COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Études & documents

CO_2 et activités économiques de la France

Tendances 1990-2007 et facteurs d'évolution

n°27
Août
2010

ENVIRONNEMENT

OBSERVATION ET STATISTIQUES

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat
Développement durable
Prévention des risques
Infrastructures, transports et mer

Présent pour l'avenir

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

Service de l'observation et des statistiques

www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr

CO_2 et activités économiques de la France

Tendances 1990-2007 et facteurs d'évolution

Directeur de la publication : Bruno Trégouët

Rédacteurs en chef : Michel David et Valéry Morard

Auteur : Jean-Louis Pasquier

Coordination éditoriale : Corinne Boitard

Traducteur : Geoffrey Bird

Maquette-réalisation : Chromatiques Éditions

Sommaire

Évolution des émissions de CO_2 de 1990 à 2007 15
Les émissions totales 15
Les émissions de CO_2 directes des ménages 16
Les émissions de CO_2 des branches 16

Émissions de la production intérieure attribuée à la demande finale 20
Les émissions de la production versus de la demande finale intérieure 20
Les émissions directes et indirectes 21
Les différentes composantes de la demande finale 22

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des ménages 25
Les émissions du chauffage 25
Les émissions des voitures particulières 26

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches 28
L'économie dans son ensemble 28
Décomposition par branches/produits 30

Quantité totale de CO_2 de la demande finale française (empreinte carbone de la demande finale française) 33
L'économie dans son ensemble 33
Ventilation par composantes et par produits de la demande finale 35

Références bibliographiques 39

Glossaire 43

Comptes d'émissions de CO_2 par activités pour la période 1990-2007 44

Liste des illustrations

Le périmètre des comptes d'émissions de CO_2 de type Namea 15
Répartition des émissions de CO_2 des français entre ménages et branches d'activité de 1990 à 2007 16
Émissions de CO_2 des ménages français par type d'usage de 1990 à 2007 16
Émissions de CO_2 des branches en 1990 et 2007 17
Émissions de CO_2 des branches d'activités économiques entre 1990 et 2007 17
Importances relatives des branches responsables des principales variations des émissions de CO_2 entre 1990 et 2007 18
La ventilation par branches dans les comptes de CO_2 pour la Namea 19
Comparaison des émissions de CO_2 entre branches et produits (année 2006) 20
Analyse input-output étendue à l'environnement 21
Émissions de CO_2 directement et indirectement associées à la demande finale des produits issus de la production intérieure (année 2006) 22
Émissions de CO_2 des différentes composantes de la demande finale des produits issus de la production intérieure (année 2006) 23
Répartition des émissions de la production intérieure attribuées à la demande finale par composantes et groupes de produits (année 2006) 24
Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 liées au chauffage des ménages entre 1990 et 2007 25
Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des ménages avec leurs voitures particulières entre 1990 et 2007 26
Méthode de décomposition des facteurs d'évolution des pressions environnementales 27
Découplage entre le niveau de l'activité économique et les émissions de CO_2 en France 28
Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 de l'ensemble des branches entre 1990 et 2007 29
Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 de la demande finale satisfaite par la production intérieure entre 2000 et 2006 30
Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 par groupes de branches entre 1990 et 2007 31
Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 de la production intérieure par groupes de produits de la demande finale, entre 2000 et 2006 32
Émissions de CO_2 associées au commerce extérieur de la France 34
Émissions de CO_2 intérieures *versus* empreinte carbone de la demande française (année 2005) 34
Émissions de CO_2 intérieures et importées par la demande finale (année 2005) 35
Émissions de CO_2 du commerce extérieur de la France par produits (année 2005) 36
Estimation des pressions environnementales associées aux importations 37
Émissions de CO_2 y compris l'utilisation de biomasse à des fins énergétiques 44-45
Émissions de CO_2 hors utilisation de biomasse à des fins énergétiques 46-47

Synthèse

L'*empreinte carbone de la demande finale française*, une fois pris en compte le solde des émissions liées respectivement aux importations et aux exportations, est de l'ordre de 9 tonnes de CO_2 par personne et par an, soit 33 % de plus que la quantité de CO_2 émise en France. Au cours de la période 1990-2007, le progrès technique réalisé en France a entraîné une baisse du niveau d'émissions unitaires de CO_2 de la production et de la consommation. Cependant, l'augmentation du niveau de la production et de la consommation a de façon générale compensé les effets de cette baisse. Les émissions de l'ensemble de l'industrie ont toutefois baissé de 10 % au cours de cette période. La quantité totale de CO_2 émise en France en 2007 est quasi-identique à celle de l'année 1990. 70 % de ces émissions résultent des activités de production (entreprises et administrations publiques). 30 % sont directement générés par les ménages (voiture et chauffage). Deux tiers des émissions de CO_2 issue de la production française sont destinés à satisfaire une demande en France ; l'autre tiers est associé à la production exportée.

La lutte contre les changements climatiques est dorénavant parmi les sujets de discussion internationale prioritaires en vue d'une coordination des politiques publiques à l'échelle mondiale. Pour la préparation de la période post 2012 du protocole de Kyoto, les pays membres de l'Union européenne se sont engagés dans une voie ambitieuse en adoptant le *paquet* législatif *climat-énergie*[1], dont les trois objectifs phares sont dorénavant identifiés par la formule des *trois fois vingt* : réduction de 20-30 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2020, par rapport au niveau de 1990 ; 20 % d'énergie produite à partir de ressources renouvelables en 2020 et amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique[2] par rapport aux projections établies à l'horizon 2020.

Le suivi de ces objectifs s'appuie sur le système d'inventaire d'émissions de GES mis en place par la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Cependant, ce système de comptabilisation ne permet pas de relier systématiquement les émissions avec les activités et les acteurs économiques responsables. Il ne permet pas non plus d'appréhender pleinement la dimension internationale des activités économiques. L'étude présentée dans ce document, qui porte uniquement sur les émissions de dioxyde de carbone (CO_2), s'appuie essentiellement sur les comptes économiques et environnementaux intégrés de type Namea (*National Accounting Matrix including Environmental Accounts*) qui consistent à combiner le tableau entrées-sorties (TES) de la comptabilité nationale avec des comptes environnementaux (physiques) ventilés par activités économiques (Ifen, 2006).

L'étude traite successivement :

1) de la répartition par activités économiques des émissions de CO_2 générées en France et de leur évolution en France entre 1990 et 2007 ;
2) de l'affectation des ces émissions à la demande finale ;
3) de la décomposition des facteurs influant sur l'évolution de ces émissions ;
4) de l'estimation des émissions de CO_2 associées aux importations de la France.

Sur la base des modalités de comptabilisation propres à la méthodologie Namea, on confirme un certain nombre de résultats connus par ailleurs (baisse des émissions de CO_2 de l'industrie, hausse de celles des activités de service, y compris les services de transport), mais à un niveau de détail plus fin ; ces comptes montrent par ailleurs l'importance des émissions directement générées par les ménages (voitures et chauffage) : un tiers du total national (y compris l'utilisation de biomasse comme combustible).

L'attribution des émissions de la production intérieure à la demande finale, grâce à la combinaison des comptes d'émissions avec les TES, permet de distinguer les aspects directs (utilisation de combustibles) et indirects (consommations intermédiaires de produits dont la fabrication est plus ou moins génératrice de CO_2) des émissions de CO_2 associés aux produits. Cette approche met en évidence l'importance du rôle d'entraînement d'activités comme les services ou la construction dans l'ensemble des émissions de la production intérieure, malgré des niveaux relativement modestes d'émissions directes. En outre, cette approche montre qu'un tiers environ du CO_2 de la production intérieure française est généré pour satisfaire une demande extérieure (exportations).

L'analyse des facteurs influant sur l'évolution des émissions de CO_2 révèle à tous les niveaux (ménages et branches, quel que soit le domaine d'activité) les gains enregistrés durant les deux dernières décennies grâce à l'évolution technique. Cependant, compte tenu de l'augmentation du volume de la production et de la consommation, la quantité de CO_2 émise en France est globalement restée stable.

Enfin, la première estimation du CO_2 associée aux importations donne un bilan des émissions de la demande finale nationale (y compris les importations et hors exportations) nettement plus élevé que celui qui est actuellement rapporté à la CCNUCC. Ce dernier prend uniquement en compte la quantité de CO_2 émise sur le territoire national.

Répartition des émissions de CO_2 en France par activités économiques et évolution entre 1990 et 2007

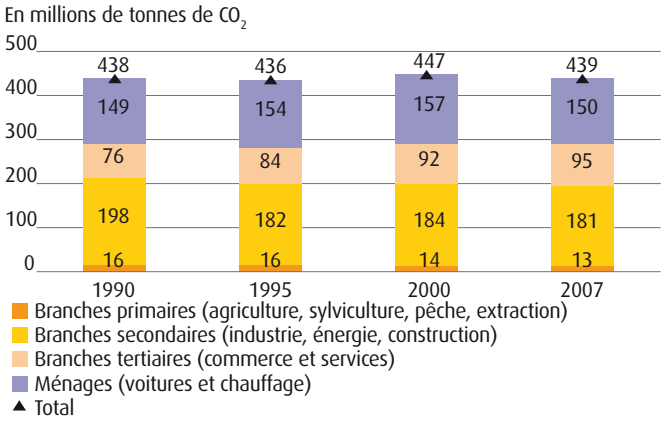
Sur le total des émissions de CO_2 (y compris la biomasse énergétique), environ deux tiers résultent de l'activité des branches de production et un tiers émane directement des ménages (équipements de chauffage/eau chaude sanitaire/cuisson et voitures individuelles). Cette répartition est stable sur l'ensemble de la période 1990-2007.

En 2007, les émissions résidentielles des ménages avec leurs propres systèmes de chauffage (y compris l'eau chaude sanitaire et la cuisson) représentent 56 % des émissions directes de CO_2 des ménages : 38 % pour les combustibles fossiles et 18 % pour la biomasse (i.e. essentiellement le bois de chauffage). La quantité totale de CO_2 directement générée par les ménages en 2007 est très proche (+ 1 %) de celle de 1990 (la hausse est de 4,4 % hors biomasse énergétique). Les émissions résidentielles des ménages ont diminué de plus de 5 %, alors que celles émanant de leurs véhicules personnels se sont accrues de près de 10 %.

[1] *Le* paquet climat-énergie *est constitué de 4 textes législatifs (directives 2009/28/CE, 2009/29/CE et 2009/30/CE et décision 406/2009/CE) adoptés par le Conseil européen des 11-12 décembre 2008, approuvés par le Parlement européen le 17 décembre 2009 et publiés au Journal officiel de l'Union européenne le 5 juin 2009 (n° L. 140).*

[2] *L'efficacité énergétique est envisagée ici d'un point de vue macro-économique et elle est appréhendée par le calcul de l'intensité énergétique de l'économie nationale : consommation totale d'énergie sur le territoire national/produit intérieur brut.*

Répartition des émissions de CO_2 en France de 1990 à 2007



Source : Citepa/SOeS.

En ce qui concerne les branches de production, les activités primaires (principalement l'agriculture, les émissions de CO_2 de la sylviculture, de la pêche et des activités extractives étant marginales en France) génèrent 3 % des émissions de CO_2 émis en France. Les activités secondaires (industries manufacturières, production d'énergie et construction) en génèrent un peu plus de 40 % (15 % pour les branches de production d'énergie) et les activités tertiaires (commerce et services) environ 22 %, dont 9 % pour les services de transport[3].

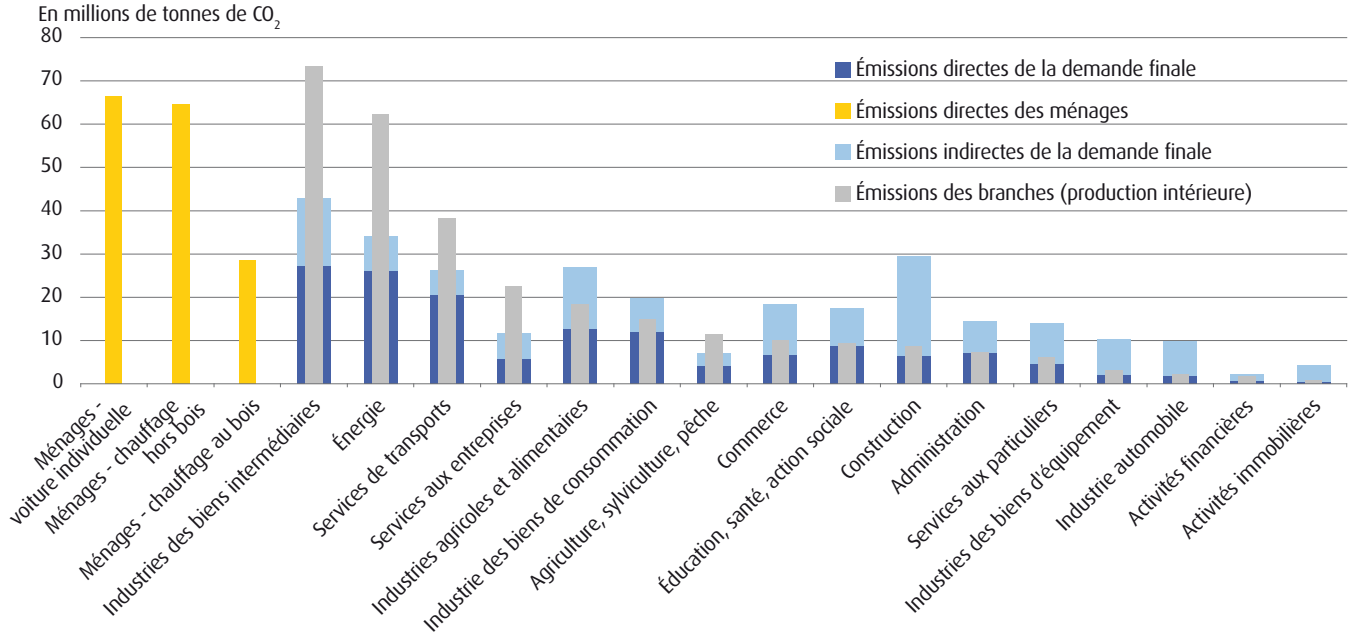
La quantité totale de CO_2 émise par les branches de production en France en 2007 (289 millions de tonnes) est quasi-identique (- 0,4 %) à celle de 1990. Les émissions de l'industrie ont dans l'ensemble reculé de 10 %, alors que celles des activités de services se sont accrues de près de 25 % ; la hausse est de 35 % pour les services de transport.

Affectation des émissions de CO_2 de la production intérieure en France à la demande finale

Les biens et services produits par les entreprises et les administrations sont destinés soit à satisfaire directement un usage final en France (consommation des ménages et des administrations publiques, investissement) ou à l'étranger (exportations), soit à d'autres entreprises, qui les utilisent comme consommation intermédiaire. Chacune de ces consommations est incorporée dans un bien ou un service qui, *in fine*, est destiné à un usage final qu'elle contribue par conséquent indirectement à satisfaire.

On observe une différence entre la répartition des émissions de CO_2 qui émanent des branches et celle des émissions associées à la demande finale des produits correspondants. Les branches les plus fortement émettrices produisent notamment des biens intermédiaires destinés à être consommés à des fins productives par d'autres branches (e.g. ciment, métaux, l'électricité lorsqu'elle est utilisée dans l'industrie). À l'inverse, certaines des branches dont la production est faiblement émettrice sont consommatrices de biens intermédiaires dont le contenu en CO_2 est élevé. C'est notamment le cas de la construction avec le ciment ou de l'automobile avec les métaux. Certaines branches cumulent à la fois des émissions directes et indirectes importantes, comme la chimie ou les industries alimentaires.

Émissions de CO_2 de la production intérieure *versus* de la demande finale intérieure, année 2006



Lecture : en France, les entreprises de la branche construction ont émis 8,6 Mt de CO_2 en 2006. La même année, la demande finale en construction a induit l'émission de 29,5 Mt de CO_2 en France (hors importations), dont 23 Mt indirectement via le CO_2 associé à la fabrication des consommations intermédiaires de la branche construction. (Une partie des produits de la branche construction est utilisée comme consommation intermédiaire par les entreprises d'autres branches.)

Source : SOeS, calculs d'après Citepa (comptes d'émissions) et Insee (TES).

[3] Ce chiffre ne tient pas compte du solde entre le CO_2 émis par les Français à l'étranger et le CO_2 émis par des étrangers en France lors d'activités de transport international, tel que le recommande le principe de résidence*, qui s'applique aux comptes de type Namea. Des travaux ont été engagés par le SOeS en vue d'appliquer ce principe dans la prochaine version des comptes. Dans le cas de la France, le transport aérien international devrait être la principale source de différence avec le périmètre du territoire national.*

Sur cette base, l'affectation des émissions à la demande finale fait apparaître que la consommation des ménages français est à l'origine de 60 % du CO_2 émis en France du fait de leur consommation : un peu plus d'un tiers directement lié à l'utilisation de leurs voitures et de leurs équipements de chauffage et un peu plus d'un quart, via la production des entreprises, pour la satisfaction de leurs achats de biens et services. Les administrations publiques et les institutions sans but lucratif au service des ménages (associations, fondations...), d'une part, et les investissements, d'autre part, sont responsables respectivement de 8 et 9 % du total des émissions. Les 22 à 23 % restants sont associés à la satisfaction d'une demande finale étrangère via l'exportation d'une partie de la production intérieure.

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 en France entre 1990 et 2007

Les émissions de CO_2 résultent principalement de la consommation énergétique[4]. Cependant, l'évolution du lien entre cette consommation et le niveau des émissions, ainsi que l'évolution du niveau même de la consommation d'énergie dépendent essentiellement de facteurs techniques et économiques, dont il est intéressant d'apprécier l'importance respective. C'est l'objet de l'analyse dite de décomposition des facteurs d'évolution des pressions environnementales.

L'amélioration technique des équipements des ménages est compensée par l'intensification de leur utilisation

Outre la différence sur le sens de l'évolution générale (baisse des émissions résidentielles et hausse des émissions liées à la voiture individuelle), on observe certaines similitudes dans le rôle joué par les différents facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des ménages. Alors que les facteurs techniques (contenu en CO_2 de l'énergie consommée, mais surtout l'intensité énergétique[5]) ont nettement joué dans le sens d'une baisse des émissions, les facteurs économiques (la surface occupée par personne dans le cas des émissions résidentielles et la distance parcourue par personne pour celles de la voiture individuelle) et démographique ont en revanche tiré les émissions vers le haut.

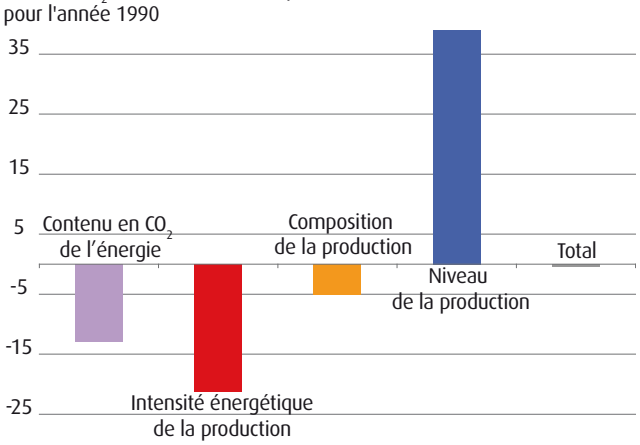
Dans les deux cas (voiture et chauffage), on est en présence d'un *effet rebond*, situation dans laquelle l'amélioration de l'efficacité environnementale dans l'utilisation d'une ressource ou d'un équipement est compensée, totalement ou en partie, par un usage accru de cette ressource ou de cet équipement. Ici, la baisse de la consommation moyenne par kilomètre parcouru ou par mètre carré abaisse le prix de chaque kilomètre parcouru ou de chaque mètre carré chauffé, de telle sorte qu'elle permet une augmentation du confort ou de la mobilité à un coût équivalent (dans le cas des émissions résidentielles, cette évolution a été influencée aussi par la baisse du nombre moyen de personnes par ménage).

Maintien des émissions de CO_2 des branches de production malgré un progrès technique relativement marqué

Toutes choses égales par ailleurs, les résultats de l'évolution technique (baisse de l'intensité énergétique de la production et du contenu en CO_2 de l'énergie utilisée)[6] auraient entraîné une réduction de 33 % des émissions de CO_2 de l'ensemble des branches. Cependant, compte tenu de l'ampleur de l'effet joué en sens inverse par la croissance de la production[7], la quantité de CO_2 émise dans les branches en France en 2007 est quasi-identique à celle de l'année 1990.

On retrouve pour la plupart des branches l'opposition, en termes d'émissions de CO_2, entre les effets de l'évolution technique et celui qui est lié au volume de la production. Les effets de l'amélioration technique ont pris le dessus sur l'augmentation de la production dans l'industrie notamment, alors que l'on observe l'inverse pour les activités de services.

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches entre 1990 et 2007



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (émissions), CVS consultants (énergie), Insee (production, prix chaînés, base 2000).

Un effet d'entraînement important de la demande finale

Entre 2000 et 2006, l'augmentation de la demande finale aurait, toutes choses égales par ailleurs, entraîné une augmentation de plus de 10 % des émissions de CO_2 de production intérieure, compensant en cela les effets de l'évolution technique au cours de la même période. Cette augmentation résulte principalement de l'accroissement du niveau de vie moyen (demande finale par personne) et très peu de l'effet démographique (accroissement de taille de la population)[8].

[4] *De l'ordre de 95 % des émissions de CO_2 (hors UTCF, i.e.* Utilisation des terres, leur Changement et la Forêt*) de la France résultent de la consommation d'énergie. Toutefois, dans le cas des industries de produits minéraux non métalliques, une part non négligeable des émissions de CO_2 provient de la décarbonatation (transformation en CO_2, sous l'effet de la chaleur, du carbone contenu dans une matière première non énergétique, e.g. le calcaire) ; cette part est de plus de 60 % pour le ciment et la chaux, et environ de 20 % pour le verre et tuiles/briques Citepa (2009b), pp. 38-39.*

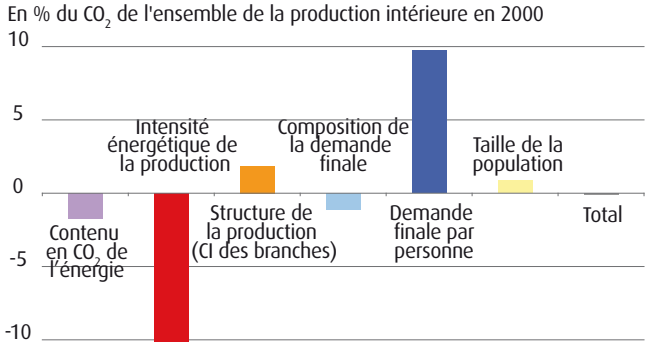
[5] *Rapport entre l'énergie consommée et le service rendu par cette consommation (distance parcourue, surface chauffée).*

[6] *Intensité énergétique : rapport entre l'énergie consommée (exprimée en termes physiques) par une branche ou par l'économie nationale dans son ensemble et la production (exprimée en termes monétaires) de cette branche ou de l'économie nationale.*
Contenu en CO_2 de l'énergie : rapport entre le CO_2 émis par une branche et l'énergie consommée par cette même branche.

[7] *La décomposition de chacun des effets « toutes choses égales par ailleurs » qui est effectuée ici, ne permet pas d'apprécier dans quelle mesure la croissance de la production a favorisé ou non l'évolution technique.*

[8] *Outre la population française, la population concernée inclut celles des pays destinataires des exportations françaises.*

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 liées aux produits (production intérieure) entre 2000 et 2006[9]



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (émissions), CVS consultants (énergie), Insee (TES symétrique).

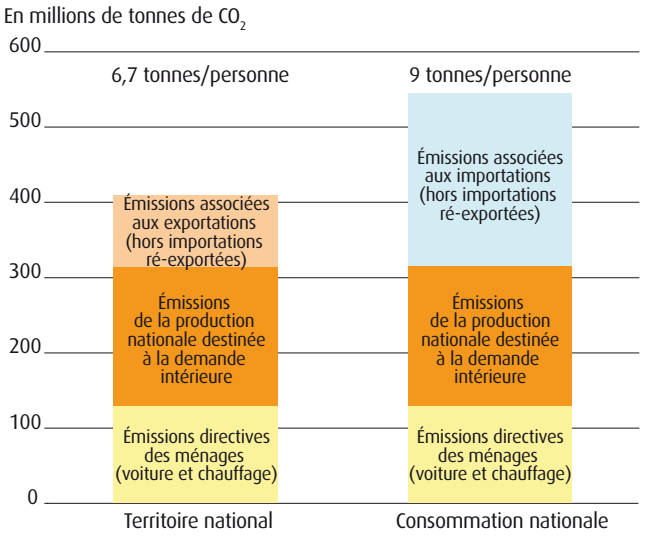
À l'échelle de l'ensemble des services et du commerce, l'effet cumulé des facteurs économiques a dominé celui qui résulte de l'évolution technique au cours de cette période. *A contrario*, pour les produits industriels pris dans leur ensemble, les effets de l'évolution technique ont été supérieurs à ceux des facteurs économiques.

Quantité totale de CO_2 de la demande finale française

Compte tenu de la mondialisation de l'économie, il apparaît nécessaire de compléter le suivi des émissions de CO_2 (et plus généralement des GES) tel qu'il est actuellement effectué à l'échelle des territoires nationaux, par un suivi des émissions associées à la consommation des populations concernées, pour des raisons à la fois d'efficacité et d'équité des politiques publiques de lutte contre les changements climatiques. Cela suppose alors d'estimer les émissions associées aux biens et services importés et exportés[10].

Les premières estimations réalisées pour l'année 2005[11] montrent que l'ensemble des importations de la France serait directement et indirectement responsable de l'émission de plus de 340 Mt de CO_2. Une partie de ces émissions, environ 110 Mt, qui est associée à la production d'exportations françaises *(importations ré-exportées)* n'est pas imputable à la demande française. Pour leur part, l'ensemble des exportations françaises serait à l'origine de 205 Mt de CO_2, dont 95 Mt émises sur le territoire et 110 Mt émises à l'étranger *(importations ré-exportées)*. Le solde des émissions de CO_2 des échanges extérieurs de la France qui en résulte est de 135 Mt ; ajoutées aux 410 Mt émises sur le territoire national (hors CO_2 issu de la biomasse énergétique), on obtient un total de 545 Mt de CO_2. On passe alors de 6,7 tonnes de CO_2 par personne par an sur la base des émissions en France à environ 9 tonnes de CO_2 par personne sur le périmètre de la consommation française. Soit un accroissement de 33 % environ.

Émissions de CO_2 intérieures *versus* empreinte carbone de la demande française, année 2005



Source : SOeS, calculs d'après Citepa, Insee, Eurostat et AIE.

Les échanges extérieurs de la France se faisant très majoritairement avec les pays européens, en 2005, environ 70 % des CO_2 attribués aux biens et services importés par la France auraient été générés dans d'autres pays européens. Environ 15 % l'auraient été en Asie (y compris le Moyen-Orient), 7 % en Amérique du Nord, 6 % en Afrique, 2 % en Amérique du Sud et moins de 1 % en Océanie. Les émissions de GES associées aux exportations de la France présentent une répartition géographique entre les pays destinataires relativement similaire.

[9] Décomposition effectuée à partir d'une version préliminaire de TES symétrique en volume (prix chaînés, base 2000). Les calculs portent sur la période 2000-2006 en raison de la disponibilité des données de la comptabilité nationale nécessaires.

[10] L'indicateur qui en résulte a été présenté sous l'intitulé « Empreinte carbone de la demande finale nationale » *lors de la Conférence nationale sur les indicateurs de développement durable, organisé le 20 janvier 2010 conjointement par le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, le Conseil économique, social et environnemental et le Conseil national de l'information statistique. http://www.developpement-durable.gouv.fr/Indicateurs-du-developpement,14064.html.*

[11] Ces estimations tiennent compte des données complètes (émissions et TES) de cinq pays de l'Union européenne (Allemagne, Belgique, Espagne, Royaume-Uni et Italie), d'où provenait en 2005 près de la moitié des importations françaises en valeur, ainsi que des intensités en CO_2 de la production par branche de pays considérés comme représentatifs pour les autres régions du monde (pour plus de détail, voir le chapitre « Quantité totale de CO_2 de la demande finale française »).

Summary

Once the balance between emissions generated by imports and those generated by exports is taken into account, *France's final demand carbon footprint* is around 9 tonnes of CO_2 per person per year, i.e. 33 per cent more than the quantity of CO_2 emitted in France. In the 1990–2007 period, technological progress in France led to a reduction in the level of unit emissions of CO_2 from production and consumption. Overall, however, this reduction was offset by increased levels of production and consumption. The emissions from manufacturing industry as a whole nonetheless dropped by 10 per cent in the period. The total amount of CO_2 emitted in France in 2007 was almost identical to that emitted in 1990. Seventy per cent of emissions result from activities of production (companies and public administration). Thirty per cent are generated directly by households (cars and heating). Two-thirds of the CO_2 emissions from France's production arise from satisfaction of domestic demand; the other one-third is associated with exported production.

Combating climate change is now a priority issue in international discussions, with the aim of coordinating public policy on the global scale. In preparation for the post-2012 period of the Kyoto Protocol, the European Union member states have opted for an ambitious approach by adopting the legislative *climate-energy package*[1], of which the three main aims are now referred to as the 20-20-20 targets: 20 to 30 per cent reduction in greenhouse gas (GHG) emissions by 2020 in relation to 1990 levels; 20 per cent of energy consumed to be from renewable sources by 2020; and a 20 per cent improvement in energy efficiency[2] by 2020 in comparison with currently projected levels.

Monitoring of progress towards these objectives is based on the GHG emission inventory system put in place by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). However, this system of accounting does not systematically link emissions with the activities and economic actors generating them, and fails to fully capture the international nature of economic activities. The study presented in this document, relating solely to carbon dioxide (CO_2) emissions, is based, essentially, on integrated economic and environmental accounts of the *National Accounting Matrix including Environmental Accounts* (NAMEA) type, which combine input-output tables (IOT) from national accounts with (physical) environmental accounts broken down in terms of economic activities ((Ifen, 2006).

The study covers, in order of presentation:

1) the CO_2 emissions generated in France, broken down by economic activity, and changes in those emissions in France between 1990 and 2007;
2) allocation of emissions to final demand;
3) factors influencing changes in emissions;
4) estimates of CO_2 emissions associated with imports in France.

On the basis of the accounting methods specific to the NAMEA methodology, a certain number of results, already stated elsewhere, are confirmed (reduction in CO_2 emissions from industry, and rise in those generated by the services sector, including transport), but are examined at a finer level of detail. These accounts also show the emissions generated directly by households (cars and heating systems): one-third of the national total (including use of biomass as fuel).

Attribution of emissions from domestic production to final demand, by combining emissions accounts with IOT, makes it possible to distinguish between two types of aspect: direct (fuel use) and indirect (intermediate consumption of products of which manufacture generates some CO_2 emissions). This approach reveals the underlying role of activities such as services and construction in the total of domestic production emissions, in spite of their relatively modest direct contribution. It also reveals that around one-third of CO_2 emissions from France's domestic production is generated to satisfy external demand (exports).

Analysis of the factors influencing changes in CO_2 emissions shows, at all levels (households and branches of the economy regardless of area of activity), gains made during the past two decades as a result of technological progress. However, given the increases in production and consumption, the amount of CO_2 emitted in France has, overall, remained stable.

Lastly, the initial estimate of CO_2 associated with imports gives an emissions balance for national final demand (including imports and excluding exports) considerably higher than that currently reported to the UNFCCC, which only includes the quantity of CO_2 emitted on national territory.

Breakdown of CO_2 emissions in France by economic activity, and variations between 1990 and 2007

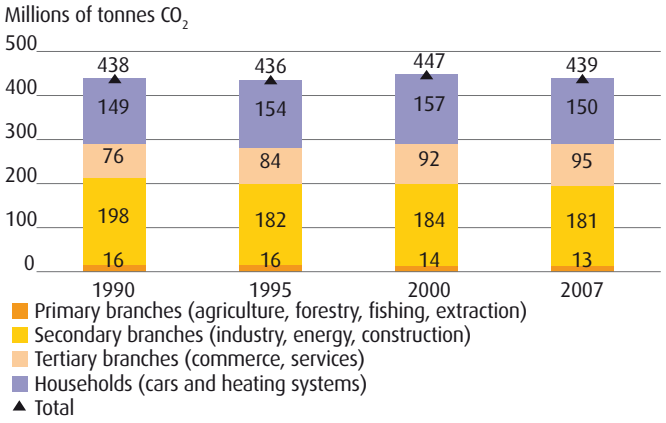
Around two-thirds of the total of CO_2 emissions (including from biomass used for energy) arise from activities of production and one-third arise directly from households (household space and water heating systems, cooking and private car use). This breakdown remained stable over the 1990–2007 period.

In 2007, residential emissions from households with their own heating systems (including hot water and cooking) accounted for 56 per cent of direct household CO_2 emissions: 38 per cent for fossil fuels and 18 per cent for biomass (mainly firewood). The total amount of CO_2 generated directly by households in 2007 is very close (+1%) to that for 1990 (the increase is 4.4 per cent excluding biomass used for energy). Residential emissions reduced by more than 5 per cent, whereas those from private vehicles increased by nearly 10 per cent.

[1] *The* climate energy package *comprises four legislative texts: directives 2009/28/EC, 2009/29/EC and 2009/30/EC and Decision 406/2009/EC) adopted by the European Council on 11–12 December 2008, approved by the European Parliament on 17 December 2009 and published in the Official Journal of the European Union on 5 June 2009 (no. L. 140).*

[2] *Energy efficiency here is seen from the macro-economic point of view and is expressed by calculating the energy intensity of the national economy (total energy consumed within national territory/gross domestic product).*

Breakdown of CO_2 emissions in France 1990–2007



Source: Citepa/SOeS.

Where branches of production are concerned, primary activities (principally agriculture as CO_2 from forestry, fishing and extractive industries are marginal in France) generate 3 per cent of the country's CO_2 emissions. Secondary activities (manufacturing industries, energy production and construction) generate a little over 40 per cent (15 per cent for energy production), and tertiary activities (commerce and services) around 22 per cent, of which 9 per cent arise from transport services)[3].

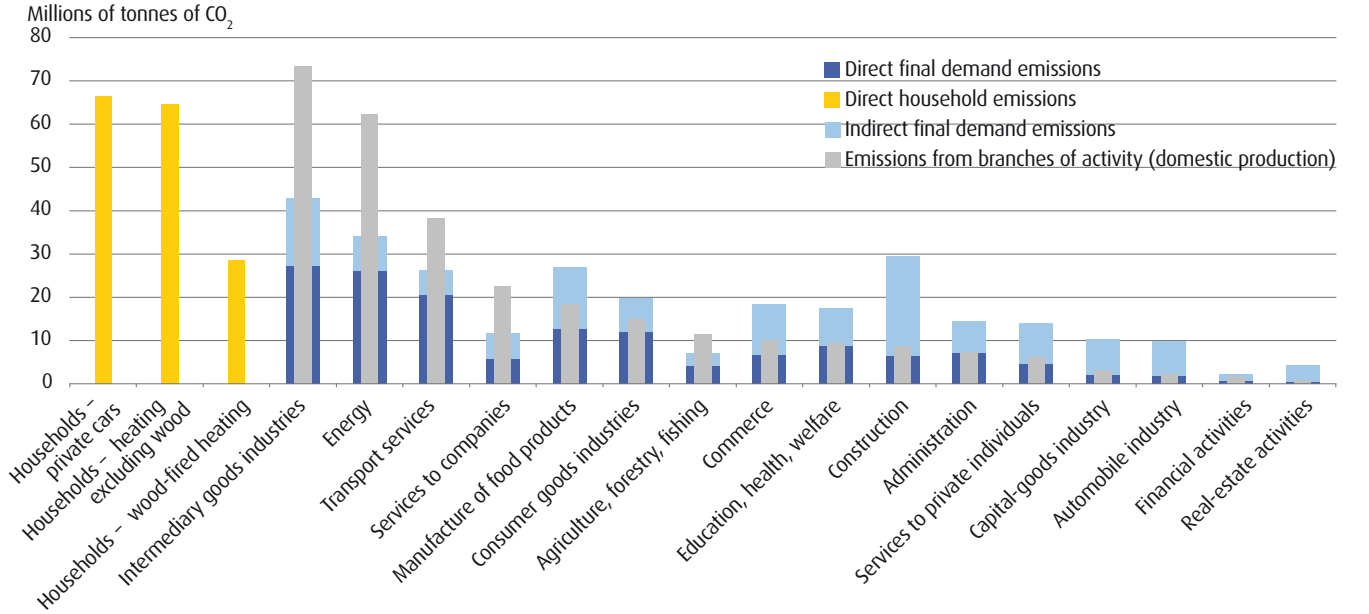
The total quantity of CO_2 emitted by production in the different branches in France in 2007 (289 Mt) was almost identical (- 0,4 %) to that for 1990. Emissions from industry reduced, overall, by 10 per cent while those from services increased by around 25 per cent; the increase was 35 per cent for transport services.

Allocation of CO_2 emissions from France's domestic production to final demand

The goods and services produced by companies and administrative activities are destined for direct final use in France (consumption by households and by administrative services, plus investment), for use abroad (exports), or for use by companies as intermediate consumption. Each of these types of consumption is embodied in a good or service destined, ultimately, for a final use, which it therefore indirectly contributes to satisfying.

A difference is observed between the distribution of CO_2 emissions from branches of activity and that for emissions associated with final demand for the corresponding products. The highest emitting branches produce intermediate goods that are consumed by other branches and used for production (e.g. cement, metals, electricity when used in industry). Conversely, some branches where production is a relatively low emitter are consumers of intermediary goods with high CO_2 content. This is the case for construction, using cement, or automobiles using metals. Some branches, such as chemistry and the food industry, generate high direct and indirect emissions.

CO_2 from domestic production vs domestic final demand, 2006



Reading the chart: companies in the construction sector emitted 8.6 Mt of CO_2 in 2006. In that same year, final demand in construction induced emissions of 29.5 Mt of CO_2 in France (imports excluded), of which 23 Mt arose indirectly via the CO_2 associated with manufacture for intermediate consumption in construction. (Some of the products of the construction branch are used as intermediary consumption by companies from other branches.)

Source: SOeS, based Citepa (emissions accounts) and Insee (IOT) calculations.

[3] This figure does not include the balance between the CO_2 emitted by French people abroad and the CO_2 emitted by foreigners in France engaged in international transport activities, as recommended by the residence principle which applies to Namea type accounts. Work has been undertaken by the SOeS with a view to applying this principle to the forthcoming version of accounts. For France, international air transport would be the main source of difference with the perimeter of national territory.

On this basis, allocating emissions to final demand indicates that consumption by France's households is responsible for 60 per cent of CO_2 emissions in France as a result of their consumption: slightly more than a third directly related to the use of their cars and heating equipment and slightly more than a quarter, via the production of companies, in order to satisfy their demand for goods and services. Public administration and non-profit organisations serving households (associations, foundations), on the one hand, and investment spending, on the other hand, account respectively for 8 and 9 per cent of these emissions. The remaining 22 to 23 per cent are linked to satisfying final demand abroad, via exports.

Factors for variations in France's CO_2 emissions between 1990 and 2007

CO_2 emissions result primarily from energy consumption[4]. However, the relationship between this consumption and the level of emissions, as well as the changes in energy consumption itself, depend essentially on technical and economic factors of which the respective importance warrants investigation. This is the purpose of the decomposition analysis of change in environmental pressures.

Improved technology of household equipment is offset by intensification of use

In addition to the general trend towards lower residential emissions and greater emissions from use of private cars, some similarities are observed in the role played by the different factors for changes in household CO_2 emission patterns. Whereas technical factors (CO_2 content of energy consumed and, above all, energy intensity[5]) have brought about a lowering of emissions, economic factors (the surface area occupied per person in the case of residential emissions and the distance travelled per person for the private car) and demographic factors have, conversely, driven emission levels upward.

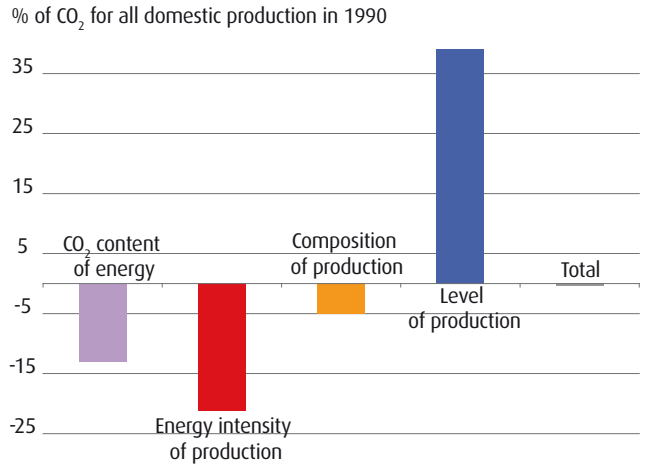
In both cases (car and household heating), there is a rebound effect, where improved environmental efficiency in the use of a resource or equipment is wholly or partially offset by increased usage of the resource or equipment. Here the reduction in average consumption per kilometre travelled or per square metre heated reduces the price of each of these, thereby allowing greater comfort or mobility at equivalent cost (in the case of residential emissions, this development has been influenced by the reduction in the average number of people per household).

Level of CO_2 emissions from production maintained in spite of relatively marked technological progress

All other things being equal, the results of technological progress (reduced energy intensity of production and reduced CO_2 content of energy used[6]) would have entailed a reduction of 33 per cent in CO_2 emissions for all branches of activity. However, given the scale of the counter-effect of the growth in production[7], the amount of CO_2 emitted in the different branches of activity in France in 2007 was more or less the same as in 1990.

This opposition between technological advance and greater volumes of production is observed, where CO_2 emissions are concerned, in most branches of activity. The effects of improved technology have outweighed those of increased production, notably for industry, whereas the converse is true for service activities.

Factors for change in CO_2 emissions from the different branches of activity between 1990 and 2007



Source: SOeS, calculations based on Citepa (emissions), CVS consultants (energy), Insee (production, chained-linked prices, baseline 2000).

Final demand, an important driver

Between 2000 and 2006, the increase in final demand would, other things being equal, have entailed an increase of more than 10 per cent in CO_2 emissions from domestic production, offsetting the effects of technological progress in the same period. This increase stems, primarily, from the increasing average standard of living (final demand per person) and very little from demographics (increase in size of the population)[8].

[4] Around 95 per cent of France's CO_2 emissions (excluding land use, change of use and forests) arise from energy consumption. However, for non-metallic mineral industries a significant part of CO_2 emissions is from decarbonation (formation of CO_2 from carbon contained in non-energy raw materials – e.g. limestone – under the effect of heat). This proportion is more than 60 per cent for cement and lime and around 20 per cent for glass and tiles/bricks. Citepa (2009b), pp. 38-39.

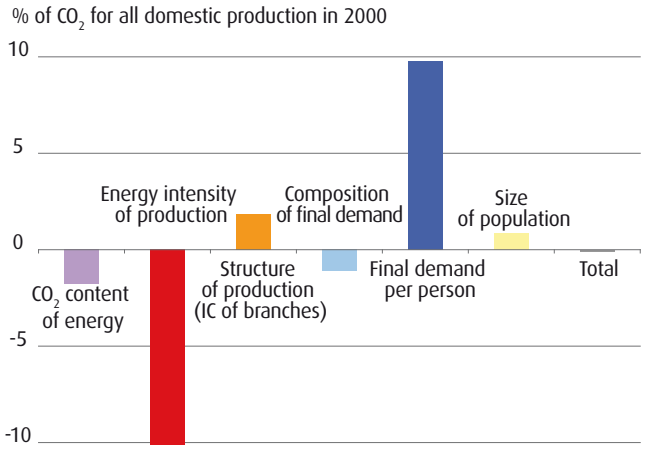
[5] Ratio of energy consumed to the service provided by the consumption (distance travelled, area heated).

[6] Energy intensity: ratio of energy consumed (expressed in physical terms) by a branch of activity or whole of the national economy to production (expressed in monetary terms) of the branch in question or the national economy. CO_2 content of energy: ratio of CO_2 emissions from a branch of activity to energy consumed by the branch.

[7] The breakdown of each effect 'other things being equal' used here does not allow appreciation of the degree to which growth in production has or has not encouraged technological development.

[8] In addition to the French population, the population concerned includes that of countries of destination for French exports.

Product-related factors for changes in CO_2 emissions (domestic production) between 2000 and 2006[9]



Source: SOeS, calculations based on Citepa (emissions), CVS consultants (energy), Insee (symmetrical IOT).

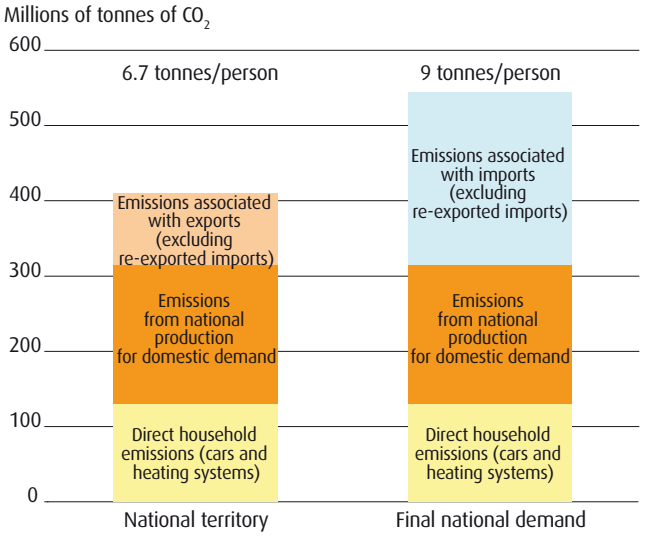
For all services and commerce, the cumulative effect of economic factors outweighs that of technological development over the period. Conversely, for industrial products taken as a whole, the effects of technological development are greater than those of economic factors.

Total quantity of CO_2 from France's final demand

In the context of a globalised economy it appears necessary to extend the current national monitoring of CO_2 emissions (and of GHG more generally) to monitoring of emissions associated with consumption by the populations concerned, in the interests of both effectiveness and equity of public policies to combat climate change. This supposes estimation of emissions associated with goods and services that are imported and exported[10].

Initial estimates for the year 2005[11] show all of France's imports to be directly and indirectly responsible for more than 340 Mt of CO_2. Part of these emissions, around 110 Mt, associated with the production of French exports (re-exported imports), cannot be allocated to French demand. All French exports, for their part, are the sources of 205 Mt of CO_2, of which 95 Mt are emitted within national territory and 110 Mt emitted in other countries (re-exported imports). The resulting balance of CO_2 emissions from France's foreign trade is 135 Mt, to be added to the 410 Mt emitted on national territory (excluding CO_2 from biomass used for energy), giving a total of 545 Mt of CO_2. This results is an increase from 6.7 tonnes of CO_2 per person per year on the basis of emissions in France to around 9 tonnes of CO_2 per person for the perimeter of France's consumption: an increase of some 33 per cent.

Domestic CO_2 emissions vs carbon footprint of French demand, year 2005



Source: SOeS, calculations based on Citepa, Insee, Eurostat and IEA.

As most of France's trading partners were other European countries in 2005, around 70 per cent of the CO_2 emission attributed to goods and services imported by France were generated in other European countries. Around 15 per cent were generated in Asia (including Middle-East), 7 per cent in North America, 6 per cent in Africa, 2 per cent in South America and less than 1 per cent in Oceania. The breakdown of countries for GHG emissions associated with France's exports is broadly similar.

[9] Breakdown based on a first version of symmetrical by volume IOT chain prices, baseline 2000). The calculations cover the 2000–2006 period because of availability of the necessary national accounting data.

[10] The resulting indicator was presented under the title Empreinte carbone de la demande finale nationale *(carbon footprint of national final demand) at the national conference on sustainable development indicators, organised jointly by the* Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, *the* Conseil économique, social et environnemental and the Conseil national de l'information statistique. *http://www.developpement-durable.gouv.fr/Indicateurs-du-developpement,14064.html.*

[11] These estimates use complete data (emissions and input-output tables) from five European Union member states (Belgium, Germany, Italy, Spain and the UK), countries of origin, in 2005, of almost half of France's imports in terms of value as well as CO_2 intensities of production per branch of activity in the countries, considered as representative for the other regions of the world (for more detail see chapter 'Total quantity of CO_2 from France's final demand').

Introduction

La lutte contre les changements climatiques est dorénavant parmi les sujets de discussion internationale prioritaires en vue d'une coordination des politiques publiques à l'échelle mondiale. Malgré les difficultés rencontrées lors de la conférence qui s'est tenue à Copenhague en décembre 2009[12], les parties se sont accordées sur la nécessité de limiter la hausse des températures à 2 °C, suivant en cela l'une des recommandations émises par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) dans son 4e rapport. Cette conférence n'a cependant pas permis de définir le régime qui succèdera au protocole de Kyoto, qui reste aujourd'hui le seul instrument international légalement contraignant sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) des pays industrialisés.

Dans le cadre du protocole de Kyoto, l'objectif de réduction des émissions de GES de l'Union européenne avait été fixé à 8 % d'ici à 2012, par rapport à 1990 ; compte tenu de son profil énergétique, la France avait pour objectif de stabiliser ces émissions au cours de cette période. Plus récemment, les pays membres de l'Union européenne se sont engagés dans une voie ambitieuse en adoptant le *paquet* législatif *climat-énergie*[13]. Cet ensemble de textes contient trois objectifs phares dorénavant identifiés par la formule des *trois fois vingt* : réduction de 20 % des émissions de GES d'ici 2020, par rapport au niveau de 1990 ; 20 % d'énergie produite à partir de ressources renouvelables en 2020 et amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique par rapport aux projections établies à l'horizon 2020[14]. Le niveau de ces ambitions est à mettre en perspective de l'objectif ultérieur qui serait une division par quatre des émissions de GES d'ici 2050 – objectif connu sous le nom de *facteur 4* – par les pays les plus riches, en vue de maintenir le réchauffement de la planète en dessous de 2 °C d'ici un siècle.

Le suivi de ces objectifs s'appuie sur le système d'inventaire d'émissions de GES mis en place dans le cadre de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Chacun des pays signataires est tenu, à l'aide d'une méthodologie standardisée et sous le contrôle de ses pairs, de comptabiliser les émissions générées sur son propre territoire. Les résultats sont alors restitués par grandes sources émettrices : utilisation de combustibles (secteur de l'énergie, industrie, transports), processus industriels et agricoles (hors utilisation de combustion), traitement des déchets (décharges, incinération), changement dans l'utilisation des sols. Cependant, ce système de comptabilisation ne permet pas de relier systématiquement les émissions avec les activités et les acteurs économiques responsables. Il ne permet pas non plus d'appréhender pleinement la dimension internationale des activités économiques.

Les résultats présentés ici s'appuient essentiellement sur les comptes économiques et environnementaux intégrés de type Namea *(National Accounting Matrix including Environmental Accounts)* qui consistent à combiner le tableau entrées-sorties (TES) de la comptabilité nationale avec des comptes environnementaux (physiques) ventilés par activités économiques. Ces comptes, qui devraient prochainement faire l'objet d'une obligation légale de transmission à Eurostat[15], sont destinés à l'étude des pressions environnementales exercées par les acteurs (branches, ménages) et activités économiques (production, consommation). Ils permettent d'apprécier, à un niveau relativement fin par activité, les contributions respectives de différents facteurs économiques (production, demande finale) et techniques (pressions environnementales unitaires de la production), influant sur l'évolution des pressions environnementales étudiées. À partir de ce type de comptes, il devient également possible de calculer des pressions associées à l'ensemble des biens et services utilisés en France, qu'ils soient fabriqués en France ou importés. L'Agence européenne de l'environnement fait à présent de Namea l'un de ses outils d'analyse de la production et de la consommation durables (Moll, Watson, 2009).

Le présent document porte uniquement sur les émissions de dioxyde de carbone (CO_2). Ces dernières contribuent pour 75 % au potentiel de réchauffement global généré par l'ensemble des émissions anthropiques annuelles de gaz à effet de serre en France[16].

Le **chapitre « Évolution des émissions de CO_2 de 1990 à 2007 »** décrit la répartition des émissions de CO_2 en France entre les différents acteurs économiques (branches de production et ménages) et leur évolution entre 1990 et 2007.

Le **chapitre « Émissions de la production intérieure attribuée à la demande finale »** introduit la question de l'affectation des émissions de la production intérieure (de la France) à la demande finale et présente les fondements de *l'analyse input-output étendue à l'environnement* sur laquelle s'appuie cette affectation.

[12] *15e conférence des parties de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.*

[13] *Le* paquet climat-énergie *est constitué de 4 textes législatifs adoptés par le Conseil européen des 11 et 12 décembre 2008, approuvés par le Parlement européen le 17 décembre 2009 et publiés au Journal officiel de l'Union européenne le 5 juin 2009 (n° L. 140) :*
- directive 2009/28/CE sur la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables ;
- directive 2009/29/CE modifiant la directive 2003/87/CE afin d'améliorer et d'étendre le système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE) de gaz à effet de serre après 2012 ;
- décision 406/2009/CE sur l'effort à fournir par les États membres pour réduire leurs émissions de GES [dans les secteurs non visés par le SCEQE] afin de respecter les engagements de l'UE en la matière jusqu'en 2020 ;
- directive 2009/30/CE modifiant la directive 98/70/CE en ce qui concerne les spécifications relatives à l'essence et au gazole ainsi que l'introduction d'un mécanisme permettant de surveiller et de réduire les émissions de GES.

[14] *Cet objectif fait référence au* Livre vert sur l'efficacité énergétique ou comment consommé mieux avec moins *(COM(2005) 265 final) de la Commission des communautés européennes. Par ailleurs, la directive européenne 2006/32 relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques fixe à chacun des états membres l'objectif indicatif (non contraignant du point de vue juridique) de 9 % d'économie d'énergie en 2016 par rapport à 2005. Dans ce cadre, l'« efficacité énergétique » est définie comme « le rapport entre les résultats, le service, la marchandise ou l'énergie que l'on obtient et l'énergie consacrée à cet effet » (article 3).*

[15] *Un projet de base légale est en cours de préparation à Eurostat concernant les comptes de l'environnement. Son adoption est envisagée au plus tard en 2011. Elle couvrira dans un premier temps les comptes d'émissions atmosphériques de type Namea, les comptes maro-économiques de flux de matière et les taxes environnementales.*

[16] *Hors utilisation des terres, leurs changements et la forêt (UTCF). Les différents GES couverts par le protocole de Kyoto (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC et SF_6) sont convertis en équivalent CO_2 sur la base de leur potentiel de réchauffement global respectifs à l'horizon de 100 ans, selon la règle indiquée par le Giec. Signalons toutefois que plusieurs voix s'élèvent aujourd'hui pour demander l'utilisation de coefficients de conversion plus conformes avec l'horizon auquel est envisagée la lutte contre le réchauffement climatique (2030, voir 2050 au maximum) ; ce qui conduirait à reconnaître au méthane (CH_4) un rôle nettement plus important qu'actuellement (cf. Dessus B., Laponche B., Letreut H., « Réchauffement climatique : importance du méthane »,* La Recherche*, n° 417, mars 2008).*

Les deux chapitres suivants reviennent sur l'évolution des émissions de CO_2 en France entre 1990 et 2007, en tentant d'apprécier l'importance respective de différents facteurs techniques (contenu en CO_2 de l'énergie, intensité énergétique de la production) et économiques (consommations intermédiaires des branches, production, demande finale) en cause. En ce qui concerne les ménages **(chapitre *Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des ménages*)**, l'analyse est envisagée de façon séparée pour le CO_2 généré d'une part sur leur lieu de résidence (chauffage notamment) et d'autre part avec leurs voitures individuelles. Dans le cas des activités productives **(chapitre *Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches*)**, l'analyse est menée à la fois au niveau de la production et de la demande finale[17].

Le chapitre « Quantité totale de CO_2 de la demande finale française (empreinte carbone de la demande finale française) » est consacré aux émissions de CO_2 de la demande finale française, c'est-à-dire y compris le CO_2 associé aux biens et services importés (déduction faite du CO_2 associé aux biens et services exportés par la France). L'estimation de ces émissions s'appuie sur l'*analyse input-output étendue à l'environnement* introduite précédemment, complétée de données propres aux pays d'origine des biens et services importés.

[17] *En raison d'un manque de disponibilité d'une partie des données, cet aspect de l'analyse est présenté à titre d'illustration pour la période 2000-2006.*

Évolution des émissions de CO_2 de 1990 à 2007

Les émissions totales

Dans les comptes d'émissions atmosphériques de la Namea française (voir encadré ci-après) disponibles pour la préparation de ce document, les émissions totales de CO_2 s'élèvent à près de 439 millions de tonnes (Mt) pour l'année 2007. Ce montant couvre l'ensemble du CO_2 émis sur le territoire de la France métropolitaine, y compris le CO_2 issu de la combustion de biomasse à des fins énergétiques. Ce total ne tient pas compte des émissions et puits de carbone liés à l'Utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF).

Une relative stabilité des émissions de CO_2 depuis 1990

En 2007, le niveau des émissions totales de CO_2, telles que celles-ci sont comptabilisées dans les comptes de la Namea, est quasi-identique à celui de l'année 1990 (- 0,1 %, et - 0,7 % hors biomasse). Biomasse énergétique incluse, environ **deux tiers des émissions résultent de l'activité des branches** de production et **un tiers émane directement des ménages** (hors biomasse, la part des branches oscille entre 68 et 71 % entre 1990 et 2007). Cette répartition est stable sur l'ensemble de la période étudiée.

Les émissions de CO_2 émanant respectivement des branches d'activités et des ménages en 2007 sont également très proches des quantités enregistrées pour 1990 (respectivement - 0,4 % et + 0,9 %), même si celles des ménages ont d'abord progressé jusqu'en 2000 avant de décroître. Une fois la biomasse exclue, les émissions de CO_2 des ménages ont en revanche augmenté de près de 4,5 % entre 1990 et 2007. En ce qui concerne les branches, les évolutions sont contrastées entre les différentes activités (*cf. Les émissions de CO2 directes des ménages* et le chapitre *Émissions de la production intérieure attribuée à la demande finale*).

Les émissions de CO_2 issues de **l'utilisation de biomasse à des fins énergétiques** (y compris les carburants d'origine agricole) représentent **environ 10 % du total**. Cette proportion est également relativement stable sur l'ensemble de la période. Cependant, environ 62 % du CO_2 issu de la biomasse énergétique émanent des systèmes de chauffages au bois des ménages en 2007 contre près de 76 % en 1990 ; les émissions de CO_2 du chauffage au bois des ménages ont diminué de 18 % au cours de cette période. *A contrario*, les émissions de CO_2 résultant de l'utilisation de biomasse par les branches se sont accrues, mais leur contribution est relativement modeste (6 % du total des branches en 2007). Cette augmentation provient pour l'essentiel de la branche *Assainissement, voirie et gestion des déchets* (NAF 90) qui couvre l'activité de valorisation énergétique du biogaz des centres de stockage des déchets.

Le périmètre des comptes d'émissions de CO_2 de type Namea

Parmi les différents types de comptes environnementaux, les comptes de type Namea *(National Accounting Matrix including Environmental Accounts)* ont pour objet de décrire les flux de ressources naturelles utilisées et de pollution générée par activités économiques (branches de production et ménages[18]). La partie des comptes qui porte sur les branches de production a vocation à être rapprochée des comptes (économiques) nationaux ventilés par branche et en particulier du TES de la comptabilité nationale[19].

La mise en cohérence avec les comptes nationaux implique de couvrir le même champ : unités résidentes (principe de résidence) du territoire métropolitain et des départements d'outre mer (DOM). Dans le cas des émissions de CO_2, le transport international est susceptible d'introduire des différences avec les inventaires d'émissions préparés dans le cadre de la CCNUCC. Ces inventaires ont une base territoriale, alors que les comptes d'émissions pour Namea ont vocation à couvrir les émissions des unités résidentes (en l'occurrence françaises) y compris lorsqu'elles sont générées hors du territoire national (les transporteurs qui se ravitaillent en carburant à l'étranger lors d'opérations de transport international ; les ménages en voyage à l'étranger avec leurs véhicules particuliers). Réciproquement, les émissions générées par des unités non-résidentes (touristes étrangers en France avec leurs propres véhicules ; transporteurs étrangers se ravitaillant en carburant en France) qui seraient comptabilisées dans les inventaires doivent être déduites pour les comptes de la Namea.

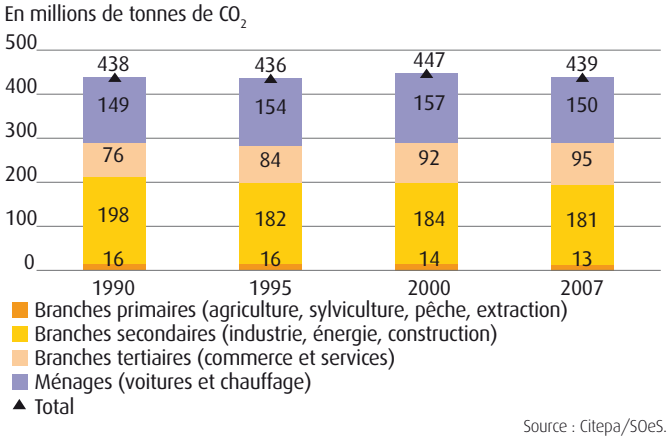
Par ailleurs, les comptes d'émissions de CO_2 pour la Namea incluent les émissions issues de la biomasse utilisée comme combustible (par conséquent, la situation hors biomasse-énergie sera régulièrement indiquée au cours du chapitre « Évolution des émissions de CO_2 de 1990 à 2007 ») et excluent les émissions naturelles et les puits de carbone naturels. En revanche, les inventaires pour la CCNUCC excluent les émissions liées à l'utilisation de la biomasse (item hors total indiqué pour information) et tiennent compte des émissions naturelles de la biomasse et des puits de carbone (UTCF).

Dans la version des comptes d'émissions de CO_2 dont on dispose pour la préparation du présent document, les DOM ne sont pas inclus (les émissions de CO_2 des DOM représentent environ 2 % du total couvrant la France métropolitaine plus les DOM, *cf.* Citepa, 2008) et aucun ajustement n'a été effectué en ce qui concerne le transport international en relation avec l'application du *principe de résidence*. Des travaux ont été engagés à ce sujet en 2009.

[18] Les comptes d'émissions atmosphériques préparés en France portent sur les substances suivantes : gaz à effet de serre (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6), polluants acides et photochimiques (CO, COVNM, NH_3, NO_x, SO_2), particules solides (TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, PM1) et métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn). Des comptes de consommation d'énergie sont également préparés en parallèle. Le programme de travail du SOeS en matière de comptes de type Namea couvre également le domaine de l'eau (les travaux sont en cours à la fois sur les prélèvements/consommations et les émissions polluantes), des déchets (projet d'exploitation des données rassemblées pour la réponse au règlement européen sur les statistiques de déchets dont le SOeS a la charge) et de l'utilisation de matière (projet de ventilation par branches des comptes de flux de matière élaborés par le SOeS pour l'ensemble de l'économie française).

[19] Au moment de la préparation de cet Études & documents*, la version des comptes d'émissions de CO_2 de type Namea portait sur la période 1990-2007 et le plus récent des TES symétriques utilisés ici portait sur l'année 2006.*

Répartition des émissions de CO_2 des Français entre ménages et branches d'activité de 1990 à 2007



Source : Citepa/SOeS.

Une tertiarisation des émissions

Le regroupement des branches par grands secteurs d'activité illustre une tendance lourde : la baisse des émissions des secteurs secondaire et, dans une moindre mesure, primaire, est compensée par la forte progression des émissions du secteur tertiaire. Entre 1990 et 2007, les émissions de CO_2 du secteur secondaire ont diminué de 17,3 Mt, alors que celles du secteur tertiaire ont augmenté de 18,9 Mt.

Les émissions de CO_2 directes des ménages

Les émissions de CO_2 générées directement par les ménages concernent uniquement **l'utilisation par ces derniers de leurs propres équipements dont le fonctionnement nécessite une consommation de combustible.** Il s'agit donc de leurs **véhicules particuliers** et de leurs équipements de **chauffage et de cuisson**. Les émissions des services de transport utilisés entre autres par les ménages sont affectées aux branches économiques correspondantes, ainsi que les émissions des réseaux de chaleur.

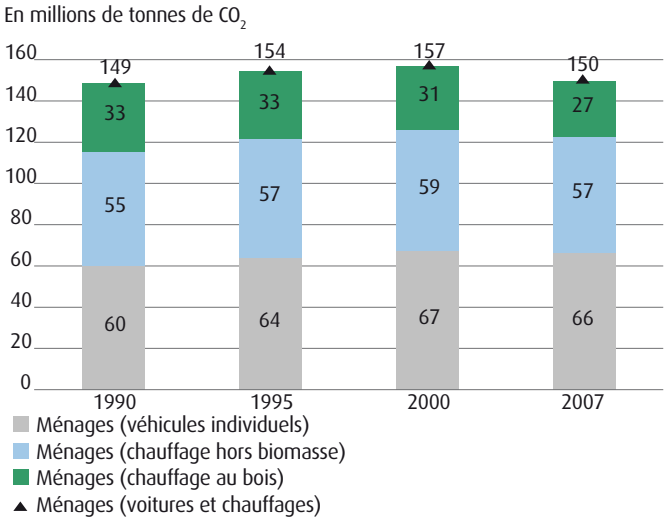
Les émissions directes des ménages se partagent à parts égales entre résidentiel et voitures individuelles

Hors émissions résultant de la combustion de biomasse, l'usage des voitures individuelles devance de peu les activités résidentielles comme principale source du CO_2 directement généré par les ménages. En 2007, ces deux sources représentent respectivement 53 % et 47 % du total des émissions de CO_2 des ménages. Cette répartition varie relativement peu au cours de la période 1990-2007.

Y compris la biomasse, les activités résidentielles devancent l'utilisation des voitures individuelles (respectivement 56 % et 44 % en 2007). Environ un tiers des émissions des CO_2 générées directement par les ménages avec leurs propres équipements de chauffage et de cuisson est issue de l'utilisation de la biomasse (bois). Son importance relative a toutefois tendance à diminuer.

La part des agrocarburants dans la consommation de carburants automobiles par les ménages en France est relativement modeste. En termes énergétiques, ils représentent 3,3 % de l'essence et 3,5 % dans le gazole consommé (Citepa, 2009b). Pour l'année 2007, les émissions de CO_2 correspondantes s'élèvent à 3,2 % du total du CO_2 émanant des véhicules particuliers.

Émissions de CO_2 des ménages français par type d'usage de 1990 à 2007



Source : Citepa/SOeS.

Les émissions directes des ménages décroissent depuis 2000

Jusqu'au début des années 2000, la progression des émissions de CO_2 directement générées par les ménages a notamment résulté de l'augmentation de l'usage de la voiture individuelle (+ 14,6 % entre 1990 et 2001, soit une hausse de plus de 1 % par an en moyenne). On observe par la suite un renversement de tendance (- 7,1 % entre 2001 et 2007, soit une baisse de plus de 1 % par an en moyenne).

Le niveau des émissions de CO_2 issues des activités résidentielles des ménages est susceptible de varier sensiblement d'une année sur l'autre en raison des conditionsmétéorologiques[20]. On observe toutefois une tendance à la baisse sur l'ensemble de la période. Ce progrès est lié à la substitution progressive du fioul par le gaz (à moindre contenu carbone), à l'augmentation du chauffage électrique[21], et à l'amélioration de l'efficacité énergétique des logements obtenue par une meilleure isolation thermique, un meilleur rendement des chaudières. Cette baisse est accentuée par le recul de l'utilisation de bois de chauffage.

Les émissions de CO_2 des branches

En France, environ les deux tiers des émissions de CO_2 qui sont générées chaque année résultent des activités de production des entreprises et des administrations publiques, soit près de 289 Mt en 2007 (271 Mt hors biomasse). Elles proviennent principalement de l'utilisation de combustibles fossiles comme sources énergétiques.

[20] À la différence du bilan énergétique, les inventaires d'émissions atmosphériques sont calculés à partir de consommation d'énergie non corrigée du climat.

[21] Les émissions liées à la production d'électricité sont attribuées à la branche des producteurs/distributeurs d'électricité.

Émissions de CO_2 des branches en 1990 et 2007

Intitulé	1990			2007			Évolution 2007/1990		
	Millions de tonnes	Part du total des branches (en %)	Part dans le total national (en %)	Millions de tonnes	Part du total des branches (en %)	Part dans le total national (en %)	Millions de tonnes	%	% annuel moyen
Total des branches	290		66,1	289		65,8	-1,0	-0,4	0,0
Agriculture, sylvi., pêche	12	4,3	2,8	11	3,8	2,5	-1,3	-10,2	-0,6
Industries extractives	3	1,1	0,7	2	0,7	0,4	-1,3	-40,8	-3,0
Industries manufacturières	147	50,9	33,6	133	46,0	30,2	-14,7	-10,0	-0,6
dont produits alimentaires	*18*	*6,3*	*4,2*	*20*	*6,8*	*4,5*	*1,4*	*7,8*	*0,4*
dont cokéfaction raffinage	*23*	*7,9*	*5,2*	*23*	*8,1*	*5,3*	*0,5*	*2,3*	*0,1*
Électricité, gaz et chaleur	44	15,3	10,1	39	13,6	8,9	-5,1	-11,5	-0,7
Construction	6	2,2	1,4	9	3,0	2,0	2,4	38,6	1,9
Commerce, hôtels-restau.	11	3,7	2,5	13	4,5	3,0	2,2	20,7	1,1
Services de transport	29	10,0	6,6	39	13,5	8,9	10,2	35,4	1,8
Autres services	37	12,6	8,3	43	14,9	9,8	6,5	17,8	1,0

Source : Citepa/SOeS.

La baisse des émissions de l'industrie compensée par l'augmentation de celles des activités de service

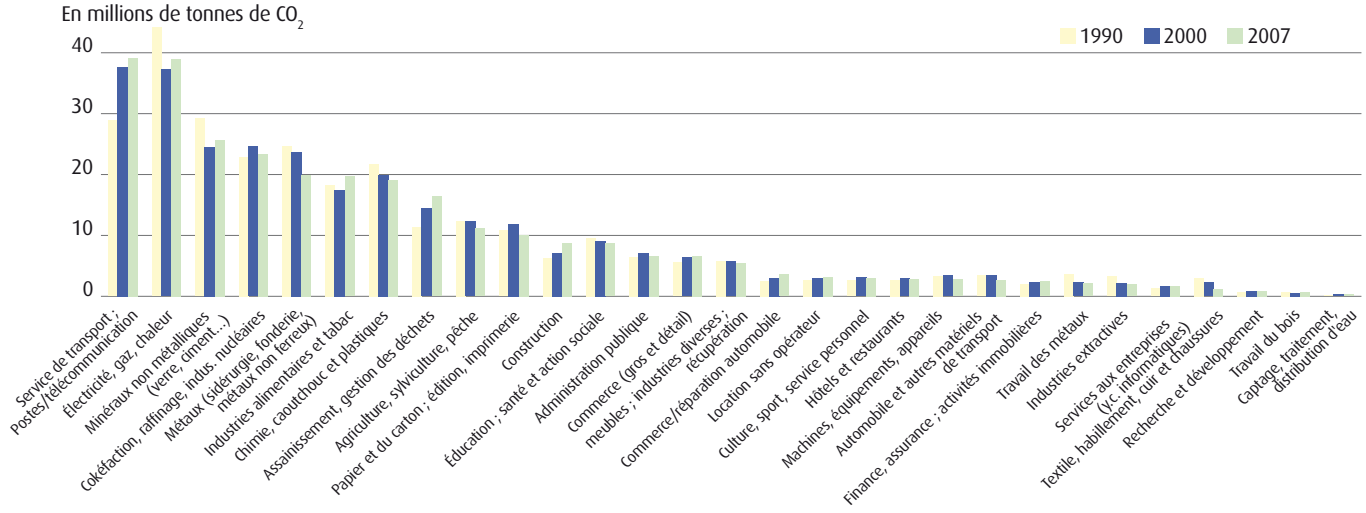
Entre 1990 et 2007, les émissions de CO_2 de l'industrie manufacturière et de la production d'énergie ont diminué ensemble de près de 20 Mt, alors que celles de l'ensemble des activités de commerce et de service ont enregistré un accroissement de 19 Mt. La baisse des émissions industrielles a résulté pour l'essentiel de l'évolution technique. Du côté des services, l'augmentation est notamment le fait des transports (ils sont responsables de plus de la moitié de cette augmentation) et, dans une moindre mesure, des autres services (un tiers de l'augmentation), i.e. en dehors du commerce. Cette évolution ne résulte que très peu de la modification des parts relatives de l'industrie et du commerce dans l'ensemble de la production nationale (*cf.* chapitre *Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches*).

Les industries extractives et la construction ont connu des évolutions très marquées de leurs émissions de CO_2, l'une à la baisse, l'autre à la hausse, en relation directe avec l'évolution de leur niveau d'activité. Les quantités de CO_2 directement générées par chacune de ces branches restent relativement modestes à l'échelle du total national. Le poids de la construction dans les émissions de CO_2 joue néanmoins de façon indirecte, par l'intermédiaire de ses consommations de matériaux et de produits au contenu en CO_2 élevé (*cf.* chapitre sur *Les émissions de la production intérieure attribuée à la demande finale*).

Une répartition hétérogène des émissions entre les différentes branches

Plus de la moitié (55 % en 2007) des émissions de CO_2 des branches, soit 36 % du total national y compris les ménages, est générée par sept activités[22] sur la soixantaine de branches selon lesquelles les émissions sont ventilées.

Émissions de CO_2 des branches d'activités économiques entre 1990 et 2007



Note : les branches sont rangées par ordre décroissant des émissions de l'année 2007.

Source : Citepa/SOeS.

[22] *Les activités concernées correspondent à différents niveaux de détail de la NAF. Les comptes d'émissions atmosphériques de la Namea s'appuient essentiellement sur les divisions de la NAF (niveau à 2 chiffres). Cependant, pour un certain nombre des principales activités émettrices, on descend au niveau des groupes de la NAF (niveau à 3 chiffres) : c'est le cas des services de transport (aérien, routier et par voie d'eau), de la production/distribution d'énergie de réseau (électricité, gaz et chaleur), de la fabrication de produits minéraux non métalliques (ciment, verre et autres) ou de la métallurgie (sidérurgie, production de métaux non ferreux, fonderie et autres).*

Une poignée d'activités responsables de l'essentiel de l'évolution des émissions des branches

En 2007, les émissions de CO_2 des branches de production se situent au même niveau que celles de l'année 1990. Les variations enregistrées d'une année sur l'autre à l'échelle de l'ensemble des branches sont notamment dues aux variations de la production d'électricité[23].

À l'image de l'hétérogénéité de la répartition entre les différentes branches, l'évolution des émissions de CO_2 au cours de la période 1990-2007 est très contrastée entre les activités. On doit noter que, une fois exclu le CO_2 issu de la biomasse utilisée à des fins énergétiques, la contribution des branches de l'assainissement et de la gestion des déchets est nettement amoindrie (+2 Mt contre +5 Mt avec la biomasse), bien que restant encore relativement importante. Un petit nombre de branches concentrent l'essentiel des variations. Seulement deux d'entre elles représentent plus de la moitié des augmentations et quatre d'entre elles plus de la moitié des diminutions.

La hausse des émissions de CO_2 des services de transport routier ou de gestion des déchets résulte de l'augmentation de ces activités. En revanche, la sidérurgie, la production de ciment, de papier et carton ou la chimie sont parvenues à réduire leurs émissions tout en accroissant leur production. Comme pour l'industrie extractive, la baisse de l'activité de la branche textile, habillement, cuir et chaussures a entraîné une diminution des émissions. La réduction des émissions de la production/distribution d'électricité résulte d'évolutions d'ordre technique (*cf.* chapitre *Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches*).

La prise en compte ou non de la biomasse énergétique modifie le constat principalement pour trois branches : les industries alimentaires (valorisation énergétique de résidus organiques), la gestion des déchets (électricité/chaleur produite à partir de biogaz de décharges et fraction organique des déchets incinérés), et l'industrie papetière (valorisation énergétique de certains des résidus du bois qu'elle transforme : écorces, liqueur noire, boues).

Importances relatives des branches responsables des principales variations des émissions de CO_2 entre 1990 et 2007

Code NAF	Intitulé	Total y compris la biomasse-énergie (en %)	Total hors biomasse-énergie (en %)
Principales augmentations			
60.2	Transports urbains et routiers	34,5	39,6
90	Assainissement, gestion des déchets	18,6	9,4
45	Construction	9,0	10,7
15-16	Industries alimentaires et tabac	5,2	3,1
61	Transports par eau	4,7	5,3
51-52	Commerce (gros et détail)	3,9	4,6
Principales diminutions			
40.1	Production/distribution d'électricité	-23,1	-22,2
27.1-3	Sidérurgie et première transformation de l'acier	-13,4	-12,9
26.5	Ciment, chaux et plâtre	-12,2	-11,7
24	Chimie	-7,8	-7,5
17-19	Textile, habillement, cuir et chaussures	-6,4	-6,2
28	Travail des métaux	-5,5	-5,3
10-14	Industries extractives	-4,7	-4,7
01	Agriculture	-4,6	-4,5

Note de lecture : l'augmentation des émissions de CO_2 des transports urbains et routiers entre 1990 et 2007 représente 34,5 % du total des augmentations de CO_2 liées à la production en France.

Source : Citepa/SOeS.

[23] *Comme les inventaires, les comptes d'émissions atmosphériques sont établis sur la base de données non corrigées du climat. En cas de rigueur climatique, les variations de la production d'électricité influencent le niveau des émissions de CO_2 dans la mesure où le surcroît de demande est notamment assuré par des centrales thermiques (charbon, pétrole ou gaz).*

La ventilation par branches dans les comptes de CO_2 pour la Namea

L'approche en termes de Namea (*National Accounting Matrix including Environmental Accounts*) consiste à adjoindre au tableau entrées-sorties (TES) — ou tableau input-output — des comptes nationaux des comptes environnementaux par activités économiques. Ces derniers sont pour l'essentiel exprimés en termes physiques — ce qui explique qu'ils sont également appelés *comptes hybrides* (UN, 2003) — mais ils peuvent néanmoins porter sur des données exprimées en termes monétaires (taxes, achats des ressources tels que l'eau ou l'énergie, dépenses de protection de l'environnement…).

Cette approche s'inspire de travaux menés par W. Leontief (Leontief & Ford, 1972) — le concepteur des TES en économie — dans le domaine de l'*analyse input-output étendue à l'environnement* (*cf.* encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement*). Elle a été remise à l'ordre du jour, à l'initiative de l'office statistique néerlandais (Keuning & Steenge, 1999 ; de Haan, 2004), dans le cadre du programme de comptabilité environnementale développé sous l'égide d'Eurostat. Le rapprochement entre TES et comptes environnementaux par branches vise à permettre l'étude des responsabilités respectives des différentes activités économiques en termes de pression environnementale (*cf.* chapitre *Émissions de la production intérieure attribuée à la demande finale*), ainsi que celles des facteurs d'évolution de ces pressions (*cf.* chapitre *Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des ménages*). Il permet également d'estimer la pression environnementale de la consommation nationale, y compris la partie liée aux importations (*cf.* chapitre *Quantité totale de CO_2 de la demande finale française*). L'Agence européenne de l'environnement fait à présent de Namea l'un de ses outils d'analyse de la production et de la consommation durables (Moll, Watson, 2009).

L'élaboration des comptes de type Namea pour les émissions atmosphériques est encadrée par un manuel méthodologique européen (Eurostat, 2009)[24]. La cohérence des comptes environnementaux — en l'occurrence les comptes d'émissions de CO_2 — avec la comptabilité nationale est assurée par l'adoption à la fois de la nomenclature d'activités française (NAF[25]) et du mode d'enregistrement propre à cette dernière. En particulier, les émissions résultant de productions réalisées pour compte propre, comme la production d'énergie ou le transport de marchandises ou de personnels, sont comptabilisées avec l'activité principale ou secondaire de la branche concernée.

Dans ces conditions, la ventilation des émissions par branches des comptes de la Namea ne correspond pas aux informations sectorielles qui sont indiquées dans les tableaux de rapportage pour la CCNUCC. La catégorie *transport* du tableau pour le CCNUCC couvre l'ensemble des émissions liées aux activités de transport, alors que dans le compte de la Namea, les émissions liées aux transports sont attribuées en partie aux branches dédiées aux **services** de transport (divisions 60-63 de la NAF rev. 1), aux autres branches (transport pour compte propre) et aux ménages (véhicules particuliers). Le secteur de l'énergie pour CCNUCC recouvre à la fois l'extraction, le raffinage/cokéfaction et la production d'électricité qui sont présentés de façon séparée dans le compte de la Namea (divisions 10-12 et 23, et groupe 40.1 de la NAF rev. 1) ; et surtout les émissions liées à la production d'électricité pour compte propre sont attribuées aux branches responsables (en dehors du groupe 40.1 de la NAF). Par conséquent, la catégorie *industries manufacturières et construction* pour la CCNUCC ne couvre qu'une partie des émissions comptabilisées dans les branches correspondantes de la Namea (NAF 15-37+45). Enfin, la catégorie *agriculture* pour la CCNUCC couvre uniquement les émissions propres aux processus agricoles : fermentations entériques, émissions des cultures, brûlage (aucune émission de CO_2 n'est donc comptabilisée), alors que la branche agriculture de la Namea (division 01 de la NAF) inclut les émissions résultant de l'utilisation de combustibles pour le fonctionnement des machines agricoles.

[24] Depuis le début des années 2000, Eurostat collecte régulièrement, sur une base volontaire, les comptes d'émissions dans l'air de type Namea de la plupart des pays de l'Union européenne et des pays de l'accord européen de libre-échange (AELE) qui ne sont pas membres de l'Union. Outre le CO_2 et les autres gaz à effet de serre (CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6), ces comptes couvrent également les émissions relatives à l'acidification, l'eutrophisation, la pollution photochimique (CO, COVNM, NH_3, NO_x, SO_2) et les particules (PM_{10}, $PM_{2,5}$). Dans le cadre du projet de base légale en cours de préparation à Eurostat concernant les comptes de l'environnement (adoption est envisagée au plus tard en 2011), un module est consacré aux comptes de type Namea pour les émissions atmosphériques.

[25] Le présent document s'appuie sur le NAF rev. 1, compte tenu de la période couverte (1990-2007).

Émissions de la production intérieure attribuée à la demande finale

Les émissions de la production *versus* de la demande finale intérieure

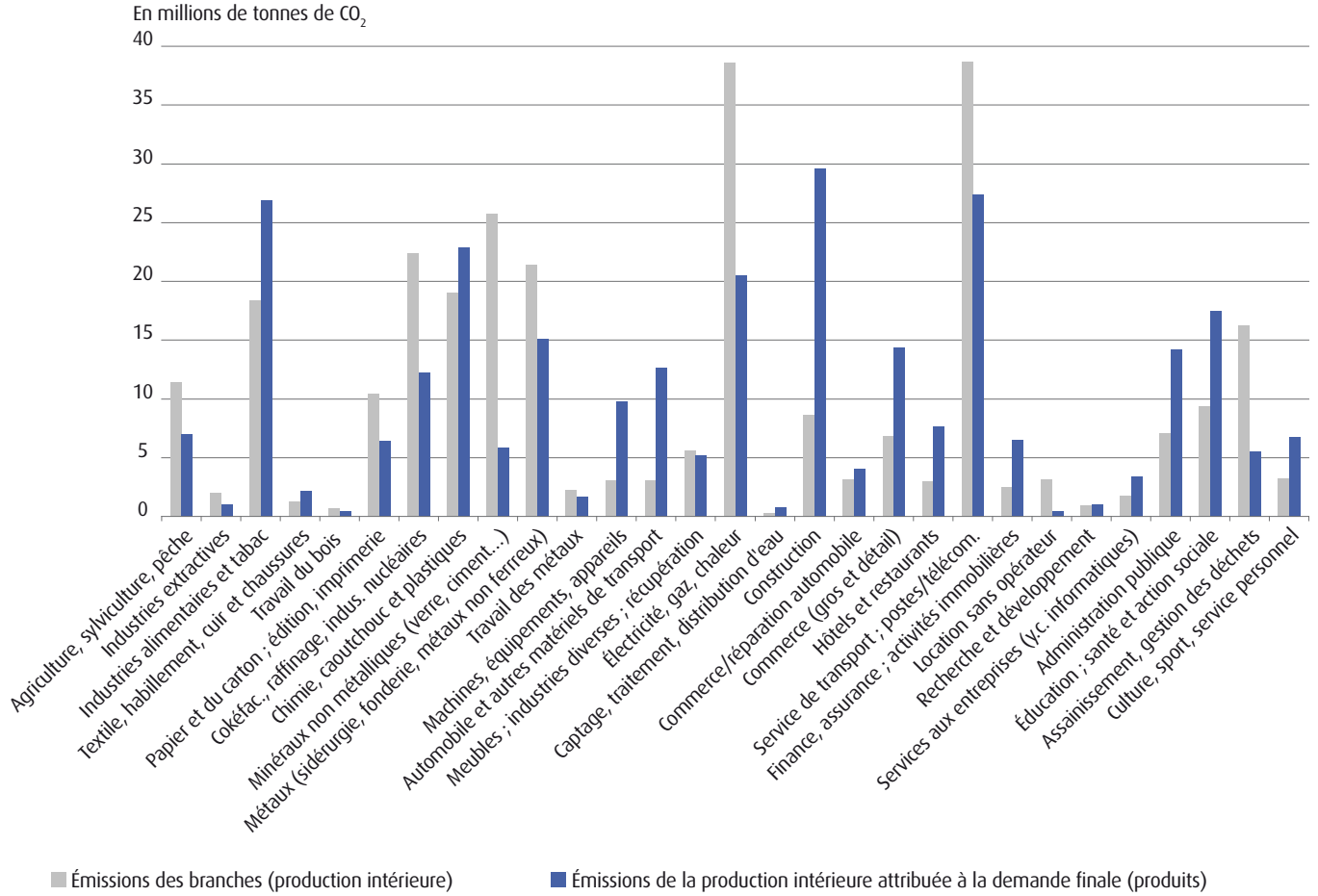
Les biens et services produits par les entreprises et les administrations sont destinés soit à satisfaire directement un usage final en France (consommation des ménages et des administrations publiques, investissement) ou à l'étranger (exportations), soit à d'autres entreprises, qui les utilisent comme consommation intermédiaire. Chacune de ces consommations est incorporée dans un bien ou un service qui, *in fine*, est destiné à un usage final qu'elle contribue par conséquent indirectement à satisfaire.

La combinaison des comptes d'émissions polluantes avec les TES permet d'estimer les émissions qui sont associées aux différents produits et composantes de la demande finale (encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement*). Cette approche est, dans une certaine mesure, comparable à celle de l'analyse de cycle de vie (ACV) des produits et services, malgré la différence d'échelle et de périmètre. Alors que l'ACV s'appuie plutôt sur des données microéconomiques et tente de comparer des produits à un niveau relativement fin (yaourts ou voitures similaires de différents fabricants), on utilise ici des données macroéconomiques pour des catégories relativement agrégées (par exemple : produits alimentaires, automobile). En outre, l'analyse input-output couvre le cycle de production, de l'extraction des ressources primaires à la mise sur le marché des biens et des services finaux, alors que l'ACV tient également compte de la phase d'utilisation des produits/services, ainsi que de la prise en charge de la fin de vie des produits.

La répartition des responsabilités en matière d'émissions de CO_2 diffère entre la seule observation des émissions générées par les **branches** et l'attribution de ces émissions aux différents **produits** demandés en vue d'un usage final.

Les branches les plus fortement émettrices produisent notamment des biens intermédiaires destinés à être consommés à des fins productives par d'autres branches (ciment, métaux, mais aussi électricité lorsqu'elle est utilisée dans l'industrie). Au niveau de la demande finale, une partie du CO_2 correspondant se retrouve alors « incorporée » aux émissions indirectes qui sont associées aux produits des branches consommatrices de ces biens intermédiaires. **Certaines des branches dont la production est faiblement émettrice sont consommatrices de biens intermédiaires dont le contenu en CO_2 est élevé.** C'est notamment le cas de la construction avec le ciment, ou des industries mécaniques (machines, équipements, automobile) avec les métaux.

Comparaison des émissions de CO_2 entre branches et produits (année 2006)



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (comptes d'émissions) et Insee (TES).

Analyse input-output étendue à l'environnement

On suppose que l'économie est formée de n branches (j=1,.., n) qui produisent n produits (i=1,.., n). La production du produit i, notée $X_i = CI_i + Y_i$, est utilisée d'une part comme consommation intermédiaire de l'ensemble des branches ($CI_i = \sum_{j=1}^{n} C_{ij}$) et d'autre part pour satisfaire la demande finale (Yi).

En notant $A_{ij} = \frac{CI_{ij}}{X_j}$ la consommation intermédiaire de produit i nécessaire à la production de la branche j, on a $CI_i = \sum_{j=1}^{n} A_{ij} X_j$, dont on déduit CI = [A]X (avec [A] la matrice de l'ensemble des *coefficients techniques* A_{ij}), puis X = [A]X+Y qui conduit à l'équation dite de Leontief, expression de la production nécessaire à satisfaire la demande finale : $X = [I - A]^{-1} Y$ (1)[26]

Lorsque l'on dispose d'un TES symétrique[27] (*cf.* la représentation schématique ci-dessous) séparant les éléments liés à la production intérieure (exposant *d*) de ceux qui sont importés (exposant *m*), il est possible d'exprimer la production (intérieure) en fonction de la demande finale et des consommations intermédiaires hors importations (respectivement Y^d et CI^d, A^d étant la matrice des coefficients techniques hors importations : CI^d_{ij}/X_j) : $X = [I - A]^{-1} Y$ (2)

Il est alors possible d'affecter aux produits de la demande finale une variable environnementale quelconque (ex. émissions de CO_2) sur la base de coefficients de pression environnementale de la production (Miller et Blair, 1985 ; Moll *et al.*, 2007). Pour chaque branche j, ces coefficients (e.g. intensité en CO_2 de la production) correspondent au ratio de la quantité (physique) concernée sur le montant (valeur) de la production (on note (Env^b/X) le vecteur-ligne des coefficients d'émissions de chacune des branches). Le vecteur des pressions environnementales liées à la demande finale Y^d (hors importations) de l'ensemble des produits s'écrit alors :

$$(Env^d) = \left({}^t\left({}^t\left(Env^b \right) \times \left[diag(X) \right]^{-1} \right) \times \left[I - A^d \right]^{-1} \times \left[diag\left(Y^d \right) \right] \right) \quad (3)$$

	Branches		
Produits	Consommations intermédiaires des produits issus de la production intérieure **(CI^d)**	Emplois finals de la production intérieure **(Y^d)**	Pressions environnementales attribuées aux produits issus de la production intérieure **(Env^d)**
Produits	Consommations intermédiaires des produits importés **(CI^m)**	Emplois finals des produits importés **(Y^m)**	Pressions environnementales attribuées aux produits importés **(Env^m)**
	Production intérieure **(X)**		
	Importations **(M)**		
	Pressions environnementales des branches françaises **(Env^b)**		

Tableau entrées-sorties symétrique
Compte environnemental par branches
Résultats des calculs *input-output*

À chaque euro de la demande finale du produit i est donc associée une pression **directement** générée par la branche j pour la production de cet euro, ainsi que des pressions qui y sont **indirectement** associées via les consommations intermédiaires de la branche j, ainsi que celles des branches fournissant cette dernière, et ainsi de suite jusqu'à l'étape située la plus en amont du processus (i.e. la production des matières premières). Le résultat du calcul matriciel de l'équation ci-dessus est comparable à celui d'un calcul itératif.

Lorsque l'on prend en compte les importations ($CI = CI^d + CI^m$), [A] correspondant alors à la matrice des coefficients techniques incluant l'ensemble des consommations intermédiaires ($A_{ij} = \frac{(CI^d_{ij} + CI^m_{ij})}{X_j}$), on obtient une estimation des pressions (e.g. CO_2) associées à l'ensemble de la demande finale nationale ($Y = Y^d + Y^m$) :

$$(Env) = \left({}^t\left({}^t\left(Env^b \right) \times \left[diag(X) \right]^{-1} \right) \times \left[I - A \right]^{-1} \times \left[diag(Y) \right] \right) \quad (4)$$

À ce stade, l'estimation des pressions associées aux importations ($Env^m = Env - Env^d$) repose sur l'hypothèse selon laquelle les produits et services importés seraient fabriqués dans les mêmes conditions que celles de la production intérieure. C'est-à-dire que les branches des pays d'origine des biens et services importés auraient notamment les mêmes coefficients de pression environnementale ainsi que les mêmes coefficients techniques qu'en France. Il est toutefois possible de raffiner le calcul des pressions associées aux importations à partir d'informations complémentaires issues des pays d'origine des produits importés (voir l'encadré *Estimation des pressions environnementales associées aux importations*).

[26] *Notations : les vecteurs-ligne sont signalés entre parenthèses et leur transposée par un exposant t en tête (e.g. $^t(Env^b\ [diag(X)]^{-1})$ les vecteurs des coefficients de pressions environnementales des branches), les matrices par des [] (e.g. la matrice dite de Leontief : $[I-A]^{-1}$), et les scalaires par point (e.g. la production totale de l'ensemble des branches est notée $X_. = \sum_j^n X_j$*

cf. ci-dessous dans le chapitre consacré aux facteurs de changement des émissions des branches). L'expression diag indique qu'il s'agit d'une matrice résultant de la diagonalisation d'un vecteur-colonne (e.g. la demande finale diag(Y)).

[27] *Le TES symétrique est exprimé en prix de base (hors impôts et marges), et non pas au prix d'acquisition.*

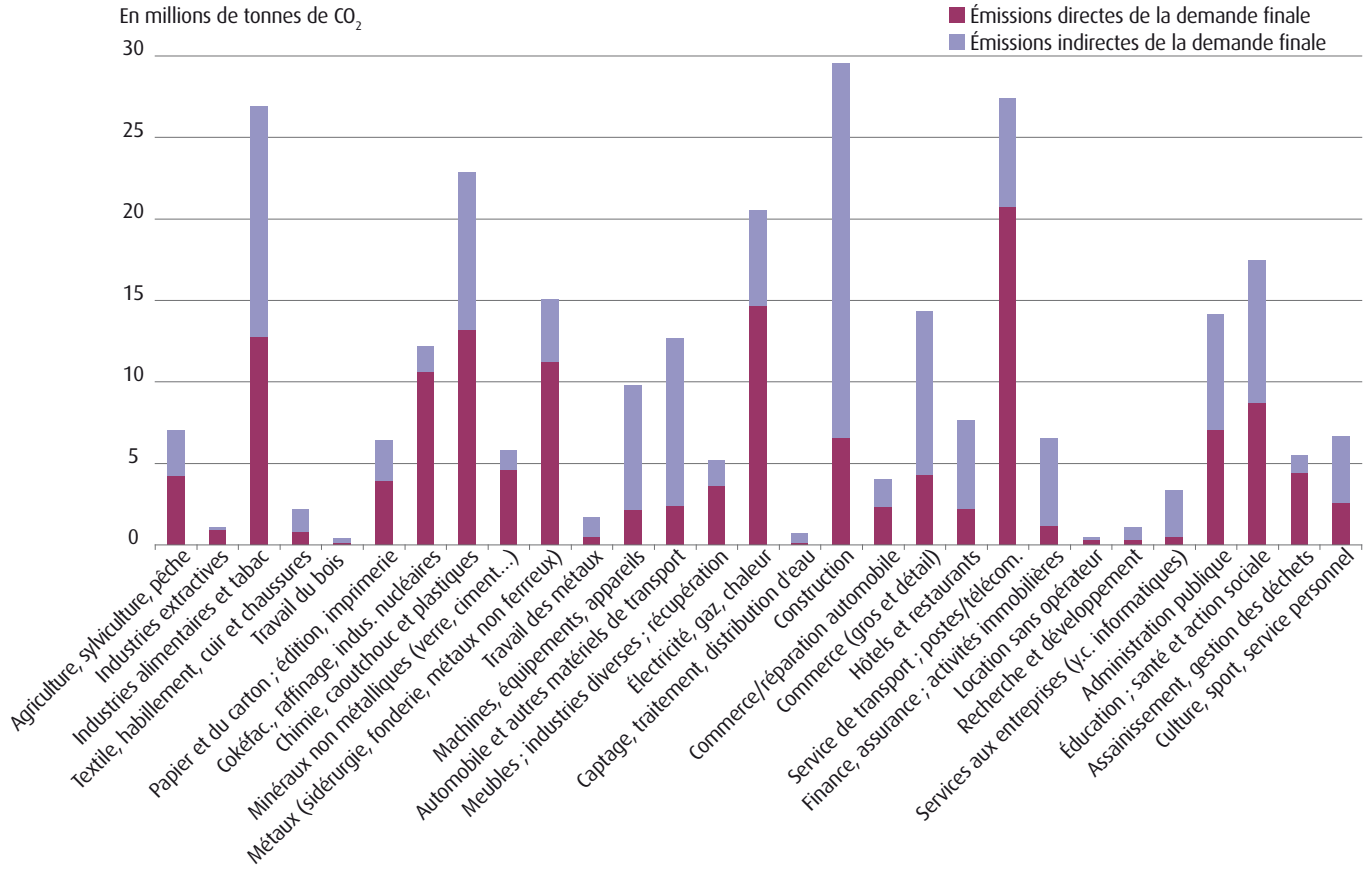
Les émissions directes et indirectes

Pour chacun des produits, une partie des émissions est **directement** associée à la production des biens et services demandés (il s'agit des émissions de la branche rapportées à la valeur de la demande finale). Une autre partie des émissions qui sont attribuées à chacun des produits résulte **indirectement** de la production, par les autres branches, des biens et services utilisés comme consommations intermédiaires tout au long du processus d'élaboration des produits (*cf.* encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement*).

Par conséquent, les émissions de CO_2 qui sont associées à chaque produit dépendent à la fois de la branche dont il est issu (émissions directes) et des branches qui interviennent en amont dans son élaboration (émissions indirectes). Ces émissions sont fonction, d'une part, de l'intensité en CO_2 de la production de la branche concernée et du niveau de la demande finale correspondante. D'autre part, elles dépendent également de l'intensité en CO_2 des autres branches impliquées et du niveau des consommations intermédiaires correspondantes.

Une répartition entre émissions directes et indirectes très variable selon les produits

Émissions de CO_2 directement et indirectement associées à la demande finale des produits issus de la production intérieure (année 2006)



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (comptes d'émissions), Insee (TES).

On peut distinguer plusieurs catégories de produits.

- La part relative des émissions **directes est prépondérante** pour (parmi les plus importantes et par ordre d'importance) les services de transport, l'électricité/gaz/chaleur, les produits métalliques, les combustibles, les produits minéraux (verre, ciment...) ou l'assainissement et la gestion des déchets ;
- Les émissions **indirectes sont prépondérantes** pour la construction, l'automobile, le commerce et un certain nombre d'activités de service (hôtellerie et restauration, finance assurance, gestion immobilière) ;
- La répartition entre émissions **directes et indirectes est relativement équilibrée** pour les produits alimentaires, et ceux de la chimie, dont le niveau d'émission est élevé, ainsi que pour les services de l'administration publique, de la santé et de l'action sociale.

Les différentes composantes de la demande finale

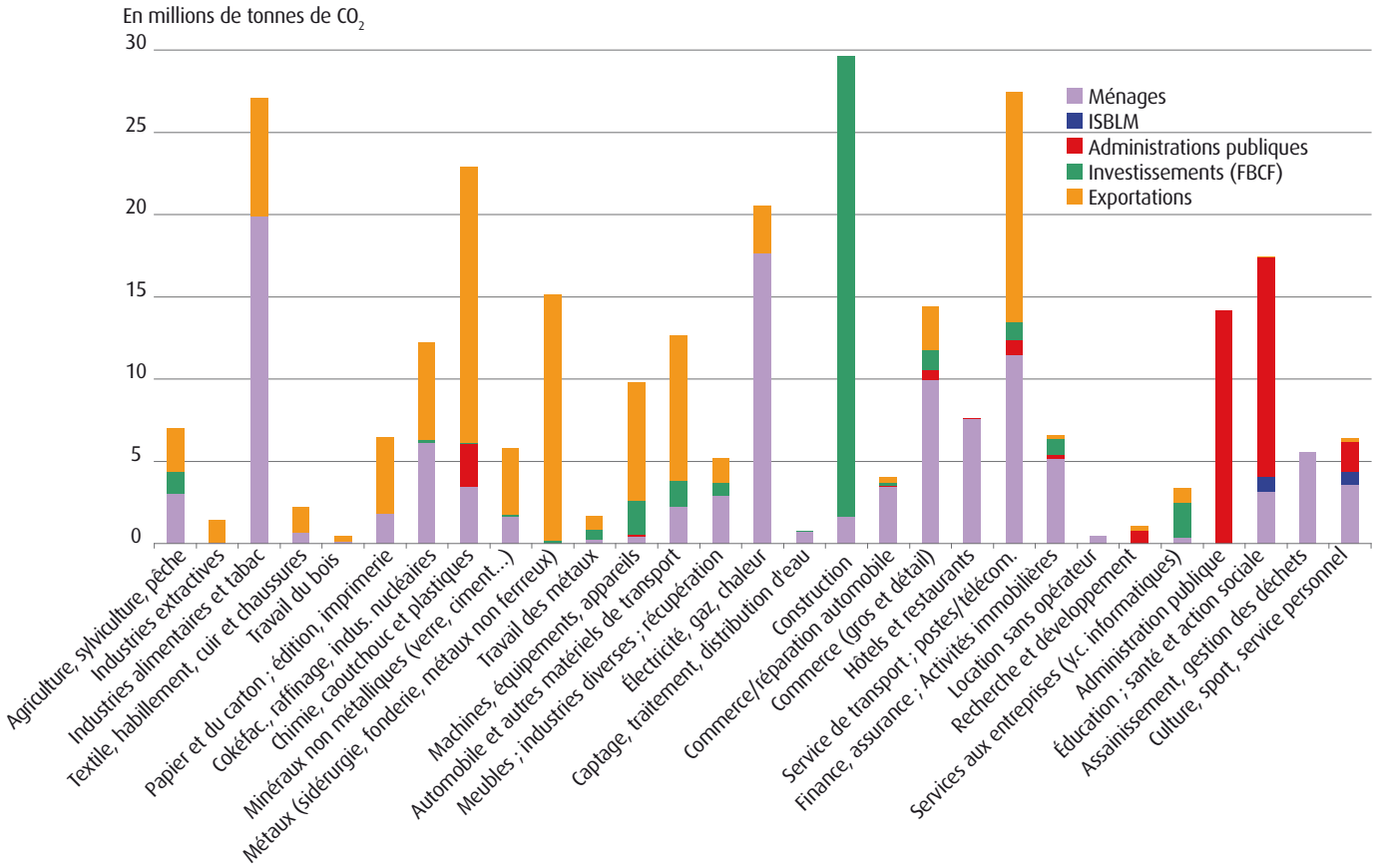
Le niveau des émissions totales (directes plus indirectes) dépend aussi de l'importance même de la demande finale adressée à la production intérieure, à la fois par le marché intérieur et par les marchés étrangers (exportations). Dans les comptes nationaux, la demande finale intérieure est ventilée entre la consommation des ménages, des administrations publiques et des institutions sans but lucratif au service des ménages (associations, fondations...), et l'investissement des ménages (logement) et des entreprises (y compris les variations de stock).

Les émissions de la demande finale adressée à la production intérieure sont d'abord induites par les ménages....

Parmi les différentes composantes de la demande finale satisfaite par la production intérieure, les dépenses des **ménages et les exportations**[28], qui sont les deux principales catégories (respectivement 40 et 22 % en 2006), sont responsables ensemble de près de **trois quarts des émissions de CO_2 françaises** (respectivement 40 et 34 %, soit respectivement 115 et 99 Mt). Les dépenses des administrations publiques (y compris les institutions sans but lucratif au service des ménages) et l'investissement se partagent la responsabilité des émissions restantes (respectivement 12 et 14 %).

[28] *Les émissions associées aux importations sont traitées dans le chapitre* Quantité totale de CO_2 de la demande finale française.

Émissions de CO_2 des différentes composantes de la demande finale des produits issus de la production intérieure (année 2006)



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (comptes d'émissions), Insee (TES).

La part des émissions de CO_2 liées aux exportations (34 %) est nettement supérieure à celle que représentent les exportations en valeur (22 %) dans l'ensemble de la demande finale adressée à la production intérieure. Les exportations de la France ont, en moyenne, un coefficient de CO_2 plus élevé que celui de la demande finale. En effet, environ un tiers des émissions de CO_2 liées aux exportations est associé à des produits dont le coefficient d'émission de CO_2 est relativement élevé (verre, matériaux de construction, papier/carton, chimie, sidérurgie, services de transport, produits agricoles).

... mais celles de la demande finale en produits industriels sont d'abord tirées par les exportations

Sur le périmètre des biens industriels, parmi les différentes composantes de la demande finale, **les exportations représentent la première force motrice agissant sur les émissions de CO_2 de l'industrie française**, devant la demande intérieure. En 2006, les exportations étaient à l'origine de 61 % du CO_2 de la demande finale en produits industriels issus de la production intérieure française.

Compte tenu de la différence de nature entre les émissions de la production intérieure ventilées par branches et les émissions affectées à la demande finale (sections précédentes), la répartition du CO_2 affecté à la demande finale par produits diffère de la répartition par branches (*cf.* tableau *Émissions de CO_2 des branches en 1990 et 2007*). De façon générale, la part des activités de production les plus émettrices, c'est-à-dire les plus grosses consommatrices d'énergie fossile (production d'énergie, industries de semi-produits, services de transport) dans le total du CO_2 émis par la production intérieure est supérieure à celle que représente les produits correspondants dans le total du CO_2 de la demande finale. En revanche, la part des activités consommatrices de ces biens et services (industries des produits finis, constructions, services autre que le transport) représente une part du CO_2 de la production inférieure à celle des produits correspondants dans le total des émissions de la demande finale.

Répartition des émissions de la production intérieure attribuées à la demande finale par composantes et groupes de produits (année 2006)

En millions de tonnes de CO_2

CPF	Intitulé	Ménages	Administrations publiques	Investissement	Exportations	Total	Part du total des produits (en %)
	Total des produits	**113,4**	**36,3**	**40,1**	**99,1**	**289,0**	
01-05	Agriculture, sylvi., pêche	3,1	0,0	1,3	2,6	7,0	2,4
10-14	Industries extractives	0,0	0,0	-0,4	1,4	1,1	0,4
15-37	Industries manufacturières	39,6	2,7	5,4	73,7	121,3	42,0
	dont biens alimentaires	19,9	0,0	-0,2	7,1	26,9	9,3
	dont combustibles/carburants	6,1	0,0	0,1	5,9	12,2	4,2
40-41	Électricité, gaz et chaleur	18,4	0,0	0,1	2,9	21,3	7,4
45	Construction	1,6	0,0	27,9	0,0	29,6	10,2
50-55	Commerce, hôtels-restau.	21,0	0,7	1,4	3,0	26,1	9,0
60-64	Services de transport	10,4	0,9	1,1	13,8	26,2	9,1
65-93	Autres services	19,4	32,0	3,3	1,8	56,5	19,6
	Part du total des composantes	39,3 %	12,6 %	13,9 %	34,3 %		

Source : SOeS, calculs d'après Citepa (comptes d'émissions), Insee (TES).

Par exemple, en 2006, alors que la production d'énergie (cokéfaction/raffinage et production/distribution d'électricité, gaz et chaleur) représente plus de 20 % du CO_2 de la production intérieure, seulement 12 % du CO_2 de la demande finale sont associés aux produits correspondants (combustibles/carburants et électricité, gaz, chaleur). En revanche, alors que l'industrie alimentaire émet 6,3 % du CO_2 de la production intérieure, plus de 9 % du CO_2 de la demande finale sont associés aux produits alimentaires. Pour la construction (2,5 % du total des émissions des branches) la différence est encore plus marquée (10 % du total une fois affecté à la demande finale).

La différence de répartition entre émissions de la production et émissions affectées à la demande finale est encore renforcée lorsque l'on prend en compte les échanges extérieurs (*cf.* chapitre *Quantité totale de CO_2 de la demande finale française*).

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des ménages

L'évolution des émissions de CO_2 des ménages dépend principalement de la consommation énergétique. Cependant, le lien entre cette consommation et le niveau des émissions, ainsi que le niveau même de la consommation d'énergie dépendent de différents facteurs techniques et économiques. Apprécier leur importance respective est l'objet de **l'analyse dite de décomposition des facteurs d'évolution** des pressions environnementales (*cf.* encadré *Méthode de décomposition des facteurs d'évolution des pressions environnementales).*

Dans les comptes d'émissions polluantes dans l'atmosphère, les données consacrées aux ménages (*cf. Les émissions totales* du chapitre *Évolution des émissions de CO_2 de 1990 à 2007*) sont ventilées entre le transport (utilisation de véhicules particuliers) et les autres activités émettrices que le transport (essentiellement le chauffage). Compte tenu de la spécificité des variables pertinentes pour chacune de ces activités émettrices, les émissions de CO_2 liées respectivement aux activités résidentielles et de transport des ménages avec leurs propres équipements sont décomposées séparément.

Les émissions du chauffage[29]

Le niveau des émissions de CO_2 liées au chauffage des ménages dépend notamment de la source d'énergie utilisée (en particulier du type de combustible), de la quantité d'énergie consommée, de la surface occupée ainsi que de la taille de la population à chauffer. Par conséquent, l'évolution des émissions de CO_2 résultant du chauffage des ménages est analysée ici sur la base des variables suivantes :

- contenu en CO_2 de l'énergie : émissions résidentielles de CO_2 des ménages/consommation d'énergie résidentielle des ménages, hors usage spécifique de l'électricité[30] $\left(\frac{CO_{2r}^{mg}}{E_r^{mg}}\right)$;
- consommation d'énergie par surface : consommation d'énergie résidentielle des ménages, hors usage spécifique de l'électricité/surface totale de logement en France $\left(\frac{E_r^{mg}}{S_r^{mg}}\right)$;
- taille moyenne de la surface de logement disponible par personne : surface totale de logement en France métropolitaine/taille de la population de France métropolitaine $\left(\frac{S_r^{mg}}{Pop}\right)$;
- taille de la population de France métropolitaine (Pop) ;

De telle sorte que la décomposition des effets est calculée à partir de l'équation suivante :

$$CO_{2r}^{mg} = \left(\frac{CO_{2r}^{mg}}{E_r^{mg}}\right) \times \left(\frac{E_r^{mg}}{S_r^{mg}}\right) \times \left(\frac{S_r^{mg}}{Pop}\right) \times Pop$$

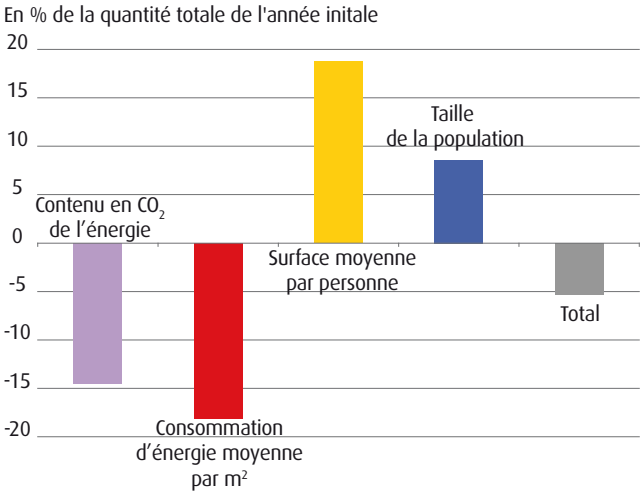
L'effet de chacune des variables identifiées ci-dessus comme facteur d'évolution des émissions de CO_2 issues des systèmes de chauffage des ménages est exprimé en pourcentage du montant des émissions concernées en 1990.

Une baisse des émissions par mètre carré…

Toutes choses égales par ailleurs (*cf.* encadré *Méthode de décomposition des facteurs d'évolution des pressions environnementales*), la baisse du contenu moyen en CO_2 de l'énergie utilisée par les ménages dans leur résidence (y compris l'électricité, mais hors usage spécifique) aurait conduit à une diminution de plus de 15 % des émissions de CO_2 correspondantes. Cette baisse du contenu en CO_2 de l'énergie consommée par les équipements de chauffage (y compris l'eau chaude sanitaire et la cuisson) est principalement due à l'augmentation de la consommation d'électricité[31] et dans une moindre mesure la substitution du gaz au fioul domestique.

Pour sa part, la seule baisse de l'intensité énergétique (consommation d'énergie par m^2) aurait entraîné une réduction de 18 % environ de ces émissions. L'évolution sur la période des performances thermiques exigées par les différentes réglementations thermiques relatives à la construction neuve ainsi que les incitations fiscales en faveur de travaux d'isolation ou d'équipements moins gourmands en énergie, ont contribué à cette baisse.

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 liées au chauffage[32] des ménages entre 1990 et 2007



Source : SOeS calculs d'après Citepa (émissions), CVS consultants (énergie), Insee (population et logement).

… mais plus de surface à chauffer

Cependant, toutes choses égales par ailleurs, les effets en termes de CO_2 de l'augmentation de la surface moyenne occupée par personne (+19 % du CO_2 du chauffage des ménages par rapport à l'année 1990) et de la taille de la population (+9 %) ont été tels sur la période que

[29] *Il s'agit du chauffage à proprement parler (hors réseau de chaleur), ainsi que l'eau chaude sanitaire et de la cuisson (ces usages ne sont pas séparés dans l'inventaire d'émissions). En termes énergétiques, le chauffage représente plus de 80 % de ces trois types d'usages. Les émissions du chauffage collectif sont affectées à la branche* Production et distribution de chaleur *(NAF 40.3).*

[30] *L'exposant* mg *signifie ménage et l'indice* r *résidentiel.*

[31] *À ce niveau, les émissions liées à la production d'électricité sont attribuées à la branche de* Production et distribution d'électricité *(NAF 40.1).*

[32] *Chauffage plus l'eau chaude sanitaire et la cuisson.*

la quantité de CO_2 émanant des systèmes de chauffage des ménages n'a diminué que de 5 % environ entre 1990 et 2007. La baisse du nombre de personnes par ménage (vieillissement de la population, individualisation de l'habitat, monoparentalité) et le désir d'un plus grand confort se sont rajoutés à l'effet de l'augmentation du nombre de logements induit par la croissance démographique sur la progression de la surface moyenne par personne. On se trouve en présence d'un *effet rebond*[33], situation dans laquelle l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation d'une ressource ou d'un équipement entraîne un usage accru de cette ressource ou de cet équipement. Lorsqu'une telle amélioration se traduit par une plus grande efficacité environnementale, celle-ci est compensée par l'augmentation de la pression qui résulte de l'accroissement de l'usage de la ressource ou de l'équipement en question. Dans le cas qui nous occupe, la baisse de la consommation moyenne d'énergie par mètre carré amoindrit le prix de chaque mètre carré chauffé, de telle sorte qu'elle permet une augmentation du confort (surface par personne ou température) à un coût équivalent. La baisse du nombre moyen de personnes par ménage et par conséquent du nombre de personnes par logement a joué un rôle dans cette évolution depuis le début des années 1990.

Les résultats sur cette période passée de dix-sept années sont à mettre en relation avec l'objectif inscrit dans la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, de réduire d'au moins 38 % les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants (électricité spécifique incluse et y compris les bâtiments hors habitation) d'ici à 2020[34], également afin de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Ils pourraient indiquer qu'à côté de la vitesse de diffusion des standards de basse consommation énergétique dans l'habitat neuf et dans la rénovation de l'ancien, la maîtrise de la surface moyenne par personne jouera un rôle déterminant.

Les émissions des voitures particulières[35]

Le niveau des émissions de CO_2 liées au transport des ménages avec leurs voitures particulières (VP) dépend notamment des carburants utilisés, du niveau de consommation des véhicules utilisés, des distances parcourues et du nombre de personnes circulant. Par conséquent, l'évolution des émissions de CO_2 émanant des véhicules individuels des ménages est analysée ici sur la base des variables suivantes :

- contenu moyen en CO_2 des carburants : émissions des ménages avec VP/valeur énergétique de la consommation de carburant automobile des ménages $\left(\frac{CO_{2vp}^{mg}}{E_{vp}^{mg}}\right)$;
- consommation moyenne d'énergie par distance parcourue : consommation de carburant automobile des ménages/voyageurs-kilomètres parcourus en voiture individuelle $\left(\frac{E_{vp}^{mg}}{D_{vp}^{mg}}\right)$;
- distance parcourue par personne : voyageurs-kilomètres parcourus en voiture individuelle en France/population française métropolitaine $\left(\frac{D_{vp}^{mg}}{Pop}\right)$;
- taille de la population française métropolitaine (Pop) ;

De telle sorte que la décomposition des effets est calculée à partir de l'équation suivante :

$$CO_{2vp}^{mg} = \left(\frac{CO_{2vp}^{mg}}{E_{vp}^{mg}}\right) \times \left(\frac{E_{vp}^{mg}}{D_{vp}^{mg}}\right) \times \left(\frac{D_{vp}^{mg}}{Pop}\right) \times Pop$$

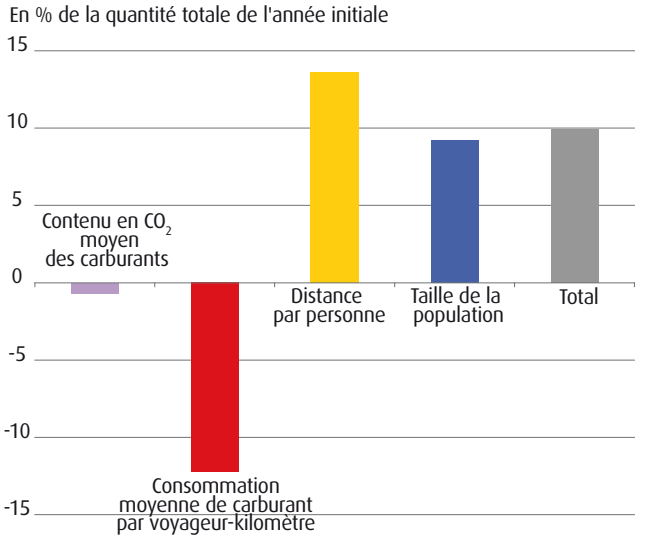
L'effet de chacune des variables identifiées ci-dessus comme facteurs d'évolution des émissions de CO_2 issues des véhicules individuels des ménages est exprimé en pourcentage du montant des émissions concernées en 1990.

Une efficacité énergétique qui s'améliore…

Sur l'ensemble de la période 1990-2007, toutes choses égales par ailleurs, les gains d'ordre technologique (baisse du contenu en CO_2 des carburants et de la consommation moyenne) auraient entraîné une diminution de 13 % de la quantité CO_2 émanant des véhicules particuliers des ménages en France. Cela résulte principalement de l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules, dans la mesure où, en matière de CO_2, la baisse des émissions par véhicule est directement liée à celle de leur niveau de consommation de carburant. Cette amélioration s'inscrit dans le sillage des accords volontaires négociés par la Commission européenne avec les constructeurs automobiles dès les années 1990.

Les émissions résultant de l'utilisation des agrocarburants sont comptabilisées dans les données utilisées ici. Leur déduction viendrait accroître l'effet résultant de la baisse du contenu en CO_2 de l'énergie. Selon le Citepa (2009b), en France, l'utilisation des agrocarburants a généré 3,2 % du CO_2 émanant des véhicules particuliers en 2007.

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des ménages avec leurs voitures particulières entre 1990 et 2007



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (émissions), CVS consultants (énergie), Insee (population), SOeS (transport).

[33] *Pour une présentation de ce concept appliqué au cas de l'utilisation de l'énergie, voir Madlener, Alcott (2009).*

[34] *Loi n°2009-967 du 3 août 2009, article 5.*

[35] *Les émissions des transports collectifs sont affectées dans la branche* Transports urbains et routiers *(NAF 60.2).*

...mais insuffisamment face à la hausse de la mobilité

Compte tenu de l'augmentation de la population et de la distance parcourue en moyenne chaque année par personne, les émissions de CO_2 issues des voitures individuelles des ménages (y compris le CO_2 des agrocarburants) ont augmenté de 10 % environ. Il s'agit là d'un autre exemple d'*effet rebond*. La baisse de la consommation moyenne de carburant par kilomètre amoindrit le prix de chaque kilomètre parcouru, de telle sorte qu'elle permet une augmentation de la mobilité pour un coût équivalent.

Cependant, à l'exception de la taille de la population, l'évolution des effets de chacun de ces facteurs n'est pas linéaire sur l'ensemble de la période. En particulier, l'effet lié à la distance moyenne parcourue par personne a tendance à s'amenuiser après avoir connu un pic au début de la décennie 2000.

À l'instar du chauffage, ces résultats sont à mettre en regard de l'objectif inscrit dans la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, qui est de ramener les émissions moyennes de dioxyde de carbone de l'ensemble du parc des véhicules particuliers en circulation de 176 à 120 grammes de CO_2 par kilomètre en 2020[36]. Ils pourraient indiquer qu'à côté de la vitesse de diffusion des standards de basses émissions dans le parc de véhicules, la maîtrise de la distance moyenne parcourue par personne jouera également un rôle déterminant.

Méthode de décomposition des facteurs d'évolution des pressions environnementales

L'analyse macroéconomique de la décomposition des facteurs d'évolution des pressions environnementales des activités économiques sur la base du rapprochement de statistiques physiques et monétaires s'est notamment développée depuis plus de deux décennies à partir d'applications portant sur l'énergie et les émissions atmosphériques. Cette approche a connu un essor tout particulier dans le domaine de l'analyse *input-output* étendue à l'environnement. Certains auteurs font d'ailleurs la distinction entre analyse structurelle et l'analyse simple des facteurs de changement (*structural* versus *index decomposition analysis*), selon que les calculs mis en œuvre intègrent ou non un TES (tableau *input-output*) de l'économie étudiée (Hoekstra and Van Den Bergh, 2002 ; Hoekstra, 2005).

Ce type d'analyse a fait l'objet d'un certain nombre de travaux en relation avec le développement des comptes environnementaux de type Namea en Europe (*cf.* encadré Le périmètre des comptes d'émissions de CO_2 de type Naméa) et en particulier les comptes d'émissions atmosphériques (Bruvoll and Medin, 2000 ; De Haan, 2000, 2001 ; Wadeskog and Palm 2003 ; Seibel, 2003 ; Rørmose and Olsen, 2003, 2005 ; Hass and Sørensen 2006 ; Roca and Serrano, 2006). Il est dorénavant recommandé au niveau Européen (Eurostat, 2009) et mondial (UN, 2003).

La démarche adoptée consiste à comparer *ex-post* les situations respectives de deux moments dans le temps (par exemple deux années). L'effet de chacun des facteurs d'évolution pris en compte est alors calculé *toutes choses égales par ailleurs*, c'est-à-dire les autres facteurs restant inchangés. Cependant, pour chacun des facteurs, plusieurs décompositions sont possibles, selon que l'on prend pour référence l'année de départ (Laspeyres : pondération constante) ou non (Paasche : pondération variable), ou encore des combinaisons de celles-ci.

Considérons une grandeur x quelconque (par exemple, les émissions de CO_2) qui dépend de trois facteurs *a, b,* et *c* (respectivement technique, structure de l'économie, niveau de la demande finale), de telle sorte que $x = a * b * c$. Une décomposition possible de la variation du niveau de x entre l'année 0 et l'année 1 ($\Delta x = x_1 - x_0$) est la suivante, la séquence des variations allant de la variable a vers la variable c et les variables situées à droite de la variable qui varie étant indicées à l'année 0 et les variables de gauche à l'année 1 : $\Delta x = (\Delta a * b_1 * c_1) + (a_0 * \Delta b * c_1) + (a_0 * b_0 * \Delta_c)$

Cette décomposition est complète, c'est-à-dire qu'elle ne comporte pas de résidus (variation qui ne serait pas attachée à un des facteurs en particulier, mais à l'interaction entre plusieurs d'entre eux). Elle n'est toutefois pas unique ; il est possible de démarrer la séquence des variations par chacun des facteurs. Le nombre de décompositions possibles est égal à la factorielle du nombre de facteurs (*n* facteurs, *n!* décompositions possibles). Avec trois facteurs, on obtient donc 6 décompositions possibles, 24 avec 4 facteurs, etc. (Seibel, 2003).

Compte tenu des redondances, le résultat général peut être calculé à partir de la moyenne pondérée des décompositions effectivement différentes. Les coefficients de pondération de chacune de ces différentes décompositions dépendent à la fois du nombre des facteurs (n) et du nombre (k) des facteurs indicés à l'année 0 dans chacune des différentes décompositions. Avec 3 facteurs, on obtient les pondérations suivantes :

Nombre de facteurs indicés 0 k	Nombre de décompositions (n-1)! / [(n-1-k)!*k!]	Coefficient de pondération (n-1-k)!*k!	
0	1	2	2
1	2	1	2
2	1	2	2
Nombre total de décompositions			6

Il est également possible, sans que cela n'ait d'incidence sensible sur les résultats, de calculer le résultat général sur la base des deux décompositions situées aux deux extrémités du spectre des décompositions possibles. Dans un cas, les facteurs situés à gauche du facteur qui varie sont indicés en 0 et les facteurs à droite en 1 et vice versa dans l'autre cas[37]. Les décompositions présentées dans ce document sont principalement calculées à partir de la moyenne pondérée de l'ensemble des solutions possibles. Seule la décomposition réalisée à partir d'une version préliminaire de TES symétrique en volume (sections Optique produits (demande finale) et Optique produits (demande finale) résulte de la moyenne des deux solutions extrêmes.

[37] *Pour plus détails sur le calcul de la moyenne des décompositions, voir Rørmose, Olsen (2003, 2005).*

[36] *Loi n°2009-967 du 3 août 2009, article 13.*

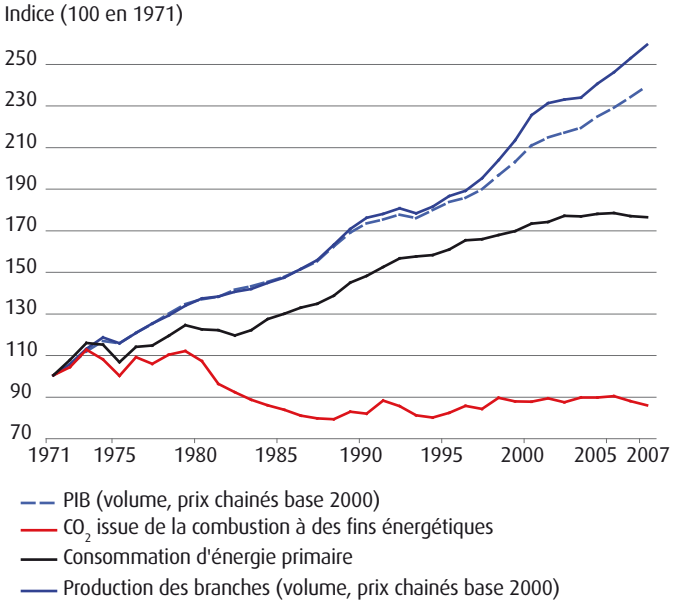
Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches

On observe en France depuis le milieu des années 1970 un découplage entre l'évolution du produit intérieur brut (PIB) et celle des émissions de CO_2. Cela résulte à la fois de la diminution du contenu en CO_2 de l'énergie primaire consommée et de la baisse de l'intensité énergétique du PIB (CGDD, 2009). Le premier de ces facteurs est en grande partie lié au développement de la production d'électricité d'origine nucléaire. Le second trouve son origine dans les mesures d'économie d'énergie prises, notamment à la suite des chocs pétroliers des années 70 et 80, ainsi que dans l'augmentation de la part du secteur tertiaire dans la production nationale totale.

La combinaison des comptes d'émissions avec les comptes nationaux dans la Namea offre la possibilité d'étudier ce découplage par type d'activités. Elle permet en outre, par **l'analyse dite de décomposition des facteurs d'évolution** des pressions environnementales (*cf.* encadré *Méthode de décomposition des facteurs d'évolution des pressions environnementales*), d'apprécier l'importance relative des facteurs économiques (consommations intermédiaires de branches, niveau et composition de la production ou de la demande finale) dans l'évolution générale des émissions de CO_2 émanant de la production, en comparaison des facteurs techniques (contenu en CO_2 de l'énergie et intensité énergétique).

L'analyse ventilée par branches (émissions associées à la production) et par produits (émissions attribuées à la demande finale) sera traitée dans le chapitre suivant.

Découplage entre le niveau de l'activité économique et les émissions de CO_2 en France



Source : AIE (CO_2 issue de l'utilisation de combustibles), Insee (production, PIB), SOeS (consommation d'énergie primaire).

L'analyse peut être conduite soit sur la base des émissions des branches, ou soit partir des émissions affectées à la demande finale des produits *(cf.* chapitre *Émissions de la production intérieure attribuée à la demande finale)*. Dans le premier cas, la production des branches est la seule variable économique prise en compte. Dans le second, la prise en compte du TES permet d'introduire également les consommations intermédiaires des branches (structure de la production) et de la demande finale (*cf.* encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement*).

La décomposition des effets de ces facteurs au niveau des branches et des produits vient utilement compléter la première vision fournie par une décomposition à l'échelle de l'ensemble des branches (produits).

L'économie dans son ensemble

Optique production (branches)

Le niveau des émissions de CO_2 des branches dépend notamment de leurs consommations énergétiques[38], c'est-à-dire à la fois du niveau de ces consommations et du contenu en CO_2 de chacune d'entre elles. À l'échelle de l'ensemble des branches, le niveau des émissions totales est également fonction du niveau de l'importance de la production, ainsi que de l'importance relative des différentes activités dont les niveaux d'émissions rapportés à la production diffèrent. Il est alors possible d'analyser l'évolution des émissions de CO_2 sur la base des variables suivantes :

- contenu en CO_2 de l'énergie par branche j : émissions de CO_2 / énergie consommée $\left(\frac{CO_{2j}^{b}}{E_j^b}\right)$;
- intensité énergétique de la production par branche j : énergie consommée / production $\left(\frac{E_j^b}{X_j}\right)$;
- composition de la production : production de chaque branche j / production totale $\left(\frac{X_j}{X.}\right)$;
- niveau de la production totale ($X. = \sum_j^n X_j$).

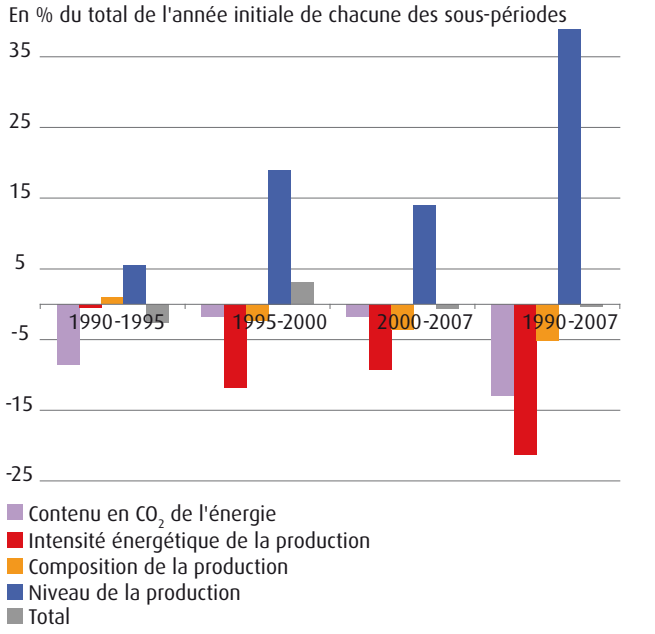
La décomposition des effets est alors calculée avec l'équation :

$$\left(CO_2^b\right). = \sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{CO_{2j}^{b}}{E_j^b}\right)\times\left(\frac{E_j^b}{X_j}\right)\times\left(\frac{X_j}{X.}\right)\right]\times X.$$

[38] *De l'ordre de 95 % des émissions de CO_2 (hors UTCF, i.e.* Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt*) de la France résultent de la consommation d'énergie. Toutefois, dans le cas des industries de produits minéraux non métalliques, une part non négligeable des émissions de CO_2 provient de la décarbonatation (transformation en CO_2 sous l'effet de la chaleur, du carbone contenu dans une matière première non énergétique, e.g. le calcaire) ; cette part est de plus de 60 % pour le ciment et la chaux, et de 20 % environ pour le verre et les tuiles/briques Citepa (2009b), pp. 38-39.*

Les émissions de CO_2 des branches de production se maintiennent malgré une évolution technique relativement marquée

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 de l'ensemble des branches entre 1990 et 2007



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (émissions), CVS consultants (énergie), Insee (production, prix chaînés, base 2000).

De 1990 à 2007, le **progrès technique** (intensité énergétique, contenu en CO_2 de l'énergie) et, dans une moindre mesure, l'**augmentation de la part du secteur tertiaire** dans la production totale (composition de la production) ont joué dans le sens d'une baisse sensible des émissions de CO_2 de la production en France. Toutes choses égales par ailleurs, ces deux facteurs **auraient permis respectivement une baisse de 33 % et de 5 % des émissions de CO_2 de l'ensemble des branches**. Cependant, compte tenu de l'ampleur de l'effet joué en sens inverse par la croissance de la production[39], la quantité de CO_2 émise dans les branches en France en 2007 est quasi-identique à celle de l'année 1990.

Optique produits (demande finale)

Lorsque les émissions sont attribuées à la demande finale, les facteurs techniques restent les mêmes (contenu en CO_2 de l'énergie et l'intensité énergétique de la production) que dans le cas de la décomposition calculée pour les branches. L'affectation des émissions à la demande finale modifie en revanche les variables économiques prises en compte. Sont alors estimés les rôles respectifs des consommations intermédiaires des branches (structure de la production) et de la demande finale elle-même (composition et niveau). À l'échelle de l'ensemble de l'économie, il est également possible de décomposer l'évolution du niveau de la demande finale en deux effets, l'un résultant de l'évolution du niveau de vie moyen (demande par personne), l'autre de l'évolution de la taille de la population concernée. L'évolution des émissions de CO_2 est alors analysée sur la base des variables suivantes :

- contenu en CO_2 de l'énergie : émissions de CO_2/consommation énergétique de chacune des branches j $\left(CO_2^b \times \left[diag\left(E^b\right)\right]^{-1}\right)$;
- intensité énergétique de la production : consommation énergétique/production de chacune des branches j $\left(E^b \times \left[diag\left(X\right)\right]^{-1}\right)$;
- structure de la production : consommations intermédiaires des branches en produits des autres branches, hors importations ($\left[I-A\right]^{-1}$, *cf.* encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement*) ;
- composition de la demande finale : part de la demande finale de chaque produit i dans la demande totale satisfaite par la production intérieure $\left(\frac{Y_i^d}{Y_.^d}\right)$, avec $Y_.^d = \sum_i^n Y_i^d$
- niveau de la demande finale par personne : demande finale satisfaite par la production intérieure/population à laquelle est adressée la production intérieure $\left(\frac{Y_.^d}{Pop}\right)$.
- taille de la population (pop) à laquelle est adressée la production intérieure (France et pays destinataires des exportations françaises considérés au prorata de leurs importances relatives dans la demande finale).

La décomposition peut alors être calculée à partir de l'équation suivante (*cf.* encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement, équation 3*)[40] :

$$\left(CO_2^d\right) = \sum_i^n {}^t\left(\left(CO_2^b \times \left[diag\left(E^b\right)\right]^{-1}\right) \times \left(diag\left(E^b \times \left[diag\left(X\right)\right]^{-1}\right)\right) \times \left[I-A\right]^{-1} \times diag\left(\frac{Y_i^d}{Y_.^d}\right)\right) \times \frac{Y_.^d}{Pop} \times Pop$$

Compte tenu de la disponibilité des données (TES symétrique), la décomposition effectuée ici porte sur la période 2000-2006 au lieu de 1990-2007 pour les calculs précédents.

Effets opposés du progrès technique et de la demande finale

Toutes choses égales par ailleurs, l'évolution technique — baisse de l'intensité énergétique notamment et, dans une moindre mesure, le contenu en CO_2 de l'énergie consommée — aurait permis une diminution de près de 12 % des émissions de CO_2 de la production intérieure entre 2000 et 2006. Avec la même hypothèse, l'augmentation de la demande finale aurait pour sa part entraîné une augmentation de 10 % environ des émissions de CO_2 de production intérieure sur la même période. Celle-ci découle principalement de l'accroissement du niveau

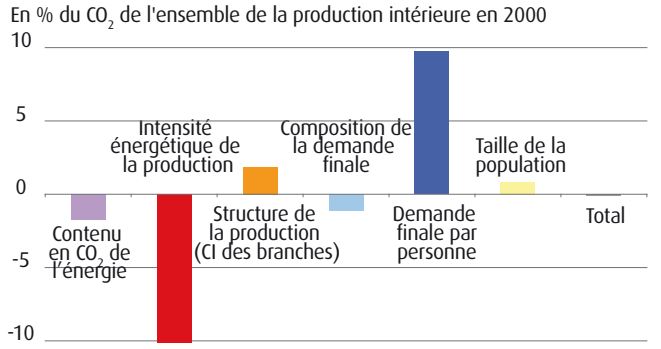
[39] *La décomposition de chacun des effets « toutes choses égales par ailleurs » qui est effectuée ici, ne permet pas d'apprécier dans quelle mesure la croissance de la production a favorisé ou non l'évolution technique.*

[40] *Le vecteur des coefficients d'émissions de la production (CO_2^b/X) est décomposé ici en deux facteurs : le contenu en CO_2 de l'énergie consommée (CO_2^b/E^b) et l'intensité énergétique de la production (E^b/X). Cette séparation s'appuie sur les comptes de consommation d'énergie par branche élaborée en parallèle des comptes d'émissions atmosphériques pour la Namea.*

de vie moyen (demande finale par personne) et très peu de l'effet démographique (accroissement de taille de la population)[41]. L'opposition entre ces deux grandes tendances explique la quasi-stabilité des émissions de CO_2 de la production intérieure entre 2000 et 2006.

Sur cette période relativement courte, l'évolution de la composition de la demande finale (c'est-à-dire la répartition de la demande entre les différents biens et services, dont les contenus en CO_2 diffèrent) aurait entraîné une légère baisse des émissions de CO_2 (un peu plus de 1 %). L'effet lié à l'évolution de la structure de la production aurait également été modéré, mais dans le sens d'une hausse des émissions[42]. Sur une plus longue période, en remontant à 1995 ou 1990, la composition de la demande finale et la structure de la production pourraient jouer dans les sens inverses à ceux observés entre 2000 et 2006[43].

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 de la demande finale satisfaite par la production intérieure entre 2000 et 2006[44]



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (émissions), CVS consultants (énergie), Insee (TES symétrique).

Décomposition par branches/produits

Optique production (branches)

Pour chacune des branches, la décomposition porte sur le contenu en CO_2 de l'énergie, l'intensité énergétique de la production et le niveau de la production. À l'échelle de chacune des branches, dans l'optique production, il n'est plus possible d'identifier l'effet lié à la composition de la production. Les effets pris en compte ici sont alors calculés à partir de l'équation suivante :

$$CO_2^b = \sum_{j=1}^{n} \left[\left(\frac{CO_{2_j}^{\ b}}{E_j^b} \right) \times \left(\frac{E_j^b}{X_j} \right) \times X_j \right]$$

L'impact en termes de CO_2 de chacun de ces facteurs peut être regardé sur des branches individuelles ou sur des regroupements de branches, ainsi que sur plusieurs sous-périodes de la période 1990-2007.

L'évolution technique a permis une baisse du CO_2 de l'industrie, mais pas pour les services

Pour la plupart des branches, on retrouve l'opposition, en termes d'émissions de CO_2, entre les effets de l'évolution technique et ceux de l'évolution du volume de la production. Les effets de l'amélioration technique ont pris le dessus sur l'augmentation de la production dans l'industrie notamment, alors que l'on observe l'inverse pour les activités de services.

Dans l'industrie, la baisse de l'intensité énergétique a joué un rôle prépondérant. Toutes choses égales par ailleurs, elle aurait entraîné une réduction de 10 % de l'ensemble des émissions de CO_2 des branches de production entre 1990 et 2007. Au cours de la même période, l'effet de la baisse du contenu en CO_2 de l'énergie consommée dans l'industrie aurait été de 5 % sur l'ensemble des branches. La baisse du contenu en CO_2 de l'énergie dans l'industrie résulte de la substitution partielle du charbon et du pétrole par le gaz dont le contenu en carbone par unité énergétique est moins élevé, ainsi que du recours croissant à l'électricité (c'est notamment le cas dans la sidérurgie avec le développement du recyclage des ferrailles basé sur l'utilisation de fours électriques).

En ce qui concerne la production d'énergie, la situation est contrastée entre la production de combustibles/carburants et la production/distribution d'électricité. Les émissions de CO_2 de la filière de production de combustibles/carburants sont restées quasi-stables entre 1990 et 2007, l'augmentation des émissions de la transformation (cokéfaction, raffinage) ayant compensé les effets de la baisse de l'activité dans l'industrie extractive correspondante en France. Pour la production d'électricité, la baisse du contenu en CO_2 de l'énergie utilisée provient, comme dans l'industrie, de l'utilisation croissante du gaz au détriment du charbon et, dans une moindre mesure, du pétrole. La baisse de l'intensité énergétique résulte à la fois de l'augmentation de la production d'origine nucléaire et de l'accroissement de la part issue de ressources renouvelables[45].

Les branches de services recouvrent des activités particulièrement différentes du point de vue des émissions de CO_2 entre, d'une part, le transport ou la gestion des déchets, et, d'autre part, les activités financières ou les services publics. À l'échelle de l'ensemble des services (y compris le commerce, l'hôtellerie/restauration), la baisse du contenu en CO_2 et de l'intensité énergétique auraient permis, toutes choses égales par ailleurs, une baisse de 9 % des émissions de CO_2 de l'ensemble des branches ; plus de la moitié de cet effet est due au transport. L'augmentation de la production dans le commerce et les services a, pour sa part, eu un effet inverse représentant plus de 15 % du total des émissions des branches ; là encore, les services de transport sont responsables de plus de la moitié de cet effet et le traitement des déchets inclut ici l'incinération avec récupération d'énergie.

[41] Outre la population française, la population concernée inclut celle des pays destinataires des exportations françaises.

[42] Le sens de cet effet n'est toutefois pas identique pour l'ensemble des produits (voir la section 5.2.2).

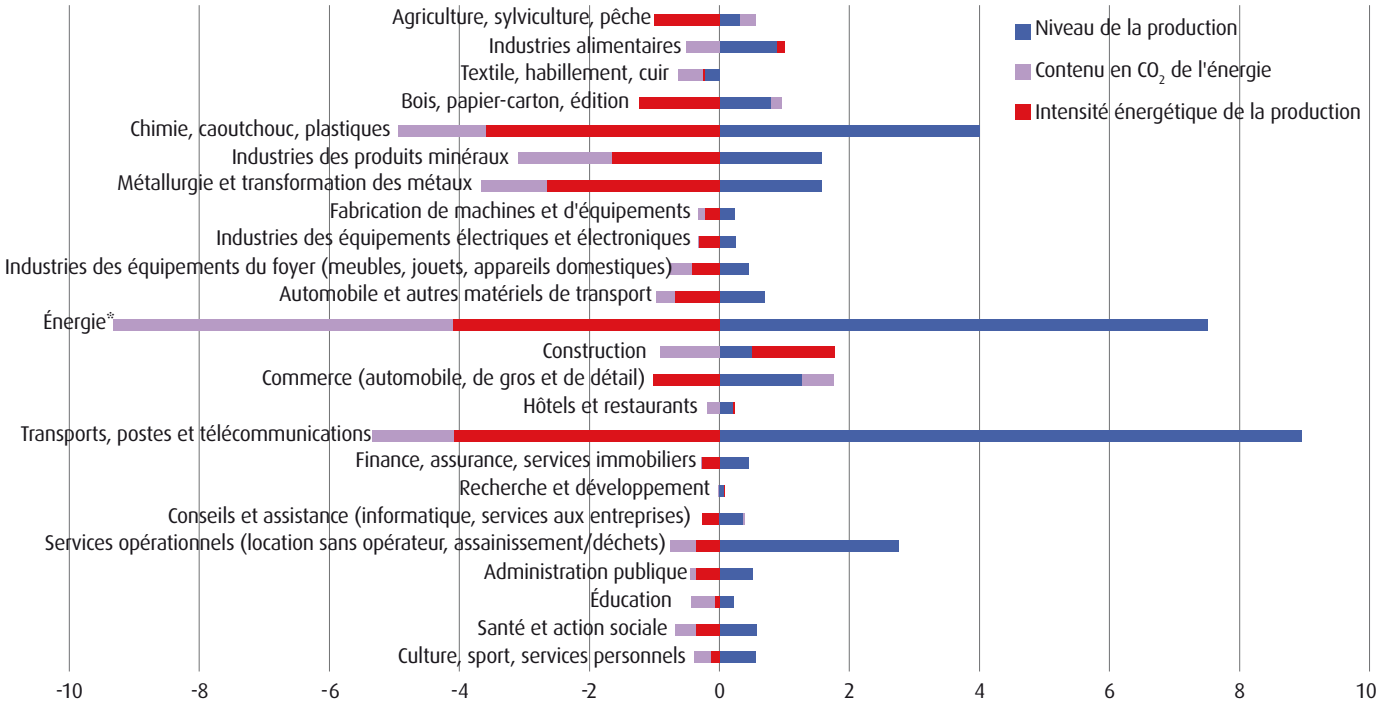
[43] D'après des premiers calculs effectués à partir de TES symétrique en valeur (aucune version en volume n'était disponible au moment de la préparation de ce document).

[44] Décomposition effectuée à partir d'une version préliminaire de TES symétrique en volume (prix chaînés, base 2000). Le calcul en prix chaînés du total des consommations intermédiaires (CI), des composantes de la demande finale totale (DF) et de la production a été effectué à partir des indices prix correspondants par produits/branches ; pour la partie du TES portant sur la production intérieure, le total des CI et la DF sont calculés à partir des indices prix de production des produits ; pour le TES total et le TES de la production intérieure, la répartition des CI par branches est basée sur les proportions des TEI correspondant en valeur ; le tableau des importations est calculé par différence entre le TES total et le TES domestique.

[45] Dans les deux cas, aucune consommation d'énergie (de combustible) n'est enregistrée en relation à la production d'électricité correspondante.

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 par groupes de branches entre 1990 et 2007

En % CO_2 de l'ensemble de la production intérieure pour l'année 1990



* Combustibles/carburants, électricité, gaz, chaleur

Source : SOeS, calculs d'après Citepa (émissions), CVS consultants (énergie), Insee (production, prix chaînés, base 2000).

Optique produits (demande finale)

À l'échelle de chacun des produits, la décomposition porte sur le contenu en CO_2 de l'énergie, l'intensité énergétique de la production, la structure des consommations intermédiaires et le niveau de la demande finale (à cette échelle, on ne peut pas tenir compte de la composition de la demande finale et du niveau de la demande par personne de la population concernée). Les effets sont alors calculés à partir de l'équation suivante :

$$\left(CO_2^d\right) = {}^{t}\left(\left(CO_2^b \times \left[diag\left(E^b\right)\right]^{-1}\right) \times \left(diag\left(E^b \times \left[diag(X)\right]^{-1}\right)\right) \times \left[I - A\right]^{-1} \times diag\left(Y^d\right)\right)$$

Comme cela a été indiqué précédemment (*cf.* chapitre *Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches, section Optique produits, demande finale)* l'analyse porte ici sur une période plus courte (2000-2006) que dans le cas de la production en raison de la disponibilité des TES.

La demande de services joue un rôle d'entraînement prépondérant sur les émissions de CO_2 de la production intérieure

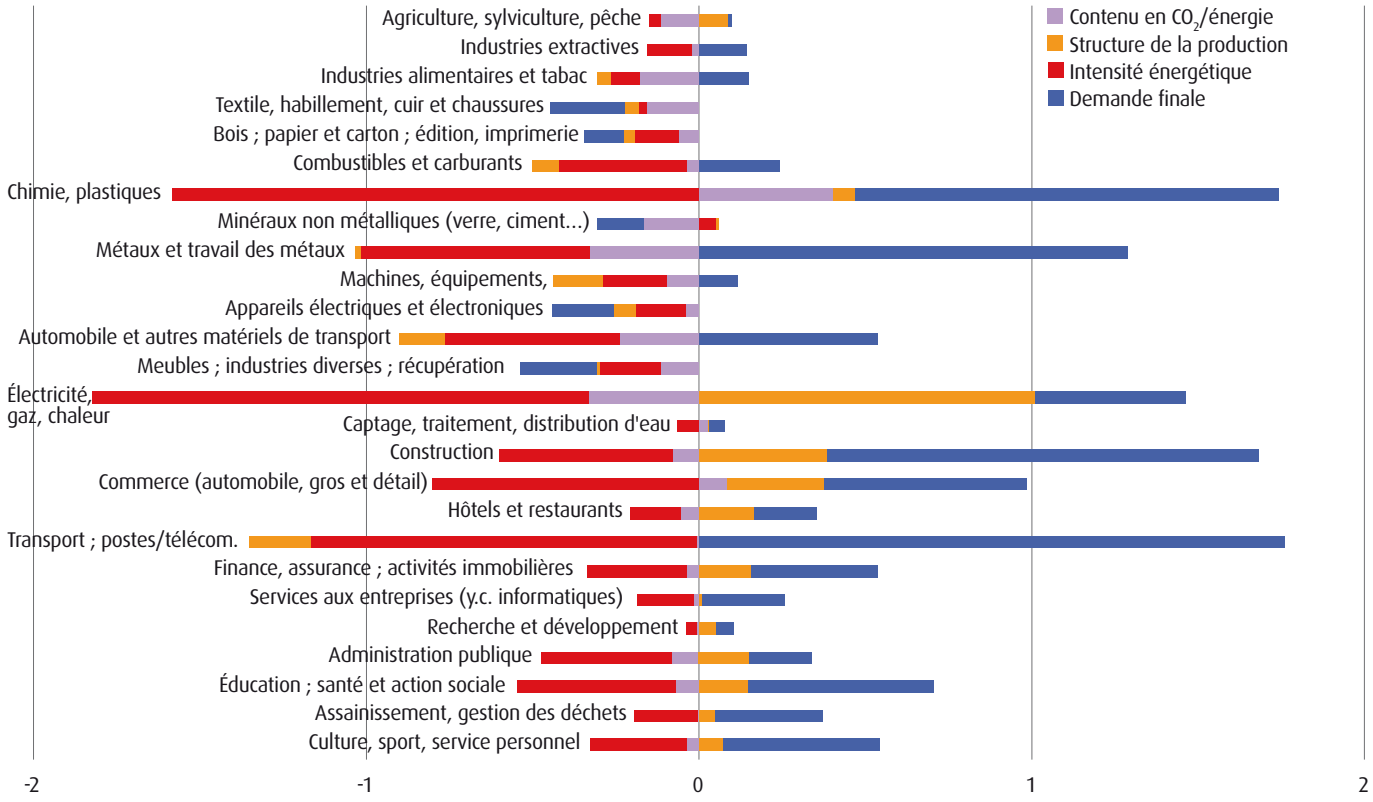
À l'instar de l'analyse des branches de production, les facteurs techniques (intensité énergétique de la production et contenu en CO_2 de l'énergie utilisée) et économiques (ici la structure des consommations intermédiaires et la demande finale) considérés séparément, jouent de façon quasi-générale en sens opposés sur le niveau des émissions de CO_2 de la production intérieure.

À l'échelle de l'ensemble des services et du commerce, au cours de la période 2000-2006, l'effet cumulé des facteurs économiques a dominé celui qui résulte de l'évolution technique. Alors que cette dernière aurait entraîné, toutes choses égales par ailleurs, une baisse de 4 % des émissions de CO_2 imputables à la production intérieure, l'augmentation de la demande correspondante et des productions afférentes auraient entraîné une hausse de près de 6 %. Cela a également été le cas pour la construction et la production d'électricité.

A contrario, pour les produits industriels pris dans leur ensemble, les effets en termes de CO_2 de l'évolution technique ont été supérieurs à ceux des facteurs économiques au cours de la même période. L'effet d'entraînement de la demande finale adressée à la production intérieure s'est concentré sur certains produits de base (produits chimiques et métaux notamment) et l'automobile.

Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 de la production intérieure par groupes de produits de la demande finale, entre 2000 et 2006

En % du CO_2 de l'ensemble de la production intérieure en 2000



Note : On rappelle que la décomposition présentée ici a été effectuée à partir d'une version préliminaire de TES symétrique en volume (cf. chapitre Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches, section Optique produits, demande finale).

Source : SOeS, calculs d'après Citepa (émissions), CVS consultants (énergie), Insee (TES symétrique).

Quantité totale de CO_2 de la demande finale française *(empreinte carbone de la demande finale française[46])*

Compte tenu de la mondialisation de l'économie, la portée planétaire d'une limitation des émissions de gaz à effet de serre dans les pays les plus avancés en matière de lutte contre les changements climatiques[47] pourrait être amoindrie dans le cas où les diminutions enregistrées sur leur territoire résulteraient d'un transfert d'activités émettrices dans des pays situés hors du périmètre concerné par la limitation. On parle alors de *fuite de carbone* (Reinaud, 2008 ; WTO/UNEP, 2009)[48]. Pour leur part, les pays dits émergents tentent de faire valoir que l'augmentation de leurs émissions résulte aujourd'hui en grande partie de l'accroissement de la production de biens exportés, c'est-à-dire destinés à satisfaire une demande hors de leurs frontières. Dans ces conditions, compléter les inventaires d'émissions de CO_2 (et plus généralement des gaz à effet de serre) à l'échelle des territoires nationaux par un suivi des émissions associées à la consommation des populations concernées constitue un enjeu crucial. Cela pour des raisons à la fois d'efficacité et d'équité des politiques publiques en matière de lutte contre les changements climatiques. Cette approche répond à l'une des recommandations de la commission mise en place par le Président de la République française en 2008 sur la Mesure des performances économiques et du progrès social qui a identifié l'*empreinte carbone*[49] comme indicateur pertinent pour la question climatique compte tenu de sa dimension planétaire. En effet, cet indicateur ne se limite pas aux émissions du territoire national, mais prend également en compte les émissions induites pas les produits importés (Stiglitz, Sen, Fitoussi, 2009).

Cela suppose alors d'estimer les émissions associées aux biens et services importés et exportés. L'OCDE a engagé depuis plusieurs années des travaux visant à estimer, sur la base de calculs de type input-output, les émissions de CO_2 incorporées aux biens échangés à l'échelle internationale (Ahmad, Wyckoff, 2003 ; Nakano *et al.*, 2009). Pour sa part, l'Union européenne soutient le projet EXIOPOL qui vise à étudier les externalités associées aux principaux impacts environnementaux pour l'Europe, à l'aide notamment de la généralisation de l'analyse input-output étendue à l'environnement sur la base de la combinaison des TES et du plus grand nombre possible de statistiques de pressions environnementales disponible en Europe (Tukker *et al.*, 2009).

L'économie dans son ensemble

L'analyse input-output étendue à l'environnement appuyée sur les comptes de type Namea permet d'estimer les pressions environnementales associées aux importations de la France. Dans le cas où l'on dispose uniquement des données sur la France, l'estimation repose sur l'hypothèse que les biens et services importés sont produits dans les mêmes conditions qu'en France : même structure de production, mêmes intensités émettrices par branche de production (*cf.* encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement*).

Il est toutefois possible d'ajuster cette estimation sur la base des informations statistiques propres aux (principaux) pays d'origine des biens et services importés en France (*cf.* encadré *Estimation des pressions environnementales associées aux importations*). Ces informations sont de deux ordres : les TES de la comptabilité nationale et les comptes d'émissions de CO_2 par activités. Lorsque l'on dispose de ces informations, il devient possible de calculer les coefficients d'émissions de la demande finale propre à chaque pays. Ces coefficients sont ensuite introduits dans le calcul des pressions environnementales associées aux importations. Pour chacune des branches, les pays d'origine sont pris en compte en fonction de leur importance relative dans le montant total (en valeur) des importations françaises de la branche en question.

Un solde importateur net de 135 Mt de CO_2 en 2005

Les premières estimations réalisées pour l'année 2005[50] montrent que l'ensemble des importations de la France serait directement et indirectement responsable de l'émission de plus de 340 Mt de CO_2. Une partie de ces émissions, environ 110 Mt, qui est associée à la production d'exportations françaises (*importations ré-exportées*) n'est pas imputable à la demande française. Pour leur part, l'ensemble des exportations françaises serait à l'origine de 205 Mt de CO_2, dont 95 Mt émises sur le territoire et 110 Mt émises à l'étranger (*importations ré-exportées*).

---

[46] *Cet indicateur a été présenté sous l'intitulé* Empreinte carbone de la demande finale nationale *lors de la Conférence nationale sur les indicateurs de développement durable, organisé le 20 janvier 2010 conjointement par le ministère de l'Écologie, de l 'Énergie, du Développement durable et de la Mer, le Conseil économique, social et environnemental et le Conseil national de l'information statistique.* http://www.developpement-durable.gouv.fr/Indicateurs-du-developpement,14064.html.

[47] *Pays de l'Annexe B du protocole de Kyoto ; membres de l'Union européenne avec le système d'échange de quotas de* CO_2.

[48] *Certains auteurs, comme Glen Peters et Edgar Hertwich (2008), considèrent qu'il ne faut pas limiter la définition des fuites de carbone à celles qui résultent uniquement de la mise en place de politique de lutte contre le changement climatique, mais tenir compte de tous les transferts d'émissions, y compris ceux qui résultent de la délocalisation de production pour des raisons économiques.*

[49] *Il faut toutefois noter que l'*Empreinte carbone de la demande finale nationale *calculée ici est exprimée en tonnes de* CO_2 *et non en hectares globaux comme pour l'*empreinte carbone *de l'*empreinte écologique *du Global Footprint Network.*

[50] *Ont été utilisées ici des données complètes relatives à cinq pays de l'Union européenne (Allemagne, Belgique, Espagne, Royaume-Uni et Italie), d'où provenaient en 2005 près de la moitié des importations françaises en valeur (source : Eurostat, comptes nationaux pour les TES symétriques en 60 branches/produits, et comptes environnementaux pour les émissions de* CO_2 *par activités économiques). Le vecteur des coefficients en contenu direct et indirect de* CO_2 *obtenu pour l'Allemagne a été appliqué à la part des importations provenant des autres pays européens en dehors de la Russie. Faute de disposer des TES symétrique des autres régions du monde (qui en 2005 représentaient ensemble 25 % des importations françaises en valeur), on a combiné les contenus directs en* CO_2 *par branche (source : Rømose et al. 2009) de pays considérés comme représentatifs avec des matrices de coefficients techniques issues de TES européens de la façon suivante :*

- *Amérique du Nord : intensités en* CO_2 *de la production par branche des USA combinées au TES allemand*
- *Amérique du sud : intensités en* CO_2 *de la production par branche du Brésil combinées au TES allemand*
- *Asie hors Japon : intensités en* CO_2 *de la production par branche de la Chine combinées au TES allemand*
- *Japon : intensités en* CO_2 *de la production par branche du Japon combinées au TES français*
- *Océanie : intensités en* CO_2 *de la production par branche des États-Unis (ajustées pour tenir compte de l'intensité en* CO_2 *de la production d'électricité ; source : Agence internationale de l'énergie) combinées au TES allemand*
- *Russie : intensités en* CO_2 *de la production par branche de la Russie combinées au TES allemand*
- *Afrique et Moyen-Orient : intensités en* CO_2 *de la production par branche de l'Allemagne (ajustées pour tenir compte de l'intensité en* CO_2 *de la production d'électricité ; source : Agence internationale de l'énergie) combinées au TES allemand.*

Par ailleurs, le coefficient en contenu direct et indirect de CO_2 *des hydrocarbures (pétrole brut et gaz) obtenu pour la Russie a été appliqué à l'ensemble des importations en pétrole de la France.*

Le solde des émissions de CO_2 des échanges extérieurs de la France qui en résulte est de 135 Mt, soit l'équivalent des émissions directes de ménages français (véhicules et chauffage).

Les échanges extérieurs de la France se font très majoritairement avec les pays européens. En 2005, environ 70 % des émissions de CO_2 attribuées aux biens et services importés par la France ont été générées dans d'autres pays européens. Les proportions sont quasi-identiques pour les émissions de CO_2 associées aux exportations.

Émissions de CO_2 associées au commerce extérieur de la France

Année 2005	Importations (1)		Exportations (1)	
	Mt de CO_2	Répartition (en %)	Mt de CO_2	Répartition (en %)
Europe	237	70	143	70
dont Allemagne	*48*	*14*	*29*	*14*
Espagne	*34*	*10*	*19*	*9*
Belgique	*27*	*8*	*17*	*8*
Grande Bretagne	*25*	*7*	*18*	*9*
Italie	*23*	*7*	*17*	*8*
autres pays européens	*80*	*24*	*45*	*22*
Afrique	20	6	13	6
Amérique du Nord	25	7	19	9
Amérique du Sud	6	2	5	3
Asie hors Moyen Orient	41	12	15	7
Moyen Orient	10	3	7	3
Océanie	2	1	2	1
Total	**340**	**100**	**205**	**100**

Note : (1) y compris le CO_2 des importations ré-exportées, i.e. la partie des émissions de CO_2 générées à l'étranger dans l'ensemble des émissions induites par les exportations françaises, du fait du contenu en importations des exportations.

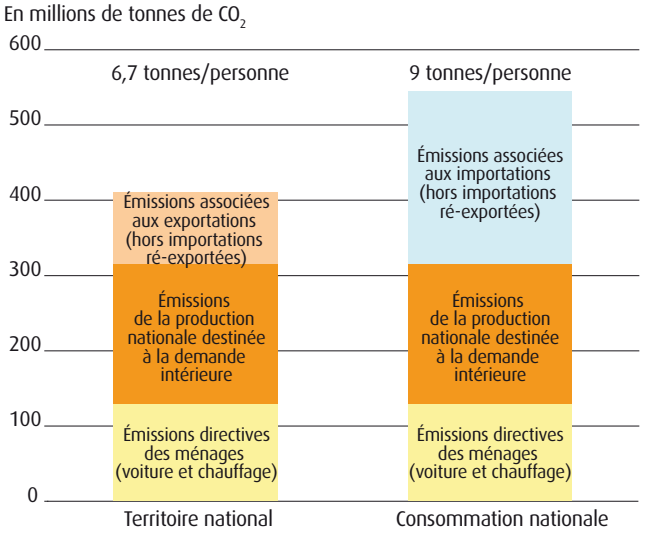
Source : Douanes (importations/exportations en valeur), Citepa (émissions), Insee (comptes nationaux), Eurostat (TES symétrique et comptes d'émissions des pays concernés de l'Union européenne) et AIE *via* Rømose *et al.*, 2009 (intensités en CO_2 par branche pour les pays hors de l'Union européenne), Traitements SOeS.

Un tiers d'émissions de CO_2 en plus pour la demande finale française par rapport au territoire national

Lorsque l'on ajoute le solde des émissions des CO_2 des échanges extérieurs de la France aux 410 Mt émises en 2005 sur le territoire national (hors CO_2 issu de la combustion de biomasse à des fins énergétiques), on obtient un total de 545 Mt de CO_2 sur le périmètre de la demande finale française. On passe alors de **6,7 tonnes de CO_2 par personne par an** sur des émissions comptabilisées **selon le périmètre territorial** à **9 tonnes de CO_2 par personne sur le périmètre de la consommation française**. Soit un accroissement de 33 % environ.

Sur les 545 Mt de CO_2 dont l'émission est induite par la demande française, près de 75 % sont imputables à la consommation de ménages[51], environ 10 % à la consommation des administrations publiques et un peu plus de 15 % à l'investissement.

Émissions de CO_2 intérieures *versus* empreinte carbone de la demande française (année 2005)



Source : SOeS, calculs d'après Citepa (comptes d'émissions de la France), Insee (TES symétrique français), Douanes (importations/exportations : en valeur par branche et par pays d'origine), Eurostat (TES symétrique et comptes d'émissions des pays concernés de l'Union européenne) et AIE *via* Rømose *et al.*, 2009 (intensités en CO_2 par branche pour les pays hors de l'Union européenne).

Ces résultats sont cohérents avec les récentes estimations proposées pour la France dans le cadre d'étude internationales menées à partir de sources de données différentes. Dans une récente étude visant à évaluer les balances commerciales de CO_2 des pays de l'OCDE et quelques autres pays jouant un rôle important dans le commerce mondial (Nakano *et al.,* 2009), les chiffres donnés pour la France conduisent à un rehaussement de l'ordre de 35 % pour l'année 2000 entre les émissions du territoire national et celles de la demande nationale. Plus récemment encore, une étude américaine s'appuyant sur une approche multirégionale multilatérale (voir encadré *Estimation des pressions environnementales associées aux importations*) estime cet ajustement à plus 40 % pour la France en 2004 (Davis, Caldeira, 2010).

Il est néanmoins important de renforcer la fiabilité des estimations du calcul du contenu en CO_2 de nos importations, au moyen d'autres données de la comptabilité nationale des pays exportateurs vers la France. Il serait également nécessaire de réaliser cette estimation pour des années antérieures (1990 notamment, année de calage des objectifs du protocole de Kyoto). Cela permettrait de compléter l'analyse des facteurs d'évolution appliquée ici aux émissions intérieures (*cf.* chapitre *Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des branches*). De la sorte, le CO_2 de la demande finale nationale, actualisable régulièrement, pourrait constituer un indicateur des indicateurs de la stratégie nationale de développement durable[52].

[51] *Pour une analyse détaillée des émissions de CO_2 induites par la consommation des ménages en France, par niveau de revenu, catégories socio-professionnelles, classe d'âge et structure familiale, voir Lenglart* et al. *(2010).*

[52] *Proposition présentée le 20 janvier 2010 lors de la Conférence nationale sur les indicateurs de développement durable. Voir aussi Pasquier (2010). L'estimation proposée alors était inférieure à celle qui est fournie ici dans la mesure où la prise en compte des données étrangères a été complétée depuis, notamment en ce qui concerne les pays hors de l'Union européenne.*

Ventilation par composantes et par produits de la demande finale

Une part importante des émissions de CO_2 induites par la demande finale française est générée à l'étranger. Les émissions « importées » correspondantes sont associées à la fois à des produits utilisés comme consommation intermédiaire et à des produits destinés à un usage final. Pour leur part, les émissions « exportées » sont associées à la satisfaction d'une demande extérieure. Une partie de ces émissions est générée sur le territoire français et une autre partie l'est à l'étranger en raison du contenu en importations des exportations françaises.

70 % de l'ensemble des émissions de CO_2 « importées » en France le sont à des fins productives

Sur les 545 Mt de CO_2 associées à la demande finale nationale, près de 60 % sont émises en France : les émissions directes des ménages (130 Mt, *cf.* chapitres *Évolution des émissions de CO_2 de 1990 à 2007* et *Facteurs d'évolution des émissions de CO_2 des ménages*) et les émissions générées par la production nationale pour répondre à la demande intérieure (185 Mt, hors émissions de la production exportée). Un peu plus de 40 % (230 Mt) sont alors émises à l'étranger lors de la production et du transport des biens importés pour la demande française (hors importations *ré-exportées*).

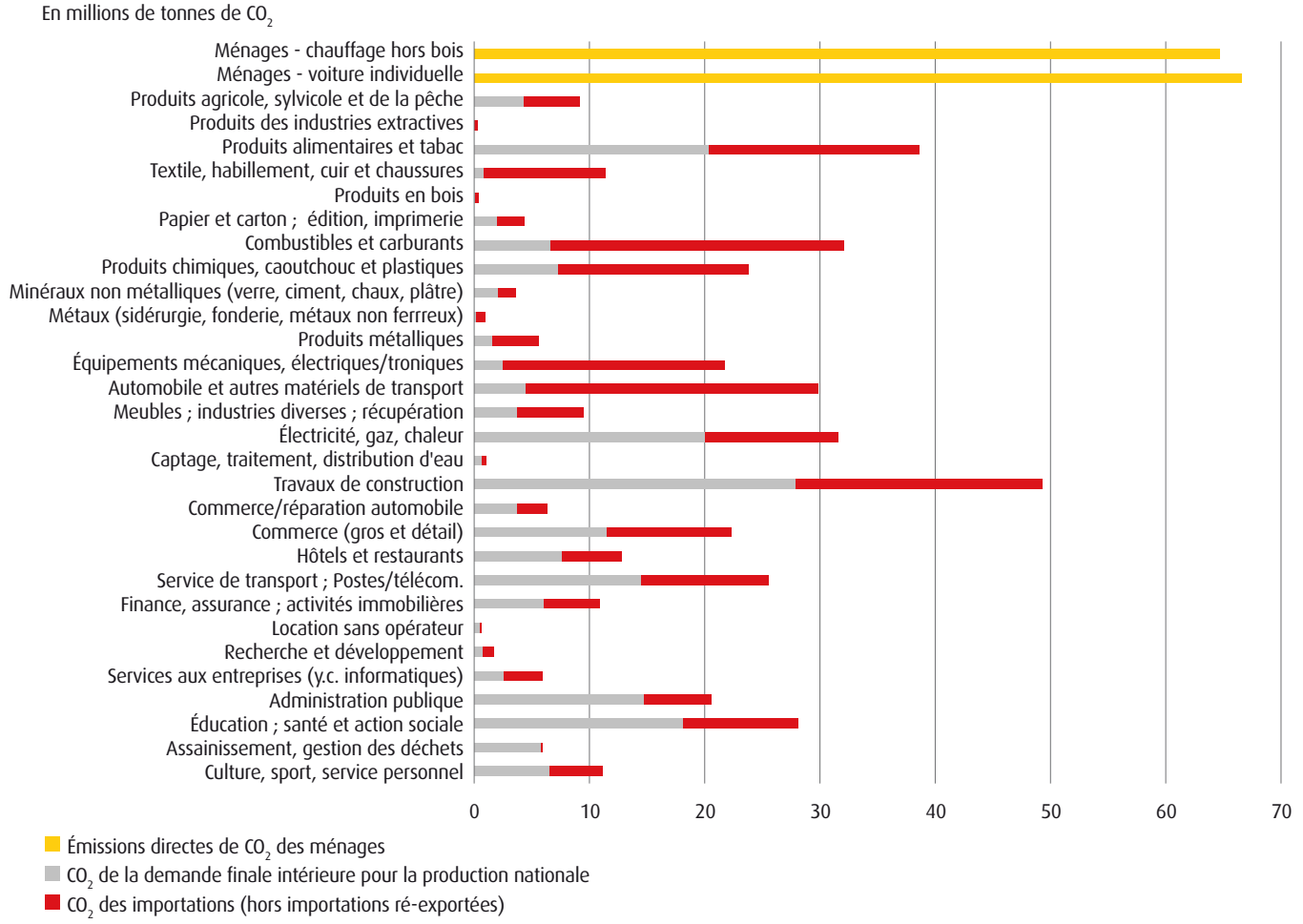
En 2005, 70 % du total des émissions de CO_2 « importées » en France (y compris les importations *ré-exportées*) étaient associés à l'importation de biens intermédiaires utilisés à des fins productives. Il s'agit notamment du pétrole pour la production de carburants et de combustibles pour la production d'électricité, de matériaux et de pièces pour l'industrie automobile, de produits agricoles pour la préparation de biens alimentaires, de matériaux de construction pour le bâtiment, etc.

30 % du total des émissions de CO_2 « importées » le sont donc via des produits finis destinés à un usage final. Dans l'ordre d'importance en terme de CO_2, on trouve notamment l'automobile, les équipements (y compris les équipements électriques et électroniques), les produits chimiques (sanitaires et cosmétiques), les vêtements et les produits alimentaires.

La moitié des importations nettes de CO_2 de la France sont liées aux produits des industries extractives

Les 135 Mt de CO_2 dont l'économie française était importatrice nette en 2005 sont concentrées sur un nombre restreint de catégories de produits. Environ la moitié est liée aux produits des industries extractives, principalement les énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz). Environ 10 % résultent des importations nettes de machines et

Émissions de CO_2 intérieures et importées par la demande finale (année 2005)



Lecture : la demande finale en automobile et autres matériels de transport a induit 30 Mt de CO_2, dont 4 Mt émises par la production en France et 26 Mt émises l'étranger.

Source : SOeS, calculs d'après Citepa (comptes d'émissions de la France), Insee (TES symétrique français), Douanes (importations/exportations : en valeur par branche et par pays d'origine), Eurostat (TES symétrique et comptes d'émissions des pays concernés de l'Union européenne) et AIE via Rømose *et al.*, 2009 (intensités en CO_2 par branche pour les pays hors de l'Union européenne).

d'équipements (notamment les équipements électriques et électroniques), 8 % des métaux, près de 8 % également des produits chimiques et 7 % des importations de textiles, vêtements et chaussures.

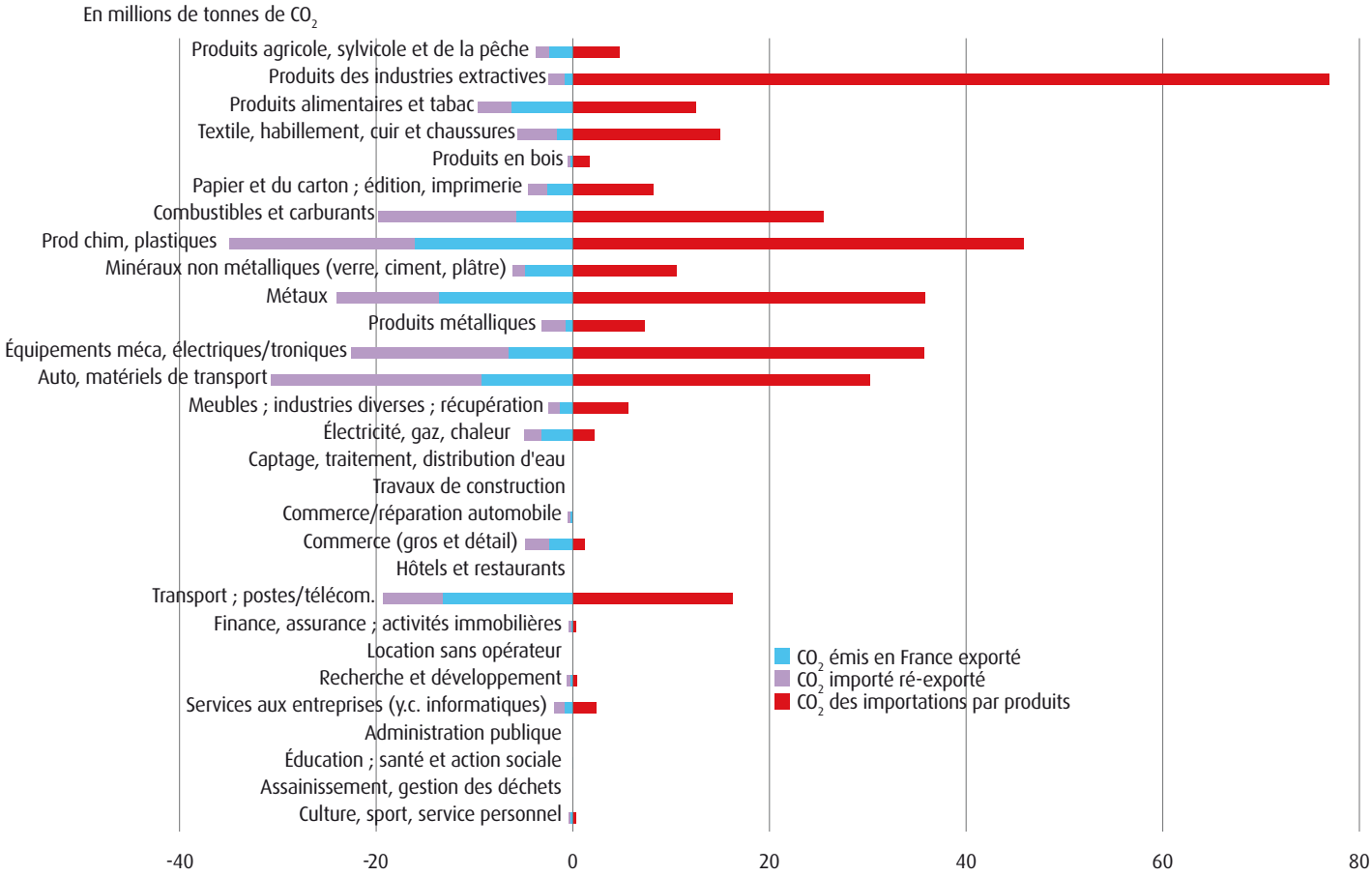
Les produits pour lesquels l'économie française est exportatrice nette de CO_2 sont très peu nombreux. Ils représentent en outre une quantité de CO_2 relativement marginale. Il s'agit principalement du commerce, de la production d'électricité et des services de transport[53].

Un grand nombre de produits sont à la fois de gros importateurs et de gros exportateurs de CO_2

Les importations et les exportations de CO_2 de l'économie française sont d'importance très proche pour un grand nombre de produits. C'est notamment le cas de l'automobile, des produits agricoles et des produits alimentaires, des combustibles et carburants, et des produits chimiques. Cette situation résulte de l'importance du commerce international intra-branche : la France achète à certains de ses partenaires commerciaux des produits qui sont issus des mêmes branches que ceux qu'elle leur vend. Il peut s'agir à la fois du croisement des mêmes produits finis (par exemple des voitures) ou bien du croisement de ces mêmes produits finis avec des produits semi-finis utilisés pour leur fabrication (pièces pour l'industrie automobile) en fonction de la localisation des différentes étapes de production. Dans le cas des carburants, l'importance des échanges extérieurs résulte de l'augmentation de la demande française de gazole à laquelle les capacités de raffinage installées en France ne peuvent pas répondre ; les raffineurs français exportent alors leurs excédents de supercarburants.

Les émissions importées/exportées via les services sont particulièrement marginales. Dans le cas des services financiers, les estimations présentées ici n'intègrent pas les émissions que génèrent indirectement les choix de financement et d'investissement effectués dans le cadre de ces activités[54].

Émissions de CO_2 du commerce extérieur de la France par produits (année 2005)



Lecture : les importations françaises d'automobiles et autres matériels de transport ont induit l'émission à l'étranger de 30 Mt de CO_2.
Les émissions de CO_2 induites par les exportations françaises d'automobiles et autres matériels de transport s'élèvent également à 30 Mt, dont 9 Mt générées en France et 21 Mt générées à l'étranger via les importations incorporées aux exportations françaises (importations ré-exportées).

Source : SOeS, calculs d'après Citepa, Insee, Eurostat et AIE.

[53] *L'application du principe de résidence, c'est-à-dire la prise en compte du transport international des unités résidentes en France du point de vue de la comptabilité nationale (***cf.** *encadré* La ventilation par branches dans les comptes de CO_2 pour Namea*), est susceptible de modifier le résultat en ce qui concerne les services de transport.*

[54] *Pour une estimation de l'impact en termes de CO_2 des choix de financement des banques françaises en France et à l'étranger, voir par exemple Lambert-Perez D., Godinot S.,* Banques françaises, banques fossiles ? Pour des politiques climatiques et énergétiques crédibles au sein des banques*, Les amis de la terre, mars 2007.*

Estimation des pressions environnementales associées aux importations

Dans la mesure des données disponibles, il est possible d'estimer les pressions environnementales (e.g. émissions de CO_2) associées aux importations françaises en tenant compte d'informations propres aux pays d'origine des biens et services importés. Ces informations peuvent se limiter aux coefficients de pression environnementale unitaires de la production des branches ou bien, dans le meilleur des cas, porter sur les coefficients d'émissions unitaires des biens et services correspondants, encore appelés *coefficients de pression de Leontief* en référence à l'équation de Leontief (*cf.* encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement*).

Les produits importés sont de deux ordres : d'une part les importations destinées à une utilisation finale (Y^m), d'autre part les importations productives, destinées à être utilisées comme consommations intermédiaires (CI^m). Par conséquent les pressions environnementales associées aux importations résultent de la somme de ces deux composantes.

Lorsque l'on connaît uniquement les coefficients de pression environnementale de la production par branches des pays d'origine des importations, le calcul du coefficient de pression de Leontief s'appuie encore sur la structure de la production française décrite part la matrice $[I - A]^{-1}$ (*cf.* encadré *Analyse input-output étendue à l'environnement*). Le vecteur des pressions environnementales associées aux importations s'écrit alors de la façon suivante : $(Env^b\ [diagX]^{-1})$

$$\left(Env^m\right)=\hat{}^t\left(\hat{}^t\left(\left(Env^b\right)\times\left[diag(X)\right]^{-1}\right)^m\times\left[I-A^d\right]^{-1}\times\left[diag\left(Y^m\right)\right]\right)$$
$$+\hat{}^t\left(\hat{}^t\left(\left(Env^b\right)\times\left[diag(X)\right]^{-1}\right)^m\times\left(\left[I-A\right]^{-1}\times\left[A^m\right]\right)\times\left[diag(X)\right]^{-1}\times\left[I-A^d\right]^{-1}\times\left[diag\left(Y^d\right)\right]\right) \quad (5)$$

Lorsque l'on connaît les coefficients de pression de Leontief des pays d'origine des importations françaises, l'estimation des émissions associées aux importations s'appuie alors à la fois sur les coefficients de pression environnementale des branches des pays concernés et sur leur structure productive décrite par leur propre TES. En notant $(envL)^m$ le vecteur des coefficients de Leontief représentatifs des pressions environnementale des produits importés, on calcule les pressions environnementales associées aux importations de la façon suivante :

$$\left(Env^m\right)=\hat{}^t\left(\left(EnvL\right)^m\times\left[diag\left(Y^m\right)\right]\right)+\hat{}^t\left(\hat{}^t\left(EnvL\right)^m\times\left[A^m\right]\times\left[diag(X)\right]^{-1}\times\left[I-A^d\right]^{-1}\times\left[diag\left(Y^d\right)\right]\right) \quad (6)$$

Pour chacune des branches, les pays d'origine sont pris en compte au prorata de leur importance relative dans le montant total (en valeur) des importations de la France.

Avec cette approche multirégionale unilatérale, on prend en compte un premier niveau des spécificités des partenaires commerciaux de la France (par exemple, on utilise les coefficients allemands pour les importations françaises venant d'Allemagne, y compris le CO_2 associé à ses importations, mais sans tenir compte de la spécificité des pays d'origine des importations allemandes). Un certain nombre de travaux visent une modélisation multirégionale multilatérale qui permette de boucler les données du commerce international à l'échelle mondiale (Weidmann, 2009). C'est notamment le cas en Europe avec le projet EXIOPOL (Tukker *et al.,* 2009). Deux universitaires américains ont récemment publié leurs résultats sur le cas des émissions de CO_2 (Davis, Caldeira, 2010). Cependant, l'approche multirégionale unilatérale telle qu'elle est expérimentée ici devrait permettre de couvrir la plus grande partie de la différence entre les calculs basés sur les seules données du pays importateur et l'approche multirégionale multilatérale (Munksgaard *et al.,* 2009 ; Rømose *et al.,* 2009).

Références bibliographiques

- Ahmad N., Wyckoff A. , 2003. « Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods » *(STI Working paper 2003-15)*. Paris : OECD. 65 p. http://www.olis.oecd.org/olis/2003doc.nsf/linkto/dsti-doc(2003)15

- Bruvoll A., Medin H. , 2000. « Factoring the Environmental Kuznets Curve, Evidence from Norway » *(Discussion Paper, n° 275)*. Oslo : Statistics Norway (Research Department). 34 p. (publié dans *Environmental and Resource Economics*, vol. 24, n° 1, 2003, pp. 27-48). http://www.ssb.no/english/, rubrique « Publications » > « Discussion Papers » > « DP 275 »

- Citepa, 2009. « Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) » *(Synthèse CCNUCC/CFR, mars 2009)*. Paris : Citepa. 430 p. http://www.citepa.org/, rubrique « Publications » > « Inventaires »

- Citepa, 2009. *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues* (Format SECTEN). Paris : Citepa. 306 p. http://www.citepa.org/, rubrique « Publications » > « Inventaires »

- CGDD/SEEIDD, 2009. « L'impact de la récession économique sur les émissions de CO_2 : forte baisse en 2009, quelle évolution en 2010-2011 ? », (étude réalisée par Franck Cachia, Seeidd), *Le point sur*, n° 15, juin 2009. 4p. http://www.developpement-durable.gouv.fr, rubrique« Développement durable » > « Publications »

- CGDD/SOeS, 2009. *Bilan énergétique de la France pour 2008.* Paris : CGDD. 47 p. (coll. *Références*). http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr, rubrique « Energies » > « Données d'ensembles » > « Bilan et facture énergétiques » > « Le bilan énergétique de la France »

- Davis S. J., Caldeira K., 2010. « Consumption-based accounting of CO_2 emissions », *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America (PNAS)*, 8 mars 2010. 8 p.

- De Haan M., 2000. « Decomposing Annual Changes in Pollution According to their Causes: a NAMEA time series analysis » *(Report to Eurostat concerning the project entitled "The Further development of the NAMEA and its Application in the Netherlands", Module 2 Ref. n° 98/562/2040/B4MM)*. Voorburg : Statistics Netherlands (CBS). 16 p.

- De Haan M., 2001. « A Structural Decomposition Analysis of Pollution in the Netherlands », *Economic Systems Research*, Vol. 13, n° 2, June 2001. pp. 181-196.

- De Haan, 2004. « Accounting for goods and bads – Measuring environmental pressure in national account framework », *(PhD Thesis, University of Twente)*. Voorburg : Statistics Netherlands. 224 p. http://www.cbs.nl/en-GB/menu/home/default.htm?Languageswitch=on, rubrique « Methods » > « Research into methods » > « Research reports » > « PhD Thesis »

- Eurostat, 2009. *Manual for Air Emissions Accounts.* Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities. 196 p. http://epp.eurostat.ec.europa.eu, rubrique « Publications » > « Collections » > « Méthodologies et Working Papers » > « 13 mai 2009 »

- Hass J. and Sørensen K (ed.), 2006. « Pilot studies for the development of environmental Accounting: Norwegian Economic and Environmental Accounts (NOREEA) Project 2005 » *(Report to Eurostat, Statistics Norway, May 2006, Chapter 5 – "NAMEA-work related to decomposition analysis")*. pp. 24-37. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea/, rubrique « Promotion and Implementation » > « Archive of Publications » > « by Country » > « Norway »

- Hoekstra R., Van Den Bergh J.C.J.M., 2002. « Structural Decomposition Analysis of Physical Flows in the Economy », *Environmental and Resource Economics,* Vol. 23, n° 3, novembre 2002. pp. 357–378.

- Hoekstra R., 2005. *Economic Growth, Material Flows and the Environment: New Applications of Structural Decomposition Analysis and Physical Input–Output Tables.* Cheltenham (UK)/Northampton (USA) : Edward Elgar Publishing. 232 p.

- Ifen, 2006. *NAMEA, un outil pour relier activités économiques et pressions environnementales*. Orléans : Ifen. 36 p. (coll. *Les dossiers*, n° 4). http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr, rubrique « Publications » > « Les dossiers de l'Ifen » > « 2006 »

- Insee, 2008. « Les logements en 2006 : le confort s'améliore mais pas pour tous », *Insee Première*, n° 1202, juillet 2008. 4 p. http://www.insee.fr, rubrique « Publications » > « Collections nationales » > « Insee première »

- Keuning S.J., Steenge A.E. (Guest editors), 1999. « Special Issue on Environmental Extension of National Accounts: The NAMEA Framework », *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 10, n° 1, mars 1999. 184 p.

- Lenglart F., Lesieur C., Pasquier J.-L (2010), « Les émissions de CO_2 du circuit économique en France », *L'économie française, Insee Références,* édition 2010, juillet 2010. pp. 101-125. http://www.insee.fr, rubrique « Publications » > « Collections nationales » > « Insee Références »

- Leontief W., Ford D., 1972. « Air Pollution and the Economic Structure: Empirical Results of *Input-Output Computations », in Input-Output Techniques: International Conference Proceedings*. Amsterdam : North-Holland. pp. 9-30.

- Madlener R, Alcott B., 2009. « Energy rebound and economic growth: A review of the main issues and research needs », *Energy*, vol. 34, n°3, mars 2009. pp. 370-376.

- Meddat, Caisse des dépôts, 2009. *CO_2 et énergie – France et Monde : Repères*. Paris : ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire/Service de l'observation et des statistiques (SOeS), Caisse des dépôts/Mission Climat. 45 p. (coll. *Chiffres clés*). http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr, rubrique « Energie » > « Emissions de CO_2 » > « Repères »

- Miller R.E., Blair P.D., 1985. *Input-Output Analysis: Foundations and extensions.* Englewood Cliffs : Prentice-Hall. 464 p.

- Miller R.E., Blair P.D., 2009. *Input-Output Analysis: Foundations and extensions.* 2e edition. Cambridge : Cambridge University Press. 782 p.

- Moll S., Vrgoc, M., Watson D., Femia A., Gravgård Pedersen O., 2007. « Environmental Input-Output Analyses based on NAMEA data – A comparative European study on environmental pressures arising from consumption and production patterns », *(ETC/RWM working paper 2007/2)*.Copenhagen : European Topic Centre on Resource and Waste Management-European Environment Agency. 153 p. http://scp.eionet.europa.eu/, rubrique « Reports and Publications » > « 02 Apr 2007 »

- Moll S., Watson D., 2009. *Environmental Pressures from European Consumption and Production – A study in integrated environmental and economic analysis.* Copenhagen : European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production (ETC/SCP) for the European Environmental Agency (EEA). 67 p. http://scp.eionet.europa.eu/, rubrique « Reports and Publications » > « 26 Feb 2009 »

- Munksgaard J., Minx J.C., Christofferson L.B., Pade L.L., Suh S., 2009. « Models for national CO_2 accounting », in *Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology*, (coll. *Eco-Efficiency in Industry and Science*, vol. 23). Dordrecht : Springer. pp. 533-558.

- Nakano S, Okamura A., Sakurai N., Suzuki M., Tojo Y., Yamano N., 2009. « The Measurement of CO_2 Embodiments in International Trade: Evidence from the Harmonised Input-Output and Bilateral Trade Database » *(Science, Technology and Industry Working Papers, 2009/3, doi:10.1787/227026518048)*. Paris : OECD. 41 p. http://www.oecd.org/department/0,3355,en_2649_33703_1_1_1_1_1,00.htm, rubrique « Publications and Documents » > « Working Papers » > « 10 Feb 2009 »

- Pasquier J.-L., 2010. « Les comptes physiques de l'environnement, une base pour de nouveaux indicateurs sur l'interface économie-environnement. Le cas des émissions de CO_2 », in *Les indicateurs du développement durable*, La revue du CGDD, n° 2, Janvier 2010. pp. 75-83. http://www.developpement-durable.gouv.fr, rubrique « Développement durable » > « Publications »

- Peters G. (2008), « Reassessing Carbon Leakage », Eleventh Annual Conference on Global Economic Analysis *"Future of Global Economy"*, Helsinki, Finland, June 12-14, 2008. 12 p. https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3751.pdf

- Peters G., Hertwich E., 2008. « CO_2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy », *Environmental Science & Technology*, vol. 42, n°5. pp 1401–1407. http://pubs.acs.org/journal/esthag?cookieSet=1, rubrique « Browse the journal » > « List of issues » > « 2008:vol.42 » > « issue 5 »

- Reinaud J., 2008. « Issues behind Competitiveness and Carbon Leakage – Focus on Heavy Industry » *(IEA Information paper)*. Paris : International energy Agency. 120 p. http://www.iea.org/index.asp, rubrique « Publications » > « Papers »

- Roca J. and Serrano M., 2006. *« Income Growth and Atmospheric Pollution in Spain: An Input-Output Approach »*, Intermediate Input-Output Meeting, July 26-28 2006, Sendai (Japan), 34 p. (publié dans *Ecological Economics*, Vol. 63, n° 1, 15 June 2007. pp. 230-242) http://www.iioa.org/index.htm, rubrique « Conferences » > « Intermediate Input-output Meetings » > « 26-28 July 2006 » > « Papers » > « 48 »

- Rørmose P., Olsen T. (2003), *Analysis of Changes in Air Emissions in Denmark 1980-2001* (chapter 4), Report to Eurostat, Copenhagen, June 2003, pp. 23-58. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/introduction, rubrique « Publications » > « Comptes de l'environnement physique » > « Etude des pays » > « Namea Air (.zip) »

- Rørmose P., Olsen T., 2005. « Structural Decomposition Analysis of Air Emissions in Denmark 1980-2002 » *(Paper presented at the 15th International Conference on Input-Output Analysis, Beijing, China, June 27 to July 1 2005)*. 36 p. http://www.iioa.org/index.htm, rubrique « Conferences » > « International Input-output conferences » > « 27 June-1 July 2005 » > « Papers » > « Session IV.2.3 »

- Rømose P., Olsen T., Hansen D., 2009. « GHG Emissions Embodied in Trade » *(Report to Eurostat - Unit E3 – Environmental statistics and accounts, grant agreement 50304.2008.001)*. 30 p.

- Seibel S., 2003. « Decomposition analysis of Carbon dioxide-emission changes in Germany – Conceptual framework and empirical results » *(European Commission-Eurostat, Working Paper and Studies, theme 2 : Economy and finance, n° KS-DB-03-002-EN-N)*. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities. 35 p. http://epp.eurostat.ec.europa.eu, rubrique « Publications » > « Collections » > « Méthodologies et Working Papers » > « 13 mai 2003 »

- Stiglitz J., Sen A., Fitoussi J.-P., 2009. *Richesse des nations et bien-être des individus. Performances économiques et progrès social.* Paris : Odile Jacob. 351 p.

- Suh S. (Ed.), 2009. *Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology.* Dordrecht : Springer. 884 p. (coll. *Eco-Efficiency in Industry and Science,* vol. 23).

- Tukker A., Poliakov E., Heijungs R. Hawkins T., Neuwahl F. Rueda-Cantuche J.-M., Giljum S. Moll S. Oosterhaven J., Brouwmeester M., 2009. « Towards a global multi-regional environmentally extended input-output database », *Ecological Economics,* vol. 68, n° 7. pp. 1928-1937.

- ONU, Commission européenne, FMI, OCDE, Banque mondiale, 2003. « Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003 » *(Series F, No 61, Rev. 1, ST/ESA/STAT/SER.F/61/Rev.1)*. 572 p.
  http://unstats.un.org/unsd, rubrique « Methods and classifications » > « Environmental-Economic accounting » > « Publications » > « SEEA 2003 »

- Weidmann T., 2009. « A review of recent multi-regional input-output models used for consumption-based emissions and resources accounting », *Ecological economics,* vol.69, n°2. pp. 211-222.

- Wadeskog A. and Palm V., 2003. « Structural decomposition of environmental accounts data – The Swedish case » *(Report prepared by Statistics Sweden for Eurostat)*. 26 p.
  http://www.scb.se, rubrique « Finding Statistics » > « Statistics by Subject Area » > « Environment » > « Environmental accounts and sustainable development » > « System of Environmental and Economic Accounts » > « Publications » > « 2003-12-01 »

- World Trade Organization, United Nations Environment Programme, 2009. *Trade and Climate Change.* Geneve : WTO. 166 p.
  http://www.wto.org, rubrique « Resources » > « Publications » > « Find by title »

Glossaire

AIE : Agence internationale de l'énergie

CCNUCC : convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

Citepa : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

CPF : Classification des produits française

Insee : Institut national des statistiques et études économiques

NAF : Nomenclature d'activités française

Namea : National Accounting Matrix including Environmental Accounts

SOeS : Service de l'observation et des statistiques du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

TES : Tableau entrées-sorties de la comptabilité nationale

UTCF : Utilisation des terres, leur changement et la forêt

Émissions de CO_2 y compris l'utilisation de biomasse à des fins énergétiques

En millions de tonnes

NAF		1990	1991	1992	1993	1994	1995
	Ménages (résidentiel)	88,6	103,1	99,1	96,9	88,8	90,0
	Ménages (voitures individuelles)	60,1	60,8	63,0	63,1	63,0	64,1
01-05	Agriculture, sylviculture, pêche	12,4	12,8	12,5	11,8	11,3	12,6
10-14	Industries extractives	3,3	3,5	3,4	3,1	3,2	3,1
15-16	Industries alimentaires et tabac	18,3	19,4	18,9	19,5	19,9	18,4
17-19	Textile, habillement, cuir et chaussures	3,0	3,3	3,1	3,0	2,8	2,9
20	Travail du bois	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6
21-22	Papier et carton, édition, imprimerie	10,8	11,7	11,5	11,1	12,0	13,1
23	Cokéfaction, raffinage, indus. nucléaires	22,8	23,5	23,7	23,4	23,9	23,4
24-25	Chimie, caoutchouc et plastiques	21,7	21,4	21,9	21,5	22,2	22,2
26	Minéraux non métalliques (verre, ciment...)	29,2	27,9	25,7	24,1	24,7	24,7
27	Métaux (sidérurgie, fonderie, métaux non ferreux)	24,6	25,1	24,0	21,2	23,1	23,5
28	Travail des métaux	3,6	2,2	2,2	1,8	1,7	1,7
29-33	Machines, équipements, appareils	3,4	3,7	3,6	3,5	3,3	3,2
34-35	Automobile et autres matériels de transport	3,4	4,0	3,8	3,2	3,0	3,1
36-37	Meubles, industries diverses, récupération	5,8	5,9	6,0	6,3	6,2	5,3
40	Électricité, gaz, chaleur	44,2	55,6	47,5	34,8	31,0	33,7
41	Captage, traitement, distribution d'eau	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
45	Construction	6,3	6,2	5,9	6,0	6,2	6,3
50	Commerce/réparation automobile	2,5	2,7	2,8	2,8	2,7	3,0
51-52	Commerce (gros et détail)	5,6	6,0	6,2	6,2	5,9	6,2
55	Hôtels et restaurants	2,7	2,9	3,0	3,0	2,9	2,8
60-64	Service de transport, postes/télécommunication	28,9	29,6	31,0	30,9	31,7	31,7
65-67 +70	Finance, assurance, activités immobilières	2,0	2,2	2,2	2,2	2,0	2,3
71	Location sans opérateur	2,6	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9
73	Recherche et développement	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
72+74	Services aux entreprises (y c. informatiques)	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,5
75	Administration publique	6,4	6,9	7,2	7,2	6,8	7,1
80+85	Éducation, santé et action sociale	9,5	10,2	10,4	10,2	9,4	9,5
90	Assainissement, gestion des déchets	11,4	11,9	12,5	13,1	13,2	13,2
91-93	Culture, sport, service personnel	2,5	2,8	2,9	3,0	2,8	2,7
	Total	**438,5**	**470,7**	**460,2**	**438,6**	**429,5**	**436,0**

Émissions de CO_2 y compris l'utilisation de biomasse à des fins énergétiques

En millions de tonnes

1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
97,3	89,5	93,5	91,5	89,6	95,3	87,4	90,8	94,9	94,0	90,6	83,9
64,6	65,1	66,2	67,7	67,2	69,3	69,3	69,2	68,2	67,1	66,8	66,1
12,8	12,8	12,8	12,9	12,3	12,5	12,4	12,0	12,2	11,6	11,4	11,1
2,8	2,7	2,4	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9
19,1	20,0	19,4	17,1	17,4	17,7	19,2	18,8	17,8	17,8	18,4	19,7
2,9	2,7	2,6	2,3	2,3	2,2	1,9	1,9	1,6	1,5	1,3	1,2
0,7	0,8	0,7	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,6	0,7	0,7
11,6	11,7	11,5	11,6	11,8	11,3	10,4	11,0	10,8	10,9	10,5	10,1
23,4	24,9	25,1	24,9	24,6	23,8	23,2	22,0	22,8	22,4	22,4	23,3
22,5	21,9	21,9	20,3	19,9	20,8	18,7	18,9	18,3	20,3	19,0	19,1
24,3	24,2	25,0	24,3	24,5	24,7	24,6	24,2	25,2	25,3	25,7	25,7
21,7	23,5	23,8	23,4	23,7	21,4	22,5	22,7	23,5	22,3	21,4	19,9
2,2	2,0	2,2	1,9	2,3	2,8	2,3	2,4	2,0	2,2	2,2	2,1
3,6	3,6	3,8	3,6	3,5	3,6	3,4	3,6	3,2	3,1	3,1	2,8
3,8	3,6	3,7	3,3	3,5	3,7	3,4	3,7	3,4	3,3	3,1	2,7
5,6	5,6	6,5	5,5	5,7	5,7	5,5	5,5	5,4	5,4	5,5	5,5
38,2	33,5	45,9	39,3	37,3	30,0	35,5	38,4	37,2	42,4	38,6	38,9
0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
6,5	6,6	6,6	7,0	7,1	7,2	7,4	7,6	7,8	8,5	8,6	8,7
3,1	3,1	3,2	3,2	3,0	3,2	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,6
6,7	6,5	6,8	6,8	6,4	6,9	6,2	6,6	6,8	6,9	6,8	6,6
3,0	2,9	3,0	2,9	2,9	3,1	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	2,8
32,6	34,0	35,5	36,8	37,7	37,6	37,7	37,3	38,8	38,3	38,7	39,1
2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5	2,4
2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9
1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,7
7,6	7,3	7,3	7,3	7,1	7,5	6,4	6,9	7,0	7,0	7,1	6,7
10,2	9,6	9,9	9,7	9,1	9,8	8,3	9,1	9,5	9,5	9,4	8,7
13,3	13,4	13,3	13,8	14,4	15,0	15,7	16,1	16,8	16,6	16,3	16,4
3,0	2,9	3,0	3,0	3,1	3,3	3,0	3,2	3,3	3,3	3,2	3,0
451,0	**442,3**	**463,6**	**451,7**	**447,4**	**450,0**	**441,4**	**449,7**	**454,5**	**457,4**	**447,6**	**438,7**

Source : Citepa, SOeS, version du 28 septembre 2009.

Émissions de CO_2 hors utilisation de biomasse à des fins énergétiques

En millions de tonnes

NAF		1990	1991	1992	1993	1994	1995
	Ménages (résidentiel)	55,4	62,7	60,9	59,6	56,6	57,5
	Ménages (voitures individuelles)	60,1	60,8	63,0	63,0	62,9	63,9
01-05	Agriculture, sylviculture, pêche	12,2	12,6	12,4	11,6	11,2	12,5
10-14	Industries extractives	3,3	3,5	3,4	3,1	3,1	3,1
15-16	Industries alimentaires et tabac	16,1	17,1	16,6	17,3	17,7	17,0
17-19	Textile, habillement, cuir et chaussures	3,0	3,3	3,1	3,0	2,8	2,9
20	Travail du bois	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6
21-22	Papier et carton, édition, imprimerie	6,3	7,2	6,9	6,8	7,2	7,1
23	Cokéfaction, raffinage, indus. nucléaires	22,8	23,5	23,7	23,4	23,9	23,3
24-25	Chimie, caoutchouc et plastiques	21,7	21,4	21,9	21,5	22,2	22,2
26	Minéraux non métalliques (verre, ciment...)	29,2	27,9	25,7	24,1	24,7	24,7
27	Métaux (sidérurgie, fonderie, métaux non ferreux)	24,6	25,1	24,0	21,2	23,1	23,5
28	Travail des métaux	3,6	2,2	2,2	1,8	1,7	1,7
29-33	Machines, équipements, appareils	3,4	3,7	3,6	3,5	3,3	3,2
34-35	Automobile et autres matériels de transport	3,4	4,0	3,8	3,2	3,0	3,1
36-37	Meubles, industries diverses, récupération	5,8	5,9	6,0	6,3	6,2	5,3
40	Électricité, gaz, chaleur	44,1	55,5	47,5	34,7	31,0	33,7
41	Captage, traitement, distribution d'eau	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
45	Construction	6,3	6,2	5,9	6,0	6,2	6,3
50	Commerce/réparation automobile	2,5	2,6	2,8	2,8	2,7	3,0
51-52	Commerce (gros et détail)	5,6	5,9	6,2	6,2	5,9	6,2
55	Hôtels et restaurants	2,7	2,9	3,0	3,0	2,9	2,8
60-64	Service de transport, postes/télécommunication	28,9	29,6	31,0	30,9	31,6	31,6
65-67 +70	Finance, assurance, activités immobilières	1,9	2,1	2,1	2,1	1,9	2,2
71	Location sans opérateur	2,6	2,7	2,8	2,8	2,7	2,8
73	Recherche et développement	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8
72+74	Services aux entreprises (y c. informatiques)	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,5
75	Administration publique	6,0	6,4	6,7	6,7	6,3	6,6
80+85	Éducation, santé et action sociale	9,4	10,0	10,3	10,0	9,2	9,3
90	Assainissement, gestion des déchets	8,4	8,7	9,0	9,3	9,4	9,4
91-93	Culture, sport, service personnel	2,5	2,8	2,9	2,9	2,8	2,7
	Total	**394,7**	**419,2**	**410,4**	**389,9**	**385,1**	**390,8**

Émissions de CO_2 hors utilisation de biomasse à des fins énergétiques

En millions de tonnes

1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
62,5	58,0	60,7	59,6	59,0	65,9	60,5	61,7	65,4	64,7	62,1	56,7
64,3	64,7	65,8	67,3	66,7	68,9	68,8	68,7	67,8	66,5	65,7	64,0
12,7	12,7	12,7	12,7	12,1	12,3	12,3	11,8	12,0	11,4	11,2	10,9
2,7	2,7	2,4	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9
16,8	17,4	16,9	15,5	15,8	17,1	16,7	16,5	15,6	15,4	15,8	16,7
2,9	2,7	2,6	2,3	2,3	2,2	1,9	1,9	1,6	1,5	1,3	1,2
0,6	0,7	0,6	0,8	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
6,9	6,9	6,6	6,0	6,3	6,5	5,9	6,1	5,7	5,7	5,4	5,0
23,4	24,9	25,1	24,9	24,6	23,8	23,2	22,0	22,8	22,4	22,4	23,3
22,5	21,9	21,9	20,3	19,9	20,8	18,7	18,9	18,3	20,3	19,0	19,1
24,3	24,1	25,0	24,3	24,5	24,7	24,6	24,2	25,2	25,3	25,7	25,7
21,7	23,5	23,8	23,4	23,7	21,4	22,5	22,7	23,5	22,3	21,4	19,9
2,2	2,0	2,2	1,9	2,3	2,8	2,3	2,3	2,0	2,2	2,2	2,1
3,6	3,6	3,8	3,6	3,5	3,5	3,4	3,6	3,2	3,1	3,1	2,7
3,8	3,6	3,7	3,3	3,5	3,7	3,4	3,7	3,4	3,3	3,1	2,7
5,5	5,6	6,4	5,5	5,7	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,5	5,3
38,2	33,4	45,9	39,3	37,2	30,0	35,4	38,2	37,1	42,3	38,4	38,7
0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
6,4	6,6	6,6	7,0	7,1	7,2	7,4	7,5	7,8	8,4	8,5	8,6
3,1	3,1	3,2	3,2	3,0	3,2	3,1	3,2	3,2	3,2	3,1	3,5
6,7	6,5	6,8	6,8	6,4	6,9	6,1	6,6	6,8	6,8	6,8	6,5
3,0	2,9	3,0	2,9	2,9	3,1	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	2,8
32,4	33,8	35,3	36,6	37,4	37,3	37,4	37,0	38,5	38,0	38,2	38,1
2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,3
2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,1	3,1
0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
1,6	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	1,6
7,0	6,7	6,8	6,7	6,5	6,8	5,8	6,3	6,4	6,4	6,4	6,0
10,0	9,4	9,7	9,5	8,8	9,5	8,1	8,9	9,2	9,2	9,1	8,3
9,4	9,4	9,2	9,4	9,8	10,0	10,2	10,4	10,7	10,7	10,6	10,4
3,0	2,9	3,0	3,0	3,1	3,3	3,0	3,1	3,3	3,3	3,2	3,0
403,5	**397,6**	**417,4**	**406,2**	**402,8**	**407,9**	**399,8**	**405,3**	**409,3**	**411,9**	**402,2**	**391,8**

Source : Citepa, SOeS, version du 28 septembre 2009.

Commissariat général au développement durable
Service de l'observation et des statistiques
Tour Voltaire
92055 La Défense cedex
Courriel : cgdd-soes-orleans@developpement-durable.gouv.fr

Dépôt légal : août 2010
ISSN : 2102-4723
ISBN : 978-2-11-098771-6

Retrouver cette publication sur le site :
www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr

Conditions générales d'utilisation

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille — 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1er juillet 1992 — art. L.122-4 et L.122-5 et Code pénal art. 425).

CO_2 et activités économiques de la France
Tendances 1990-2007 et facteurs d'évolution

*L'*empreinte carbone de la demande finale française *est supérieure de 33 % à la quantité de CO_2 émise en France, une fois pris en compte le solde des émissions liées respectivement aux importations et aux exportations. La quantité de CO_2 émise en France résulte pour 70 % des activités de production ; 30 % sont directement générés par les ménages (voiture et chauffage). Au cours de la période 1990-2007, le progrès technique réalisé en France a entraîné une baisse du niveau d'émissions unitaires de CO_2 de la production et de la consommation. Cependant, l'augmentation du niveau de la production et de la consommation a de façon générale compensé les effets de cette baisse. Les émissions de l'ensemble de l'industrie ont toutefois baissé de 10 % au cours de cette période.*

*Dans le cadre de son programme de comptabilité environnementale, Eurostat – l'Office statistique de l'Union européenne – a développé une méthode pour la préparation de comptes d'émissions atmosphériques ventilés par activités économiques. Des travaux sont engagés en vue d'élaborer des comptes similaires pour d'autres domaines environnementaux (énergie, eau, déchets…). La combinaison de tels comptes avec le tableau entrées-sorties (TES) de la comptabilité nationale est connue sous le nom de Namea (*National Accounting Matrix including Environmental Accounts*) ; elle vise à analyser les facteurs déterminant l'évolution des pressions exercées par les activités économiques sur l'environnement.*

En France, le Service de l'observation et des statistiques (SOeS) élabore les comptes d'émissions dans l'air (gaz à effet de serre, polluants photochimiques et acidifiants, métaux lourds…) avec l'appui du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa). Ces comptes sont alors combinés avec le TES préparé par l'Institut national des statistiques et études économiques (Insee).

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat
Développement durable
Infrastructures, transports et mer
Prévention des risques

Présent pour l'avenir

© SOeS, 2010
Dépôt légal : août 2010
ISSN : 2102-4723
ISBN : 978-2-11-098771-6

Service de l'observation et des statistiques
www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr