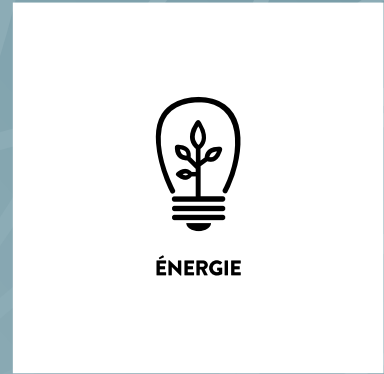


D

A



T

A

L

A

B

**Commissariat général au développement durable**

# Les facteurs d'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie en France de 1990 à 2018

sommaire

## Les facteurs d'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie en France de 1990 à 2018

- 5 - Quels rôles ont joué l'efficacité énergétique et le bouquet énergétique dans l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> de la France ?
- 11 - Quels facteurs d'évolution dans le résidentiel ?
- 17 - Quels facteurs d'évolution dans les transports ?
- 25 - Quels facteurs d'évolution dans le secteur productif ?
- 30 - Données clés
- 31 - Annexes

Document édité par :  
**Le service des données  
et études statistiques (SDES)**

*Chiffres arrêtés au 31 janvier 2020.  
L'arrondi de la somme n'est pas toujours égal à la somme des arrondis.*

contributeur



## avant-propos



aire les bons choix en matière de politique d'atténuation du changement climatique nécessite de comprendre quels ont été les déterminants passés de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre.

Cette publication a pour objet d'y contribuer sur le champ des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion d'énergie, en quantifiant les contributions respectives des évolutions de l'activité, des gains d'efficacité énergétique et de la modification du bouquet énergétique, d'abord de manière agrégée puis par grand secteur émetteur (résidentiel, transports, secteur productif).

— **Béatrice Sédillot**

CHEFFE DU SERVICE DES DONNÉES ET ÉTUDES STATISTIQUES (SDES)

partie 1

**Quels rôles ont  
joué l'efficacité  
énergétique et  
le bouquet  
énergétique  
dans l'évolution  
des émissions  
de CO<sub>2</sub> de  
la France ?**



**partie 1 : quels rôles ont joué l'efficacité énergétique et le bouquet énergétique dans l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> de la France ?**

**En France métropolitaine, les émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion d'énergie, corrigées des variations climatiques, ont diminué de 19 % entre 1990 et 2018, avec une baisse concentrée sur la période 2005-2018. La forte diminution de l'intensité énergétique et du contenu carbone de l'énergie consommée ont plus que compensé la croissance démographique et la hausse du PIB par habitant.**

**LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> EST LIÉE À UNE RÉDUCTION DE L'INTENSITÉ ÉNERGÉTIQUE ET DU CONTENU CARBONE DE L'ÉNERGIE CONSOMMÉE**

Corrigées des variations climatiques (*voir méthodologie*), les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dues à la combustion d'énergie sur le territoire métropolitain s'élèvent en 2018 à 303 millions de tonnes (Mt), soit deux tiers des émissions de gaz à effet de serre (GES) totales de la France. Ces émissions ont baissé de 19 % par rapport à 1990.

L'évolution des émissions peut être vue comme le résultat de l'évolution conjointe de la population, du PIB par habitant (en euros constants), de l'intensité énergétique de l'économie (énergie primaire/PIB) et du contenu carbone de la

consommation d'énergie primaire (émissions de CO<sub>2</sub>/énergie primaire), selon l'équation dite de « Kaya » :

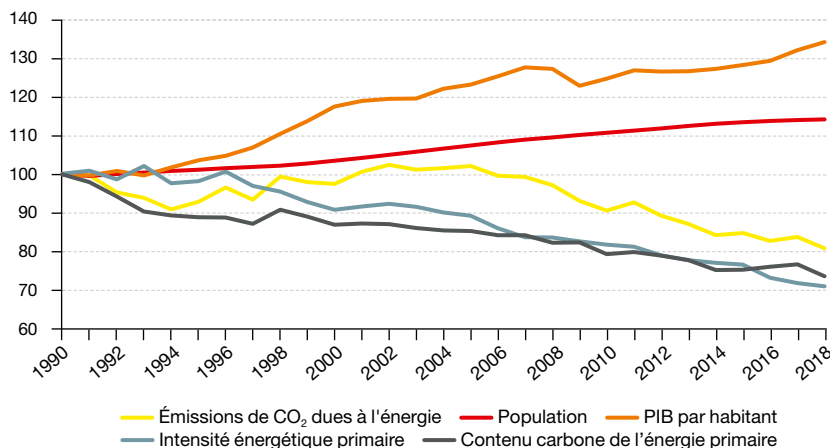
$$CO_2 = P \times \frac{PIB}{P} \times \frac{E}{PIB} \times \frac{CO_2}{E}$$

où CO<sub>2</sub> représente les émissions de CO<sub>2</sub> annuelles, *P* la population et *E* la consommation d'énergie primaire.

Suivant cette décomposition, la baisse de 19 % des émissions entre 1990 et 2018 peut ainsi s'expliquer par celles de l'intensité énergétique de l'économie (- 28 %) et du contenu carbone moyen de la consommation d'énergie primaire (- 26 %), qui ont plus que compensé la croissance démographique (+ 14 %) et la hausse du PIB par habitant (+ 35 %) - (*graphique 1*).

**Graphique 1 : décomposition de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'énergie en France entre 1990 et 2018 suivant l'équation de Kaya**

Indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques)



Note : les émissions de CO<sub>2</sub> sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.  
Source : calculs SDES

La baisse des émissions de CO<sub>2</sub> apparaît concentrée en fin de période : relativement stables entre 1990 et 2005, les émissions baissent de 1,7 % en moyenne annuelle entre 2005 et 2018. Deux facteurs contribuent à cette rupture de tendance : le ralentissement de la croissance économique (+ 1,1 % par an en moyenne sur la période 2005-2018, contre + 1,9 % sur 1990-2005) et une baisse plus soutenue de l'intensité énergétique primaire (- 1,7 % par an en moyenne sur 2005-2018, contre - 0,7 % sur 1990-2005). Entre 2012 et 2018, les

émissions de CO<sub>2</sub> baissent de 1,6 % par an, soit un rythme légèrement plus faible qu'entre 2005 et 2012 : cette évolution s'explique notamment par une reprise de l'activité économique au sortir de la crise de 2007-2008 (+ 1,3 % par an), alors que le rythme des gains d'efficacité énergétique est stable. La décroissance du contenu carbone de l'énergie, détaillée dans ce qui suit, s'est, quant à elle, faite à un rythme relativement constant sur l'ensemble de la période.

## partie 1 : quels rôles ont joué l'efficacité énergétique et le bouquet énergétique dans l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> de la France ?

### LA RÉDUCTION DU CONTENU CARBONE DE L'ÉNERGIE CONSOMMÉE EST DUE SURTOUT AU DÉVELOPPEMENT DU NUCLÉAIRE DANS LES ANNÉES 1990 ET DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DEPUIS 2005

L'analyse précédente peut être affinée en exprimant le contenu carbone de la consommation d'énergie primaire (Ic) en fonction du contenu carbone des seules énergies fossiles et des parts respectives du nucléaire et des énergies renouvelables (EnR) dans le bouquet énergétique (voir encadré).

Sur la période 1990-2018, le premier facteur de baisse du contenu carbone de l'énergie primaire (- 26 %, de 1,7 tCO<sub>2</sub>/tep en 1990 à 1,3 tCO<sub>2</sub>/tep en 2018) a été la hausse de la production nucléaire primaire, devant le déploiement des énergies renouvelables et la baisse du contenu carbone des énergies fossiles.

La contribution du nucléaire est surtout importante dans les années 1990, au cours desquelles plusieurs réacteurs ont été mis en service. Les variations de cette contribution sur les années récentes sont largement liées aux fluctuations de la production nucléaire, l'importance des opérations de contrôle et de maintenance pouvant varier d'une année sur l'autre. La baisse de cette production en 2016 et 2017 a ainsi contribué à un rebond des émissions, estimé par la méthode retenue ici à 4 % sur deux ans, partiellement compensé en 2018 (graphique 2). Entre 2012 et 2018, cette contribution du

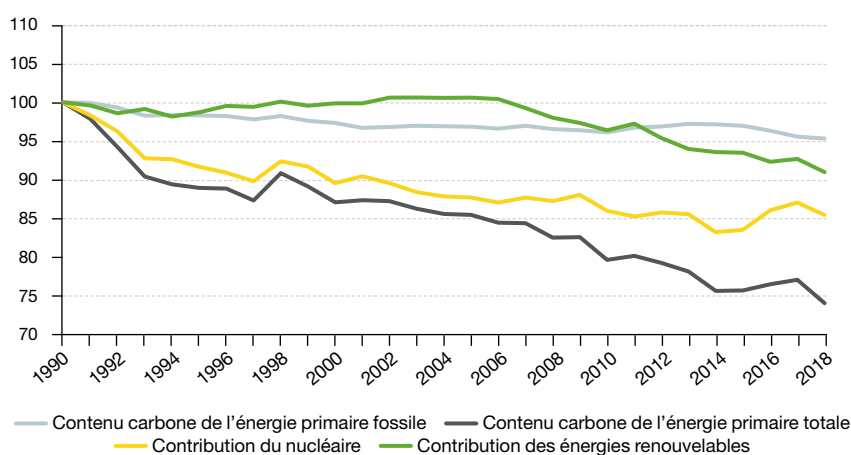
nucléaire reste cependant globalement neutre sur le contenu carbone de l'énergie, et donc sur les émissions.

La contribution des énergies renouvelables est importante à partir de 2005, du fait du regain de la consommation de bois-énergie et de l'essor de nouvelles sources, notamment les biocarburants, les pompes à chaleur et l'éolien (voir les Chiffres clés des énergies renouvelables). Il faut noter que la production et la consommation d'énergies renouvelables peuvent connaître des variations conjoncturelles d'une année sur l'autre en raison du climat (température, pluviométrie, régime de vent, etc.) : les niveaux élevés des productions hydraulique et éolienne en 2018 contribuent ainsi de manière sensible (- 2 %) à la baisse des émissions. Entre 2012 et 2018, la contribution des énergies renouvelables à la baisse des émissions est estimée à - 5 %, avec la méthode retenue.

La baisse du contenu carbone des énergies fossiles (- 5 %, à 3,0 tCO<sub>2</sub>/tep en 2018, contre 3,2 tCO<sub>2</sub>/tep en 1990) s'explique principalement par le développement du gaz naturel au détriment du charbon ou des produits pétroliers dans certains secteurs comme l'industrie, le résidentiel ou la production d'électricité. Depuis 2012, la part du charbon (qui émet plus de CO<sub>2</sub> pour fournir une même quantité d'énergie) dans la consommation primaire d'énergies fossiles (hors usages non énergétiques) est notamment passée de 10 % à 8 %, alors que celle du gaz est passée de 33 % à 36 %.

### Graphique 2 : décomposition de l'évolution du contenu carbone de l'énergie primaire

Indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques)



Note : le contenu carbone de l'énergie primaire totale est égal, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.  
Source : calculs SDES

**partie 1** : quels rôles ont joué l'efficacité énergétique et le bouquet énergétique dans l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> de la France ?

## Les contributions du nucléaire et des énergies renouvelables au bouquet énergétique et à la baisse des émissions de CO<sub>2</sub> diffèrent selon les méthodes de comptabilisation utilisées

La comptabilisation des quantités des différentes formes d'énergie obéit à certaines conventions, qui influent sur les résultats. La méthode utilisée ici est celle du « contenu énergétique », qui fait référence au niveau international (Agence internationale de l'énergie, Eurostat). Il en existe toutefois d'autres, notamment celle de la « substitution partielle », utilisée notamment par l'agence de l'énergie des États-Unis. Les deux méthodes traitent de la même manière les combustibles (énergies fossiles ou biomasse), comptabilisés en énergie primaire à hauteur de leur pouvoir calorifique, mais différent pour le nucléaire et les énergies renouvelables électriques sans combustion (photovoltaïque, éolien, hydraulique, etc.) - (tableau 1).

**Tableau 1 : caractéristiques des méthodes usuelles de comptabilisation de l'énergie**

Méthode	Principe	Traitement du nucléaire et de la géothermie	Traitement des EnR électriques	Principaux utilisateurs
Contenu énergétique	L'énergie primaire considérée est la première forme d'énergie utilisée dans le processus de transformation de l'énergie : chaleur pour le nucléaire et la géothermie, électricité pour le photovoltaïque et l'éolien.	Comptabilisation de la chaleur nucléaire ou géothermique, avec des coefficients de conversion par défaut de respectivement 33 % et 10 %. 1 kWh d'électricité nucléaire = 10,9 MJ d'énergie primaire.	Coefficient de conversion de 100 %. 1 kWh d'EnR électrique = 3,6 MJ d'énergie primaire.	AIE, Eurostat, bilan de l'énergie national (SDES)
Substitution partielle	Pour la production d'électricité nucléaire ou renouvelable (non thermique), l'énergie primaire correspondante est la quantité énergie fossile qui aurait été utilisée pour produire la même quantité d'électricité.	Les coefficients d'équivalence en énergie fossile varient légèrement selon les méthodes autour de 38 %. Pour le WEC, 1 kWh d'électricité nucléaire = 9,3 MJ d'énergie primaire.	Pour le WEC, 1 kWh d'EnR électrique = 9,3 MJ d'énergie primaire.	WEC ( <i>World Energy Council</i> ), U.S. EIA, <i>British Petroleum</i>

Source : U.S. Energy Information Agency (EIA), 2017

Les bouquets énergétiques sont contrastés selon la méthode utilisée. La méthode du contenu énergétique conduit, en 2018, à des parts respectives du nucléaire et des énergies renouvelables de 44 % et 13 %, contre 38 % et 19 % pour la méthode de substitution partielle. Ces écarts se retrouvent dans les contributions du nucléaire et des énergies renouvelables à l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub>. Ainsi, entre 1990 et 2018, la contribution des énergies renouvelables, estimée à - 8 % avec la méthode du contenu énergétique, passe à - 12 % avec celle de substitution partielle. À l'inverse, la contribution du nucléaire, estimée à - 14 % avec la méthode du contenu énergétique, est réduite à - 11 % avec la méthode de substitution partielle.





**partie 1** : quels rôles ont joué l'efficacité énergétique et le bouquet énergétique dans l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> de la France ?



Chacune de ces méthodes comporte des limites. Celle du contenu énergétique, même si elle présente une certaine cohérence d'un point de vue physique, sous-estime le poids des énergies renouvelables électriques et surestime celui du nucléaire par rapport à leurs contributions réelles au bouquet de production d'électricité. La méthode de substitution partielle évite cet écueil, mais raisonner à production d'électricité constante, comme elle le fait, est également critiquable dans la mesure où l'électricité peut elle-même se substituer à d'autres formes d'énergie. Par ailleurs, selon les facteurs retenus pour exprimer le ratio entre énergie primaire fossile et énergie primaire totale, les contributions relatives du nucléaire et des EnR peuvent varier de manière sensible. Afin de décomposer le contenu moyen en CO<sub>2</sub> de l'énergie primaire, énergies renouvelables et nucléaire sont traités de manière symétrique :

$$I_c = \frac{CO_2}{E} = \frac{CO_2}{Foss} \times \left( \frac{Foss}{Foss+EnR} \frac{E-EnR}{E} \right)^{1/2} \times \left( \frac{Foss}{Foss+Nuc} \frac{E-Nuc}{E} \right)^{1/2}$$

Contribution des EnR    Contribution du nucléaire

mais d'autres conventions peuvent donner plus de poids à l'une ou l'autre des contributions :

$$I_c = \frac{CO_2}{E} = \frac{CO_2}{Foss} \times \left( \frac{Foss}{Foss+EnR} \right) \times \left( \frac{E-Nuc}{E} \right)$$

$$I_c = \frac{CO_2}{E} = \frac{CO_2}{Foss} \times \left( \frac{Foss}{Foss+Nuc} \right) \times \left( \frac{E-EnR}{E} \right)$$

Entre 1990 et 2018, la contribution du nucléaire à la baisse du contenu CO<sub>2</sub> de l'énergie primaire se situe ainsi, selon la convention retenue, dans l'intervalle - 10 % à - 17 %, tandis que celle des énergies renouvelables se situe dans l'intervalle - 5 % à - 11 %.



partie 2

# Quels facteurs d'évolution dans le résidentiel ?



## partie 2 : quels facteurs d'évolution dans le résidentiel ?

Les émissions de CO<sub>2</sub> (y compris les émissions indirectes liées à la consommation d'électricité et de chauffage urbain) du secteur résidentiel ont diminué de 35 % entre 2005 et 2018, après une légère augmentation entre 1990 et 2005. Cette baisse est imputable en grande partie à la diminution du contenu carbone de l'énergie, avec le recours croissant aux énergies renouvelables thermiques, et à la décarbonation du bouquet de production d'électricité. L'amélioration des performances thermiques des logements, découlant des réglementations thermiques sur les constructions neuves et des politiques d'incitation à la rénovation, y contribue aussi, mais cet effet est annulé en grande partie par la hausse du nombre de logements et celle de leur surface moyenne.

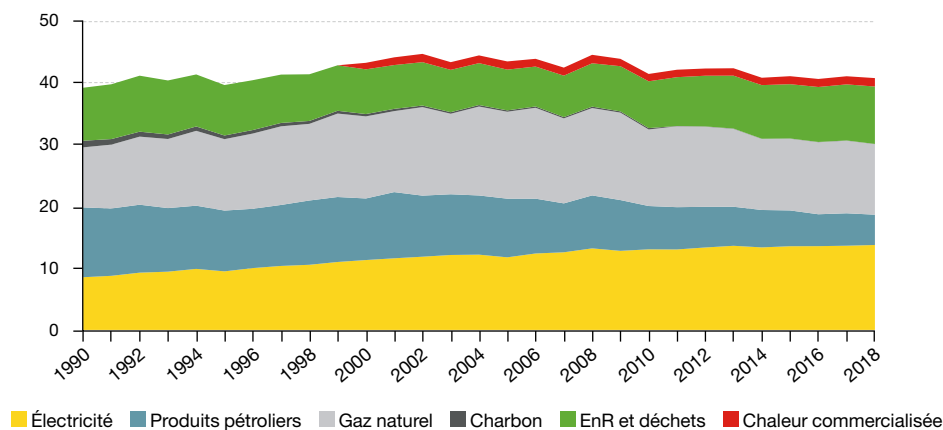
### LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DU RÉSIDENTIEL BAISSENT TENDANCIELLEMENT DEPUIS 2010, SOUS L'EFFET DE LA STABILISATION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET DE LA BAISSÉ DE SON CONTENU CARBONE

Corrigée des variations climatiques, la consommation d'énergie du secteur résidentiel représente 40,7 Mtep en 2018, soit 28 % de la consommation nationale à usage énergétique. Après avoir crû jusqu'au début des années 2000, elle tend à se stabiliser depuis, avec une légère décroissance sur les années récentes : - 4 % entre 2012 et 2018 (graphique 3).

L'électricité représente aujourd'hui la première forme d'énergie utilisée dans le résidentiel, avec un tiers du total, devant le gaz naturel, les énergies renouvelables, les produits pétroliers (fioul domestique et gaz de pétrole liquéfié) et le chauffage urbain. Ce bouquet a significativement évolué depuis 1990 : l'électricité et, dans une moindre mesure, le gaz naturel se sont développés au détriment des produits pétroliers et du charbon (ce dernier étant aujourd'hui quasiment absent de la consommation résidentielle). La part des énergies renouvelables (pompes à chaleur, bois-énergie) est également en hausse sur les années récentes.

### Graphique 3 : consommation d'énergie du secteur résidentiel par forme d'énergie

En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

Les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur résidentiel s'élèvent en 2018 à 54,9 Mt (graphique 4), soit 18 % des émissions nationales dues à la combustion d'énergie. Elles sont composées de 77 % d'émissions directes (gaz : 50 % ; produits pétroliers : 27 %) et de 23 % d'émissions indirectes (voir encadré) liées à la consommation d'électricité (18 %) et à celle de chauffage urbain (6 %). Au total, les émissions directes ont baissé de 32 % depuis 1990, la hausse des émissions liées au gaz naturel ayant été plus que compensée

par la baisse de celles liées aux produits pétroliers. Malgré la hausse de la consommation d'électricité (+ 61 % entre 1990 et 2018), les émissions de CO<sub>2</sub> qui lui sont indirectement liées ont également diminué depuis 1990, en raison de la forte baisse du contenu carbone de l'électricité produite en France. Cette dernière baisse s'explique elle-même par différents facteurs au cours du temps (voir partie 1) : le développement du nucléaire a joué un rôle prédominant au début des années 1990 avant que ne prenne le relais, depuis

## partie 2 : quels facteurs d'évolution dans le résidentiel ?

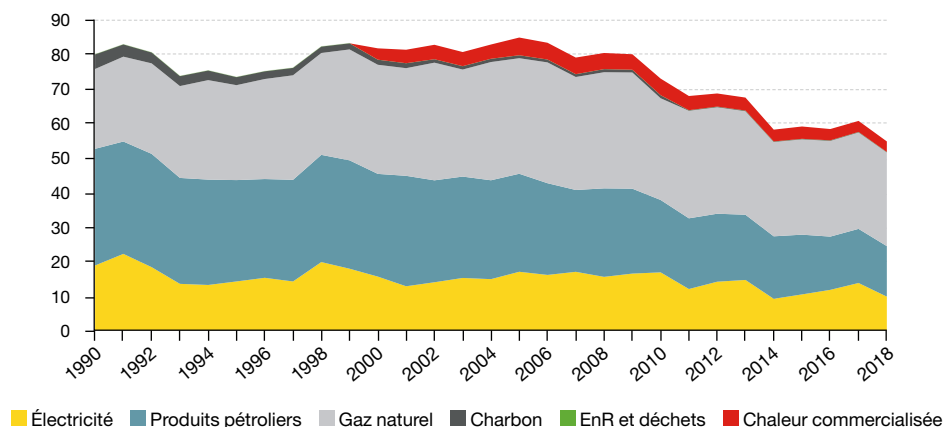
le milieu des années 2000, le développement des énergies renouvelables électriques (éolien, et photovoltaïque dans une moindre mesure), auquel il faut ajouter l'accélération de la substitution de gaz naturel au charbon dans le mix électrique.

Le chauffage représente 66 % de la consommation d'énergie résidentielle en 2018, devant les usages spécifiques

de l'électricité (17 %), l'eau chaude sanitaire (11 %) et la cuisson (5 %). La consommation de chauffage, stable dans les années 1990, baisse légèrement depuis le début des années 2000 (graphique 5). La consommation d'électricité pour des usages spécifiques a presque doublé entre 1990 et 2018 (+ 96 %), tandis que les consommations liées à la cuisson et à l'eau chaude sanitaire sont restées globalement stables.

### Graphique 4 : émissions de CO<sub>2</sub> du secteur résidentiel par forme d'énergie

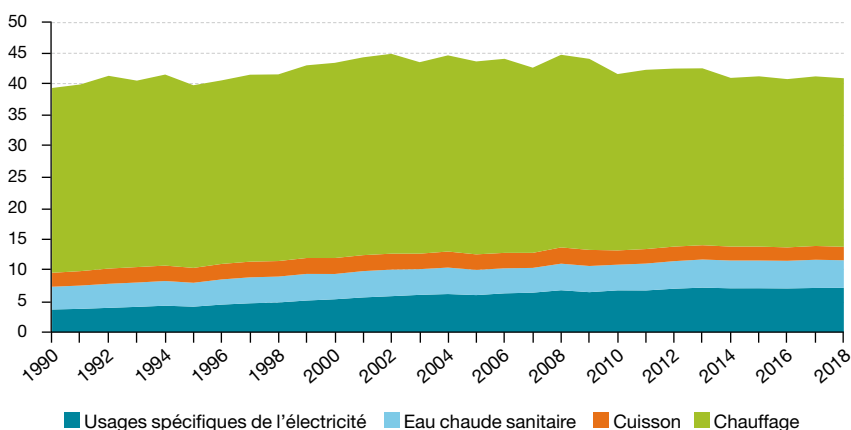
En MtCO<sub>2</sub> (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

### Graphique 5 : consommation d'énergie du secteur résidentiel par usage

En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

## partie 2 : quels facteurs d'évolution dans le résidentiel ?

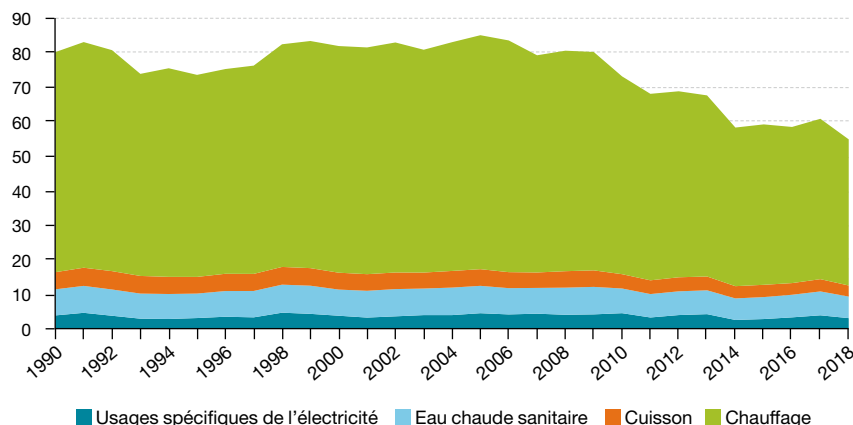
Le chauffage est encore plus prédominant en matière d'émissions de CO<sub>2</sub>, étant à l'origine de 77 % d'entre elles en 2018 (graphique 6). Cela s'explique, d'une part, par le poids plus important des énergies fossiles dans le chauffage que dans l'ensemble des usages et, d'autre part, par le fait que l'électricité consommée pour le chauffage présente un contenu carbone supérieur à celui des autres usages de l'électricité. En effet, la consommation de chauffage, concentrée sur la période hivernale, nécessite le recours aux moyens de production d'électricité de pointe, notamment les centrales thermiques à combustibles fossiles. À l'inverse, l'électricité spécifique, dont la consommation, davantage répartie tout au long de l'année, a un contenu carbone moins élevé que celle liée au chauffage électrique, pèse significativement moins dans les émissions de CO<sub>2</sub> (6 %)

que dans la consommation d'énergie. L'eau chaude sanitaire et la cuisson représentent respectivement 11 % et 6 % des émissions, parts proches de ce que ces usages pèsent dans la consommation d'énergie.

Les émissions liées à chacun des usages ont diminué au cours du temps. La chute du contenu carbone de l'électricité spécifique a plus que compensé le quasi-doublement de sa consommation entre 1990 et 2018, les émissions associées baissant de 21 % sur la période. Ce même facteur ainsi que l'expansion du recours à l'électricité, au détriment du fioul pour l'eau chaude sanitaire et du gaz de pétrole liquéfié (GPL) pour la cuisson, sont les principales explications des baisses de respectivement 17 % et 35 % des émissions liées à ces deux usages entre 1990 et 2018. Les émissions liées au chauffage sont étudiées plus en détail ci-après.

### Graphique 6 : émissions de CO<sub>2</sub> du secteur résidentiel par usage

En MtCO<sub>2</sub> (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

### LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DE CHAUFFAGE DÉCROÎT GLOBALEMENT DEPUIS 2005, MALGRÉ L'AUGMENTATION DU NOMBRE DE LOGEMENTS ET LA HAUSSE DE LEUR SURFACE MOYENNE

Les émissions liées au chauffage des résidences principales (qui représentent 97 % des émissions liées au chauffage résidentiel en 2018) peuvent être décomposées, pour en analyser l'évolution (graphique 7), comme le produit des termes suivants : le nombre d'habitants ; le nombre de résidences principales par habitant (soit l'inverse du nombre d'occupants par logement) ; la surface par logement ; la consommation d'énergie par mètre carré ; le contenu carbone de l'énergie consommée.

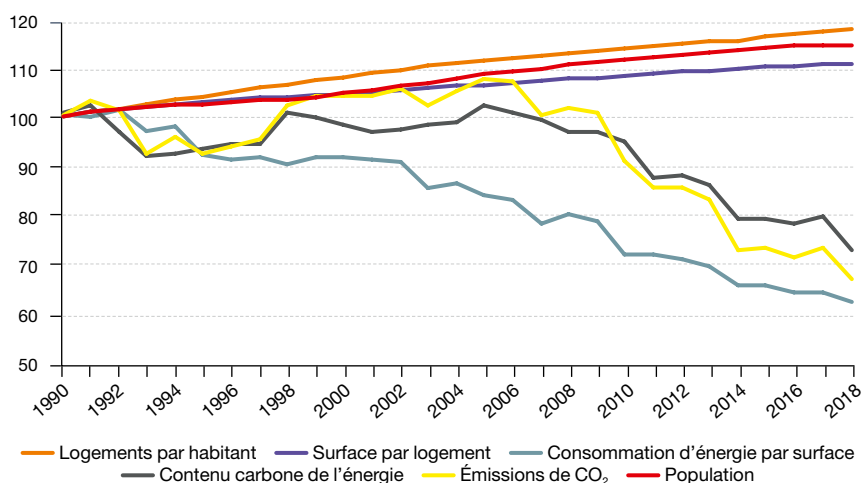
Globalement, les émissions de CO<sub>2</sub> liées au chauffage résidentiel ont baissé de 33 % sur la période 1990-2018, au sein de laquelle il faut distinguer deux sous-périodes, la relative stabilité observée jusqu'au milieu des années 2000 contrastant avec le rythme élevé de baisse constaté depuis lors. Depuis 2012, ce dernier est ainsi en moyenne de - 4 % par an.

Ce changement de rythme est principalement lié à l'évolution du contenu carbone de l'énergie. Le niveau de ce contenu en 2005 était identique à celui de 1990, résultant de la neutralisation de deux effets contraires : d'une part, le développement de l'électricité nucléaire (expliquant la baisse du début des années 1990) et, d'autre part, la baisse relative du recours aux énergies renouvelables. Le regain de ces dernières, notamment le bois et les pompes à chaleur, au

## partie 2 : quels facteurs d'évolution dans le résidentiel ?

### Graphique 7 : décomposition de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> liées au chauffage résidentiel

Indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques)



Note : les émissions de CO<sub>2</sub> sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.

Source : calculs SDES

détriment du fioul domestique, est le principal facteur à l'origine de la baisse du contenu carbone observée depuis le milieu des années 2000. Cette baisse de contenu carbone s'explique principalement par la part croissante de la chaleur renouvelable extraite par les pompes à chaleur (+ 4 points depuis 2012) et du bois-énergie (+ 2 points) et le recul du fioul domestique (- 5 points), avec notamment un basculement dans le parc de maisons individuelles. Le contenu carbone du fioul est en effet très supérieur (3,0 tCO<sub>2</sub>/tep) au mix moyen du chauffage résidentiel (1,6 tCO<sub>2</sub>/tep), tandis que ceux des énergies renouvelables sont nuls. La décarbonation du mix électrique et, dans une moindre mesure, celui du chauffage urbain ont également contribué à la baisse.

À cet effet de modification du mix énergétique, s'ajoute celui de l'amélioration des performances thermiques des nouveaux logements et des efforts de rénovation des logements existants. La consommation de chauffage au mètre carré diminue ainsi en moyenne de 2,2 % depuis 2005 (contre 1,2 %

par an en moyenne entre 1990 et 2005). Ces gains sont toutefois absorbés en grande partie par la hausse de la surface totale des logements (+ 1,2 % par an en moyenne depuis 2005), qui trouve son origine dans la croissance de la population (+ 0,4 % par an en moyenne), dans l'augmentation de la taille moyenne des logements (+ 0,3 % par an en moyenne) et dans celle du nombre moyen de logements par habitant (+ 0,4 % par an en moyenne). La hausse de ce dernier ratio, qui était plus forte entre les années 1990 et 2005 (+ 0,7 % par an en moyenne), tend à décélérer aujourd'hui. Elle correspond à la diminution du nombre moyen de personnes occupant un logement, liée au vieillissement de la population et à des ruptures conjugales plus fréquentes. Au total, la consommation d'énergie de chauffage des résidences principales baisse en moyenne de 1,0 % par an depuis 2005. Les gains d'efficacité énergétique restent soutenus depuis 2012, avec une baisse moyenne de 2,0 % par an de la consommation de chauffage par mètre carré.





partie 3

# Quels facteurs d'évolution dans les transports ?



### partie 3 : quels facteurs d'évolution dans les transports ?

Les émissions de CO<sub>2</sub> du transport de voyageurs ont crû de 7 % entre 1990 et 2018. Après une hausse marquée entre 1990 et 2002 (+ 19 %), les émissions se sont réduites entre 2002 et 2012 (- 9 %) avant de se stabiliser. Principal contributeur, le transport individuel routier a bénéficié de l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules sur toute la période et du ralentissement de la croissance du volume des déplacements depuis le début des années 2000. Dans le transport de marchandises, des améliorations logistiques et techniques ont permis de stabiliser les émissions depuis le début des années 2010.

#### L'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES VÉHICULES PARTICULIERS ET L'INCORPORATION DE BIOCARBURANTS ONT PERMIS DE DIMINUER LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DU TRANSPORT DE VOYAGEURS

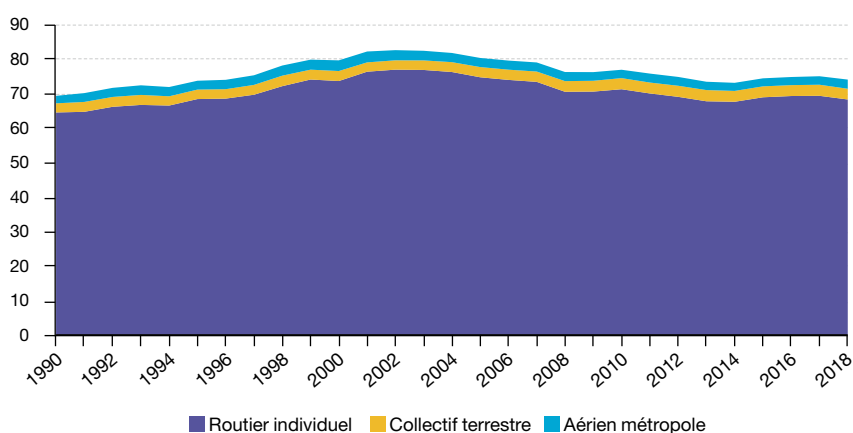
Le transport de voyageurs est à l'origine de l'émission de 74 MtCO<sub>2</sub> en 2018, soit 24 % des émissions nationales dues à la combustion d'énergie. Le transport individuel routier (voitures particulières et deux-roues) est largement prédominant, représentant 92 % de ces émissions en 2018, contre 4 % pour le transport collectif terrestre (routier et ferroviaire) et 4 % pour les vols intérieurs en métropole (*graphique 8*).

Les émissions du transport individuel routier ont crû de 6 % entre 1990 et 2018. Deux sous-périodes se distinguent : jusqu'au début des années 2000, les émissions s'accroissent de manière quasiment proportionnelle au nombre de voyageurs-kilomètres ; à partir de 2002, la tendance est à la baisse (- 10 % depuis 2002).

Les émissions du transport individuel routier sont directement liées à sa consommation d'énergie, composée à plus de 99 % de gazole et d'essence, même si, du fait de l'incorporation progressive de biocarburants depuis 2005, ces deux grandeurs ne sont plus strictement proportionnelles. Cette consommation, très liée au volume de déplacements mesuré en voyageurs-kilomètres, est tirée à la baisse par l'amélioration technologique des véhicules particuliers, la consommation par véhicule-kilomètre ayant diminué de 0,9 % par an en moyenne depuis 1990 (hors véhicules immatriculés à l'étranger) - (*graphique 9*). La baisse du taux moyen d'occupation des véhicules, de 1,78 passager en 1990 à 1,57 en 2018, a toutefois joué en sens inverse, même si ce taux tend à se stabiliser aujourd'hui. Le développement de l'incorporation de biocarburants depuis 2005 a par ailleurs contribué à la baisse des émissions depuis cette date.

Graphique 8 : émissions de CO<sub>2</sub> du transport de voyageurs

En MtCO<sub>2</sub>



Champ : tous modes, y compris véhicules étrangers, hors transport aérien international.  
Source : calculs SDES

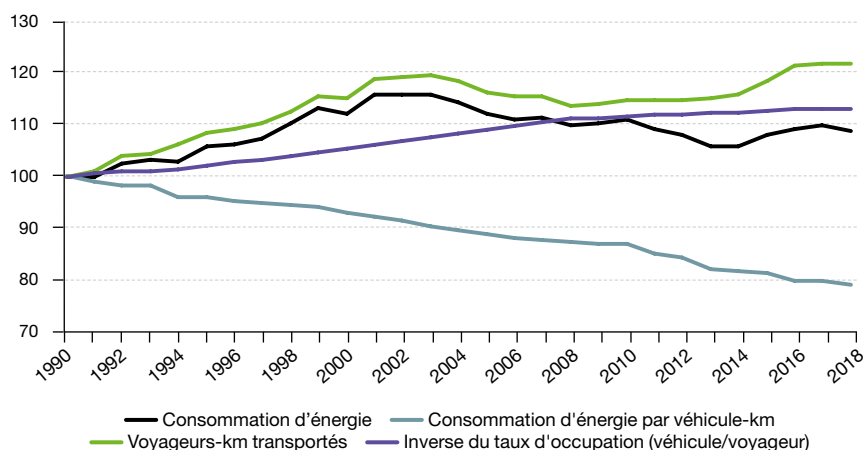
Les émissions des transports collectifs terrestres ont, quant à elles, augmenté globalement de 18 % entre 1990 et 2018, principalement en raison d'une hausse des consommations d'énergie (+ 46 %) accompagnant celle du nombre de voyageurs-kilomètres transportés (+ 38 %). Cette hausse a toutefois été

atténuée par la baisse du contenu carbone de l'énergie utilisée liée à trois principaux effets : l'électrification croissante des transports collectifs, la baisse du contenu en CO<sub>2</sub> de l'électricité elle-même et l'incorporation de biocarburants dans le gazole consommé par les bus et cars.

### partie 3 : quels facteurs d'évolution dans les transports ?

**Graphique 9 : décomposition de l'évolution de la consommation d'énergie des voitures particulières**

Indice base 100 en 1990



Note : la consommation d'énergie est égale, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.

Champ : voitures particulières immatriculées en France, roulant en France.

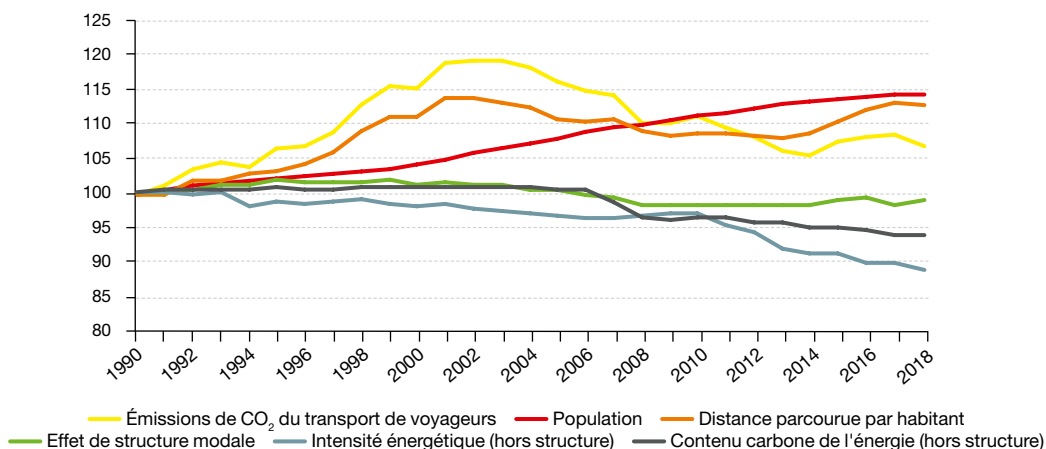
Source : calculs SDES

Les émissions du transport aérien (vols intérieurs en métropole) sont, en 2018, plus élevées de 22 % que ce qu'elles étaient en 1990. Elles ont crû dans les années 1990 puis diminué dans les années 2000, suivant les mouvements de l'activité (nombre de voyageurs-kilomètres transportés), qui

s'est accrue de 39 % depuis le début de la période. La croissance de ces émissions connaît un léger ralentissement (+ 4 % entre 2012 et 2018) : la baisse de la consommation d'énergie par voyageur-kilomètre a en grande partie compensé le retour à une croissance soutenue de l'activité (+ 13 %).

**Graphique 10 : décomposition de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> du transport de voyageurs**

Indice base 100 en 1990



Note : les émissions de CO<sub>2</sub> sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.

Champ : tous modes, y compris véhicules étrangers, hors transport aérien international.

Source : calculs SDES

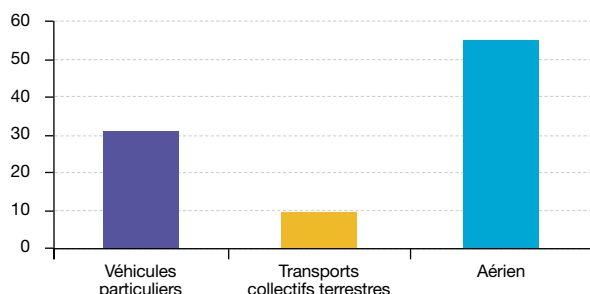
### partie 3 : quels facteurs d'évolution dans les transports ?

Tous modes confondus, les émissions de CO<sub>2</sub> du transport de voyageurs ont augmenté de 7 % entre 1990 et 2018, plus modérément que l'activité mesurée en voyageurs-kilomètres (+ 29 %) - (graphique 10). En hausse de près de 20 % entre 1990 et 2002, les émissions ont connu une baisse marquée

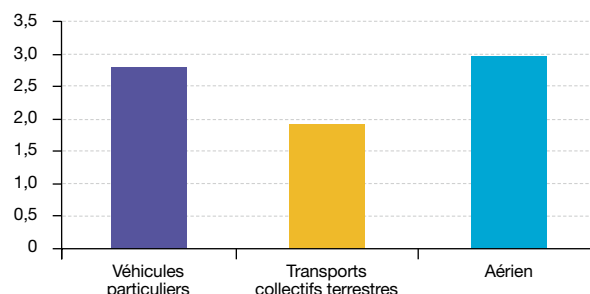
entre 2002 et 2012 (- 9 %) et fluctuent peu depuis. Entre 2012 et 2018, les émissions se sont réduites de 1 %, tout comme celles du mode routier individuel (- 1 %), la hausse des émissions du transport aérien (+ 4 %) étant compensée par une baisse de celles des transports collectifs terrestres (- 3 %).

#### Graphique 11 : intensité énergétique (a) et contenu carbone moyen de l'énergie (b) pour différents modes en 2018

En tep par millions de voyageurs-km (a)



En tCO<sub>2</sub>/tep (b)



Source : calculs SDES

De manière synthétique, deux facteurs principaux ont contribué à modérer les émissions. Le plus important est la baisse de l'intensité énergétique, de 0,4 % par an en moyenne (hors effet de structure modale), devant celle du contenu carbone de l'énergie consommée, de 0,2 % par an en moyenne (hors effet de structure modale). Sur la période, le report modal a un effet neutre sur les émissions (- 1 % sur l'intégralité de la période). La part modale des transports collectifs terrestres, dont la consommation d'énergie est moins élevée par voyageur-kilomètre et moins carbonée que celle des véhicules particuliers (graphique 11), a en effet peu évolué, passant de 16 % à 17 % entre 1990 et 2018. Les réductions de l'intensité énergétique (- 0,9 % par an) et du contenu carbone (- 0,3 % par an) s'accroissent légèrement depuis 2012. Toutefois, après une baisse des parcours annuels moyens des habitants dans les années 2000, le retour à une forte croissance de la demande (+ 1 % par an de voyageurs-kilomètres entre 2012 et 2018) a empêché la baisse des émissions. Enfin, l'effet de structure modale, principalement lié au report des transports collectifs terrestres vers l'aérien, est associé à une légère hausse des émissions (+ 0,5 % depuis 2012).

#### DANS LE TRANSPORT DE MARCHANDISES, LES ÉMISSIONS TENDENT À SE STABILISER DEPUIS LA CRISE

Le transport de marchandises (y compris les véhicules utilitaires légers, voir méthodologie) est à l'origine de l'émission de 45 MtCO<sub>2</sub> en 2018, soit 15 % des émissions nationales

dues à la combustion d'énergie. Encore davantage que pour les voyageurs, la route est largement prédominante, représentant 98 % de ces émissions en 2018, contre moins de 1 % pour le ferroviaire et moins de 2 % pour le fluvial (graphique 12).

Les émissions du **transport routier de marchandises** sont directement liées à sa consommation d'énergie, presque encore exclusivement composée de gazole, même si, du fait de l'incorporation progressive de biodiesel dans ce dernier depuis 2005, ces deux grandeurs ne sont plus strictement proportionnelles. La consommation d'énergie du transport routier de marchandises a augmenté de manière quasi continue entre 1990 et 2008, avant de brutalement chuter sous l'effet de la crise économique. Depuis cette chute, la consommation reste globalement stable, puisqu'à une période de légère diminution a succédé un relatif rebond depuis 2015. En 2018, la consommation est ainsi très proche de son niveau de 2012 (+ 0 % sur la période). Globalement, sur l'ensemble de la période 1990-2018, cette consommation a crû de 29 %, contre 61 % pour l'activité du secteur, mesurée en tonnes-kilomètres. Cet écart reflète une baisse de l'intensité énergétique (i.e. de la consommation d'énergie par tonne-kilomètre) de 0,8 % par an en moyenne.

Les **pooids lourds** assurent 82 % du transport de marchandises en 2018. Leur consommation d'énergie a augmenté de 11 % entre 1990 et 2018 (graphique 13), leur activité (mesurée en tonnes-kilomètres) augmentant dans le même temps de 60 %. Cela s'explique par une amélioration de leur efficacité énergétique (+ 1,2 % par an). Celle-ci est

### partie 3 : quels facteurs d'évolution dans les transports ?

elle-même imputable à deux facteurs : la croissance du chargement moyen par véhicule de 0,8 % par an en moyenne et la baisse, malgré cette hausse de l'empport, de la consommation unitaire des poids lourds de 0,4 % par an.

Ces gains d'efficacité énergétique des poids lourds ont partiellement été compensés par le développement des **véhicules utilitaires légers**, qui consomment plus d'énergie par tonne-kilomètre transportée que les poids lourds. Leur consommation d'énergie a crû de 51 % entre 1990 et 2018, bien plus rapidement que celle des poids lourds. Elle a augmenté de 4 % entre 2012 et 2018, pour désormais approcher celle des poids lourds, restée stable sur la même période (+ 0 %).

Les émissions du fret ferroviaire ont, quant à elles, décliné de 77 % entre 1990 et 2018. Cela s'explique par deux facteurs : d'une part, la baisse de l'activité du secteur, de 39 %

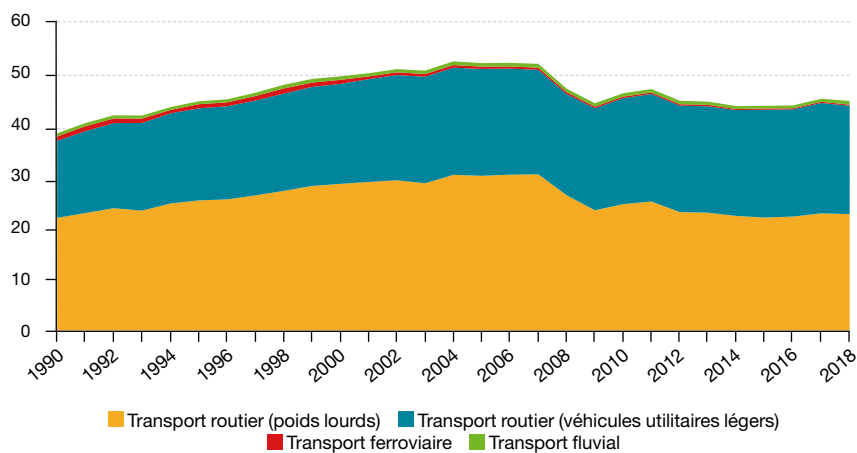
globalement sur la période, qui résulte, au-delà de l'effet amplificateur de la crise de 2008-2009, d'une érosion progressive au cours des années 2000 ; d'autre part, la diminution du contenu carbone de l'énergie consommée, de 58 % sur la période, du fait à la fois de la tendance à l'électrification et de la baisse du contenu carbone de l'électricité elle-même.

Tous modes confondus, les émissions du transport de marchandises ont augmenté de 16 % entre 1990 et 2018. En hausse de 33 % entre 1990 et 2002, les émissions se stabilisent avant de se réduire fortement entre 2002 et 2012 (- 12 %) et fluctuent peu depuis.

Sur l'ensemble de la période, au-delà de la hausse du nombre de tonnes-kilomètres transportées (+ 39 %), la modification de la structure modale a contribué à pousser à la hausse ces émissions, à hauteur de 14 % (*graphique 14*).

**Graphique 12 : émissions de CO<sub>2</sub> du transport de marchandises**

En MtCO<sub>2</sub>

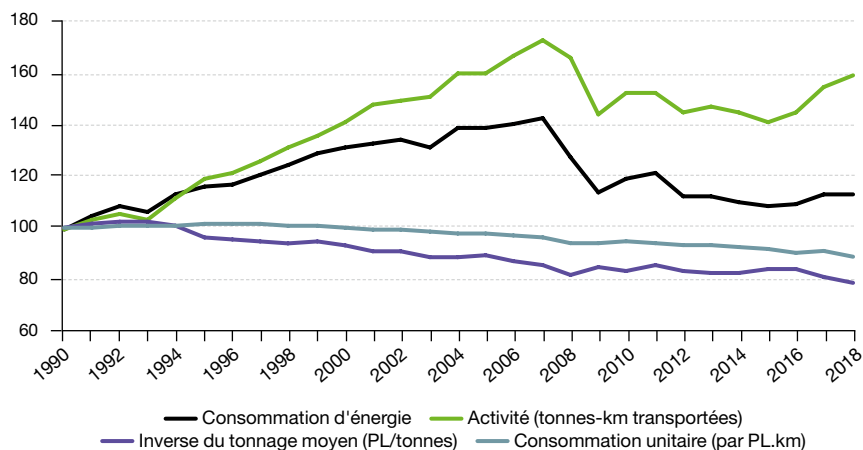


Champ : transport de marchandises en France, y compris véhicules étrangers.  
Source : calculs SDES

### partie 3 : quels facteurs d'évolution dans les transports ?

**Graphique 13 : décomposition de l'évolution de la consommation d'énergie des poids lourds**

Indice base 100 en 1990



Note : la consommation d'énergie est égale, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.  
 Champ : poids lourds français et étrangers roulant en France.  
 Source : calculs SDES

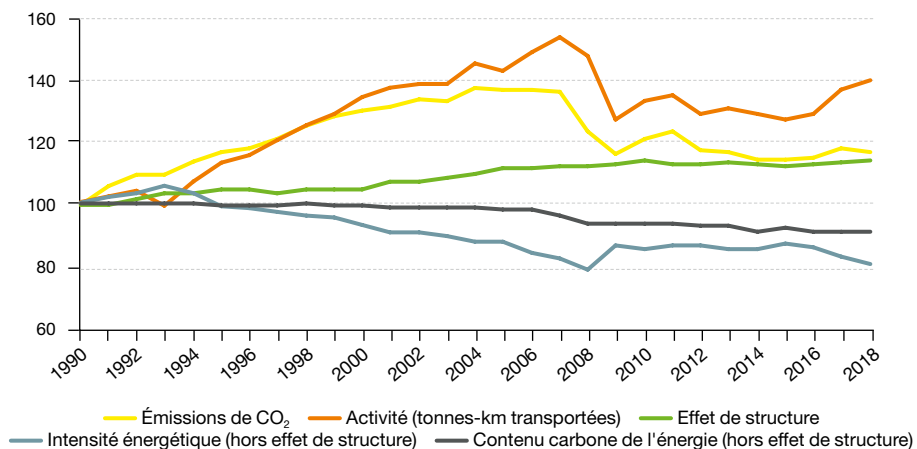
En effet, la part de la route a augmenté : elle est passée de 77 % en 1990 à 89 % en 2018, au détriment essentiellement du ferroviaire, alors que ce dernier mode présente une moindre intensité énergétique (et donc une meilleure efficacité) et émet

moins de CO<sub>2</sub> par unité d'énergie puisque consommant principalement une électricité décarbonée (graphique 15).

À l'inverse, le principal facteur de maîtrise des émissions de CO<sub>2</sub> du transport de marchandises sur la période 1990-2018

**Graphique 14 : décomposition de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> du transport de marchandises**

Indice base 100 en 1990



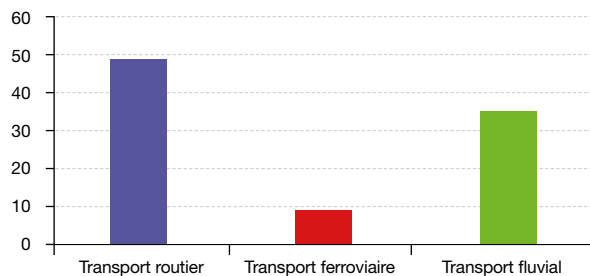
Note : les émissions de CO<sub>2</sub> sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.  
 Source : calculs SDES

### partie 3 : quels facteurs d'évolution dans les transports ?

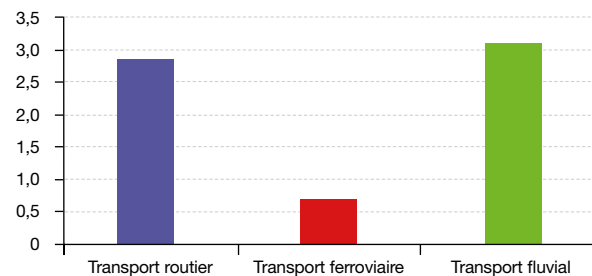
est la diminution de l'intensité énergétique, de 0,8 % par an en moyenne (hors effet de structure modale). La baisse du contenu carbone de l'énergie consommée est également liée à la maîtrise des émissions de CO<sub>2</sub>, à hauteur de - 0,3 % par an en moyenne (hors effet de structure modale). Cette diminution est en grande partie liée à l'incorporation de

biocarburants dans le gazole consommé par le mode routier (poids lourds et véhicules utilitaires légers). Le basculement d'une partie du transport ferroviaire de la traction diesel vers une traction électrique de moins en moins carbonée a également participé à la baisse des émissions de CO<sub>2</sub>, mais dans une moindre mesure.

**Graphique 15 : intensité énergétique (a) et contenu carbone moyen de l'énergie (b) pour différents modes en 2018**  
En tep/Mtkm



En tCO<sub>2</sub>/tep



Source : calculs SDES





partie 4

# Quels facteurs d'évolution dans le secteur productif ?



#### partie 4 : quels facteurs d'évolution dans le secteur productif ?

Les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur productif (hors celles liées au transport) ont baissé de 21 % entre 1990 et 2018, l'essentiel de la baisse étant observé depuis 2007. Cette baisse est principalement liée à un recul de la part des énergies les plus carbonées ainsi qu'à une baisse de l'intensité énergétique de chacun des grands secteurs (industrie, tertiaire et agriculture). La tertiarisation de l'économie, en partie imputable au remplacement d'une partie de la production domestique par des importations, y a toutefois également contribué.

#### PRÈS DE LA MOITIÉ DE LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DU SECTEUR PRODUCTIF EST LIÉE À LA TERTIARISATION DE L'ÉCONOMIE

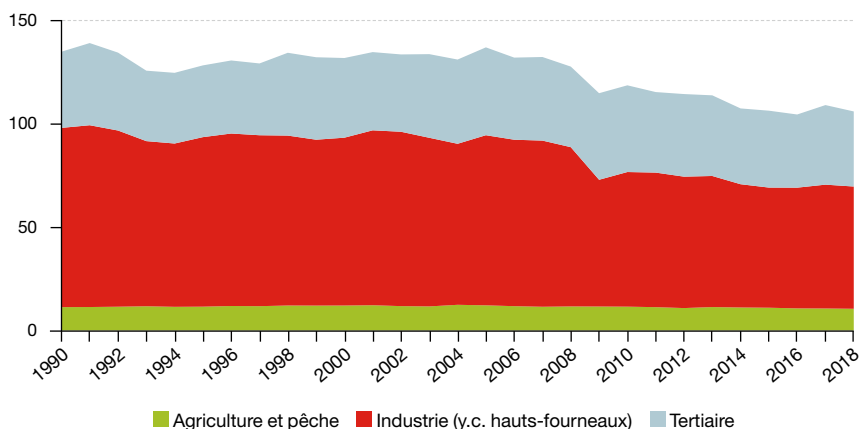
Le **secteur productif** (industrie, tertiaire et agriculture-pêche, hors transports étudiés précédemment) représente 42 % de la consommation finale énergétique et 35 % des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion d'énergie (y compris les émissions indirectes liées à l'électricité et à la chaleur), soit 106 Mt en 2018. Entre 1990 et 2018, les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur productif ont globalement diminué de 22 % (graphique 16). Par secteur, la baisse s'est élevée à 33 %

dans l'industrie et 7 % dans l'agriculture. Les émissions du tertiaire sont restées stables sur l'ensemble de la période (- 1 %).

Cette baisse de long terme des émissions du secteur productif s'explique en partie par celle du contenu carbone de l'énergie qu'il consomme. Ce dernier a décru de 21 % dans l'industrie, de 33 % dans le tertiaire et de 16 % dans l'agriculture (graphique 17). Cette baisse de long terme reflète de manière générale la progression des énergies décarbonées (nucléaire dans les années 1990 et énergies renouvelables à partir de 2005) au détriment des énergies fossiles, notamment le charbon (voir partie 1).

#### Graphique 16 : émissions de CO<sub>2</sub> du secteur productif

En MtCO<sub>2</sub> (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

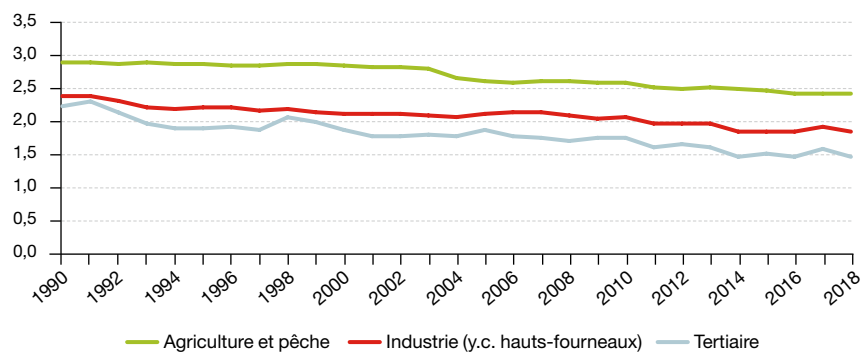
La consommation d'énergie du secteur productif, quant à elle, s'établit en 2018 à un niveau supérieur de 6 % à celui de 1990 (graphique 18). La baisse de la consommation de l'industrie (- 13 %) a été en effet compensée par les hausses de celles du tertiaire (+ 48 %) et de l'agriculture (+ 11 %).

Dans le même temps, les valeurs ajoutées de l'agriculture, de l'industrie et du tertiaire ont augmenté de 33 %, 24 % et 64 %. Ainsi, les intensités énergétiques de ces trois secteurs ont toutes diminué, respectivement de 17 %, 30 % et 10 % (graphique 19).

## partie 4 : quels facteurs d'évolution dans le secteur productif ?

**Graphique 17 : contenu carbone moyen de l'énergie par secteur**

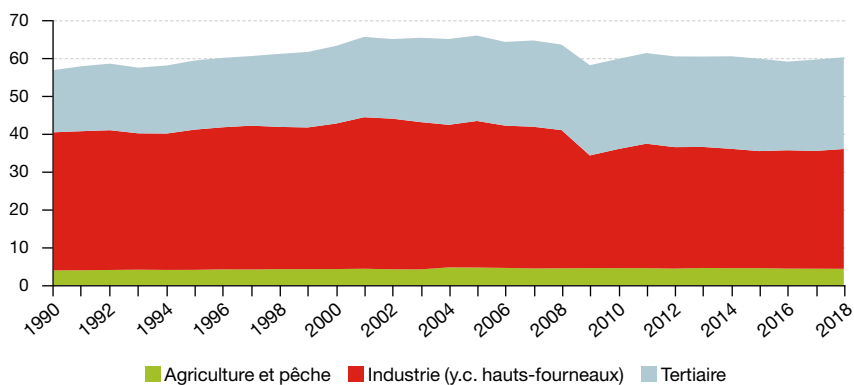
En tCO<sub>2</sub>/tep (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

**Graphique 18 : consommation d'énergie du secteur productif**

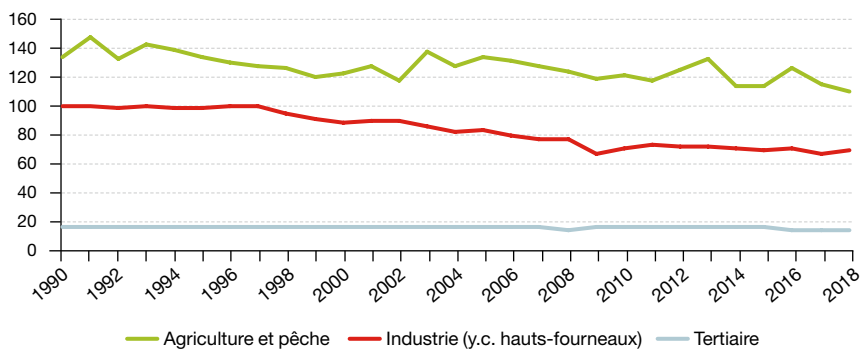
En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

**Graphique 19 : intensité énergétique moyenne par secteur**

En tep/M€<sub>2018</sub> (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

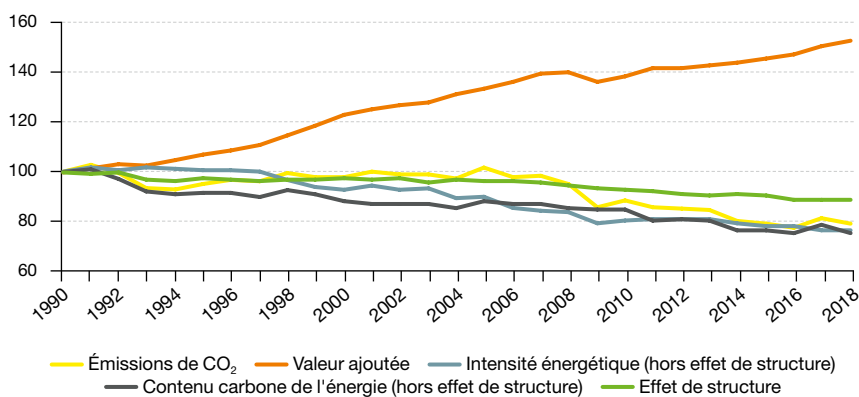
## partie 4 : quels facteurs d'évolution dans le secteur productif ?

L'intensité énergétique du secteur productif dans son ensemble a décliné de 31 % entre 1990 et 2018, soit davantage que la moyenne des trois secteurs qui le composent. Cela s'explique par un effet de structure : la période est marquée par une augmentation de la part du secteur tertiaire dans l'économie (de 73 à 78 %), alors que celui-ci est bien moins intensif en énergie que l'industrie et l'agriculture. Lorsqu'on neutralise cet effet de structure, l'intensité énergétique du secteur productif apparaît avoir diminué de 24 % (graphique 20).

Le contenu en émissions de l'énergie consommée a, par ailleurs, également diminué de 25 %, hors effet de structure. L'effet de structure a, quant à lui, contribué à hauteur de 11 % à la réduction des émissions. Il traduit la croissance plus rapide du secteur tertiaire, à la fois moins intense en énergie et consommant une énergie (pour moitié de l'électricité) en moyenne moins carbonée. La combinaison de ces trois effets a ainsi plus que contrebalancé la hausse de 54 % de l'activité économique sur la période d'étude.

### Graphique 20 : décomposition de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur productif

Indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

La baisse des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur productif est concentrée sur la fin de période, à partir de la fin des années 2000, avec un rythme moyen de - 2,0 % par an entre 2007 et 2018. Avant cela, les émissions étaient restées relativement stables depuis 1990, en raison d'une croissance soutenue de l'activité. Les émissions ont ensuite brusquement diminué lors de la crise économique et de son fort impact sur le PIB. Passé cette crise, les émissions du secteur productif ont continué à diminuer (- 1,3 % par an entre 2012 et 2018). La croissance de l'activité est en effet plus modérée que pendant les années précédant la crise (+ 1,3 % par an, contre + 2,0 % par an avant 2007), alors que les gains d'efficacité énergétique se poursuivent dans chacune des branches (graphique 19). La baisse du contenu CO<sub>2</sub> de l'énergie consommée dans chacune des branches (graphique 17) s'accélère, notamment dans le secteur tertiaire avec la décarbonation de l'électricité consommée. Enfin, l'effet de structure tend à réduire les

émissions à hauteur de 3 % sur cette période : il traduit une désindustrialisation qui s'est poursuivie après la crise économique.

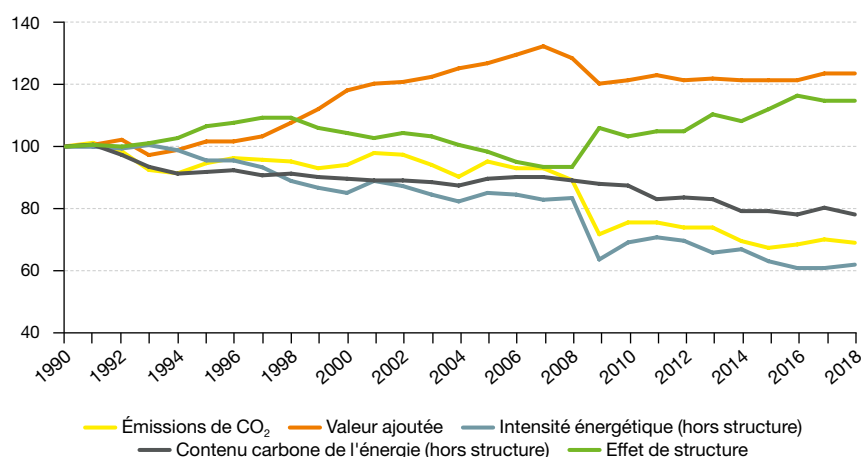
### LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DANS L'INDUSTRIE S'EXPLIQUE ESSENTIELLEMENT PAR UNE AMÉLIORATION DES PROCÉDÉS DE FABRICATION

Les émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie ont baissé de 32 % entre 1990 et 2018, alors que sa valeur ajoutée a progressé de 24 %. L'impact de la crise économique est manifeste, les émissions chutant fortement en 2009, puis continuant à décroître rapidement dans les années 2010, dans un contexte de faible dynamisme de l'activité globale : les émissions ont décliné de 7 % depuis 2012, avec une hausse concomitante de 2 % de la valeur ajoutée industrielle (soit 0,3 % par an).

## partie 4 : quels facteurs d'évolution dans le secteur productif ?

### Graphique 21 : décomposition de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie

Indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques)



Note : les émissions de CO<sub>2</sub> sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.

Source : calculs SDES

Au-delà de la crise, la baisse de l'intensité énergétique joue un rôle déterminant dans celle des émissions de CO<sub>2</sub>. Hors effet de structure, elle atteint - 38 % entre 1990 et 2018, soit - 1,7 % par an en moyenne. Cette diminution reflète une forte amélioration de l'efficacité énergétique des procédés de fabrication dans les différentes branches industrielles. Elle affecte en particulier les plus consommatrices : entre 2012 et 2018, l'intensité énergétique s'est ainsi réduite de plus de 10 % dans chacun des secteurs les plus intensifs en CO<sub>2</sub> (métallurgie, minéraux non métalliques, chimie et papier).

Sur cette période, globalement, les réallocations internes à l'industrie (effet de structure, ici mesuré au travers du poids relatif des secteurs dans la valeur ajoutée industrielle) n'ont pas contribué à la réduction des consommations énergétiques et des émissions de CO<sub>2</sub>. Jusqu'en 2007, le déclin de la métallurgie tendait à faire baisser l'intensité énergétique industrielle, mais était largement contrebalancé par la croissance d'autres secteurs fortement consommateurs tels

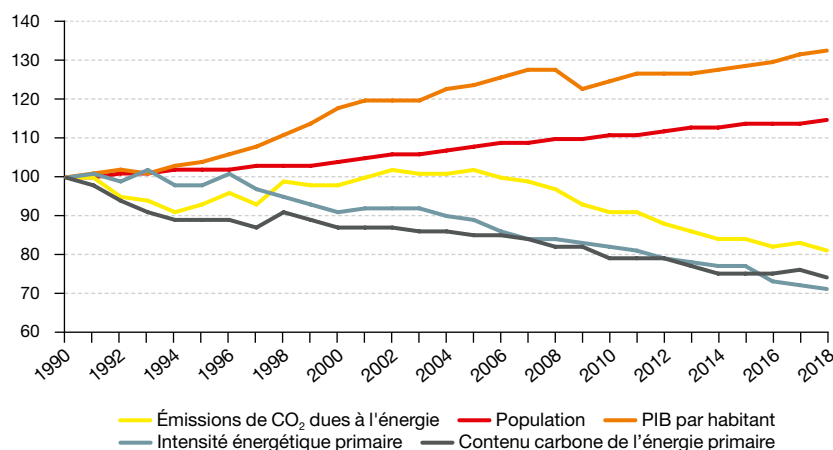
que la chimie. Sur les années récentes, la métallurgie et la chimie, deux secteurs intenses en énergie, connaissent de fortes croissances de leurs valeurs ajoutées, alors que l'activité de la construction, bien moins intense en énergie, stagne. Cela se traduit par une forte remontée de l'effet de structure estimé à partir de la valeur ajoutée (+ 9 % entre 2012 et 2018).

La baisse du contenu carbone de l'énergie consommée, de 22 % sur la période, a également contribué à la diminution des émissions de CO<sub>2</sub>, mais un peu plus modestement que l'intensité énergétique. Depuis 2012, il s'est réduit de 6 % hors effet de structure, soit une baisse de 1 % par an en moyenne. Le recours accru à l'électricité et aux énergies renouvelables, au détriment des énergies fossiles, et la baisse des émissions indirectes liées à l'électricité affectent l'ensemble des secteurs industriels, aux exceptions notables de la métallurgie (où le charbon reste dominant) et de la construction (qui consomme principalement des produits pétroliers).

# Données clés

## Décomposition de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'énergie en France entre 1990 et 2018 suivant l'équation de Kaya

Indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

## Baisse des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'énergie entre 1990 et 2018

- ↘ 32 % dans le résidentiel
- ↘ 32 % dans l'industrie
- ↘ 7 % dans l'agriculture
- ↘ 1 % dans le tertiaire

## Augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'énergie entre 1990 et 2018

- ↗ 7 % dans le transport de voyageurs
- ↗ 16 % dans le transport de marchandises (y compris véhicules utilitaires légers)

# Annexes

- Méthodologie et sources
- Définitions



# Méthodologie et sources

La principale source utilisée dans cette étude pour les émissions de CO<sub>2</sub> et la consommation d'énergie est le *Bilan énergétique de la France pour 2018* du service des données et études statistiques (SDES) du ministère de la Transition écologique et solidaire.

Le champ géographique est la France métropolitaine. Les émissions de CO<sub>2</sub> analysées ici sont celles émises à l'intérieur du territoire national, en excluant le transport maritime et aérien international, selon l'approche utilisée pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GES). Les émissions liées aux importations et localisées dans d'autres pays sont exclues de cette comptabilité, leur prise en compte relevant d'une approche différente (empreinte carbone). Le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> repose toutefois sur des hypothèses moins fines en termes de facteurs d'émission que celles retenues pour les inventaires officiels nationaux, ce qui peut impliquer certaines divergences avec ces derniers.

Par ailleurs, seules les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la combustion d'énergie sont prises en compte : les émissions de CO<sub>2</sub> de certains procédés industriels sont ici exclues de l'analyse, tout comme les émissions d'autres gaz à effet de serre. Ainsi, le champ considéré couvre 70 % des émissions de gaz à effet de serre sur le territoire national.

Les émissions de CO<sub>2</sub> attribuées à chaque secteur de consommation finale (agriculture, industrie, tertiaire, résidentiel) incluent non seulement les émissions directes, c'est-à-dire celles liées à la combustion d'énergies fossiles, mais aussi les émissions indirectement liées à la consommation d'électricité et de chaleur commercialisée. Les facteurs d'émission de l'électricité par secteur et, pour le résidentiel, par usage sont tirés de la base carbone (v17.0) de l'Ademe pour les années 2008 à 2018. Ils sont toutefois recalés de sorte à ce que les émissions totales liées à la production d'électricité correspondent à celles calculées dans le *Bilan énergétique*. Les facteurs d'émission pour les années antérieures sont estimés en les faisant évoluer comme le contenu carbone de la production d'électricité. La méthodologie de calcul des facteurs d'émission de la base carbone ayant été modifiée, l'allocation sectorielle des émissions indirectes liées à la consommation d'électricité est modifiée par rapport à l'édition précédente. Le facteur d'émission de la chaleur commercialisée est supposé indépendant du secteur et de l'usage et est calculé à partir des données du *Bilan énergétique*. Les émissions liées à la combustion de biomasse et de biocarburants sont considérées comme nulles, comme dans les inventaires officiels de gaz à effet de serre, car on considère que le carbone émis dans l'atmosphère a été prélevé au préalable dans l'atmosphère lors de la croissance de la plante.

Les données sont corrigées des variations climatiques, afin de neutraliser les variations de besoins de chauffage liées aux fluctuations de températures. Plus précisément, les émissions et la consommation d'énergie prises en compte sont celles qui auraient été observées si les températures hivernales avaient été égales à la moyenne de celles observées entre 1986 et 2015.

Les données de populations sont celles du recensement. Les données de PIB et de valeur ajoutée par secteur sont issues des comptes nationaux et sont exprimées en euros constants de 2018 (c'est-à-dire hors inflation).

Dans la partie 2, la répartition par usage de la consommation en chaque forme d'énergie du résidentiel est réalisée à l'aide de données du Ceren. Les données de nombre et de surface de logements sont issues des *Comptes du logement* du SDES. La série de population provient de l'Insee. La répartition de la consommation de gaz entre résidentiel et tertiaire, non disponible dans le *Bilan énergétique* avant 2000, a été rétropolée jusqu'en 1990, à partir de celle observée en 2000. De manière analogue, la répartition de la consommation de chaleur vendue entre résidentiel et industrie, non disponible dans le *Bilan énergétique* avant 2007, a été rétropolée jusqu'en 2000, à partir de celle observée en 2007. Avant 2000, la consommation de chaleur commercialisée n'est pas observée (les consommations de combustibles à des fins de production de chaleur étant directement attribuées aux secteurs de consommation finale de cette chaleur).

Dans la partie 3, les données sont principalement issues des *Comptes du transport* du SDES. C'est le cas notamment des consommations d'énergie des véhicules routiers (véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers, poids lourds), qui sont calculées à partir de la circulation routière sur le sol français. Leur périmètre diffère donc quelque peu de celui du *Bilan énergétique*, qui estime les consommations à partir de l'observation des achats de carburants en France. De même, il diffère du périmètre des inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre. En effet, les conventions internationales imposent pour ceux-ci un calage global sur les ventes de carburants et non sur les consommations. La différence peut s'interpréter comme la somme d'un solde aux frontières et d'un écart statistique.

Toute la consommation d'énergie des véhicules utilitaires légers est attribuée au transport de marchandises, ce qui est une hypothèse simplificatrice, ces véhicules servant aussi au transport de passagers.

La répartition des consommations d'énergie et des émissions du mode ferroviaire entre voyageurs et marchandises est tirée de la base Odyssee de l'Ademe.



Dans la partie 4, l'industrie comprend l'industrie manufacturière et le secteur de la construction. La filière fonte qui comprend les hauts-fourneaux, considérée dans le *Bilan énergétique* comme faisant partie du secteur de l'énergie, a été réintégrée ici dans le secteur industriel. La ventilation de la consommation d'énergie au sein de l'industrie est celle utilisée par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour l'élaboration de ses statistiques énergétiques : elle distingue 12 sous-secteurs industriels. Les usages de transport, traités dans la partie 3, sont exclus des consommations et des émissions des secteurs productifs.

Cette étude comprend plusieurs décompositions de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'énergie (émissions totales françaises ou d'un secteur en particulier). Les émissions sont décomposées comme étant le produit de plusieurs facteurs qui comprennent, en général, un indicateur d'activité, l'intensité énergétique (ratio de la consommation d'énergie à cet indicateur), le contenu carbone de l'énergie (ratio des émissions à la consommation d'énergie) et, le cas échéant, un effet de structure. La décomposition est présentée en base 100 en 1990 ; ainsi, l'indice représentant l'évolution des émissions est égal au produit des indices correspondant aux différents facteurs (à une puissance de 100 près).

L'effet de structure correspond aux conséquences de l'évolution de la structure interne d'un ensemble de secteurs, par opposition aux effets « purs » d'intensité (énergétique ou carbone). Cet effet de structure capte, par exemple, la contribution de la tertiarisation à la baisse des émissions de CO<sub>2</sub> liée au fait que dégager un euro de valeur ajoutée dans le tertiaire nécessite de moins émettre de CO<sub>2</sub> en moyenne que dans l'industrie ou l'agriculture. Le calcul de cet effet se fait grâce à la méthode LMDI (*log mean divisia index*). Cette méthode, qui permet une décomposition parfaite (sans résidu), est usuelle pour l'analyse des émissions de CO<sub>2</sub> et des consommations d'énergie. Cet effet dépend de la structure retenue et ne traduit pas les effets internes à chacune des divisions de cette structure.

À titre d'exemple, les formules appliquées pour la décomposition des émissions d'un agrégat donné entre contribution de l'activité ( $D_{Act}$ ), de l'effet de structure ( $D_{Str}$ ), de l'intensité énergétique « pure » ( $D_{Int}$ ) et du contenu carbone de l'énergie « pur » ( $D_{CO_2}$ ) entre l'année 0 (ici, 1990) et l'année  $t$  (ici, 2018) sont décrites ci-dessous :

Les émissions totales de l'agrégat sont notées  $CO_2$  et son indicateur d'activité (ici la valeur ajoutée) est  $VA$ . L'agrégat est divisé en  $i$  secteurs, chacun avec des émissions  $CO_{2i}$ ,  $i$ , une consommation énergétique  $E_i$ , une part dans l'activité totale  $S_i = VA_i / VA$ , un contenu carbone moyen de l'énergie

$C_i = CO_{2i} / E_i$  et une intensité énergétique  $I_i = E_i / VA_i$ , de sorte que les émissions totales s'expriment pour chaque année  $t$  par :

$$CO_2^t = VA^t \times \sum_i (S_i^t \times I_i^t \times C_i^t)$$

Les différents facteurs sont exprimés par :

$$D_{Act} = \exp \left( \sum_i w_i \times \log \left( \frac{VA^{2018}}{VA^{1990}} \right) \right)$$

$$D_{Str} = \exp \left( \sum_i w_i \times \log \left( \frac{S_i^{2018}}{S_i^{1990}} \right) \right)$$

$$D_{CO_2} = \exp \left( \sum_i w_i \times \log \left( \frac{C_i^{2018}}{C_i^{1990}} \right) \right)$$

$$D_{Int} = \exp \left( \sum_i w_i \times \log \left( \frac{I_i^{2018}}{I_i^{1990}} \right) \right)$$

où  $w_i$  exprime le poids de chaque sous-secteur dans les réductions d'émissions :

$$w_i = \frac{(CO_{2i}^{2018} - CO_{2i}^{1990})}{(CO_2^{2018} - CO_2^{1990})} \times \frac{\log(CO_2^{2018}) - \log(CO_2^{1990})}{\log(CO_{2i}^{2018}) - \log(CO_{2i}^{1990})}$$

On vérifie que :

$$\frac{CO_2^{2018}}{CO_2^{1990}} = D_{Act} \times D_{Str} \times D_{Int} \times D_{CO_2}$$

La méthode est appliquée ici à l'ensemble du secteur productif en distinguant l'agriculture, l'industrie manufacturière (dont la construction) et le tertiaire ; à l'industrie manufacturière en distinguant 12 sous-secteurs ; aux transports (de marchandises et de voyageurs) en distinguant les différents modes (route, ferroviaire, etc.).

---

# Définitions

**Bouquet énergétique** : appelé aussi **mix énergétique**, il s'agit de la répartition de la consommation d'énergie entre sources d'énergie.

**Efficacité et intensité énergétiques** : l'**efficacité énergétique** est le rapport entre le résultat d'une activité et l'énergie consacrée à cette activité, tandis que l'**intensité énergétique** est le rapport inverse. Au niveau macroéconomique, l'intensité énergétique est ainsi définie comme le ratio de la consommation d'énergie au PIB.

**Énergie primaire** : l'énergie primaire est l'énergie tirée de la nature (soleil, fleuves, vent) ou contenue dans les produits énergétiques tirés de la nature (comme les combustibles fossiles ou le bois) avant transformation.

**Consommation d'énergie finale** : énergie consommée par les utilisateurs finaux, ménages ou entreprises (hors branche de l'énergie) sous différentes formes (électricité, combustibles fossiles ou renouvelables, chaleur).

**Contenu carbone de l'énergie** : rapport entre les émissions de CO<sub>2</sub> et la quantité d'énergie consommée.

**Tonne équivalent pétrole (tep)** : unité de mesure usuelle de l'énergie. C'est l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen, soit environ 42 gigajoules (GJ).

### **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).

**Dépôt légal** : avril 2020  
**ISSN** : 2557-8138 (en ligne)

**Directrice de publication** : Béatrice Sédillot  
**Coordination éditoriale** : Amélie Glorieux-Freminet  
**Maquettage et réalisation** : Agence Efil, Tours



**Les facteurs  
d'évolution des  
émissions de CO<sub>2</sub>  
liées à l'énergie  
en France  
de 1990 à 2018**

En France, les émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion d'énergie, corrigées des variations climatiques, ont diminué de 19 % entre 1990 et 2018. Cette publication vise à identifier les rôles respectifs de l'activité économique, de l'efficacité énergétique et du bouquet énergétique dans cette évolution, pour chacun des grands secteurs émetteurs.

Dans le résidentiel, le recours à des énergies moins carbonées que par le passé explique en grande partie la baisse de 32 % des émissions, très majoritairement liées à l'usage de chauffage. Si les gains d'efficacité énergétique sont soutenus depuis le milieu des années 2000, ils sont en grande partie annulés par la hausse des surfaces habitées.

Dans le secteur des transports, le recours aux biocarburants et les réductions des consommations unitaires des véhicules particuliers et des poids lourds n'ont pas suffi à compenser les hausses de l'activité de transport de passagers et de marchandises, et les émissions du secteur sont aujourd'hui plus fortes qu'en 1990.

Dans le secteur productif, les émissions ont été réduites de 21 %, sous trois effets combinés : gains d'efficacité énergétique dans l'ensemble des branches, utilisation d'une énergie moins carbonée et tertiarisation de l'économie.



## Commissariat général au développement durable

Service des données et études statistiques  
Sous-direction des statistiques de l'énergie  
Tour Séquoia  
92055 La Défense cedex  
Courriel : [diffusion.sdes.cgdd@developpement-durable.gouv.fr](mailto:diffusion.sdes.cgdd@developpement-durable.gouv.fr)

[www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr)

