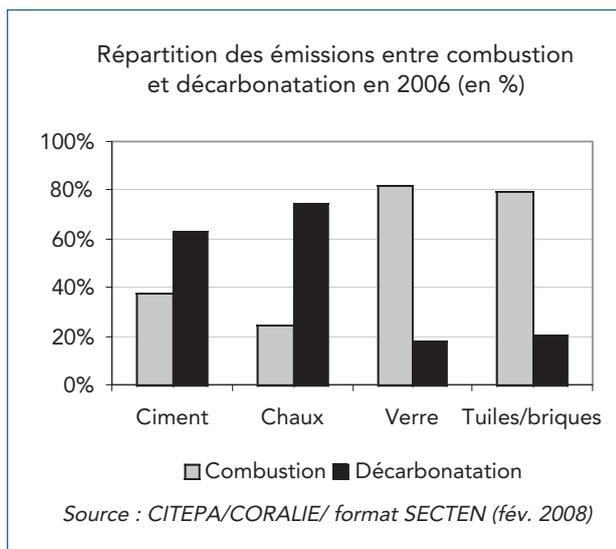
Les émissions de CO₂ proviennent :

- des émissions induites par l'utilisation de combustibles,

- des émissions induites par la décarbonatation (transformation du carbone contenu dans la matière première (ex. : calcaire) en CO₂ sous l'effet de la chaleur). Le CO₂ est un produit fatal de la combustion. Sans dispositif de récupération de ce gaz sur les installations de combustion, les évolutions des émissions suivent celle de la consommation d'énergie fossile. Les principaux secteurs concernés par la combustion sont donc le secteur producteur d'électricité et les secteurs industriels intensifs en énergie.

Les principaux secteurs d'activité concernés par la décarbonatation sont les cimenteries, les verreries, les producteurs de chaux³ et les producteurs de tuiles et de briques.

³ La chaux est obtenue par la calcination d'un calcaire. Selon la nature du calcaire utilisé, la cuisson permet la fabrication de plusieurs types de chaux : (i) la chaux aérienne (ex. plâtre) provenant d'un calcaire pur, (ii) la chaux hydraulique provenant d'un calcaire argileux.



En 2006, les émissions de CO₂ hors puits s'élèvent à 404 Mt. En incluant l'UCTF (utilisation des terres, leur changement et la forêt), les émissions sont ramenées à 332 Mt. Le secteur UCTF représente un bilan puits de 72Mt, soit 18 % de la somme des autres secteurs. Il convient de noter que seule une proportion du secteur UCTF est retenue pour la comptabilisation des émissions dans le cadre du Protocole de Kyoto.

Pour l'année 2006, les secteurs qui ont contribué le plus aux émissions hors UCTF sont :

- le transport routier (34 %),
- l'industrie manufacturière (24 %) dont un peu moins de 8 % pour le sous-secteur des minéraux non métalliques et matériaux de construction,
- le résidentiel tertiaire (23 %) dont les deux tiers sont imputables au sous-secteur résidentiel,
- la transformation d'énergie (17 %) dont la moitié provient de la production d'électricité.

Les émissions du transport routier sont en hausse par rapport à 1990 (+17 %) du fait de l'augmentation du trafic. Les émissions du secteur résidentiel/tertiaire sont également en hausse par rapport à 1990 (+10,4 % pour le résidentiel, +8,8 % pour le tertiaire). L'industrie manufacturière a réduit sensiblement le niveau de ses émissions de dioxyde de carbone sur la période 1990-2006 (-10,1 % pour la combustion et -13,2 % pour les procédés produits minéraux).

Les émissions de méthane (CH₄)

Les émissions de méthane s'élèvent à 2 640 kt pour 2006 (soit 56,1MteqCO₂). L'agriculture/sylviculture est le secteur le plus émetteur de méthane (CH₄). Il représente

74 % des émissions totales de méthane en 2006. La quasi-totalité des émissions de ce secteur provient :

- de la fermentation entérique : du méthane est produit quand les sucres sont dégradés dans le tube digestif des animaux (fermentation entérique). Le volume de méthane résultant de ce processus est le plus important lorsque les animaux possèdent un rumen, comme les bovins, les ovins, les caprins. Le rumen permet à ces animaux de digérer de grandes quantités de la cellulose que l'on trouve dans les plantes. Les micro-organismes du rumen, dont font partie des bactéries méthanogènes, effectuent cette digestion, et ces dernières produisent du méthane en extrayant l'hydrogène du rumen. Environ 90 % du méthane produit par les bactéries méthanogènes est émis par la respiration et l'éructation, le reste par les flatulences ;

- des déjections animales : du méthane est produit lors de la décomposition anaérobie des matières organiques du bétail et du guano des volailles. A noter que les déjections produisent également un autre gaz à effet de serre, l'oxyde nitreux (N₂O), par un processus appelé dénitrification, à partir des nitrates contenus dans les déjections.

Les émissions de l'agriculture/sylviculture ont diminué de 6,5 % entre 1990 et 2006. Il y a eu une intensification de la production laitière (diminution du cheptel laitier compensé par une amélioration du rendement par vache).

La mise en décharge des déchets (industriels et ménagers) constitue l'autre contribution importante aux émissions de méthane (15,6 % des émissions en 2006). On note un accroissement des flux de déchets à stocker mais parallèlement une amélioration de la récupération et de la valorisation du biogaz. Les autres secteurs qui contribuent de façon moins notable aux émissions de méthane sont le résidentiel/tertiaire (3,8 % des émissions en 2006) et la transformation d'énergie (3,5 % des émissions en 2006).

Les émissions de protoxyde d'azote (N₂O)

Tous les secteurs d'activité contribuent aux émissions de protoxyde d'azote (N₂O, appelé aussi oxyde nitreux). Le principal secteur émetteur est le secteur agriculture/sylviculture avec 81 % des émissions en 2006 (171 kt sur les 208 kt hors UCTF qui représentent 64 MteqCO₂). Les émissions de ce secteur sont imputables aux apports azotés sur les sols cultivés (épandage de fertilisants minéraux et d'origine animale). Les émissions de protoxyde d'azote par les sols agricoles sont dues au processus microbien de nitrification et de dénitrification



Emissions de CH ₄ au format « Plan Climat » en France (Métropole + DOM)				
Secteurs	1990	2006	1990-2006	2006
	CH ₄ Emissions en Kt éq CO ₂		Evolution (%)	Part des émissions de CH ₄ (%)
Transports	366	120	-67,3	0,2
Aérien	3	2	-49	0,0
Routier	353	103	-71	0,2
Fer	1	1	-43	0,0
Maritime	8	14	72	0,0
Autre	0	1	176	0,0
Résidentiel, tertiaire, institution. et commercial	3 993	2 117	-47,0	3,8
Résidentiel	3 941	2 073	-47	3,7
Tertiaire	52	44	-15	0,1
Industrie manufacturière	111	81	-27,6	0,1
Combustion industrie manufac. et construc.	107	79	-26,5	0,1
Procédés industrie chimique	3	0	-97,2	0,0
Procédés production de métaux	1	2	30,1	0,0
Industrie de l'énergie	7 192	1 953	-72,8	3,5
Production d'électricité et chauffage urbain	10	14	45,5	0,0
Raffinage	11	12	8,4	0,0
Transformation de CMS et autres	53	6	-89,5	0,0
Emissions fugitives des combustibles	7 118	1 921	-73,0	3,4
Agriculture/ sylviculture	44 502	41 579	-6,6	74,1
Consommation d'énergie	10,6	9,1	-13,9	2,3
Fermentation entérique	30 653	27 705	-9,6	49,4
Déjections animales	13 708	13 746	0,3	24,5
Culture du riz	100	94	-6,7	0,2
Traitement des déchets	12 093	10 231	-15,4	18,2
Mise en décharge	11 113	8 755	-21,2	15,6
Incinération	182	186	2,3	0,3
Eaux usées	768	1 186	54,5	2,1
Autres	31	104	237,7	0,2
Total hors effets de puits à carbone	68 257	56 080	-17,8	100
Effets des puits à carbone (UTCF)	1 420	1 238	-12,8	2,2
Total	69 677	57 318	-17,7	102,2

Source CITEPA/ inventaire CCNUCC décembre 2007

des terres. L'utilisation d'engrais minéraux et d'effluents d'élevage provoque l'introduction d'azote dans le sol (par le biais des dépôts atmosphériques, de la fixation biologique d'azote et de l'incorporation de résidus de culture). Les quantités de protoxyde d'azote émises lors de l'épandage des effluents d'élevage sont plus importantes que celles dégagées durant leur stockage.

Le secteur industriel (chimie) qui représentait 29 % des émissions d'oxyde nitreux en 1990 hors UTCF, a réduit de manière importante ses émissions (en 2006, ce secteur ne représente plus que 13 % des émissions)⁴.

Les émissions de gaz fluorés (HFC, PFC, SF₆)

- Les émissions d'hydrofluorocarbures (HFC)

A partir de 1995, la consommation d'hydrofluorocarbures (HFC) s'est substituée à celle des chlorofluorocarbures (CFC), ces derniers ayant été interdits du fait de leur contribution à la destruction de la couche d'ozone atmosphérique (protocole de Montréal).

En matière d'hydrofluorocarbures (HFC), les émissions s'élèvent à 13,1 MteqCO₂. Les émissions HFC ont

⁴ Il y a eu des réductions importantes effectuées par certains industriels dans les secteurs de la fabrication d'acide adipique, d'acide glyoxylique et d'acide nitrique.



Emissions de N₂O				
au format « Plan Climat » en France (Métropole + DOM)				
Secteurs	1990 N ₂ O - Emissions en kt éq CO ₂	2006	1990-2006 Evolution (%)	2006 Part des émissions de N ₂ O (%)
Transports	498	721	44,8	1,1
Aérien	44	48	9,6	0,1
Routier	433	642	48,3	1,0
Fer	7	4	-42,5	0,0
Maritime	12	19	63,6	0,0
Autre	3	8	176	0,0
Résidentiel, tertiaire, institution. et commercial	1 311	1 423	8,5	2,2
Résidentiel	983	1 035	5,3	1,6
Tertiaire	328	388	18,3	0,6
Industrie manufacturière	25 269	6 895	-72,7	10,7
Combustion industrie man. et construction	845	925	9,5	1,4
Procédés industrie chimique	24 423	5 970	-75,6	9,2
Industrie de l'énergie	630	885	40,5	1,4
Prod. d'électricité et chauffage urbain	885	40,5	1,4	1,1
Raffinage	452	693	53	0,2
Transformation de CMS et autres	108	125	15,8	0,0
Emissions fugitives des combustibles	33	17	-50	0,0
Agriculture/ sylviculture	62 798	53 356	-15,0	82,5
Consommation d'énergie	77	71	-8,8	0,1
Sols agricoles	55 881	47 283	-15,4	73,1
Déjections animales	6 839	6 003	-12,2	9,3
Traitements des déchets	1 376	1 429	3,8	2,2
Incinération	118	122	3,8	0,2
Eaux usées	1 185	998	-15,8	1,5
Autres	74	309	318,8	0,5
Total hors effets de puits à carbone	91 881	64 708	-29,6	100
Effets des puits à carbone (UTCF)	2 085	1 196	-42,6	1,8
Total	93 966	65 905	-29,9	101,8

Source CITEPA/ inventaire CCNUCC décembre 2007

très fortement augmenté par rapport au niveau observé en 1990 (hausse de 9,5 MteqCO₂, soit +259 %). Les émissions de HFC proviennent de :

- la climatisation automobile (23 % des émissions en 2006),
- la réfrigération commerciale et domestique,
- l'utilisation d'aérosols.

Le secteur résidentiel/tertiaire est le principal secteur émetteur (44 % des émissions en 2006) du fait de la climatisation/réfrigération.

• Les émissions de perfluorocarbures (PFC)

En 2006, le niveau des émissions de perfluorocarbures (PFC) s'élève à 1,7 MteqCO₂ (en diminution par rapport au niveau constaté en 1990 (-60 %)).

Les émissions de PFC proviennent uniquement de l'industrie manufacturière (production d'aluminium de première fusion, fabrication de semi-conducteurs utilisant du PFC, production de trifluoroacétique utilisé fréquemment pour la synthèse organique).

La réduction constatée des émissions est conséquente à la fermeture de sites de production d'aluminium et de progrès réalisés dans l'industrie de la production d'aluminium de première fusion (contrôle de l'effet d'anode).

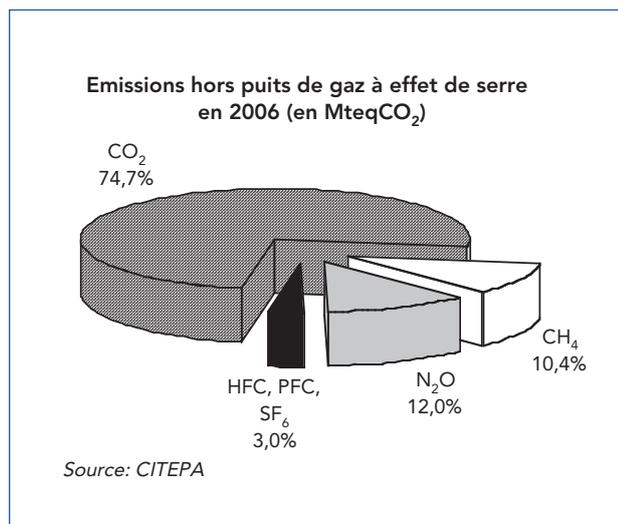
• Les émissions d'hexafluorure de soufre (SF₆)

Les émissions d'hexafluorure de soufre s'élèvent en 2006 à 1,18 MteqCO₂. Ces émissions sont en baisse depuis 1990 (-41 %). Les émissions de SF₆ proviennent principalement de l'industrie manufacturière (57 % des



Emissions de GES directs au format « Plan Climat » en France (Métropole + DOM)				
Secteurs	1990	2006	1990-2006	2006
	GES directs		Evolution	Part des émissions
	Emissions en Mt éq CO₂		(%)	de GES directs (%)
Transports	118,8	142,8	20,2	26,4
Aérien	4,3	4,7	10,6	0,9
Routier	111,5	129,8	16,4	24,0
Fer	1,1	0,6	-42,5	0,1
Maritime	1,7	2,8	63,5	0,5
Autre	0,2	0,6	176,2	0,1
Consommation de gaz fluorés	0,0	4,2		0,8
Résidentiel, tertiaire, institutionnel et commercial	89,0	101,0	13,5	18,7
Résidentiel	60,1	64,0	6,6	11,8
Tertiaire	28,3	30,8	8,8	5,7
Consommation de gaz fluorés	0,1	5,8	4378	1,1
Solvants et produits divers	0,5	0,4	-10,1	0,1
Industrie manufacturière	142,8	107,8	-24,5	19,9
Combustion industrie manufac. et construc.	85,8	77,2	-9,9	14,3
Procédés industrie chimique	27,7	7,3	-73,6	1,3
Procédés produits minéraux	15,1	13,1	-13,2	2,4
Procédés production de métaux	7,5	4,7	-37,5	0,9
Solvants et produits divers	1,3	0,8	-40,6	0,1
Production de gaz fluorés	4,7	1,4	-70,3	0,3
Consommation de gaz fluorés	0,8	3,4	319,1	0,6
Industrie de l'énergie	79,0	72,0	-8,8	13,3
Production d'électricité et chauffage urbain	48,4	47,6	-1,6	8,8
Raffinage	13,4	14,0	4,6	2,6
Transformation de CMS et autres	5,1	3,8	-25,5	0,7
Emissions fugitives des combustibles	11,7	6,1	-47,5	1,1
Consommation de gaz fluorés	0,5	0,6	8,2	0,1
Agriculture/ sylviculture	117,9	104,1	-11,7	19,2
Consommation d'énergie	10,7	9,2	-13,9	1,7
Sols agricoles	55,9	47,3	-15,4	8,7
Fermentation entérique	30,7	27,7	-9,6	5,1
Déjections animales	20,5	19,7	-3,9	3,6
Culture du riz	0,1	0,1	-6,7	0,0
Traitement des déchets	15,8	13,4	-14,7	2,5
Mise en décharge	11,1	8,8	-21,2	1,6
Incinération	2,6	2,1	-19,4	0,4
Eaux usées	2,0	2,2	11,9	0,4
Autres	0,1	0,4	295	0,1
Total hors effets de puits à carbone	563,3	541,3	-3,9	100
Effets des puits à carbone (UTCF)	-40,2	-69,9	74,0	-12,9
Total	523,1	471,4	-9,9	87,1

Source CITEPA/ inventaire CCNUCC décembre 2007



émissions) et du secteur de transformation d'énergie (42 %). Dans l'industrie manufacturière, elles sont engendrées par la production de magnésium, la fabrication de disjoncteurs et interrupteurs haute tension et la fabrication de semi-conducteurs.

L'évolution constatée provient de la réduction des émissions de consommation dans l'industrie du magnésium et des fluctuations de l'activité de production de matériaux moyenne/haute tension.

Le pouvoir de réchauffement global (PRG) des GES

En 2006, le pouvoir de réchauffement global relatif à la France est estimé à 471,4 MteqCO₂ avec les puits de

carbone et à 541,3 MteqCO₂ sans les puits de carbone. Sur la période 1990-2006, le PRG hors puits a diminué de 3,9 %. Le dioxyde de carbone CO₂ participe à hauteur d'un peu moins de 75 % aux émissions de gaz à effet de serre hors puits. Les autres gaz ont donc des contributions plus restreintes (12 % pour le protoxyde d'azote, un peu plus de 10 % pour le méthane et 3 % pour l'ensemble des gaz fluorés).

Les secteurs qui contribuent majoritairement aux émissions de gaz à effet de serre sont : le transport routier (24 %) essentiellement du fait du CO₂, l'industrie manufacturière (19,9 %), le résidentiel/tertiaire (18,7 %) du fait d'émissions des différents GES et l'agriculture/sylviculture (19,2 %) du fait des émissions de N₂O et de CH₄.

Un inventaire plus précis par gaz et par sous-secteurs est donné dans le tableau de la page 12. Il recense par ordre décroissant les sous-secteurs qui contribuent le plus fortement aux émissions de gaz à effet de serre (classement selon les différents gaz et le PRG).

Malgré la légère augmentation des émissions de dioxyde de carbone, le pouvoir de réchauffement global a diminué par rapport à 1990. L'ensemble des émissions de gaz à effet de serre est orienté à la baisse, à l'exception des émissions de dioxyde de carbone et des émissions d'hydrofluorocarbures (HFC), ces dernières ayant très fortement augmenté, même si la concentration de HFC dans l'atmosphère est faible et l'effet global sur le PRG encore peu important.

Emissions de Gaz-F au format « Plan Climat » en France (Métropole + DOM)				
Secteurs	1990	2006	1990-2006	2006
	HFC, PFC, SF ₆ Emissions en kt éq CO ₂		Evolution (%)	Part des émissions de Gaz-F (%)
Transports	0	4 234		26,0
Consommation de gaz fluorés	0	4 234		26,0
Résidentiel, tertiaire, institution. et commercial	129	5 777		35,5
Consommation de gaz fluorés	129	5 777	4378	35,5
Industrie manufacturière	9 334	5 659	-39,4	34,8
Procédés production de métaux	3 841	901	-77	5,5
Production de gaz fluorés	4 691	1 394	-70	8,6
Consommation de gaz fluorés	803	3 364	319	20,7
Industrie de l'énergie	509	551	8,2	3,4
Consommation de gaz fluorés	509	551	8	3,4
Agriculture/ sylviculture	0	50		0,3
Consommation de gaz fluorés	0	50		0,3
Total hors effets de puits à carbone	9 972	16 271	63,2	63,2

Source CITEPA/ inventaire CCNUCC décembre 2007



Sous-secteurs prépondérants dans les émissions de gaz à effet de serre en 2006
(en % du total hors UTCF)

CO₂	CH₄	HFC	PRG
Résidentiel	Elévation	Tertiaire	Véhicules particuliers
Poids lourd diesel	Traitement des déchets	Véhicules particuliers	Résidentiel
Production électricité	Résidentiel	Résidentiel	Culture
Tertiaire	Total (en %)	Chimie	Élevage
VP diesel catalysés	N₂O	Biens équip., mat. transport	Poids lourds
Minerais non-métall. et matér. constr.	Culture	Transport aérien français	Tertiaire
VP essence catalysés	Chimie	Agro-alimentaire	Production d'électr.
Métallurgie métaux ferreux	Elévation	Poids lourds	Métal. mét. non fer.
Chimie	Traitement des déchets	Véhicules utilitaires	Chimie
Raffinage pétrole	Résidentiel	Total (en %)	Véhicules utilitaires
VU diesel catalysés	Total (en %)	PFC	Métallurgie métaux ferreux
Agro-alimentaire	Production d'électricité	Chimie	Raffinage pétrole
VP diesel non catalysés	Métallurgie métaux non ferreux	Métal. métaux non ferreux (alu.)	Agro-alimentaire
Autres sources de l'agriculture	Biens équip., matér. transport	Biens équip., mat. transports	Traitement des déchets
Chauffage urbain	Chimie	Total (en %)	Autres sources de l'agric.
VU diesel non catalysés	Total (en %)	Production d'électricité	Chauffage urbain
Autres secteurs de transf. de l'énergie	VP essence non catalysés	Métallurgie métaux non ferreux	Biens équip., mat. transport
Papier carton	Autres industries manufacturières	Biens équip., mat. transport	Papier, carton
Biens équip. mat. transport	Transport aérien français	Chimie	Autres secteurs transf. énergie
VP essence non catalysés	Total (en %)	Total (en %)	Total (en %)
Autres industries manufacturières			
Transport aérien français			
Total (en %)			



Cette légère diminution du niveau des émissions de gaz à effet de serre (-3,9 % hors puits) et la quasi-stagnation des émissions de CO₂ (+ 2,8 %, hors pertes tenant compte des puits) est en ligne avec les objectifs assignés à la France, dans le cadre du Protocole de Kyoto, qui visent à stabiliser les émissions à leur niveau de 1990 sur la période 2008-2012.

Les émissions de GES par sources

Nous avons précédemment examiné les émissions par types de gaz à effet de serre. Nous allons maintenant préciser les sources de ces émissions de gaz à effet de serre.

Une classification précise des types de sources a été réalisée pour la CNUCC (Convention des Nations unies contre les changements climatiques) mettant en avant six sources d'émissions (l'énergie, les procédés industriels, l'utilisation de solvants, l'agriculture, les changements d'affectation des sols et sylviculture et les déchets). Cette classification fait apparaître l'importance de la combustion de combustibles fossiles dans les émissions de gaz à effet de serre (71 %).

La somme des émissions de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote aboutit à un PRG de 533 MteqCO₂ sur les 541 MteqCO₂ recensés. Ce tableau, même non totalement exhaustif, ainsi que le tableau des émissions de GES directs au format « Plan Climat » et celui des sous-secteurs émetteurs prépondérants en 2006, nous permettent donc mettre en avant les principales sources

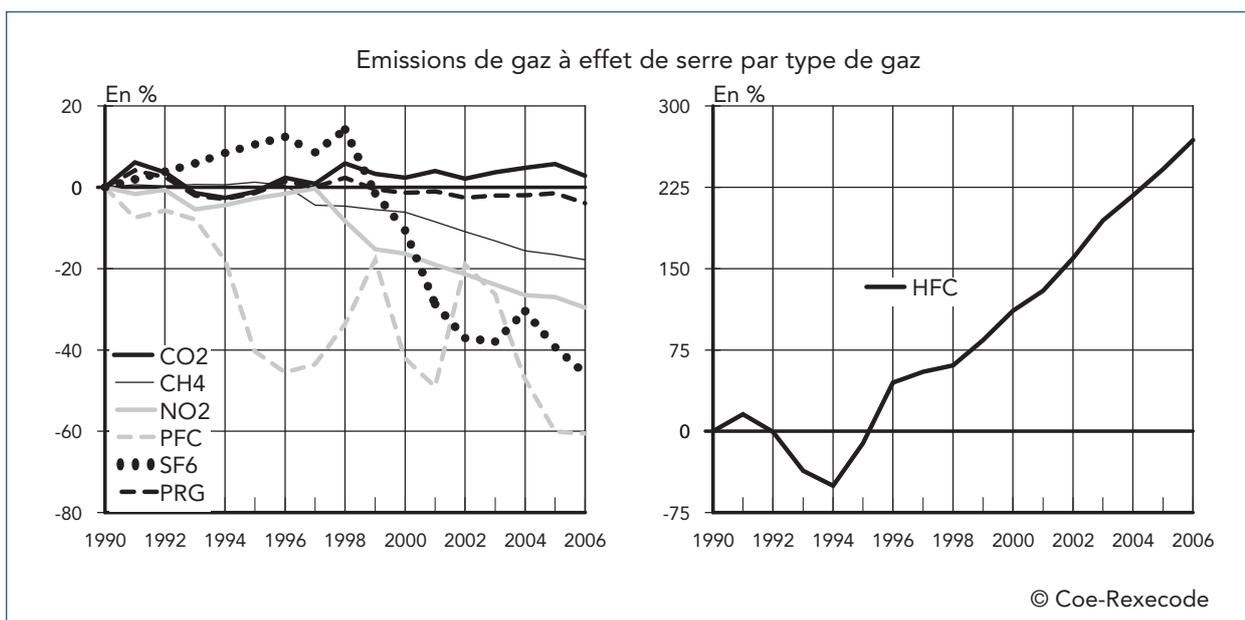
d'émissions de gaz à effet de serre : (i) la consommation de combustibles dans les secteurs de l'énergie (62,5Mt eqCO₂), de l'industrie manufacturière, de la construction (78,4Mt eqCO₂) et des transports (139,1 Mt eqCO₂) et dans les autres secteurs, (ii) les émissions de protoxyde d'azote provenant des sols agricoles (66,3 Mt eqCO₂), et (iii) les émissions de méthane dans le secteur de l'agriculture. A partir de cette classification par sources, nous allons pouvoir préciser notre description de la provenance des émissions en mettant l'accent sur les technologies en jeu dans chaque secteur. Nous allons donc examiner plus précisément les sources émettrices suivantes :

- le transport (particulièrement le transport routier),
- le secteur résidentiel/tertiaire,
- le secteur de production d'énergie (production d'électricité et raffinage),
- l'agriculture/sylviculture,
- les processus industriels (combustion et décarbonatation).

Pour chacun de ces secteurs, nous mettons en exergue les évolutions sur la période 1990-2006 et les ressorts de cette évolution.

Les émissions provenant du transport

Les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports ont augmenté durant les quinze dernières années passant de 119 MteqCO₂ en 1990 à 143 Mt eqCO₂ en 2006. Sur cette même période, les émissions de gaz à effet de serre de l'ensemble des autres secteurs





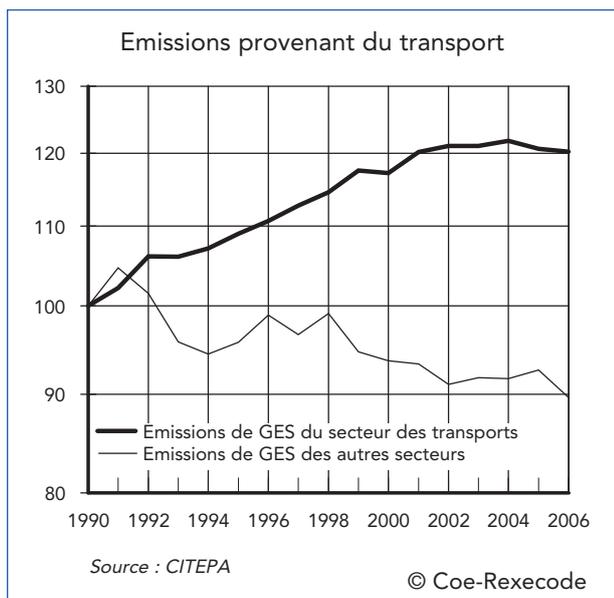
Classification des principales sources d'émissions (en millions de tonnes équivalent CO₂) (2006)				
Secteurs CCNUCC	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Gaz-F
Total national (émissions nettes)	336,4	2,7	0,21	
1 - Energie	387,5	0,2	0,0	
A- Consommation de combustibles	383,3	0,1	0,0	
1- Industrie de l'énergie	65,2	0,0	0,0	
2- Industrie manufacturière et construction	78,4	0,0	0,0	
3- Transport	139,1	0,0	0,0	
4- Autres secteurs	100,5	0,1	0,0	
B- Emissions fugitives de combustibles	4,2	0,1	0,0	
1- Combustibles solides		0,0		
2- Combustibles liquides et gazeux	4,2	0,1	0,0	
2 - Procédés industriels	18,2	0,0	0,0	0,6
A- Produits minéraux	13,1			
B- Chimie	1,3		0,0	
C- Métallurgie	3,8	0,0		0,6
D- Autres productions				
E- Production d'halocarbures et SF ₆				1,3
F- Consommation d'halocarbures et SF ₆				13,3
3 - Utilisation de solvants et autres produits	1,2		0,0	
4 - Agriculture		2,0	0,2	
A- Fermentation entérique		1,3		
B- Gestion des déjections animales		0,7	0,0	
C- Rizières		0,0		
D- Sols agricoles			0,2	
5 - Changements d'affectation des sols et sylviculture	-72,3	0,1	0,0	
A- Forêts	-84,7	0,0		
B- Terres cultivées	12,8	0,0	0,0	
C- Prairies	-6,0	0,0		
D- Terres humides	1,3	0,0		
E- Terrains bâtis	3,5	0,0		
F- Autres terres	0,8	0,0		
6 - Déchets	1,8	0,5	0,0	
A- Décharges		0,4		
B- Traitement des eaux		0,1	0,0	
C- Incinération de déchets	1,8	0,0	0,0	
D- Autres		0,0	0,001	
7 - Autres				
Soutes internationales	26,1			
Aviation	16,8			
Marine	9,3			
Emissions de CO ₂ de la biomasse	47,0			
Total PRG	409	57,6	66,3	0,6

fléchissaient (passant de 445 à 399 Mt eqCO₂). C'est donc une source croissante d'émissions de gaz à effet de serre. Nous pouvons examiner les ressorts de cette progression des émissions liées au transport (surtout au transport routier qui représente 130 et 143 Mt eqCO₂ en 2006).

L'analyse va permettre de faire la distinction entre les émissions liées au transport de voyageurs et celles liées au transport de marchandises. On distinguera également les émissions selon les différents types de véhicules routiers et leur motorisation.

• Evolution du transport de marchandises

Sur la période 1990-2006, le transport de marchandises hors transit a augmenté de 30 % s'établissant en 2006 à 320 milliards de tonnes-kilomètres (Gt-km). Le transport routier constitue la part la plus importante du transport de marchandises hors transit (80 % des 320 Gt-km en 2006) et a augmenté de 48 % sur la période 1990-2006.



Sur cette période le transport ferroviaire de marchandises a régressé (-22,6 %) et ne représente que 36 Gt-km. Sa part dans le transport de marchandises hors transit est de 11,3 %.

• Evolution du transport de voyageurs

Sur la période 1990-2006, le transport de voyageurs a progressé de 22,6 % s'établissant à un niveau de 873 milliards de voyageurs-kilomètres.

Le véhicule particulier constitue le moyen de transport de voyageurs le plus utilisé (82,9 % de l'ensemble des voyageurs-kilomètres) et a progressé de 23,6 % sur la période 1990-2006.

Le transport ferroviaire représente 10 % de l'ensemble des voyageurs-kilomètres en 2006 (progression de 23,8 % sur la période).

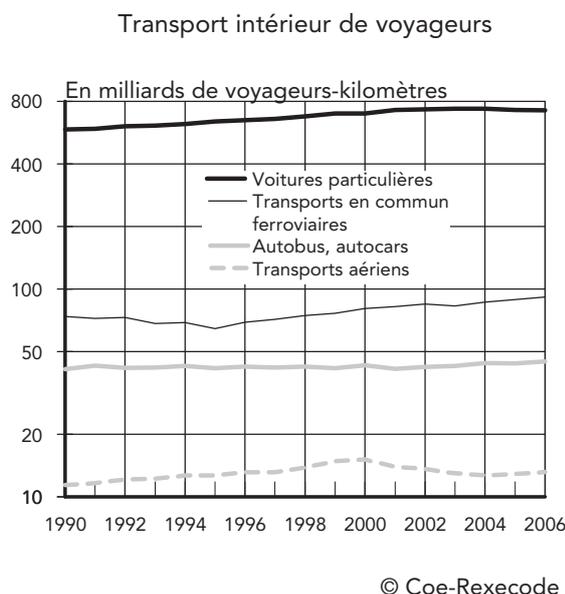
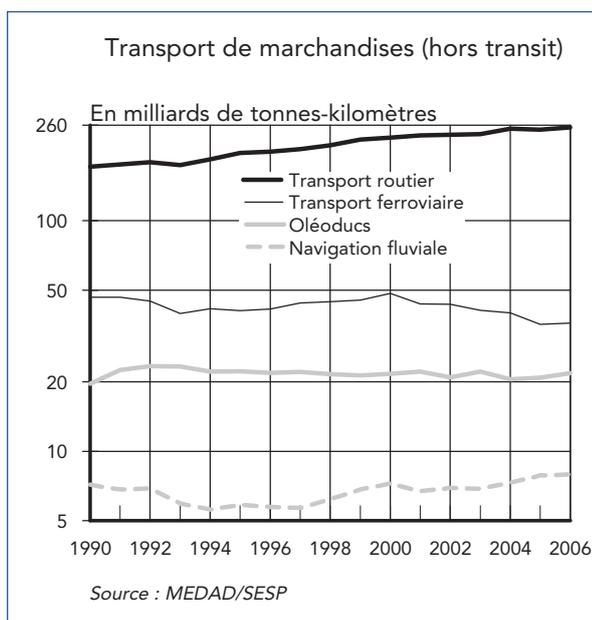
Que ce soit pour le transport de voyageurs ou celui de marchandises, les véhicules routiers sont le principal moyen de transport. La combustion d'essence et de gazole dans les moteurs des véhicules routiers est donc la principale source des émissions de CO₂ du secteur des transports. Nous allons préciser cela en étudiant les types de véhicules routiers et l'évolution de leurs émissions.

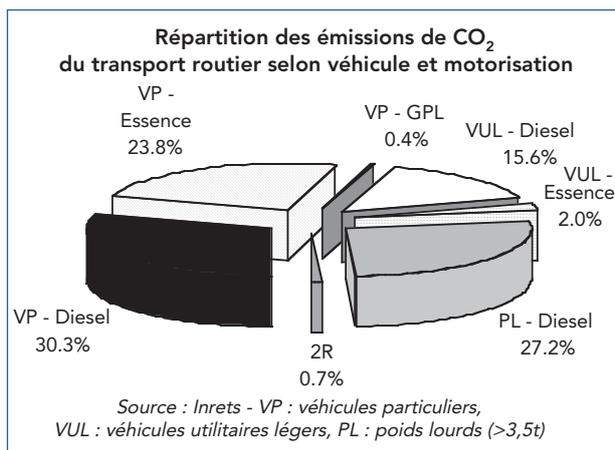
La répartition des émissions de CO₂ par types de véhicules routiers en 2005 montre l'importance des émissions provenant des véhicules particuliers (58 %). Les émissions des poids lourds représentent un peu plus de 25 % des 128,3 Mt de CO₂ émis.

Le parc routier statique (nombre de véhicules) ainsi que le parc roulant total (en milliards de kilomètres) en 2005 sont décrits dans le tableau page 16 provenant des travaux de modélisation du parc routier et de ses émissions réalisés par Hugrel et Joumard (2006). Ce tableau précise la répartition du parc roulant total des véhicules routiers entre parc roulant urbain (30,7 %), parc roulant route (45,5 %) et parc roulant autoroute (23,8 %).

Les véhicules particuliers représentent 77 % des kilomètres parcourus (parc roulant total) et 58 % des émissions de dioxyde de carbone du transport routier. Les poids lourds représentent 6 % du parc roulant total et 25 % des émissions de dioxyde de carbone du transport routier.

Cela s'explique bien entendu par les taux des émissions de CO₂ par km parcouru dont les différences sont





marquées (180 g de CO₂ par km en moyenne pour les véhicules particuliers contre plus de 970 g de CO₂ par km pour les poids lourds en 2005).

Les émissions de CO₂ sont directement proportionnelles à la consommation de produits pétroliers constitués en quasi-totalité par les hydrocarbures saturés qui comportent dans leur masse 75 à 84 % de carbone. A l'issue de la combustion, le carbone se retrouve quasi-intégralement dans les gaz d'échappement, combiné à l'oxygène de l'air sous forme de CO₂ ou de CO qui se transforme en CO₂. Un moteur émet autant de carbone qu'il en consomme sous forme de carburant (et donc 3,67 fois plus de dioxyde de carbone).

La motorisation diesel représente 73,1 % de l'ensemble du parc routier français. Les émissions de CO₂ par litre de carburant consommé sont pour l'essence de 2,35 kg et pour le gazole de 2,60 kg. Compte tenu des différences de pouvoir énergétique des carburants, les émissions de CO₂ sont dans les rapports suivants par

Le parc routier en France (2005)					
	Parc statique (en nombre de véhicules)	total	Parc roulant (en milliards de km)		
			urbain	route	autoroute
VP Essence <1,4 l	7 134 166	74,0	29,6	31,8	12,6
VP Essence 1,4 - 2,0 l	3 700 009	52,2	17,2	22,4	12,5
VP Essence >2,0 l	2 930 911	45,8	10,5	16,5	18,8
VP Diesel <2,0 l	7 041 430	134,4	41,7	65,8	26,9
VP Diesel >2,0 l	4 913 522	95,8	25,9	46,0	24,0
VUL Essence <3,5t	298 450	2,0	0,5	0,7	0,8
VUL Diesel <3,5 t	4 642 686	74,1	20,0	35,5	18,5
PL Diesel 3,5 - 7,5 t	17 071	0,7	0,3	0,3	0,1
PL Diesel 7,5 - 16 t	113 684	4,4	2,2	1,6	0,6
PL Diesel 16 - 32 t	179 764	8,5	3,7	3,4	1,4
PL Diesel >32t	354 715	17,5	2,6	8,8	6,1
Bus	22 495	0,7	0,6	0,0	0,0
Cars	42 876	1,0	0,3	0,5	0,2
Cyclomoteurs	1 639 202	2,9	2,3	0,6	0,0
2-temps >50 cm ³	568 616	1,9	0,6	0,9	0,4
4-temps <250 cm ³	33 167	0,1	0,0	0,0	0,0
4-temps 250 - 750 cm ³	452 448	2,7	0,9	1,2	0,6
4-temps >750 cm ³	318 568	2,1	0,7	0,9	0,4
VP Essence	13 765 086	172,0	57,4	70,8	43,9
VP Diesel	11 954 952	230,2	67,5	111,8	50,8
VUL Essence	298 450	2,0	0,5	0,7	0,8
VUL Diesel	4 642 686	74,1	20,0	35,5	18,5
PLM	665 234	31,1	8,9	14,0	8,2
PLV	65 371	1,7	0,9	0,6	0,2
Cyclomoteurs	1 639 202	2,9	2,3	0,6	0,0
Motocyclettes	1 372 798	6,7	2,2	3,1	1,4
VP	25 720 038	402,2	124,9	182,6	94,7
VUL	4 941 136	76,1	20,5	36,3	19,3
PL	730 605	32,8	9,8	14,6	8,4
2R	3 012 000	9,6	4,5	3,7	1,4
Véhicule routier	34 403 779	520,7	159,7	237,1	123,9

Source : Inrets, « Transport routier. Parc, inventaires et facteurs agrégés d'émission des véhicules en France de 1970 à 2025 », Hugrel et Joumard (2006). PLM pour PL Marchandises, PLV pour PL Voyageurs (Bus et Cars).



Indice comparé des émissions

Essence	100
Gazole injection indirecte	85
Gazole injection directe	76
Gaz Naturel Véhicules (GNV)	72
Gaz de Pétrole Liquéfié carbur. (GPL)	85
Electricité d'origine nucléaire	0

Source : Union Routière France, 2006

Parc roulant (en km)

(en %)	Total	Urbain	Route	Autoroute
VP	22,7	19,7	7,4	67,4
VUL	35,2	53,7	27,6	32,3
PL	7,3	-11,6	13,1	23,1
2R	29,2	7,6	47,2	71,7
Véhicule routier	23,5	20,8	11,1	57,6

Source : Inrets

rapport à un moteur à essence, en l'état actuel des techniques disponibles (cf. « Indice comparé des émissions », tableau ci-dessus).

L'application des coefficients d'émissions de CO₂ correspondant aux différents types de véhicules permet d'obtenir les émissions de CO₂ selon le type de véhicule routier (véhicule particulier (VP), véhicule utilitaire léger (VUL), Poids lourds (PL) et deux roues (2R)) et par type de motorisation (diesel, essence) en 2005 et en 1990.

Les véhicules particuliers représentent un niveau d'émissions de dioxyde de carbone de 72,7 Mt, les véhicules utilitaires légers un niveau de 20,5 Mt et les poids lourds un niveau de 31,7 Mt en 2005 (les émissions provenant des deux roues sont négligeables). Les progressions de ces niveaux d'émissions par rapport à 1990 (+27 % pour les véhicules particuliers, +43 % pour les véhicules utilitaires légers, +21 % pour les poids lourds) sont imputables soit à une multiplication du parc statique (augmentation du nombre de véhicules), soit à une augmentation du nombre de kilomètres parcourus par véhicule, soit à une progression du niveau moyen des émissions par kilomètre sur le réseau. Le tableau de la page 18 permet d'apprécier ces évolutions selon les types de véhicules.

On constate une progression importante des émissions du parc roulant des véhicules légers utilitaires en grande partie du fait de la progression de leur nombre (augmentation du nombre de véhicules utilitaires légers de plus de 20 % sur la période 1990-2005). La progression des émissions de CO₂ des poids lourds (+18,8 %) provient principalement de l'augmentation des émissions de CO₂ moyenne sur le réseau (+11,5 %) car la progression de leur nombre (+3 %) et des kilomètres parcourus par véhicules (+4,3 %) est relativement

modeste sur la période. La progression des émissions de CO₂ des véhicules particuliers provient principalement de l'augmentation des kilomètres parcourus (+18,5 %).

Nous pouvons détailler les ressorts de la progression des émissions des véhicules particuliers. Malgré la baisse du taux moyen des émissions par kilomètre parcouru des véhicules neufs constatée depuis plus de dix ans (voir graphique de gauche page 18), le niveau des émissions du parc roulant de véhicules particuliers augmente du fait de l'augmentation du nombre de véhicules (+4,3 %) et de celle des kilomètres parcourus (augmentation de la mobilité) : +18,5 % sur la période 1990-2005 pour les véhicules particuliers.

Emissions de CO₂ du parc de véhicules routier (en millions de tonnes de CO₂)

	1990	2005	Evolution 1990-2005 (%)
VP Essence <1,4 l	22,2	12,5	-43
VP Essence 1,4 - 2,0 l	16,9	11,0	-35
VP Essence >2,0 l	2,1	11,1	432
VP Diesel <2,0 l	10,3	22,6	120
VP Diesel >2,0 l	5,6	15,4	176
VUL Essence <3,5t	4,0	0,6	-86
VUL Diesel <3,5 t	10,4	19,9	92
PL Diesel 3,5 - 7,5 t	0,6	0,2	-63
PL Diesel 7,5 - 16 t	5,5	2,8	-49
PL Diesel 16 - 32 t	6,4	8,1	27
PL Diesel >32t	11,8	18,9	60
Bus	1,0	0,8	-16
Cars	0,9	0,8	-13
Cyclomoteurs	0,1	0,2	28
2-temps >50 cm ³	0,0	0,1	82
4-temps <250 cm ³	0,0	0,0	24
4-temps 250 - 750 cm ³	0,1	0,2	112
4-temps >750 cm ³	0,1	0,2	155
VP Essence	41,2	34,6	-16
VP Diesel	15,9	38,1	139
VUL Essence	4,0	0,6	-86
VUL Diesel	10,4	19,9	92
PLM	24,4	30,1	23
PLV	1,9	1,7	-14
Cyclomoteurs	0,1	0,2	28
Motocyclettes	0,2	0,5	117
VP	57,1	72,7	27
VUL	14,3	20,5	43
PL	26,3	31,7	21
2R	0,3	0,6	84
Véhicule routier	98,0	125,5	28

Source : Inrets, « Transport routier. Parc, inventaires et facteurs agrégés d'émission des véhicules en France de 1970 à 2025 », Hugrel et Jourard (2006).

PLM pour PL Marchandises, PLV pour PL Voyageurs (Bus et Cars).



Evolution du parc routier et des émissions de CO ₂ (1990-2003)					
	Parc statique (nombre de véhicules)	Kilomètres parcourus par véhicule	Parc roulant (total en km)	Emission de CO ₂ sur moyenne du réseau (g/km)	Emissions de CO ₂ (en Mt)
2005					
VP	25 504 184	15 770	402 213 016 000	180,6	72,7
VUL	4 825 211	15 767	76 077 066 422	269,4	20,5
PL	724 446	45 296	32 814 189 170	967,5	31,7
2 R	3 041 761	3 161	9 613 695 323	63,1	0,6
Véhicule routier	34 095 602	15 272	520 717 966 915	244,7	125,5
1990					
VP	24 442 366	13 111	320 474 814 634	178,1	57,1
VUL	3 925 205	13 625	53 482 642 163	267,8	14,3
PL	702 826	43 395	30 498 815 549	862,5	26,3
2R	2 995 591	2 397	7 180 944 885	46,0	0,3
Véhicule routier	32 065 988	12 837	411 637 217 231	239,1	98,0
Evolution 1990-2005 (en %)					
VP	4,3	18,5	22,7	1,4	24,1
VUL	20,6	14,6	35,2	0,6	35,9
PL	3,0	4,3	7,3	11,5	18,8
2R	1,5	27,6	29,2	31,7	60,9
Véhicule routier	6,1	17,4	23,5	2,3	24,7

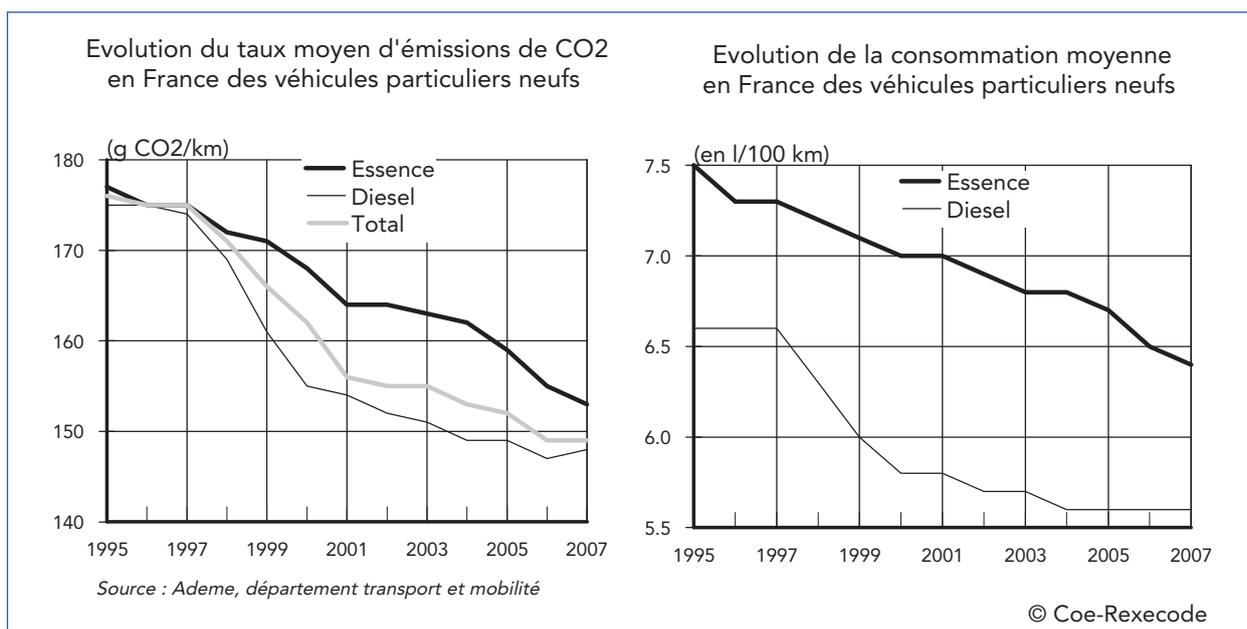
Source : Inrets

La progression des ventes de véhicules à moteur diesel (moins consommateur) ne permet pas non plus de contrecarrer l'augmentation du parc de véhicules particuliers et des kilomètres parcourus par les véhicules particuliers (augmentation de 4,3 % du parc statique des véhicules particuliers entre 1990 et 2005 et augmentation de 22,7 % du parc roulant des véhicules particuliers).

L'augmentation de l'utilisation des véhicules particuliers (accroissement de la mobilité, progression du taux

d'équipement des ménages) oriente pour le moment les émissions de CO₂ à la hausse malgré les améliorations technologiques en matière de consommation et malgré la progression de la motorisation diesel plus faiblement consommatrice de carburant.

Dans les statistiques qui ressortent de la modélisation de l'Inrets, on note une très légère augmentation des émissions de CO₂ par km parcouru des véhicules particuliers (+1,4 % sur la période 1990-2005) malgré

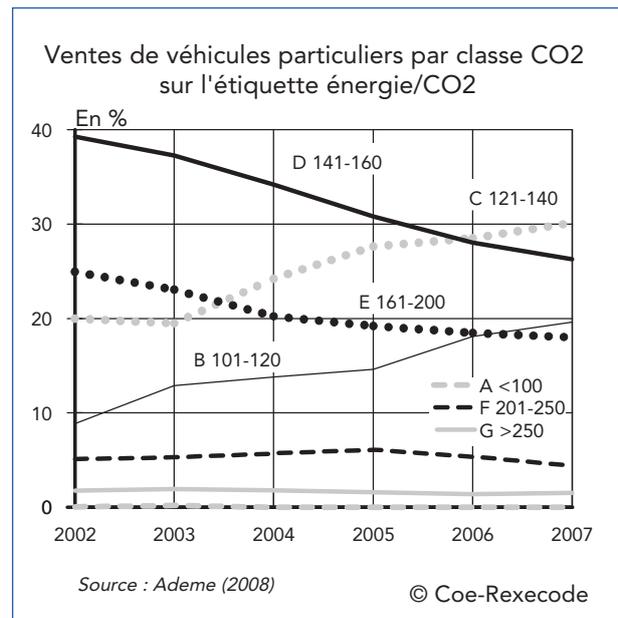




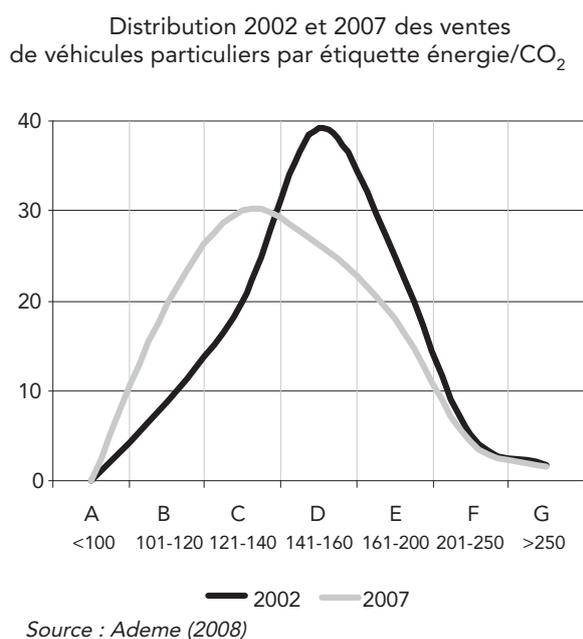
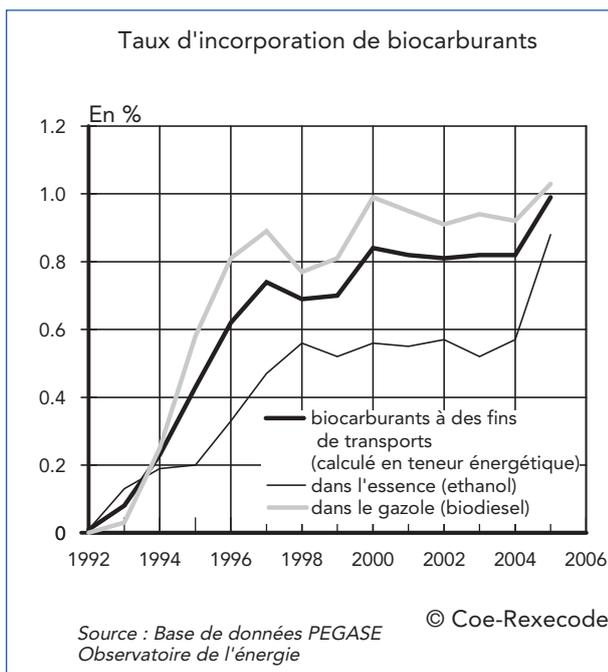
l'évolution à la baisse du taux moyen des émissions des véhicules neufs. Cela s'explique par le renouvellement relativement lent du parc et les évolutions contrastées des différents modes d'utilisations possibles du parc de véhicules particuliers (urbain, route, autoroute). Il y a eu un report de l'utilisation des véhicules particuliers vers les modes d'utilisation qui peuvent être les plus polluants car les plus consommateurs de carburant (utilisation urbaine, autoroute).

Le secteur de la vente de véhicules particuliers a fait l'objet de la mise en place d'un étiquetage obligatoire énergie/CO₂, ceci afin d'orienter le choix des acheteurs vers les véhicules les moins énergivores et les moins émetteurs de CO₂. On constate que la part des véhicules peu émetteurs de CO₂ (classe B et C) progresse dans la distribution par classe d'émissions de CO₂ des véhicules neufs et que celle des véhicules moyennement polluants régresse (classe D et E) entre 2002 et 2007. La part des véhicules les moins polluants (classe A, moins de 100g de CO₂/km) reste cependant pour le moment négligeable (très peu de véhicules dans cette catégorie).

L'évolution de la distribution des ventes de véhicules neufs progresse donc dans le sens de moins d'émissions de dioxyde de carbone. Mais la durée de vie médiane d'un véhicule demeure aux alentours de douze ans de sorte que le taux de renouvellement du parc reste modeste (les immatriculations fluctuent autour de deux millions suivant les années en France et l'on considère que pour trois immatriculations neuves, deux véhicules



d'occasion sortent du parc). Ce lent renouvellement du parc, et l'incorporation lente de véhicules moins émetteurs de dioxyde de carbone qui en résulte, ne permet pas d'inverser la progression des émissions de dioxyde de carbone car cette amélioration technique des véhicules neufs ne compense pas la progression du parc roulant et son déploiement vers des utilisations fortement émettrices de CO₂ (urbain, autoroute). Le taux moyen des émissions du parc routier est ainsi proche de 180 g CO₂ (alors que le taux moyen des émissions des véhicules particuliers neufs vendus est déjà en dessous de 150 g CO₂/km). L'introduction du bonus-malus





écologique pour l'achat de véhicules particuliers neufs en 2008 (première mesure du Grenelle) a fortement accéléré la baisse de niveau moyen d'émissions des véhicules neufs (142 g de CO₂/km en juin 2008).

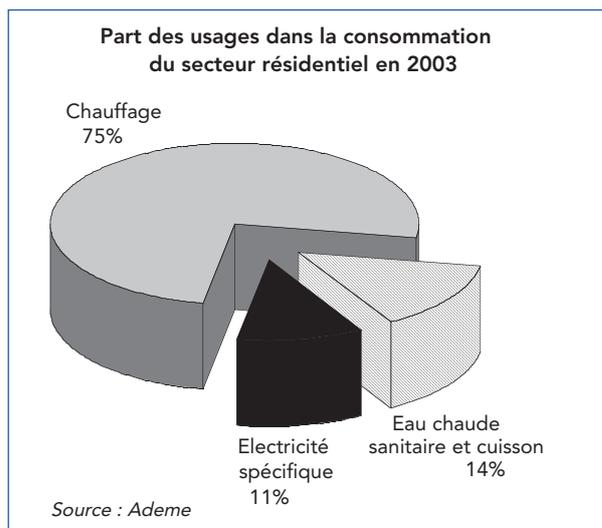
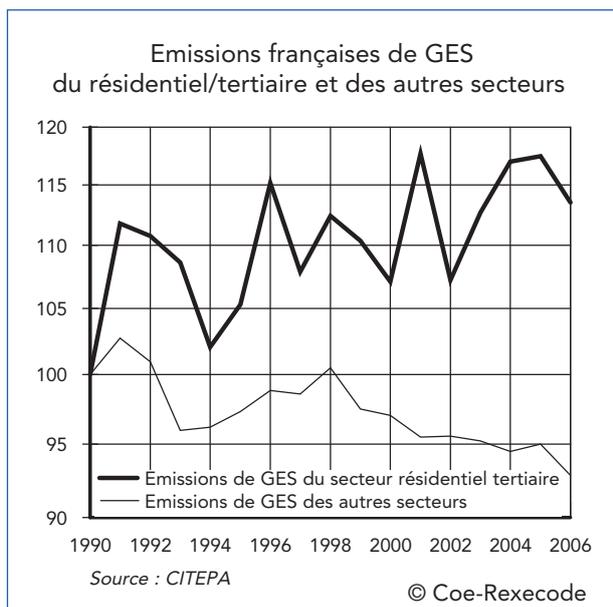
Une autre évolution qui irait dans le sens d'un fléchissement à l'avenir des émissions de CO₂ liées au transport routier serait la montée en puissance de l'incorporation des biocarburants dans l'essence et le gazole. Mais l'évolution de cette filière est-elle assurée ? On peut se poser la question étant donné l'actualité récente (problème de compétition dans l'utilisation des terres agricoles) dans l'attente de l'arrivée de bio-carburants de seconde génération.

Les carburants de « seconde génération » sont des carburants qui valorisent tout ou partie des composantes de structure de ce biomasse (lignine, cellulose, ...) et pas simplement les réserves énergétiques des plantes (amidon, sucre, huile).

En 2006, 631 000 tonnes de biodiesel et 231 000 tonnes de bioéthanol ont été mis à la consommation en France, soit respectivement 1,77 % et 1,75 % de la consommation française de gazole et d'essence.

Secteur du bâtiment : résidentiel/tertiaire

Les émissions en provenance des bâtiments des secteurs de l'habitat résidentiel et du tertiaire représentent 22,7 % des émissions totales de CO₂ et 18,7 % des émissions de GES. Les émissions des secteurs résidentiel et tertiaire sont globalement en croissance depuis 1990 avec une variance provenant des fluctuations météorologiques. Sur la même période, les émissions provenant de la réunion de tous les autres secteurs ont légèrement fléchi.



• Résidentiel

Dans le résidentiel, la consommation d'énergie par usage (hors énergie renouvelable mais y compris le bois) est la suivante : 75 % pour le chauffage, 14 % pour l'eau chaude sanitaire (ECS) et 11 % pour l'électricité spécifique.

Le chauffage représente 75 % de la consommation d'énergie du secteur résidentiel. Il convient donc d'examiner la distribution de la performance énergétique des différents logements qui composent le parc résidentiel national.

L'utilisation d'une étude réalisée par l'Agence nationale de l'habitat (Anah) en janvier 2008 (« Modélisation des performances énergétiques du parc de logements. Etat énergétique du parc en 2008 ») nous permet de donner un aperçu des performances énergétiques du parc de logements existants (cette étude Anah (2008) est basée sur l'enquête nationale logement de 2002 et d'autres sources (Union sociale pour l'habitat (USH), Mission interministérielle sur l'effet de serre (MIES)...). Le parc résidentiel est estimé en 2008 à environ 31,5 millions de logements. L'étude a permis de classer le parc résidentiel en fonction des performances énergétiques des logements (répartition des logements dans les classes d'étiquettes énergétiques, allant de A (moins de 50 kWh/m²/an) à G (plus de 450 kWh/m²/an) du diagnostic de performance énergétique (DPE) rendu obligatoire depuis 2006). L'article 41 de la loi n° 2004-1343 (du 9 décembre 2004) a introduit dans le code de la construction et de l'habitation le diagnostic de performance énergétique (DPE). Ce nouveau diagnostic, établi par une personne physique ou morale habilitée, fournit des indications sur la performance énergétique du loge-



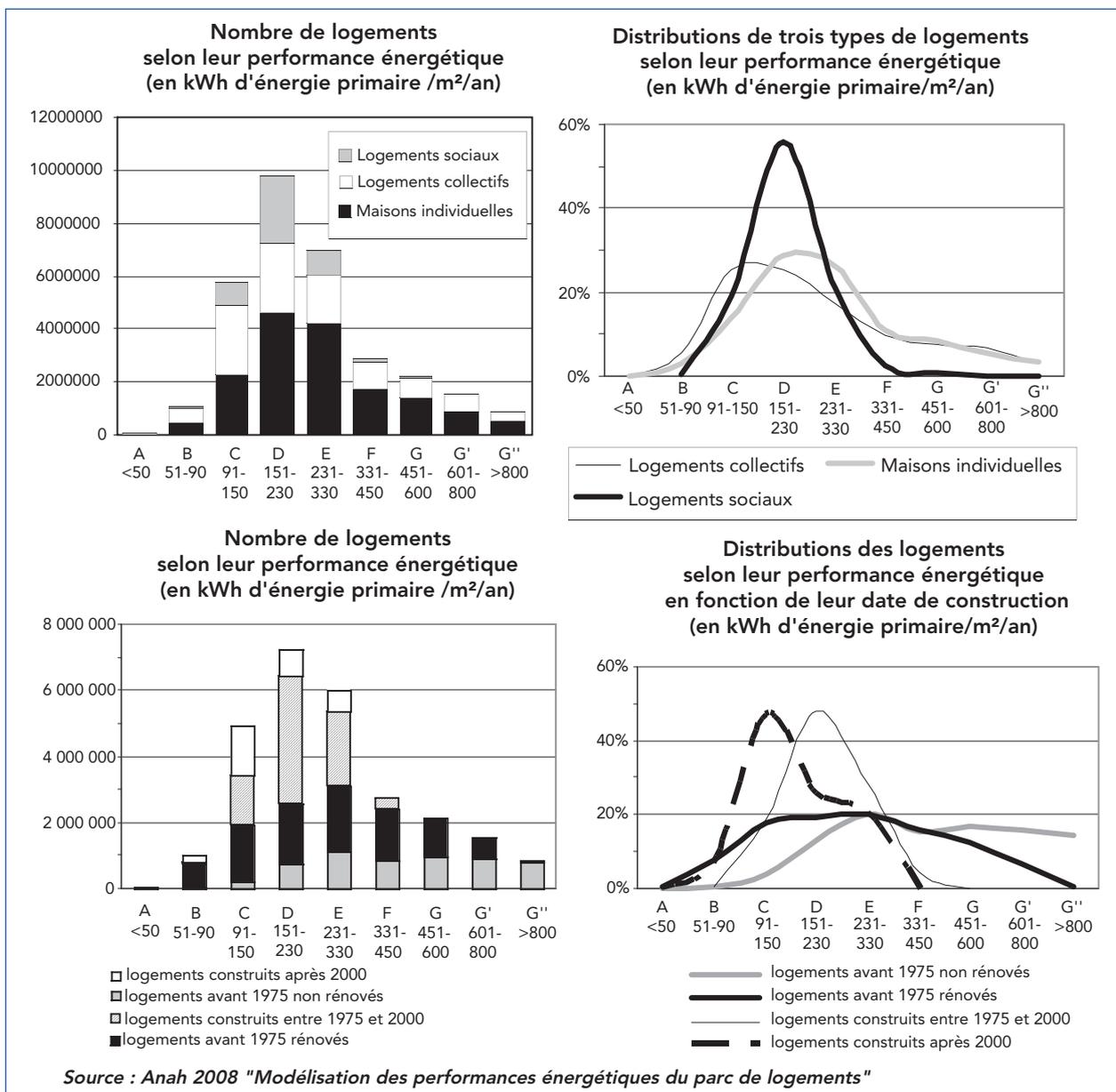
ment : consommation énergétique (eau chaude sanitaire, chauffage, ventilation), émissions de gaz à effet de serre, note globale de performance, proposition de mesures d'améliorations. Ces informations sont estimées dans des conditions standardisées qui permettent de comparer les bâtiments entre eux, indépendamment de leurs utilisateurs respectifs. Le DPE est obligatoire, pour tous bâtiments, exception faite de certaines catégories comme les hangars, depuis le 1er juillet 2006 pour une vente et depuis le 1er juillet 2007 pour une location. Lors de la transaction, le dernier diagnostic effectué doit avoir moins de dix ans.

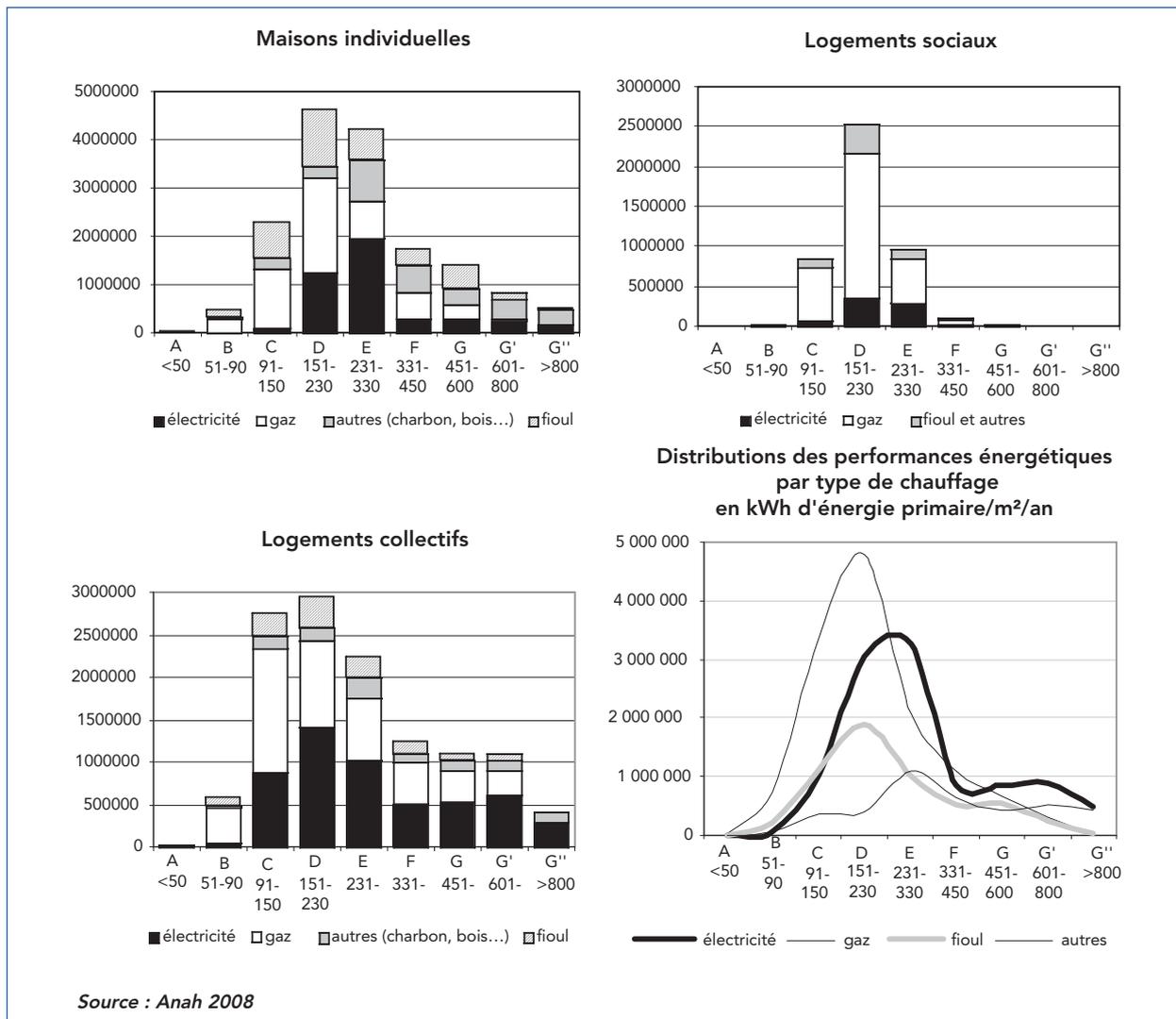
L'étude Anah (2008) a subdivisé la catégorie G en trois sous-catégories afin de mieux décrire la queue de

la distribution, c'est-à-dire les logements les plus énergivores sur lesquels la focalisation des efforts de réduction permettrait des améliorations substantielles.

Pour l'ensemble du parc résidentiel, la consommation énergétique moyenne avancée par cette étude est de 272 kWh ep/m²/an (ce qui n'est pas éloigné d'une fourchette généralement avancée de 250-260 kWh /m²/an).

Pour les logements construits avant 1975, la consommation énergétique moyenne est de 360 kWh/ep/m²/an (le chiffre généralement avancé est 375 kWh /m²/an). Les graphiques ci-dessous présentent la distribution du parc de logements collectifs, des maisons individuelles et des logements sociaux en fonction de leur performance énergétique.





L'intérêt de l'étude de l'Anah est que, au-delà des habitudes moyennes avancées, la distribution du parc selon la performance énergétique des logements est estimée. Cela permet de dénombrer les logements les plus énergivores pour lesquels une rénovation thermique d'ampleur aurait des effets importants.

L'un des principaux déterminants des différences constatées de performance énergétique est la date de construction des logements. Le graphique « Distribution des logements selon leur performance énergétique en fonction de leur date de construction » page 21 permet d'apprécier le positionnement relatif des différentes courbes de distribution en fonction de la période de construction des logements. L'apparition d'une première réglementation thermique pour la construction neuve à partir de 1975 et le renforcement du caractère contraignant des réglementations thermiques au fil de leurs renouvellements, a permis d'améliorer sensiblement la performance des logements neufs (d'où le déplacement

progressif des distributions 1975-2000 et post-2000 vers les classes les moins énergivores). La rénovation thermique, même partielle, d'une partie des logements construits avant 1975 participe également à l'amélioration de la performance énergétique du parc de logements.

Les autres déterminants importants permettant d'expliquer la différence de performance énergétique, sont le type du logement (maisons individuelles, logements collectifs, logements sociaux) et le moyen de chauffage (électricité, gaz, fioul...). Les graphiques ci-dessus permettent d'apprécier les distributions par type de chauffage des différents logements.

La distribution des logements sociaux est ainsi beaucoup moins étalée que celles des maisons individuelles et des logements collectifs parmi l'éventail des classes de performances énergétiques. Il n'y a pas de logements sociaux dans les classes G' et G'' de l'étude alors que 1,5 million de logements collectifs et 1,3 million de maisons individuelles appartiennent à ces classes (loge-



	Date de construction du logement			
	Avant 1975	1975-1982	198 -1989	1990 et après
Consommation d'énergie (en kWh)				
Maison à surface normalisée (100 m²)				
Fioul	18 900	16 065	13 655	11 607
Gaz	18 800	15 980	13 583	11 546
Electricité	9 000	7 650	6 503	5 527
Appartement à surface normalisée (70 m²)				
Urbain	20 900	17 765	15 100	12 835
Gaz	11 000	9 350	7 948	6 755
Electricité	5 600	4 760	4 046	3 439
Emission de CO₂ (en kg)				
Maison à surface normalisée (100 m²)				
Fioul	5 046	4 289	3 646	3 099
Gaz	3 798	3 228	2 744	2 332
Electricité	1 620	1 377	1 170	995
Appartement à surface normalisée (70 m²)				
Urbain	3 637	3 091		
Gaz	2 222	1 889	1 605	1 365
Electricité	1 008	857	728	619

Source : Ceren - Inrets - Rapport « Bilan gaz à effet de serre de l'étalement urbain »

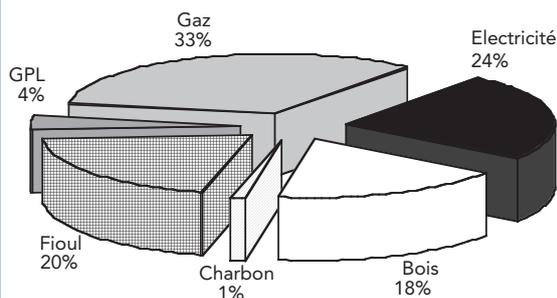
Contenu en grammes de CO₂ d'un kWh selon le moyen de chauffage (2005)

Correspondance entre consommation d'énergie et émissions de CO₂

Bois	0
Urbain	174
Electricité de chauffage	180
Gaz	202
GPL	227
Fioul	267
Charbon	341

Source : Ceren - Inrets (2005)

Part des énergies consommées par le secteur résidentiel en 2003 (46,7 Mtep)



Source : DGEMP, Observatoire de l'énergie

ments le plus souvent chauffés à l'électricité, au bois ou au charbon).

Les distributions des logements selon leur performance énergétique par type de chauffage permettent de constater que les logements chauffés au gaz sont relativement plus performants énergétiquement. Mais il convient également de prendre en compte le contenu en CO₂ d'un kWh en provenance des différentes énergies.

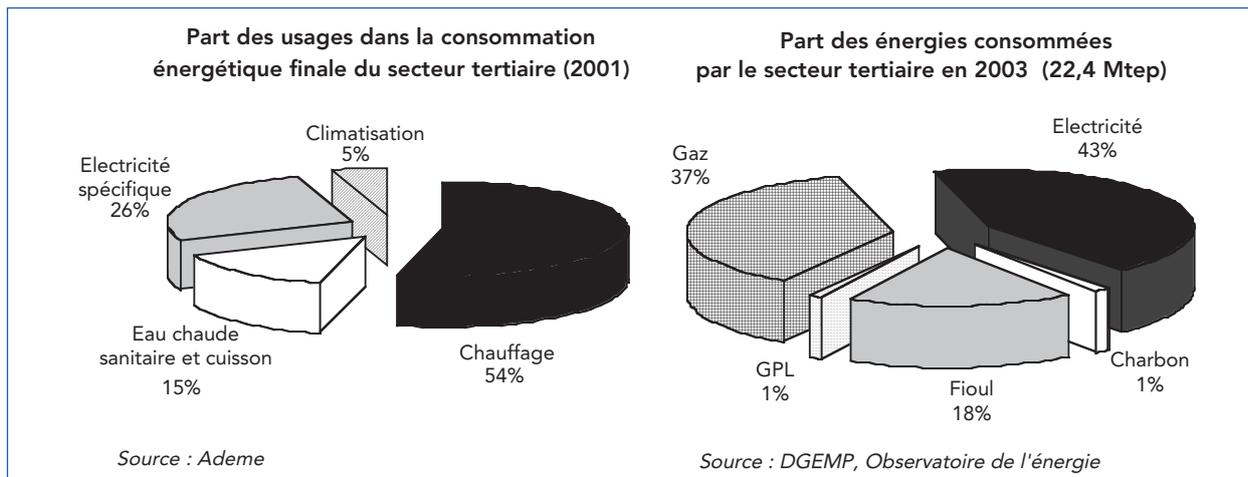
La consommation d'énergie des logements a une incidence directe sur la quantité des émissions de CO₂. Le type d'énergie utilisée est cependant un facteur à prendre en compte pour apprécier le lien entre énergie consommée et niveaux des émissions de CO₂.

Le résultat d'une étude du Ceren-Inrets permet de mettre en regard les consommations énergétiques et les quantités émises de CO₂ pour une maison individuelle de 100 m² ou un appartement de 70 m² dans un logement collectif selon le type de chauffage.

Le taux de renouvellement du parc immobilier est relativement limité (moins de 1 % par an). La moitié des bâtiments qui existeront en 2050 existent déjà aujourd'hui. C'est la raison pour laquelle, à côté des réglementations thermiques qui permettent d'améliorer la performance énergétique des bâtiments neufs, il peut être souhaitable de mettre en œuvre une politique de rénovation thermique sur le parc de logements existants, en commençant par les plus énergivores et donc les plus polluants.

• Tertiaire

La consommation d'énergie du secteur tertiaire se partage entre chauffage (54 % de la consommation énergétique), eau chaude sanitaire et cuisson (15 %), électricité spécifique (26 %) et climatisation (5 %). Le parc tertiaire est relativement hétérogène. Le tableau page 24



Surfaces et consommation du secteur tertiaire (2003)

	Surfaces (millions de m ²)	Conso. unitaires (en kWh/m ² par an)
Commerces	188,3	243
Bureaux	172,8	283
Enseignement	166,4	131
Santé, action sociale	93,9	221
Sports, loisirs	61,1	204
Café, Hôtel, Restaurant	54,3	254
Habitat communautaire	53,5	163
Transports (gares et aéroports)	24,3	323
Ensemble du secteur	839,3	214

Source : Ademe

recense une partie de ces composantes, les surfaces chauffées et les consommations unitaires constatées.

Le recensement exact et récent des surfaces du secteur tertiaire n'est pas aisé. Le projet Comité opérationnel n° 3 du Grenelle de l'environnement évoque 850 millions de m² pour le parc immobilier du secteur tertiaire. Une note de la mission climat de la CDC évoque 690 millions de m² de bâtiments tertiaires privés chauffés et ce projet de loi Grenelle 1 considère 120 millions de m² pour le parc immobilier du secteur public.

Le rapport « Prospective Evaluation « France 2025 » - Diagnostic stratégique » de 2008 évoque 850 millions de m² chauffés et/ou climatisés avec des consommations unitaires variant de 131 kWh/m²/an (enseignement) à 322 kWh/m²/an (transports), ce qui correspond aux données du tableau ci-dessus (données Ademe).

Le gaz représente 37 % des énergies consommées dans le secteur tertiaire, l'électricité 43 % et le fioul 18 %. Les émissions imputables directement au secteur tertiaire sont celles provenant de la combustion

d'énergie fossile (gaz, charbon, fioul), tandis que la consommation d'électricité va occasionner des émissions indirectes qui sont comptabilisées dans le secteur de la production/transformation d'énergie.

Production d'énergie

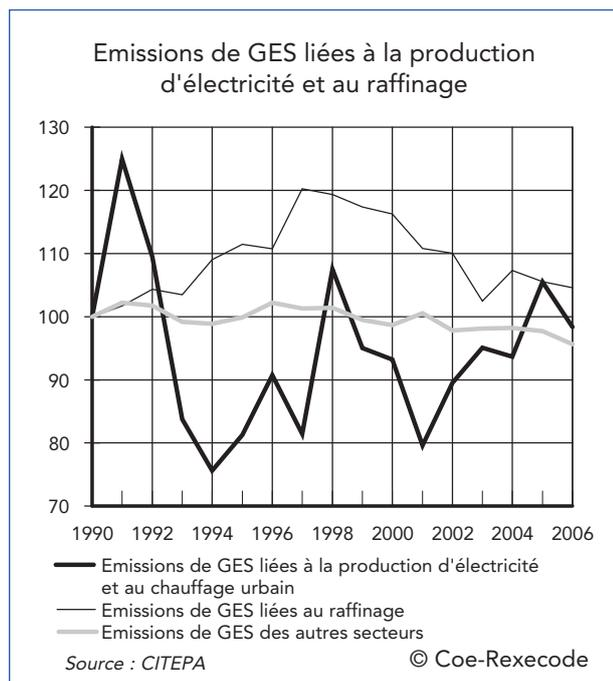
Sur la période 1990-2006, les émissions de GES liées à la production d'électricité et au raffinage ont beaucoup fluctué mais les hausses relevées en 2006 par rapport au niveau de 1990 sont modestes.

Les émissions du secteur de production d'énergie peuvent être scindées entre production d'électricité et raffinage. Avant de présenter ces deux sous-secteurs et leurs émissions, nous exposons succinctement le bilan énergétique français et son évolution sur les décennies passées. Cela permettra d'expliquer la faible participation de ce secteur à l'ensemble des émissions.

- **Le bilan énergétique français**

La consommation totale d'énergie primaire a crû en moyenne au rythme de 1,4 % l'an sur la période 1973-1990 et 1,1 % l'an sur la période 1990-2006 (le taux de croissance annuel moyen du PIB est de 2,5 % et 1,8 % sur ces deux sous-périodes). L'intensité énergétique, c'est-à-dire le besoin d'énergie par unité de PIB, a donc diminué tout au long des dernières décennies.

Les parts de l'électricité primaire et du gaz naturel dans la consommation d'énergie primaire ont augmenté tandis que la part du charbon a décliné fortement et que celle du pétrole, après une diminution sur la période 1973-1990, n'a que faiblement augmenté sur la période 1990-2006. Il y a donc eu substitution d'énergies non émettrices de CO₂ (électricité d'origine nucléaire) ou moins émettrices de CO₂ (le gaz naturel) aux énergies



fossiles fortement émettrices de CO₂ (charbon, pétrole...). L'intensité carbonique (niveau des émissions de CO₂ rapporté à la consommation d'énergie primaire) a fortement diminué, parallèlement au fléchissement de l'intensité énergétique.

La consommation finale d'énergie est la consommation totale d'énergie primaire diminuée de la consommation de la branche énergie (centrales électriques, raffineries, consommations internes et pertes sur le réseau).

La baisse conjointe de l'intensité énergétique (rapport de la consommation d'énergie au PIB) et de l'intensité carbonique (rapport des émissions de CO₂ et consommation d'énergie) a été rendue possible par la montée en puissance du parc nucléaire français, à la suite du premier choc pétrolier. La production d'électricité nucléaire est en 2006 de 117,3 Mtep (soit 84,9 % de la production nationale d'énergie primaire, contre 73,1 % en 1990 et 7,8 % en 1973). La production d'électricité nucléaire est un déterminant majeur de la croissance de la production d'énergie primaire en France (+5,4 % en moyenne sur la période 1973-1990 et +1,3 % sur la période 1990-2006). Cela a permis d'accroître sensiblement le taux d'indépendance énergétique français (rapport de la production totale d'énergie primaire à la consommation totale d'énergie primaire).

Pour mesurer la performance environnementale française du système énergétique français, on peut utiliser l'identité de Kaya (1990) qui fait reposer les émissions de CO₂ sur quatre variables : la population (POP), le

PIB/tête (PIB/POP), l'intensité énergétique (consommation d'énergie primaire par unité de PIB : CEP/PIB), et l'intensité carbonique (niveau d'émissions de CO₂ par unité de consommation d'énergie primaire : EMISCO₂/CEP).

L'identité de Kaya est la suivante :

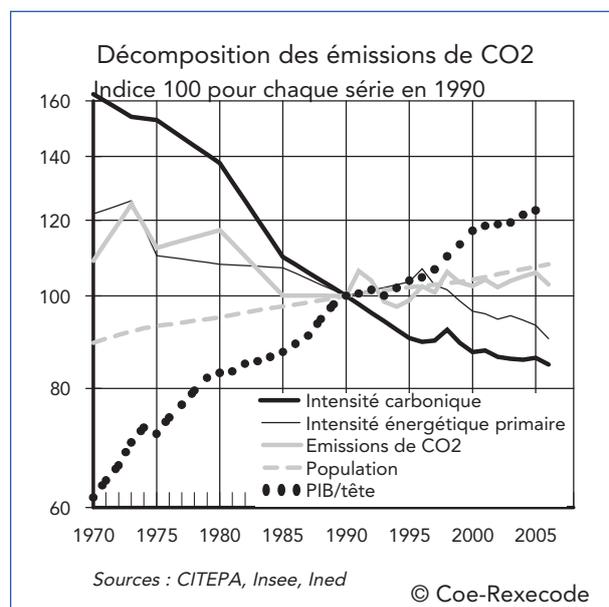
$$EMISCO_2 = POP \times \underbrace{\frac{PIB}{POP}}_{\text{PIB/tête}} \times \underbrace{\frac{CEP}{PIB}}_{\text{Intensité énergétique}} \times \underbrace{\frac{EMISCO_2}{CEP}}_{\text{Intensité carbonique}}$$

La croissance (ou décroissance) des émissions de dioxyde de carbone est la résultante de la somme des évolutions de ces quatre facteurs : la croissance de la population, la croissance du PIB par tête, l'évolution de l'intensité énergétique, l'évolution de l'intensité carbonique.

Les séries des différentes composantes de cette égalité sont représentées sur le graphique ci-dessous. La forte baisse de l'intensité carbonique et la légère diminution de l'intensité énergétique primaire (sur la période 1973-2006) ont permis la décreuse puis la stabilisation des émissions de carbone malgré la croissance du PIB par tête et celle plus faible de la population.

Décomposition de la croissance des émissions (TCAM) (en %)

	1973-1990	1990-2006
Population	0,5	0,4
PIB/tête	2,0	1,3
Intensité énergétique	-1,3	-0,6
Intensité carbonique	-2,4	-1,0
Emissions de CO ₂	-1,2	0,2





Consommation totale d'énergie primaire (en millions de tep)					
	1973	1990	2006	TCAM 1990/2006 (%)	TCAM 1973/1990 (%)
Consommation d'énergie primaire (avec corrections climatiques)	179,7	229,2	275,3	1,1	1,4
dont usages énergétiques finals	133,6	141,9	161,7	0,8	0,3
usages non énergétiques	10,9	12,4	15,4	1,3	0,7

Source : DGEMP, Observatoire de l'énergie

Consommation d'énergie primaire par forme d'énergie (en millions de tep)					
	1973	1990	2006	TCAM 1990/2006 (%)	TCAM 1973/1990 (%)
Charbon	27,8	19,2	12,4	-2,5	-2,0
Pétrole	121,5	88,3	91,8	0,2	-1,8
Gaz naturel	13,2	26,3	40,3	2,5	3,9
Electricité primaire	7,7	83,2	117,6	2,1	14,1
EnRt et déchets	9,4	12,2	13,1	0,4	1,5
Total	179,6	229,2	275,2	1,1	1,4

Consommation énergétique finale par forme d'énergie					
	1973	1990	2006	TCAM 1990/2006 (%)	TCAM 1973/1990 (%)
Charbon	17,7	10,2	6,9	-2,3	-3,0
Pétrole	85,4	70,8	72	0,1	-1,0
Gaz naturel	8,7	23,3	34,9	2,4	5,6
Electricité primaire	13	26,3	37	2,0	4,0
EnRt et déchets	8,9	11,3	10,9	-0,2	1,3
Total	133,7	141,9	161,7	0,8	0,3

Source : DGEMP, Observatoire de l'énergie

Production nationale d'énergie primaire (en millions de tep)					
	1973	1990	2006	TCAM 1990/2006 (%)	TCAM 1990/2006 (%)
Charbon	17,3	7,7	0,2	-19,3	-4,4
Pétrole	2,2	3,5	1,3	-5,7	2,6
Gaz naturel	6,3	2,5	1,0	-5,2	-5,0
Electricité primaire					
- Nucléaire	3,8	81,7	117,3	2,2	19
- Hydraulique, éolien, photovoltaïque	4,1	5,0	5,5	0,6	1,1
EnRt et déchets	9,8	11,4	12,8	0,7	0,8
Total production primaire	43,5	111,8	138,1	1,3	5,4
Taux d'indépendance énergétique (en %)	24	49	50		

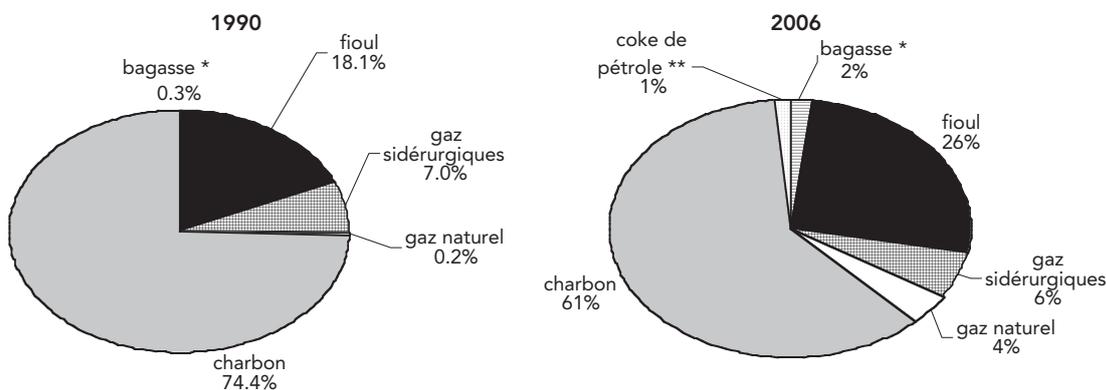
EnRt : bois-énergie, solaire thermique, géothermie, pompes à chaleur, déchets urbains renouvelables, biogaz, biocarburants
Déchets : déchets urbains non renouvelables valorisés sous forme d'énergie

Production totale brute d'électricité (en TWh)					
	1973	1990	2006	TCAM 1990/2006 (%)	TCAM 1973/1990 (%)
Thermique classique	119,5	48,2	60,5	1,3	-4,9
Nucléaire	14,8	313,7	450,2	2,1	18,5
Hydraul., éolien, photovoltaïque	48,1	58,3	63,8	0,5	1,1
Total	182,4	420,2	574,5	1,9	4,7
Production nationale		420	574	1,9	
Thermique classique		48	60	1,3	10,5
Nucléaire		314	450	2,1	78,4
Hydraulique, éolien, photovoltaïque		58	64	0,6	11,1
Solde des échanges,					
Conso. auxiliaires + pompages		-70	-96	1,9	
Consommation (énergie appelée)		350	478	1,9	

Source : DGEMP - Observatoire de l'énergie

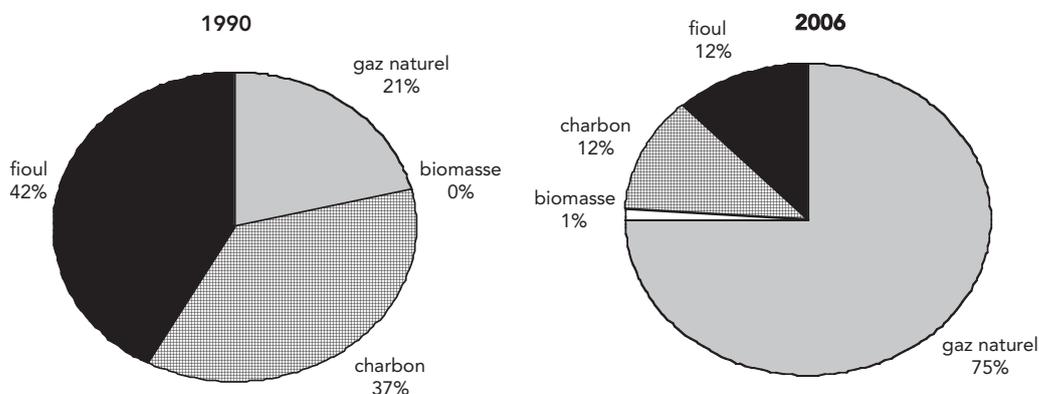


Combustibles utilisés pour la production d'électricité thermique



Source : CITEPA d'après OE

Combustibles utilisés dans les installations de chauffage urbain



* La bagasse est le résidu fibreux de la canne à sucre composé principalement par la cellulose de la plante. Une tonne de canne à sucre produit environ 300 kg de bagasse (valeur calorifique 7900 kJ/kg à comparer à celle du bois sec de 16 000 kJ/kg).

** Le coke de pétrole est un sous-produit du raffinage obtenu après cracking du résidu (ce qui reste en bas de la colonne de distillation) sous vide (pouvoir calorifique d'un peu plus de 30 000kJ/kg).

• Electricité

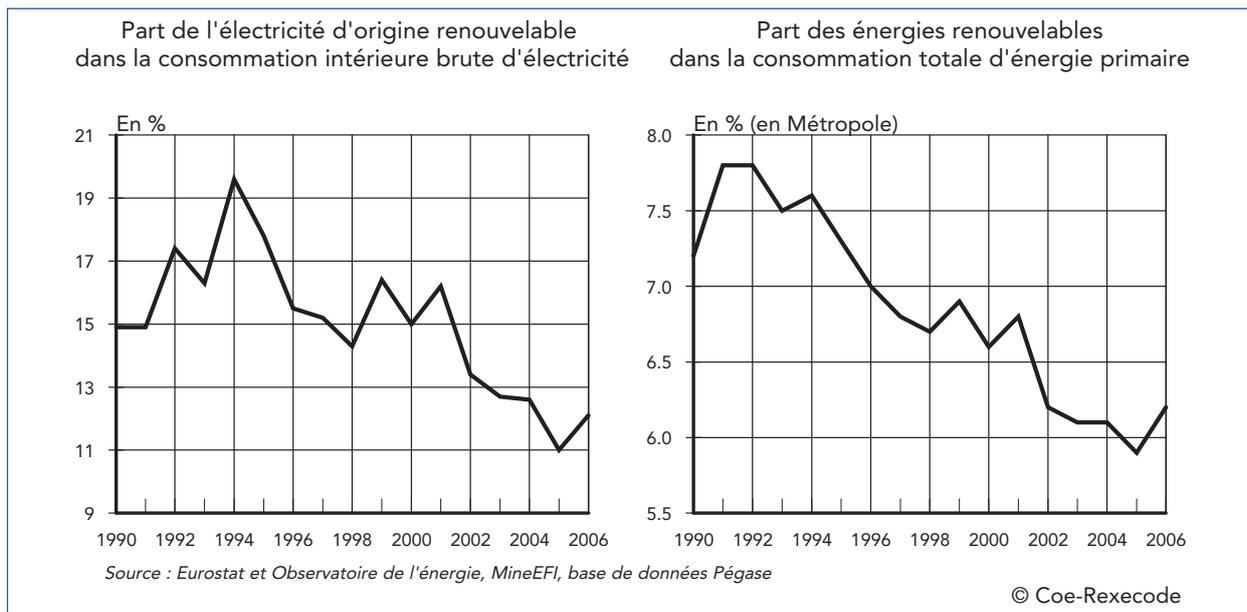
L'importance du parc électronucléaire français, complété par la production d'électricité hydroélectrique, aboutit à une part relativement faible de production d'électricité à partir de la filière thermique classique (environ 10 %).

La part du charbon utilisé pour la production d'électricité thermique a par ailleurs diminué au profit notamment du fioul et du gaz naturel. La répartition des combustibles utilisés pour la production d'électricité à partir de centrales thermiques est donnée pour 1990 et 2006 dans les graphiques ci-dessus :

La part des énergies renouvelables reste encore modeste dans la production d'électricité même si la croissance des capacités éoliennes a été forte ces dernières années.

• Chauffage urbain

Les installations de chauffage urbain produisent de manière centralisée de la chaleur en vue de sa distribution à des tiers (grâce à un réseau de distribution). Il y a une incidence forte des conditions climatiques sur les émissions de ces installations. Une nette tendance à l'augmentation de la consommation d'énergie de ces installations est notable et est relevée sur la période 1990-2006, notamment liée au développement de la cogénération d'électricité (production jointe de chaleur et d'électricité). Le panier de combustibles utilisés dans les installations de chauffage urbain a particulièrement évolué entre 1990 et 2006 (recul du charbon et du fioul au profit du gaz naturel).



France Métropole - 1990		
Production d'énergie primaire renouvelable (en ktep)		
Total énergie primaire therm.	11 435	
Total énergie primaire électr.	4 680	
Total énergie primaire	16 115	
Production électrique et thermique d'origine renouvelable		
	Electrique (en GWh)	Thermique (en ktep)
Hydraulique	54 419	
Eolien	0	
Solaire		19
Géothermie		110
Pompes à chaleur		307
Déchets urbains renouvelables	221	239
Bois-énergie	1 116	9773
Résidus de récoltes		67
Biogaz	73	41
Biocarburants		
Total	55 829	10 556
Total en ktep	15 357	

France Métropole - 2006		
Production d'énergie primaire renouvelable (en ktep)		
Total énergie primaire therm.	11 858	
Total énergie primaire électr.	5 033	
Total énergie primaire	16 891	
Production électrique et thermique d'origine renouvelable		
	Electrique (GWh)	Thermique (ktep)
Hydraulique	56 350	
Eolien	2 150	
Solaire	22	27
Géothermie		130
Pompes à chaleur		437
Déchets urbains renouvelables	1 530	321
Bois-énergie	1 433	8669
Résidus de récoltes		90
Biogaz	503	54
Biocarburants		669
Total	61 988	10 397
Total en ktep	15 728	

* Pour passer au total électrique et thermique, on utilise le coefficient de conversion 1 GWh = 0,086 ktep, sauf pour la géothermie : 1 GWh = 0,86 ktep.

Production primaire d'énergies renouvelables électrique et thermique (en ktep)			
Energie primaire électrique		Energie primaire thermique	
hydraulique + éolien + solaire photovoltaïque	Déchet urbain + bois + biogaz	Solaire thermique + géothermie + pompe à chaleur + biocarburant + résidus de récolte	
	Production d'électricité secondaire	Pertes liées à la transformation électrique (50 à 75 %)	Pertes liées à la transformation thermique (15 à 50 %)
Total production électrique (en GWh)		Total production thermique (en ktep)	

Source : DGEMP, Observatoire de l'énergie



• Les énergies renouvelables

La part de l'électricité d'origine renouvelable dans la consommation intérieure brute d'électricité a décliné depuis le milieu des années 1990. Cela est en partie dû à une faible pluviométrie lors de certaines années qui a abouti à une moindre production d'électricité d'origine hydraulique.

L'indicateur pertinent est le ratio entre l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables et la consommation nationale brute d'électricité calculée pour une année civile. Il mesure la contribution de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables dans la consommation nationale d'électricité. Cette contribution comprend la production d'électricité à partir de centrales hydrauliques (à l'exclusion du pompage), de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire, de l'énergie géothermique et de la biomasse/des déchets. La consommation nationale brute d'électricité comprend la production nationale brute totale d'électricité à partir de tous les combustibles (y compris l'autoproduction) plus les importations et moins les exportations d'électricité.

Les énergies renouvelables peuvent également permettre la production de chaleur ou conjointement de chaleur et d'électricité (cogénération) (voir le schéma « Production primaire d'énergies renouvelables électrique et thermique » page 28). La part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie primaire est cependant relativement faible (entre 6 et 6,5 %) et a légèrement décliné au cours de la période 1990-2006.

• Raffinage

Les pétroles bruts (mélanges de molécules des plus légères aux plus lourdes) doivent être purifiés et transformés en produits de composition à peu près constante et adaptés à leur utilisation. Ces transformations sont effectuées dans les raffineries. Trois types d'opérations sont réalisées : (1) la séparation qui permet d'obtenir différents types de produits des plus lourds aux plus légers (coupes pétrolières à partir d'une tour de distillation que l'on chauffe à la base à 350/400 °C), (2) la conversion qui permet de transformer des produits lourds en produits légers dont la demande est croissante (cette conversion de produits lourds en produits légers est réalisée par craquage catalytique à haute température (500 °C en présence d'un catalyseur)), (3) l'amélioration qui permet d'éliminer certaines composantes

indésirables (soufre par exemple) et rend les produits compatibles aux normes.

Il y a actuellement quatorze raffineries en activité en France (dont une hors de métropole et une ne traitant pas de pétrole brut). Des modifications de capacités ont eu lieu au cours des années récentes. La production de pétrole raffiné atteint 78 Mtep en 2006 contre 75 Mtep en 1990.

Les émissions de CO₂ provenant des raffineries et des centrales de production d'électricité entrent dans le périmètre du système européen de quotas d'émissions. Les émissions de ce secteur ont donc déjà des impacts économiques pour les énergéticiens ou les raffineurs, ce qui peut expliquer la croissance relativement contenue des émissions de ces secteurs.

Agriculture/sylviculture

L'agriculture est un secteur émetteur prépondérant pour le protoxyde d'azote (N₂O) et le méthane (CH₄) (82 % et 74 % des émissions nationales de ces deux gaz).

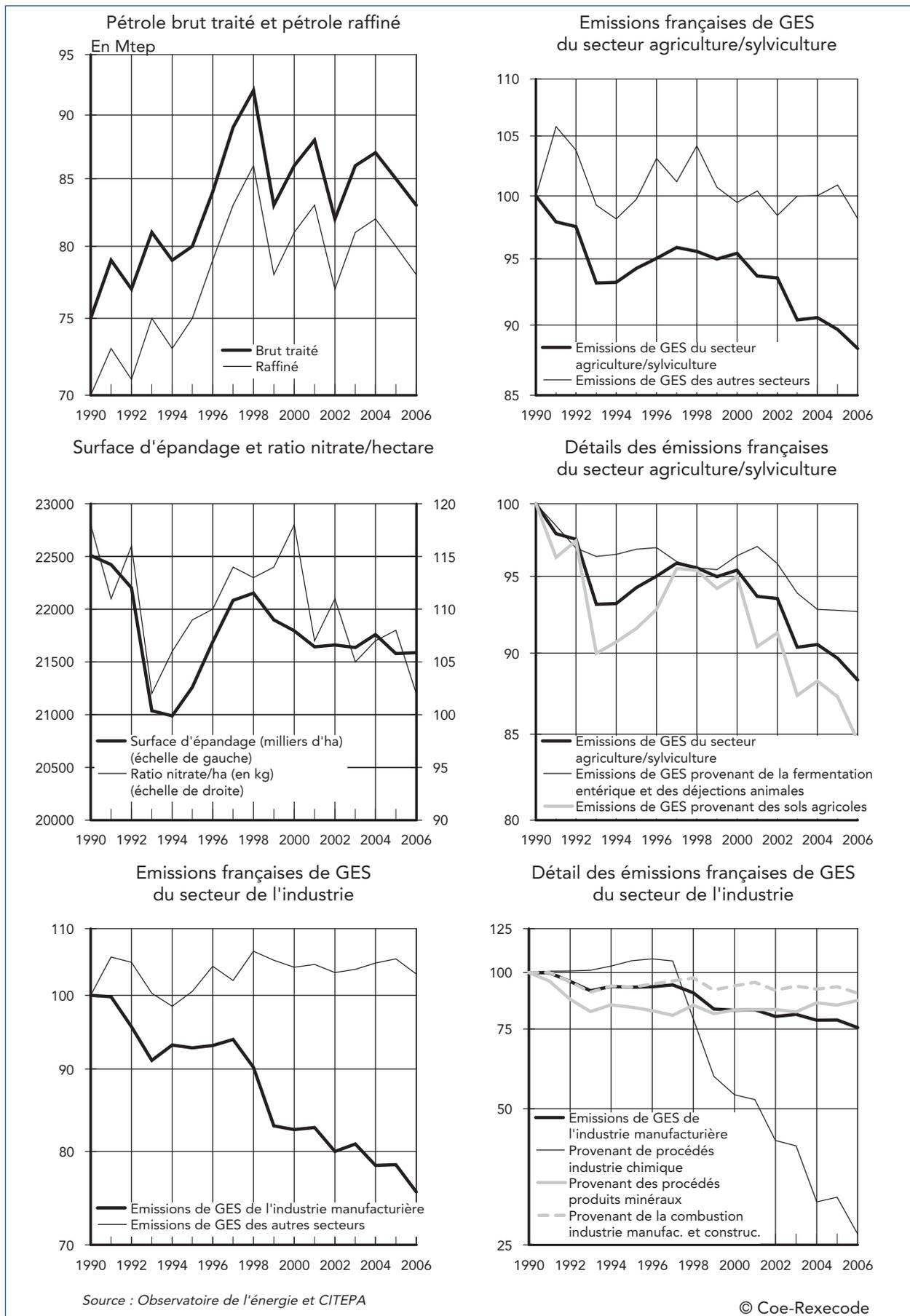
Concernant la fermentation entérique (source importante d'émissions de CH₄), le cheptel bovin engendre la majeure partie des émissions (plus de 90 % en 2006). L'intensification de la production laitière a donc engendré une baisse des émissions liées à cette source depuis 1990.

Le cheptel bovin a également contribué majoritairement aux émissions de N₂O et de CH₄ provenant des déjections (58 % pour le CH₄, le deuxième émetteur est le cheptel porcin avec 37 %). La quasi-totalité des cheptels est en baisse depuis 1990 (à l'exception de celui des porcs et des chevaux), avec la baisse la plus marquée pour les vaches laitières. L'intensification de la production est illustrée par le rapprochement de statistiques du cheptel et de la production (voir tableau page 31).

Les sols agricoles contribuent très largement aux émissions nationales de N₂O du fait de l'épandage de fertilisants synthétiques et d'engrais de ferme. Entre 2000 et 2500 kt de nitrate de fertilisants minéraux (ammoniac, sulfate, nitrate...) sont épandus chaque

Cheptels (en milliers de têtes)			
	1990	2006	Evolution 1990/2006 (%)
Vaches laitières	5 363	3 933	-26,7
Autres bovins	16 313	15 768	-3,3
Caprins	1 396	1 359	-2,7
Ovins	11 446	8 929	-22,0
Porcs	9 669	11 550	19,5
Volailles	271 202	248 717	-8,3
Chevaux, autres...	360	467	29,7

Source : CITEPA





Cheptel et production							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Cheptel de vaches laitières (décembre) (milliers de têtes)	4 153	4 157	4 134	4 026	3 947	3 895	3 799
Rendement des vaches laitières (kg/tête)*	5 635	5 987	6 017	6 127	6 195	6 334	6 462
Production de lait de vaches laitières (milliers de tonnes)	24 929	24 862	25 254	24 684	24 452	24 675	25 199
Cheptel bovin (décembre) (milliers de têtes)	20 089	20 320	19 762	19 181	18 948	18 930	
Production de viande bovine (milliers de tonnes)	1 527	1 566	1 640	1 632	1 580	1 554	1 510

*production de l'année divisée par le cheptel au mois de décembre de l'année précédente)

Source : Eurostat

année en France. L'élimination de déjections animales (dont les quantités sont liées à l'évolution des cheptels) comme engrais est inéluctable. On constate une légère baisse de l'apport d'engrais synthétiques à l'hectare. La réduction de la surface d'épandage provient en partie de la mise en jachère de terre pour répondre à la Politique Agricole Commune.

Industrie

Les émissions de gaz à effet de serre provenant des procédés industriels ont sensiblement diminué durant la période 1990-2005, plus particulièrement les émissions provenant des procédés de l'industrie chimique.

Certains procédés industriels sont une source potentielle d'émissions de gaz à effet de serre (production de produits minéraux, chimie, métallurgie, production de produits fluorés ainsi que leur consommation). A cela s'ajoutent les émissions occasionnées par la combustion de combustibles dans les fours.

• Combustion de l'industrie manufacturière

Les équipements consommateurs d'énergie dans l'industrie sont : (1) les chaudières, turbines et moteurs qui produisent de la vapeur ou de l'électricité, (2) les fours sans contact (régénérateurs de hauts-fourneaux, fours à plâtre,...) et les fours avec contact (dans la sidérurgie, la métallurgie, les industries cimentière et verrière) et les engins mobiles à moteurs (chariots).

Les combustibles « solides » sont le gaz de haut-fourneau (20 %), le gaz de cokerie (12 %), le gaz de convertisseur (4 %), le charbon, coke et la lignite (64 %). Les combustibles « liquides » sont le gaz de raffinerie (1 %), le coke de pétrole (12 %), le fioul lourd (39 %), le fioul domestique (28 %), le butane et le propane (7 %) et d'autres produits pétroliers (13 %). Les chiffres donnés entre parenthèses correspondent à la composition des combustibles solides et liquides en 2006).

Consommation d'énergie finale dans l'industrie (en millions de tep)						
	Combustibles « solides »	Combustibles « liquides »	Gaz naturel	Biomasse	Autres	Electricité
1990						
Sidérurgie	2,5	0,3	0,8			9,9
Métallurgie (non ferreux)	0,4	0,5	0,4			
Chimie	0,9	1,3	2,3			
Papier	0,2	0,6	1,0	1,4		
IAA	0,5	1,4	1,6	0,1		
Autres	5,3		1,5	3,9	0,2	
Total Industrie	9,8	4,1	7,6	5,4	0,2	
2006						
Sidérurgie	2,1	0,1	0,9			11,7
Métallurgie (non ferreux)	0,1	0,2	0,5			
Chimie	0,8	1,8	2,3		0	
Papier	0,1	0,2	1,6	1,4		
IAA	0,3	1,0	3,2	0,1		
Autres	4,1		0,6	4,8	0,5	
Total Industrie	7,5	3,3	9,1	6,3	0,8	

Source : CITEPA



• Produits minéraux

Le phénomène de décarbonatation (décrit dans la partie sur les émissions de CO₂) est à l'origine des émissions de CO₂ du secteur des produits minéraux.

Les productions de produits minéraux : ciment (clinker), chaux, carbonate de soude, verre, tuiles et briques sont les activités dans lesquelles ce phénomène de décarbonatation est à l'œuvre. Les productions de ces différents produits en 1990 et 2006 sont données dans le tableau ci-dessous.

Une trentaine de sites assure la production de ciment (il y a eu quelques fermetures de sites au début des années 1990). A l'exception de la production de tuiles et briques, on note une tendance à la décroissance de la production de produits minéraux. Seule la production de chaux est relativement stable sur la période 1990-2006.

• Industrie chimique

Le secteur de l'industrie chimique est à l'origine d'émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O.

La production d'ammoniac a chuté de 1928 kt en 1990 à 761 kt en 2006 (niveau particulièrement bas dû à des problèmes d'approvisionnement en gaz naturel,

Production produits minéraux (en kt)			
	1990	2006	Evolution 1990/2006 (%)
Ciment (clinker)	20 854	17 731	-15,0
Chaux	3 319	3 309	-0,3
Carbonate de soude	1 443	1 127	-21,9
Verre (neuf)	4 019	3 673	-8,6
Tuiles et de briques	5 130	6 161	20,1
Principales productions de l'industrie chimique			
Indice	1990	2006	
Ammoniac	100	39	
Acide adipique	100	159	
Acide nitrique	100	74	
Acide glyoxylique	101	127	
Source : CITEPA			
Production de la sidérurgie (en Mt)			
	1990	2006	Evolution 1990/2006 (%)
Fonte	14,1	13,0	-7,8
Acier	19,1	20,1	5,2
Production d'aluminium par électrolyse (en kt)			
Aluminium	325,9	444,3	36,3
Source : CITEPA			

indice 75 en 2005). Il y a des fermetures de sites de productions (deux sur les sept existants) en 1990. L'un des sites utilise une partie du CO₂ émis lors de la synthèse de l'ammoniac pour fabriquer de l'urée et un autre site utilise de l'hydrogène et n'émet donc pas de CO₂.

En ce qui concerne l'acide nitrique, il existe dix sites de production en 2006 contre dix neuf en 1990. L'amélioration des conditions de réaction a permis de baisser les émissions de N₂O de 44 % alors que la production d'acide nitrique ne chutait que de 26 %. Il existe une seule usine de production d'acide adipique en France. Un système de traitement permet de capter les vapeurs nitreuses et donc de réduire les émissions de N₂O. Ces émissions de l'unique usine de production d'acide glyoxylique ont été divisées par cinq entre 1990 et 2006 grâce à un traitement catalytique permettant de détruire les émissions de N₂O.

• Métallurgie

Les émissions de gaz à effet de serre engendrées par la production d'acier, d'aluminium et les fonderies de magnésium sont du CO₂, du PFC et du SF₆.

Les procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier sont émetteurs de GES (chargement des hauts-fourneaux, coulée de fonte brute et production d'acier). La production d'acier par voie électrique est en croissance depuis 2000 (elle représente 38 % de la production totale d'acier en 2000). Il ne restait en 2005 que trois sites de production d'aluminium en France contre huit en 1991. Dans le même temps, la production a augmenté de 36 %.

Deux technologies de production d'aluminium existent : la SWPB correspond à une alimentation mécanisée sur les côtés des cuves, la PFPB (*Point Feed Pre Bake*), plus récente, correspond à une alimentation automatique et ponctuelle au milieu de la cuve. La technologie PFPB limite l'effet d'anode à l'origine des émissions. Depuis 2004, 90 % de la production d'aluminium est réalisée par des sites utilisant la technologie PFPB (contre 39 % en 1990). Sur la période 1990-2006, les émissions de CO₂ ont augmenté (3 %) mais les émissions de PFC ont été réduites de 80 à 87 %.

*
* *



En guise de conclusion de ce panorama recensant les émissions de gaz à effet de serre, nous proposons un schéma synthétique qui retrace les sources des émissions du principal gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone (CO₂). Les émissions de CO₂ proviennent à la fois du secteur de l'énergie (plus précisément des centrales thermiques de production d'électricité et des raffineries) et de l'industrie manufacturière (combustion et décarbonatation). Ces émissions peuvent être qualifiées de « centralisées » car elles proviennent d'un nombre relativement restreint de centrales ou d'usines.

Les émissions des secteurs énergétiques et industriels sont concernées depuis quelques années par le système européen de quotas d'émissions. Elles sont sur des dynamiques d'infléchissement (secteur de l'énergie), voire de diminution franche des émissions (secteur industriel).

Les émissions de CO₂ proviennent d'autre part des secteurs résidentiel/tertiaire et du transport. Ces émissions sont qualifiées d'émissions « diffuses » car les sources d'émissions sont extrêmement nombreuses (parcs de 34 millions de véhicules et de 31 millions de logements). Elles sont en croissance (+16,8 % sur la période 1990-2006 pour les transports, +9,8 % pour le résidentiel/tertiaire. C'est principalement sur ces derniers secteurs que le processus du Grenelle de l'environnement entend faire porter les efforts de réduction des émissions.

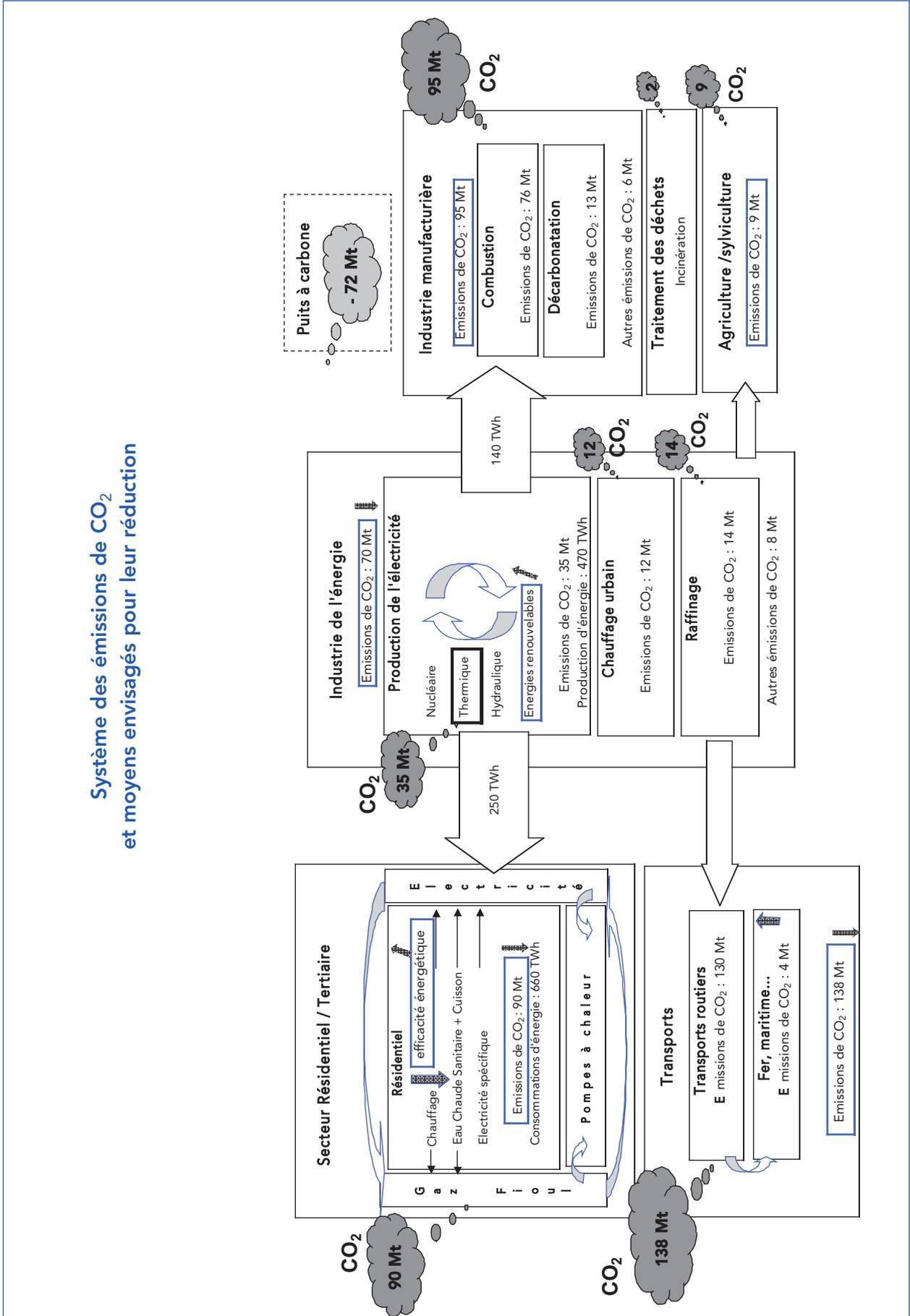
Le schéma de la page 34 montre le rôle central de l'industrie de l'énergie qui fournit l'électricité et le carburant aux autres secteurs, même si sa contribution directe aux émissions de CO₂ reste relativement modeste. Le schéma indique enfin par des flèches les différents moyens envisagés pour réduire les émissions (amélioration de l'efficacité énergétique dans les bâtiments, report modal dans le transport, développement des énergies renouvelables...).

Si les sources des émissions de gaz à effet de serre sont donc largement connues, les moyens les plus efficaces de contenir les émissions en forte croissance vont devoir être trouvés et mis en œuvre. La maîtrise de l'énergie, la construction de nouvelles infrastructures de transport, les opérations de rénovation thermique des bâtiments existants, le développement des énergies renouvelables sont bien entendu des leviers de la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre qu'il convient d'actionner, même si on est en droit de s'interroger sur l'efficacité de ces différents leviers. Pour parvenir à des réductions importantes des émissions, les moyens les plus efficaces devront être mobilisés.

L'option technologique reste certainement le moyen le plus efficace d'infléchir durablement la croissance des émissions à long terme que ce soit dans le secteur de l'énergie (captation et séquestration du carbone), dans celui des transports (moteur à hydrogène, biocarburants de seconde génération), ou dans celui des bâtiments (amélioration de la technologie photovoltaïque,...). ■



Système des émissions de CO₂ et moyens envisagés pour leur réduction





Bibliographie

ADEME (2008), « Les véhicules particuliers en France », Sandrine Carballes, Ademe, département Transport et mobilité, avril 2008.

ANAH (2008), « Modélisation des performances énergétiques du parc de logements. Etat énergétique du parc en 2008 – Rapport détaillé », étude réalisée par J. Marchal sous la tutelle d'E. Lagandre, janvier 2008.

CEREN (2002), « La consommation d'énergie du tertiaire : une croissance partiellement maîtrisée », S. Turki, N. Mbema, F. Lecouvey et M. Girault, note de synthèse du SES, mai-juin 2002.

CITEPA (2007), « Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la CCNUCC – Rapport national d'inventaire », MEDAD-CITEPA, décembre 2007.

CITEPA (2008), « Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – séries sectorielles analyses étendues - SECTEN », MEDAD-CITEPA, février 2008.

DGEMP (2006), « Les énergies renouvelables en France 1970-2005 », Energies et matières premières, DGEMP - Observatoire de l'énergie, juin 2006.

DGEMP (2006), « La production d'énergies renouvelables en France en 2006 », DGEMP - Observatoire de l'énergie, mai 2007.

INRETS (2006), « Transport routier. Parc, inventaires et facteurs agrégés d'émissions des véhicules en France de 1970 à 2025 », Hugrel et Joumard.

Coe-Rexecode... un centre d'observation et de recherches économiques et d'évaluation des politiques publiques tourné vers les entreprises

1 Une mission de veille conjoncturelle

Coe-Rexecode assure un suivi conjoncturel permanent de l'économie mondiale et des prévisions économiques à l'attention de ses adhérents :

- **Réunions de conjoncture et perspectives**
- **Documents** : cahier graphique hebdomadaire de 400 séries statistiques, Lettre de quinzaine présentant notre lecture de l'actualité économique, présentation trimestrielle des perspectives économiques, en France et dans le Monde : matières premières, pays émergents...
- Un accès **aux économistes** pour toute demande ou interprétation de problématiques conjoncturelles
- Un accès au **centre de documentation** pour l'identification et la recherche de documents ainsi qu'aux 12 000 séries de données économiques, réactualisées quotidiennement (distribuées par Global Insight)

2 Une mission de participation au débat de politique économique

La participation au débat public de politique économique est soutenue par des membres associés (institutionnels), la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris et des membres partenaires (entreprises). L'activité de participation au débat de politique économique comporte trois volets : des travaux d'études spécifiques, un cycle de réunions de politique économique et l'organisation des *Rencontres de la croissance* (avec la participation du Premier Ministre) prolongées par l'édition d'un ouvrage sur l'état d'avancement des réformes en France.

- **Les travaux d'études spécifiques**
En 2006 les grands axes de recherche ont porté sur *le financement de la protection sociale*, sur *l'emploi et les chiffres de la compétitivité française* et sur *le thème mobilité, infrastructures et croissance économique*.
- **Un cycle de réunions sur des questions de politique économique**
Plusieurs thèmes d'actualité sont abordés lors de réunions de travail préparées par Coe-Rexecode auxquelles participent des représentants des membres associés et partenaires, des économistes et, le cas échéant, d'autres personnalités extérieures.

• Les Rencontres de la croissance

Coe-Rexecode organise depuis 2003 les *Rencontres de la croissance*, placées sous la présidence du Premier Ministre. L'institut publie à cette occasion un ouvrage aux Éditions Economica, remis au Premier Ministre et largement diffusé. Les titres des ouvrages précédents étaient : *Des idées pour la croissance*, ouvrage recueillant les contributions de 77 économistes, *La croissance par la réforme* et *Demain l'emploi si...* (disponibles en librairie, Éditions Economica). Ces manifestations ont pour but d'éclairer l'ensemble des acteurs économiques et sociaux (entreprises, fédérations professionnelles, administrations, personnalités politiques et de la société civile...) sur les modalités et enjeux de la croissance, de débattre des réformes structurelles qu'elles impliquent, d'examiner le chemin parcouru au cours des dernières années et d'envisager celui qui reste à parcourir vers l'objectif d'une croissance durable au rythme de 3 % l'an.

Les adhérents correspondants de Coe-Rexecode

L'adhésion à Coe-Rexecode est ouverte à tous, entreprises, administrations, fédérations professionnelles, quelle que soit leur taille. Les 80 adhérents correspondants de Coe-Rexecode comptent de grandes entreprises industrielles, des banques, des organismes de gestion financière, des fédérations professionnelles et des administrations.

Les membres associés sont des grandes fédérations professionnelles.