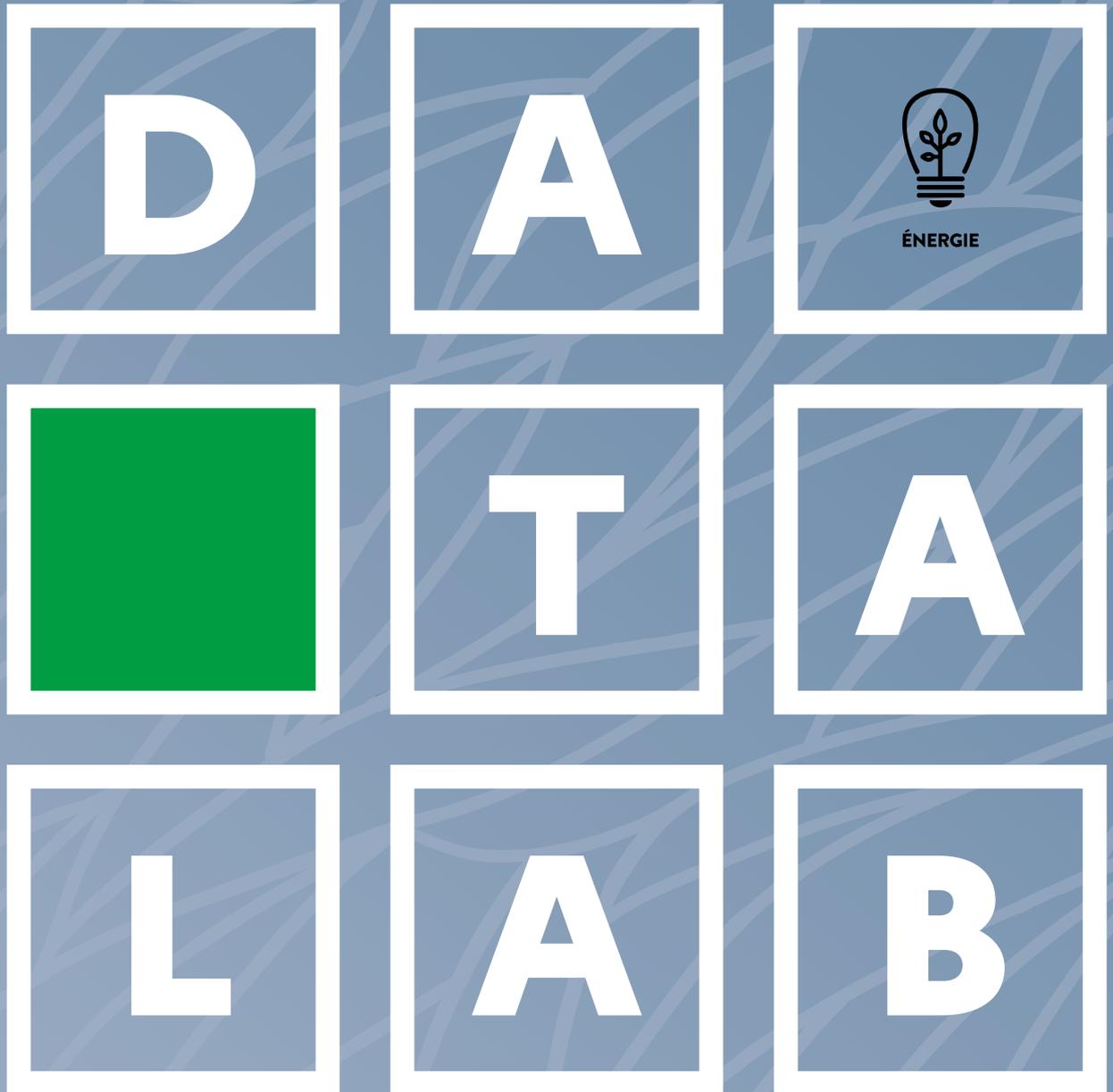




MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Les facteurs d'évolution des émissions de CO₂ liées à l'énergie en France de 1990 à 2019

SEPTEMBRE 2021



STATISTIQUE
PUBLIQUE

sommaire

Les facteurs d'évolution des émissions de CO₂ liées à l'énergie en France de 1990 à 2019

- 5 - Quels rôles ont joué l'efficacité énergétique et le bouquet énergétique dans l'évolution des émissions de CO₂ 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 ?
- 31 - Données clés
- 33 - Annexes

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

*Chiffres arrêtés au 31 janvier 2021 (parties 1, 2 et 4) et au 16 juillet 2021 (partie 3).
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 CO₂ dues à la combustion d'énergie en France métropolitaine, 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 CO₂
de la France ?**



partie 1 : quels rôles ont joué l'efficacité énergétique et le bouquet énergétique dans l'évolution des émissions de CO₂ de la France ?

En France métropolitaine, les émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie, corrigées des variations climatiques, ont diminué de 19 % entre 1990 et 2019, avec une baisse concentrée sur la période 2005-2019. 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 CO₂ 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 (CO₂) dues à la combustion d'énergie sur le territoire métropolitain s'élèvent en 2019 à 303 millions de tonnes (Mt), soit environ 70 % 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 CO₂/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 CO₂ représente les émissions de CO₂ annuelles, P la population et E la consommation d'énergie primaire.

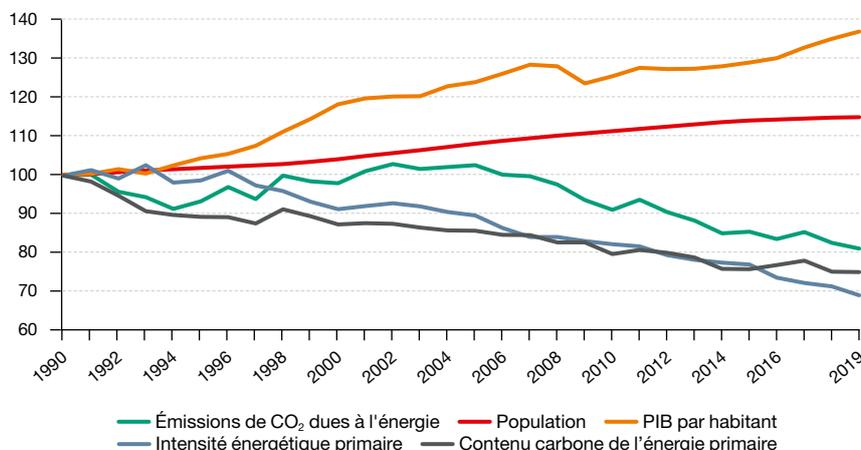
Suivant cette décomposition, la baisse de 19 % des

émissions entre 1990 et 2019 peut ainsi s'expliquer par celles de l'intensité énergétique de l'économie (- 31 %) et du contenu carbone moyen de la consommation d'énergie primaire (- 25 %), qui ont plus que compensé la croissance démographique (+ 14 %) et la hausse du PIB par habitant (+ 36 %) - (graphique 1).

La baisse des émissions de CO₂ apparaît concentrée en fin de période : relativement stables entre 1990 et 2005, les émissions baissent de 1,6 % en moyenne annuelle entre 2005 et 2019. Deux facteurs contribuent à cette rupture de tendance : le ralentissement de la croissance économique (+ 1,1 % par an en moyenne sur la période 2005-2019, contre + 1,9 % sur 1990-2005) et une baisse plus soutenue de l'intensité énergétique primaire (- 1,8 % par an en moyenne sur 2005-2019, contre - 0,7 % sur 1990-2005). Entre 2012 et 2019, les émissions de CO₂ baissent de 1,5 % par an, soit un rythme légèrement plus faible qu'entre 2005 et 2012 : cette évolution s'explique notamment par une relative reprise de l'activité économique au sortir de la crise de 2008-2009 (+ 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 (1,0 % par an en moyenne).

Graphique 1 : décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ dues à l'énergie en France entre 1990 et 2019 suivant l'équation de Kaya

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



Note : les émissions de CO₂ sont égales, 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 CO₂ 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 1990-2019, le premier facteur de baisse du contenu carbone de l'énergie primaire (- 25 %, de 1,7 tCO₂/tep en 1990 à 1,3 tCO₂/tep en 2019) 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. Des baisses de la production nucléaire en 2016 et 2017 puis en 2019 contribuent ainsi à des rebonds des émissions (+ 1,1 % pour 2019), qui sont toutefois compensés par les contributions à la baisse des autres facteurs (graphique 2). À moyen terme, cette contribution du nucléaire reste cependant globalement

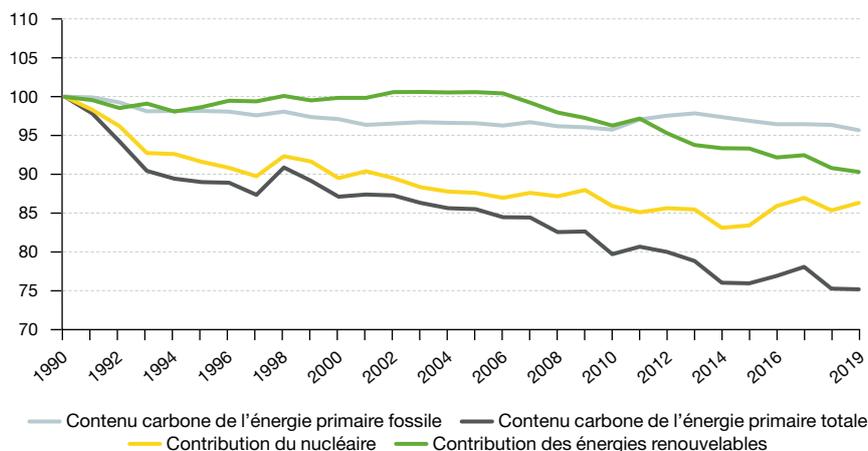
neutre sur le contenu carbone de l'énergie (+ 0,6 % depuis 2012), et donc sur les émissions.

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 avaient ainsi contribué de manière sensible (- 2 %) à la baisse des émissions sur un an. Globalement, entre 2012 et 2019, 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 (- 4 %, à 3,0 tCO₂/tep en 2019, contre 3,2 tCO₂/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. Entre 2012 et 2019, la part du charbon (qui émet plus de CO₂ que les autres formes d'énergie pour fournir une même quantité d'énergie) dans la consommation primaire d'énergies fossiles (hors usages non énergétiques) est notamment passée de 10 % à 7 %, alors que celle du gaz est passée de 34 % à 38 %. La modification du mix énergétique fossile a ainsi contribué à réduire les émissions de 2 % sur cette période

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 CO₂ de la France ?

Les contributions du nucléaire et des énergies renouvelables au bouquet énergétique et à la baisse des émissions de CO₂ 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 d'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 2019, à des parts respectives du nucléaire et des énergies renouvelables de 43 % et 13 %, contre 37 % 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 CO₂. Ainsi, entre 1990 et 2019, la contribution des énergies renouvelables, estimée à - 9 % avec la méthode du contenu énergétique, passe à - 13 % avec celle de substitution partielle. À l'inverse, la contribution du nucléaire, estimée à - 14 % avec la méthode du contenu énergétique, est réduite à - 12 % 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 CO₂ 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 : pour une même production d'électricité, l'énergie primaire comptabilisée pour le nucléaire est ainsi trois fois plus grande que pour les énergies renouvelables électriques. 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 CO₂ 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 2019, la contribution du nucléaire à la baisse du contenu CO₂ 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 - 6 % à - 13 %.

partie 2

Quels facteurs d'évolution dans le résidentiel ?



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

Les émissions de CO₂ (y compris les émissions indirectes liées à la consommation d'électricité et de chauffage urbain) du secteur résidentiel ont diminué de 37 % entre 2005 et 2019, 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 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.

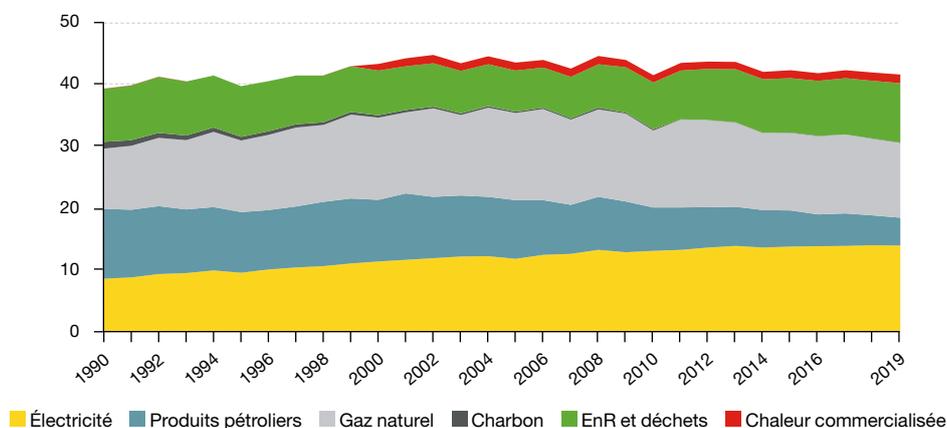
LES ÉMISSIONS DE CO₂ DU RÉSIDENTIEL BAISSENT TENDANCIELLEMENT DEPUIS 2010, SOUS L'EFFET DE LA STABILISATION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET DE LA BAISSÉ DE SON CONTENU CARBONE

Corrigée des variations climatiques, la consommation d'énergie du secteur résidentiel représente 41,5 Mtep en 2019, soit 29 % de la consommation nationale à usage énergétique¹. Après avoir crû jusqu'au début des années 2000, elle tend à se stabiliser depuis, avec une légère décroissance sur les années récentes : - 5 % entre 2012 et 2019 (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 CO₂ du secteur résidentiel, corrigées des variations climatiques, s'élèvent en 2019 à 55,3 Mt (graphique 4), soit 18 % des émissions nationales dues à la combustion d'énergie. Elles sont composées de 77 % d'émissions directes (gaz : 52 % ; produits pétroliers : 24 %) et de 23 % d'émissions indirectes (voir annexe « Méthodologie et sources ») liées à la consommation d'électricité (15 %) et à celle de chauffage urbain (8 %). Au total, les émissions directes ont baissé de 31 % 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 (+ 63 % entre 1990

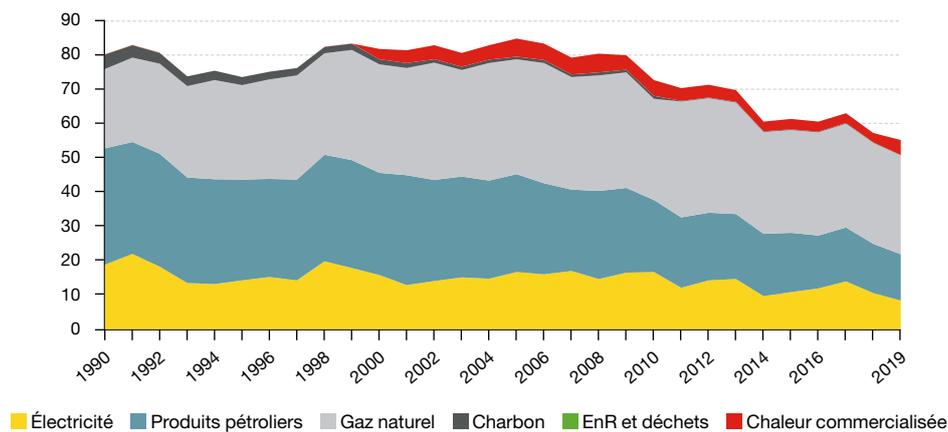
et 2019), les émissions de CO₂ qui lui sont indirectement liées ont également diminué depuis 1990, en raison de la forte baisse du contenu carbone de l'électricité produite en France. Cette dernière baisse s'explique elle-même par différents facteurs au cours du temps (voir partie 1) : le développement du nucléaire a joué un rôle prédominant au début des années 1990 avant que ne prenne le relais, depuis 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.

¹ Y compris consommation énergétique des hauts-fourneaux (considérée comme une consommation de la branche énergie dans le bilan de l'énergie).

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

Graphique 4 : émissions de CO₂ du secteur résidentiel par forme d'énergie

En MtCO₂ (données corrigées des variations climatiques)



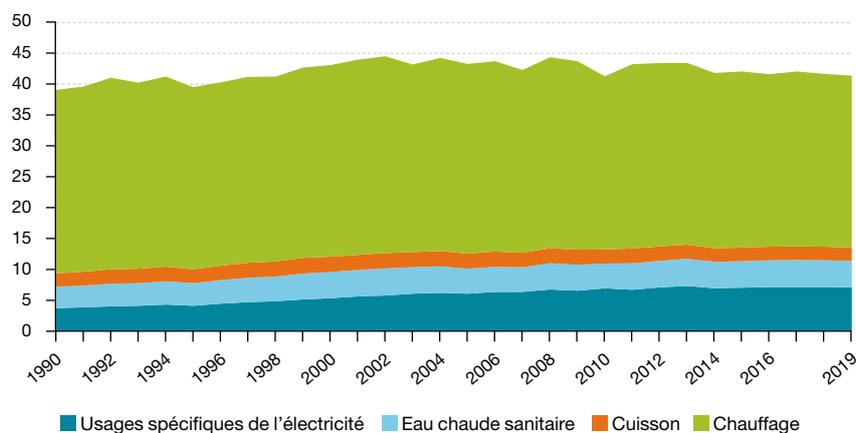
Source : calculs SDES

Le chauffage représente 67 % de la consommation d'énergie résidentielle en 2019, devant les usages spécifiques de l'électricité (17 %), l'eau chaude sanitaire (10 %) 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 2019 (+ 93 %), tandis que les consommations liées à la cuisson et à l'eau chaude sanitaire sont restées globalement stables.

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

En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

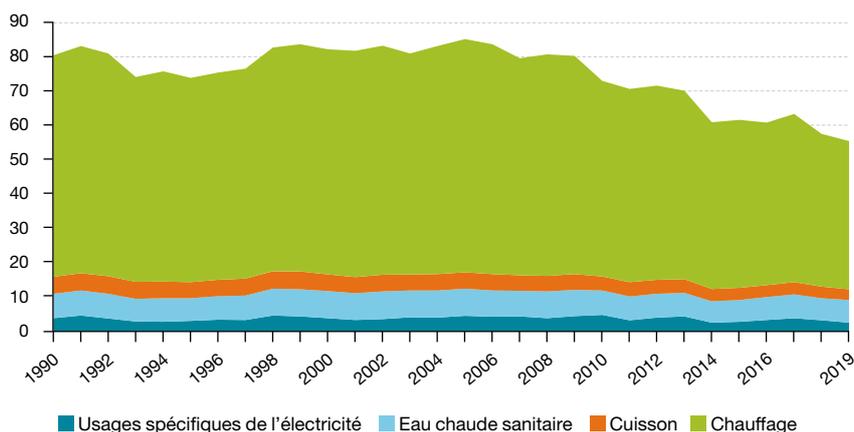
partie 2 : quels facteurs d'évolution dans le résidentiel ?

Le chauffage est encore plus prédominant en matière d'émissions de CO₂, étant à l'origine de 78 % d'entre elles en 2019 (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 par convention (voir méthodologie) 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 CO₂ (4 %) que dans la consommation d'énergie. L'eau chaude sanitaire et la cuisson représentent respectivement 12 % et 6 % des émissions, parts proches de ce que ces usages pèsent dans la consommation d'énergie.

Graphique 6 : émissions de CO₂ du secteur résidentiel par usage

En MtCO₂ (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

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 2019, les émissions associées baissant de 35 % 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 8 % et 35 % des émissions liées à ces deux usages entre 1990 et 2019. Les émissions liées au chauffage sont étudiées plus en détail ci-après.

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 2019) 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 CO₂ liées au chauffage résidentiel ont baissé de 33 % sur la période 1990-2019, 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 détriment du fioul domestique, est le principal facteur à l'origine

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

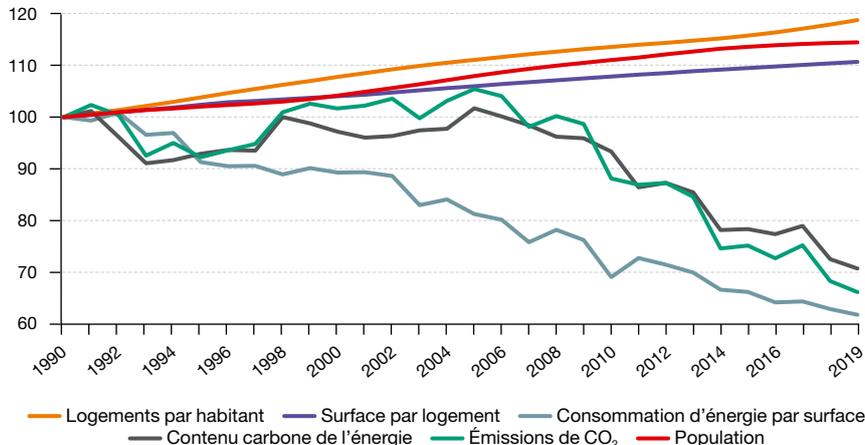
de la baisse du contenu carbone observée depuis le milieu des années 2000. S'élevant à 2,5 % depuis 2005, le rythme annuel moyen de cette baisse s'est encore intensifié depuis 2012, pour atteindre 2,9 %. Il s'explique principalement par la part croissante de la chaleur renouvelable extraite par les pompes à chaleur (+ 5 points depuis 2012) et du bois-énergie (+ 2 points) et le recul des produits pétroliers (- 6 points). Le contenu carbone du fioul domestique est en effet deux fois plus élevé (3,0 tCO₂/tep) que celui du mix moyen du chauffage résidentiel (1,5 tCO₂/tep en 2019), 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 1,9 % depuis 2005 (contre 1,2 % par an en moyenne entre 1990 et 2005), pour atteindre 116 kWh par m² en 2019. Ils 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 (+ 0,5 % 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 0,7 % par an depuis 2005.

Graphique 7 : décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ liées au chauffage résidentiel

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



Note : les émissions de CO₂ 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 ?



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

Les émissions de CO₂ du transport de voyageurs ont crû de 5 % entre 1990 et 2019. Après une hausse marquée entre 1990 et 2002, les émissions tendent à diminuer depuis cette date. Principal contributeur, le transport routier individuel 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.

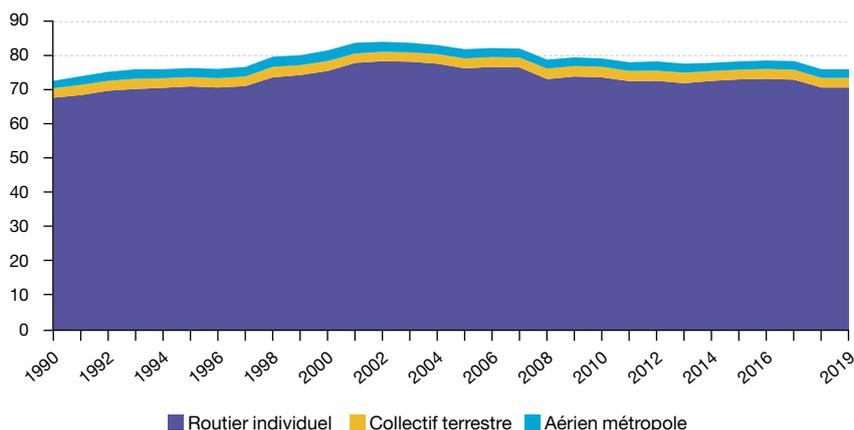
L'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES VÉHICULES PARTICULIERS ET L'INCORPORATION DE BIOCARBURANTS ONT PERMIS DE DIMINUER LES ÉMISSIONS DE CO₂ DU TRANSPORT DE VOYAGEURS

Le transport de voyageurs est à l'origine de 76 MtCO₂ en 2019, soit 25 % des émissions nationales liées à la combustion d'énergie. Le transport routier individuel (voitures particulières et deux-roues) est très prédominant, représentant 93 % de ces émissions, contre 4 % pour les transports collectifs terrestres (routier, ferroviaire) et 3 % pour le transport aérien (vols intérieurs en métropole) - (graphique 8).

Depuis 1990, les émissions associées au transport routier individuel ont crû de 5 %. Jusqu'en 2002, ces émissions ont augmenté à un rythme soutenu (+ 0,9 % par an en moyenne), proche de celui de la consommation d'énergie du secteur et du nombre de voyageurs-kilomètres transportés. Depuis 2002,

les émissions tendent à baisser, de 0,6 % par an en moyenne, à un rythme un peu plus rapide que la consommation d'énergie (- 0,2 % par an en moyenne). Cet écart traduit l'effet de l'incorporation croissante de biocarburants dans les carburants routiers (gazole et essence), qui sont à l'origine de la très grande majorité des émissions du secteur. La diminution modérée de la consommation d'énergie des voitures particulières depuis le début des années 2000 (graphique 9) résulte, quant à elle, d'effets antagonistes. Cette consommation a été fortement tirée à la baisse par des gains d'efficacité énergétique, la consommation unitaire (par kilomètre) diminuant de 0,9 % par an en moyenne depuis 1990. En sens inverse, elle a été soutenue par le volume des déplacements, qui a continué de croître depuis 2002, de 0,4 % par an moyenne (même si elle a ralenti par rapport aux années 1990), ainsi que par la baisse du taux moyen de remplissage des véhicules, qui est passé de 1,78 passager en 1990 à 1,57 en 2019.

Graphique 8 : émissions de CO₂ du transport de voyageurs
En MtCO₂

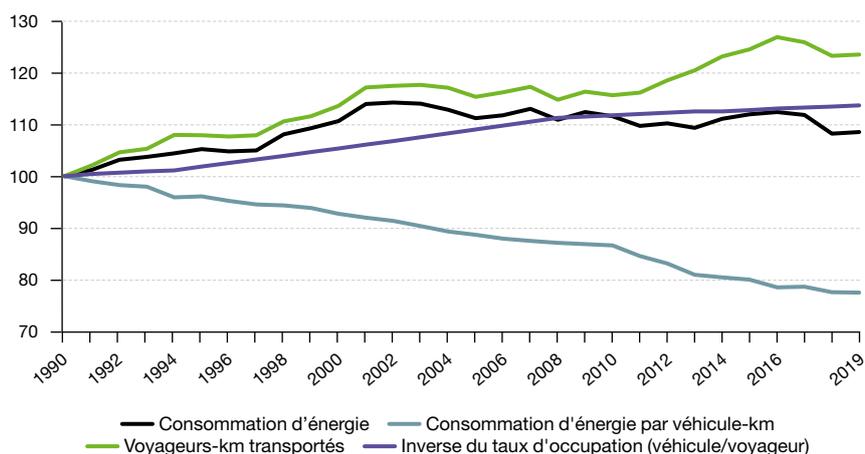


Champ : tous modes, y compris véhicules étrangers, hors transport aérien international.
Source : calculs SDES

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 des **transports collectifs terrestres** sont, quant à elles, restées relativement stables entre 1990 et 2019. Malgré des gains d'efficacité énergétique, leur consommation d'énergie a crû de 26 % sur la période (soit 0,8 % par an en moyenne), en raison d'une forte hausse du nombre de voyageurs-kilomètres transportés (+ 43 %, soit +1,2 % par an en moyenne). Cette hausse a toutefois été contrebalancée 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 CO₂ de l'électricité elle-même et l'incorporation de biocarburants dans le gazole consommé par les bus et cars. Depuis 2012, la croissance de la demande s'est légèrement réduite (+ 1,0 % par an en moyenne), et les émissions tendent à décroître (- 1,4 % par an en moyenne).

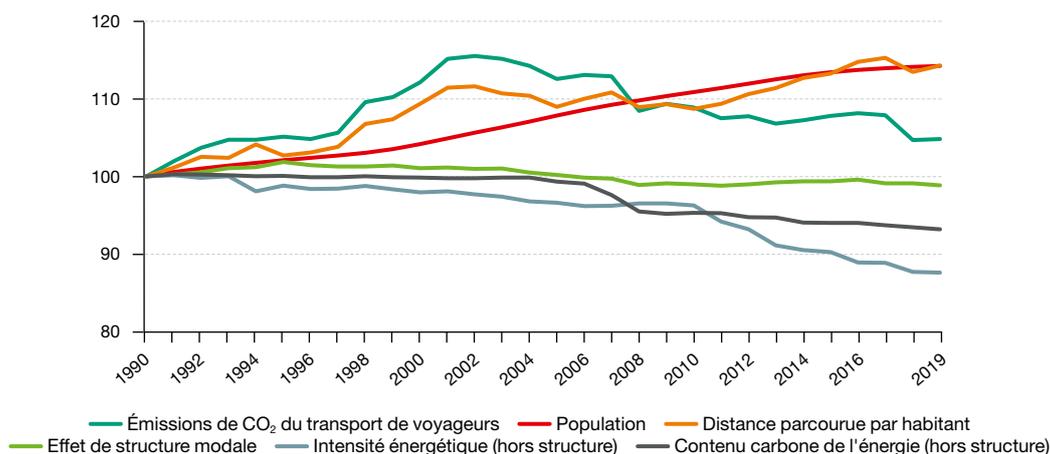
Les émissions du **transport aérien** (vols intérieurs en métropole) sont, en 2019, plus élevées de 20 % que ce qu'elles

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 globalement accrue de 42 % depuis le début de la période. Les émissions ont toutefois légèrement baissé entre 2012 et 2019, la baisse de la consommation d'énergie par voyageur-kilomètre ayant compensé la croissance de l'activité.

Tous modes confondus, les émissions de CO₂ du transport de voyageurs ont augmenté de 5 % entre 1990 et 2019, mais bien plus modérément que l'activité mesurée en voyageurs-kilomètres (+ 31 %) - (*graphique 10*). En hausse de près de 1 % par an entre 1990 et 2002, les émissions ont ensuite baissé en moyenne de 0,6 % par an entre 2002 et 2019, bien qu'elles aient rebondi entre 2013 et 2017.

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

Graphique 10 : décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ du transport de voyageurs
Indice base 100 en 1990



Note : les émissions de CO₂ sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.
Champ : tous modes, y compris véhicules étrangers, hors transport aérien international.

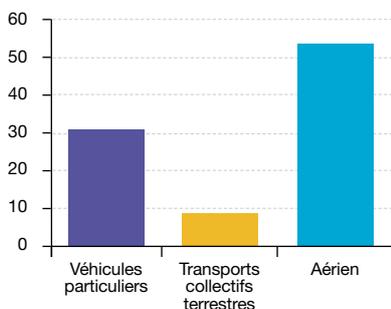
Source : calculs SDES

De manière synthétique, deux facteurs principaux ont contribué à contenir les émissions. Le plus important est la baisse de l'intensité énergétique, de 0,5 % par an en moyenne (hors effet de structure modale), devant celle du contenu carbone de l'énergie consommée, de 0,3 % 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-

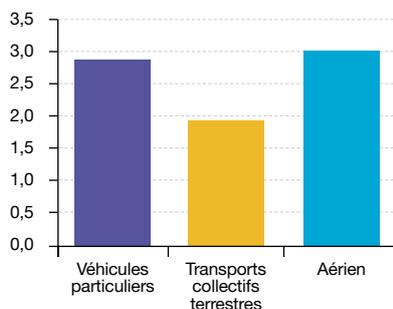
kilomètre et moins carbonée que celle des véhicules particuliers (graphique 11), s'est légèrement accrue entre 1990 et 2019 mais l'augmentation de la part modale du transport aérien a joué en sens inverse. La réduction de l'intensité énergétique (- 0,9 % par an en moyenne) s'accélère légèrement depuis 2012. Cette accélération a toutefois été partiellement compensée par une reprise de la hausse des parcours annuels moyens des habitants, qui avaient légèrement diminué au cours des années 2000.

Graphique 11 : intensité énergétique (a), contenu carbone moyen de l'énergie (b) et intensité carbone (c) pour différents modes en 2019

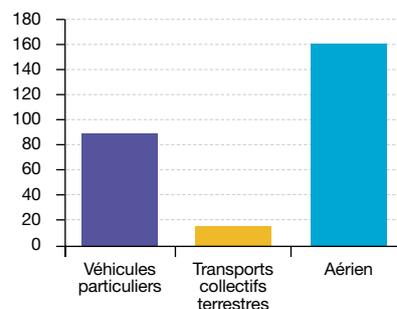
En tep/millions de voyageurs-km (a)



En tCO₂/tep (b)



En tCO₂/millions de voyageurs-km (c)



Source : calculs SDES

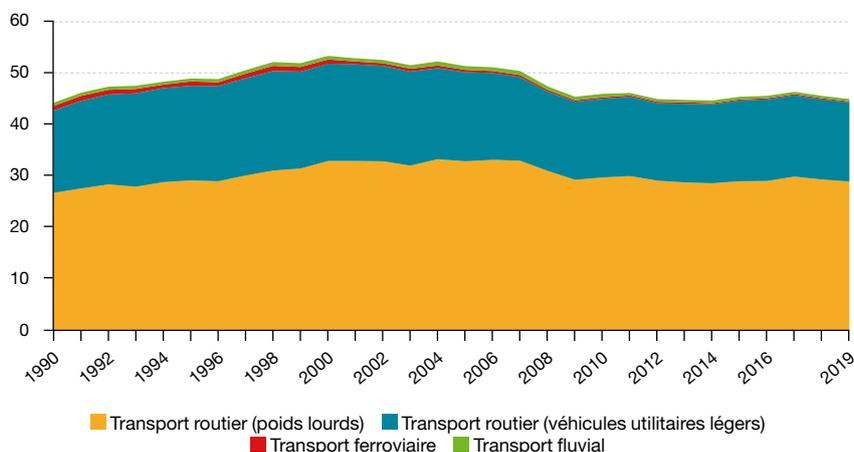
partie 3 : quels facteurs d'évolution dans les transports ?

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

Les émissions associées au **transport de marchandises** (y compris les émissions de l'ensemble des véhicules utilitaires légers, voir méthodologie) s'élèvent en 2019 à 45 MtCO₂, très

légèrement supérieures à leur niveau de 1990. La route est, encore davantage que pour le transport de voyageurs, largement dominante dans les émissions du transport de marchandises : elle représente, en 2019, plus de 98 % des émissions, contre 1 % pour le transport fluvial et moins de 0,5 % pour le transport ferroviaire (graphique 12).

Graphique 12 : émissions de CO₂ du transport de marchandises
En MtCO₂



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

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.

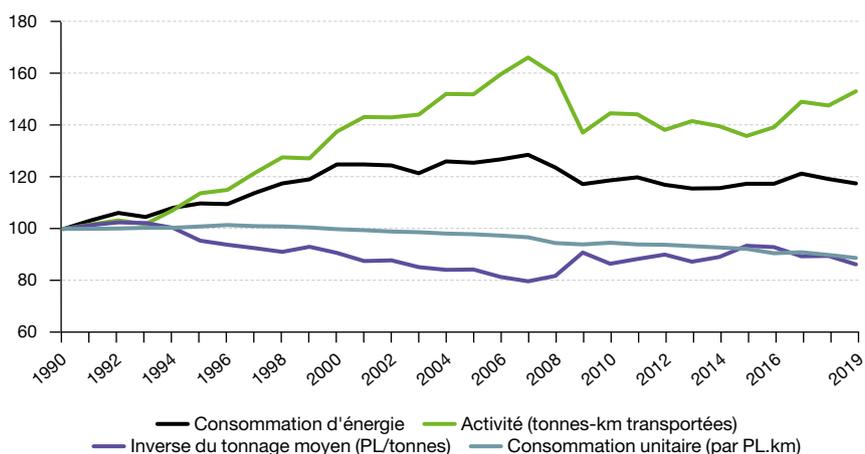
Au cours des années 1990, la consommation d'énergie du transport routier de marchandises a augmenté de manière soutenue et quasi continue. Elle a ensuite connu une période de relative stabilité entre 2000 et 2008, avant de brutalement chuter sous l'effet de la crise économique. Depuis cette chute, la consommation est restée globalement stable à moyen terme en dépit de variations interannuelles importantes. En 2019, elle est ainsi relativement proche de son niveau de 2012 (+ 1,5 % sur cette période). Globalement, sur l'ensemble de la période allant de 1990 à 2019, cette consommation a crû de 12 %, contre 52 % pour l'activité

du secteur mesurée en termes de tonnes-kilomètres transportées. Cet écart reflète une baisse de l'intensité énergétique (*i.e.* de la consommation d'énergie par tonne-kilomètre) de 1,0 % par an en moyenne.

Les **poids lourds** assurent 82 % du transport de marchandises en 2019. Leur consommation d'énergie a augmenté de 17 % entre 1990 et 2019 (graphique 13). Sur la même période, leur activité (mesurée en tonne-kilomètres transportées) a augmenté de 52 %. Cela correspond ainsi à une amélioration de l'efficacité énergétique de ce mode de transport (+ 0,9 % par an en moyenne). Elle peut être vue comme la conjugaison de deux effets : d'une part, le tonnage moyen transporté par véhicule a augmenté de 0,5 % par an en moyenne ; d'autre part, la consommation unitaire des poids lourds s'est repliée de 0,4 % par an en moyenne.

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

La consommation d'énergie des **véhicules utilitaires légers**, qui représentent 8 % du transport routier de marchandises et 35 % de ses consommations d'énergie, a, quant à elle, crû de 4 % entre 1990 et 2019.

Les émissions du **fret ferroviaire** ont été réduites de 79 % entre 1990 et 2019. Cela s'explique par deux facteurs : d'une part, la baisse de l'activité du secteur, de 38 % 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 59 % 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 globalement augmenté de 2 % entre 1990

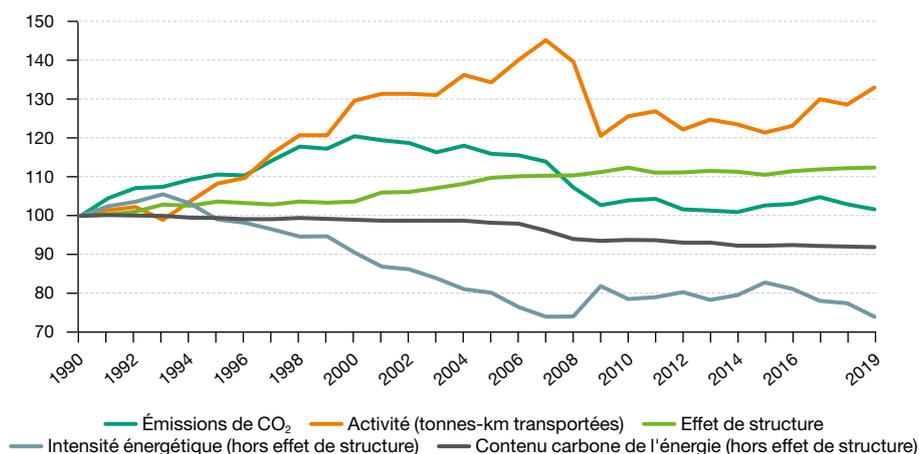
et 2019. Cette relative stabilité masque des évolutions contrastées entre sous-périodes : après avoir augmenté de 19 % entre 1990 et 2002, les émissions se sont réduites de 15 % entre 2002 et 2012 et fluctuent peu depuis.

Sur l'ensemble de la période, au-delà de la hausse du nombre de tonnes-kilomètres transportées (+ 33 %), la modification de la structure modale a contribué à pousser à la hausse ces émissions, à hauteur de 13 % (*graphique 14*).

En effet, la part de la route a augmenté : elle est passée de 78 % en 1990 à 89 % en 2019, au détriment essentiellement du ferroviaire, alors que ce dernier mode présente une moindre intensité énergétique (et donc une meilleure efficacité) et émet moins de CO₂ par unité d'énergie puisque consommant principalement une électricité décarbonée (*graphique 15*).

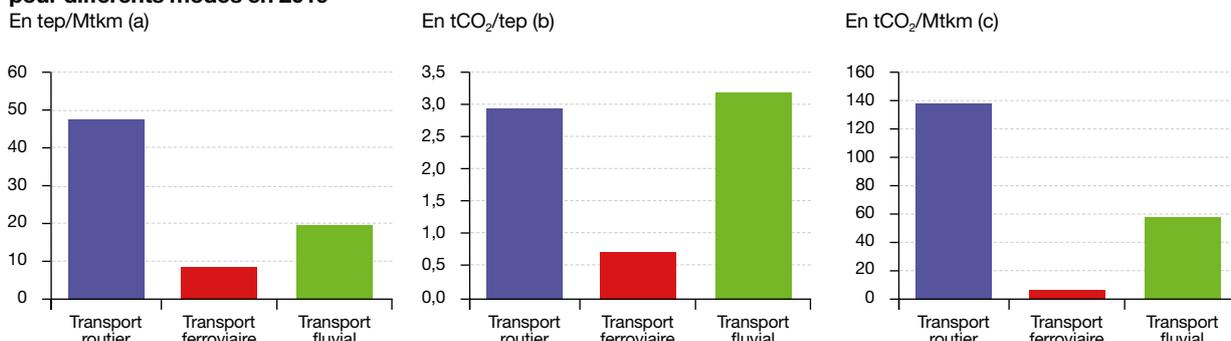
partie 3 : quels facteurs d'évolution dans les transports ?

Graphique 14 : décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ du transport de marchandises
Indice base 100 en 1990



Note : les émissions de CO₂ sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.
Source : calculs SDES

Graphique 15 : intensité énergétique (a), contenu carbone moyen de l'énergie (b) et intensité carbone (c) pour différents modes en 2019



Source : calculs SDES

À l'inverse, le principal facteur de maîtrise des émissions de CO₂ du transport de marchandises sur la période 1990-2019 est la diminution de l'intensité énergétique, de 1,0 % par an en moyenne (hors effet de structure modale). La baisse du contenu carbone de l'énergie consommée contribue également à la maîtrise des émissions de CO₂, 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 CO₂, mais dans une moindre mesure.

partie 4

Quels facteurs d'évolution dans le secteur productif ?



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

Les émissions de CO₂ du secteur productif (hors celles liées au transport) ont baissé de 23 % entre 1990 et 2019, 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 CO₂ DU SECTEUR PRODUCTIF EST LIÉE À LA TERTIARISATION DE L'ÉCONOMIE

Le **secteur productif** (industrie, tertiaire et agriculture-pêche, hors transports étudiés précédemment) représente 41 % de la consommation finale énergétique et 34 % des émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie (y compris les émissions indirectes liées à l'électricité et à la chaleur), soit 104 Mt en 2019. Entre 1990 et 2019, les émissions de CO₂ du secteur productif ont globalement diminué de 23 % (*graphique 16*). Par secteur, la baisse s'est élevée à 29 % dans l'industrie, 12 % dans le tertiaire et 11 % dans l'agriculture.

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 décliné de 20 % dans

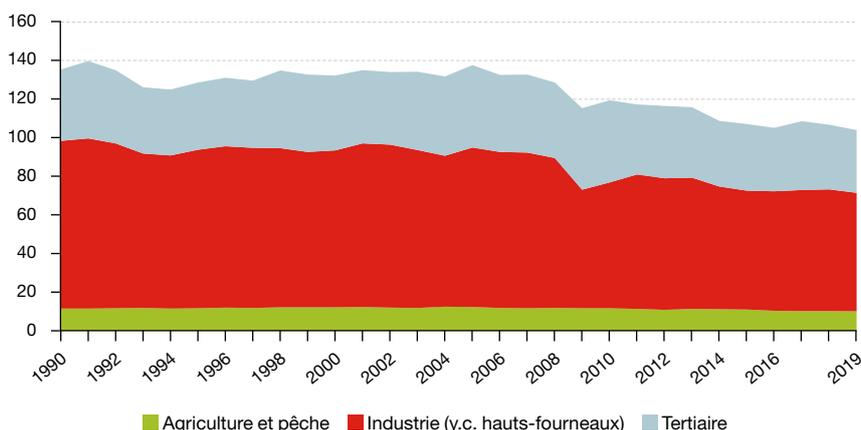
l'industrie, de 36 % dans le tertiaire et de 20 % dans l'agriculture (*graphique 17*). Cette baisse de long terme reflète de manière générale la progression des énergies décarbonées (nucléaire dans les années 1990 et énergies renouvelables à partir de 2005) au détriment des énergies fossiles, notamment le charbon (*voir partie 1*).

La consommation d'énergie du secteur productif, quant à elle, s'établit en 2019 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 (+ 38 %) et de l'agriculture (+ 11 %).

Dans le même temps, les valeurs ajoutées de l'agriculture, de l'industrie et du tertiaire ont augmenté de 32 %, 35 % et 67 %. Ainsi, les intensités énergétiques de ces trois secteurs ont toutes diminué, respectivement de 16 %, 31 % et 18 % (*graphique 19*).

Graphique 16 : émissions de CO₂ du secteur productif

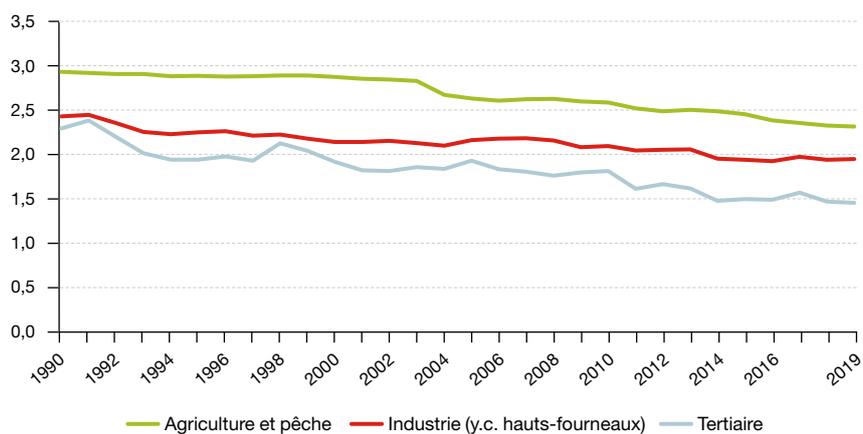
En MtCO₂ (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

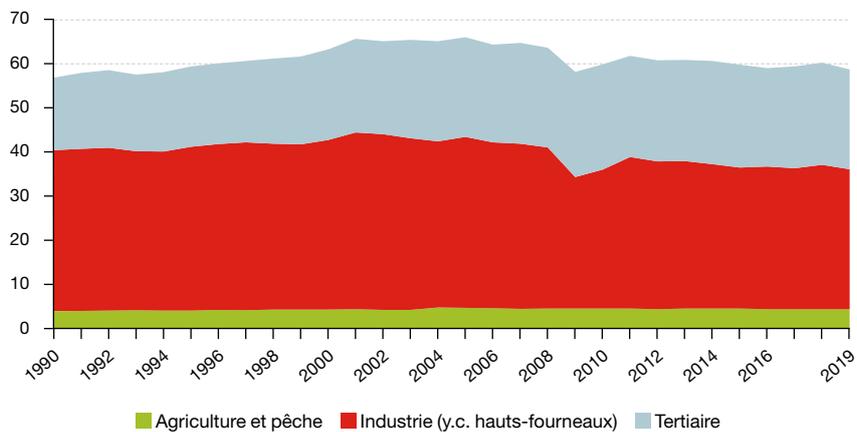
partie 4 : quels facteurs d'évolution dans le secteur productif ?

Graphique 17 : contenu carbone moyen de l'énergie par secteur
En tCO₂/tep (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

Graphique 18 : consommation d'énergie du secteur productif
En Mtep (données corrigées des variations climatiques)

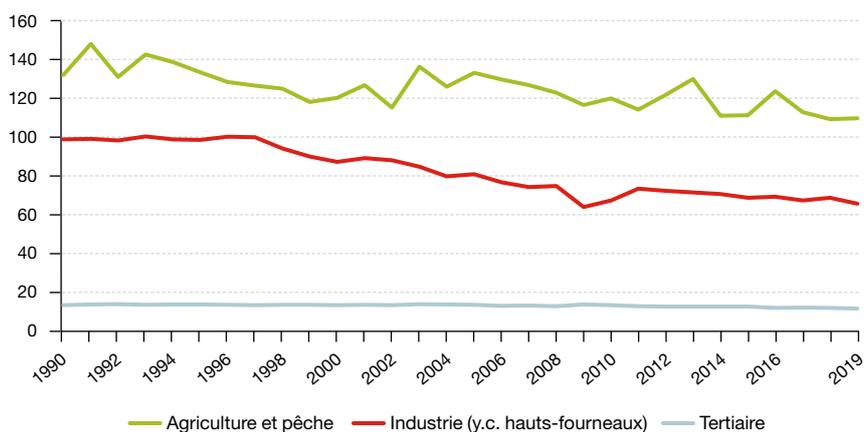


Source : calculs SDES

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

Graphique 19 : intensité énergétique moyenne par secteur

En tep/M€₂₀₁₉ (données corrigées des variations climatiques)



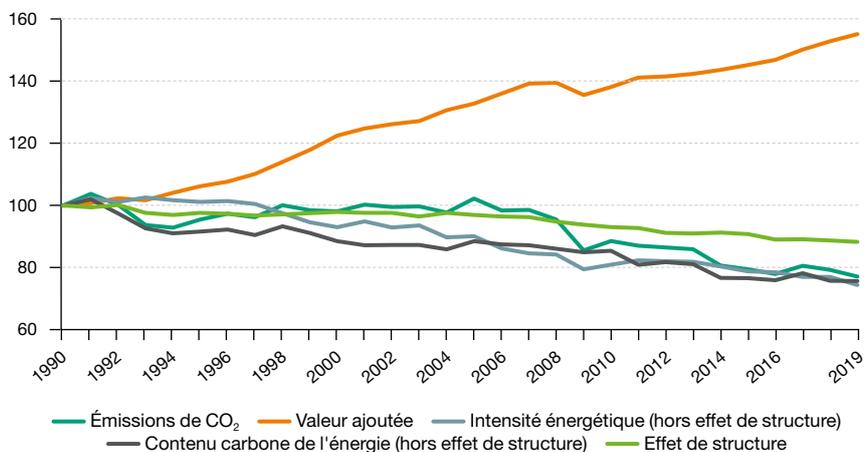
Source : calculs SDES

L'intensité énergétique du secteur productif dans son ensemble a décliné de 34 % entre 1990 et 2019, soit davantage que chacun 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 79 % de la valeur ajoutée), 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 26 % (graphique 20). Le contenu en émissions de l'énergie consommée a, par ailleurs, diminué de 25 %, hors effet de structure. L'effet de structure a, quant à lui, contribué à hauteur de 12 % 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 56 % de l'activité économique sur la période d'étude.

Graphique 20 : décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ du secteur productif

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



Source : calculs SDES

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

La baisse des émissions de CO₂ 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 2019. 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 de 2008-2009. Passé cette crise, les émissions du secteur productif ont continué à diminuer (- 1,6 % par an en moyenne entre 2012 et 2019). 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 CO₂ de l'énergie consommée dans chacune des branches (*graphique 17*) s'accélère, notamment dans le secteur tertiaire (- 12 %) 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, au sens d'une croissance moins rapide de l'industrie que des autres secteurs, qui s'est poursuivie après la crise économique.

LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DE CO₂ DANS L'INDUSTRIE S'EXPLIQUE ESSENTIELLEMENT PAR UNE AMÉLIORATION DES PROCÉDÉS DE FABRICATION

Les émissions de CO₂ de l'**industrie** ont baissé de 29 % entre 1990 et 2019, alors que sa valeur ajoutée a progressé de 25 % (*graphique 21*). 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 10 % depuis 2012, avec une hausse concomitante de 3 % de la valeur ajoutée industrielle (soit 0,4 % par an).

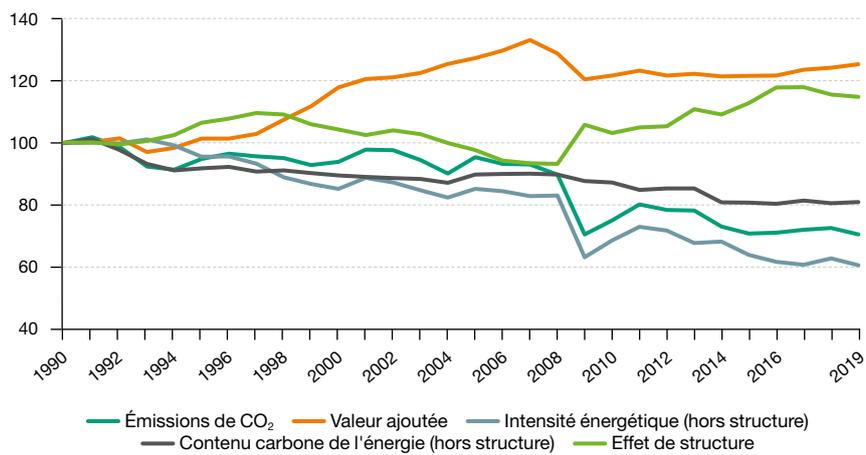
Au-delà de la crise économique, la baisse de l'intensité énergétique joue un rôle déterminant dans celle des émissions de CO₂. Hors effet de structure, elle atteint 39 % entre 1990 et 2019, soit 1,7 % par an en moyenne. Cette diminution reflète une forte amélioration de l'efficacité énergétique des procédés de fabrication dans les différentes branches industrielles. Elle affecte en particulier les plus consommatrices : entre 2012 et 2019, l'intensité énergétique s'est ainsi réduite de plus de 20 % en moyenne dans les secteurs les plus intensifs en CO₂ (métallurgie, minéraux non métalliques, chimie et papier, qui représentent plus de deux tiers des émissions industrielles).

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 CO₂. Jusqu'en 2007, le déclin de la métallurgie tendait à faire baisser l'intensité énergétique industrielle, mais était contrebalancé par la croissance d'autres secteurs fortement consommateurs tels que la chimie. Sur les années récentes, la métallurgie et la chimie, deux secteurs intensifs en énergie, connaissent de fortes croissances de leurs valeurs ajoutées (supérieures à 20 % depuis 2012), alors que l'activité de la construction, bien moins intensive en énergie, stagne. Cela se traduit par une contribution positive de l'effet de structure aux émissions (de 9 % entre 2012 et 2019).

La baisse du contenu carbone de l'énergie consommée, de 19 % sur la période, a également contribué à la diminution des émissions de CO₂, mais un peu plus modestement que l'intensité énergétique. Depuis 2012, il s'est réduit de 5 % hors effet de structure, soit une baisse de 0,7 % 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).

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

Graphique 21 : décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ de l'industrie
Indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques)



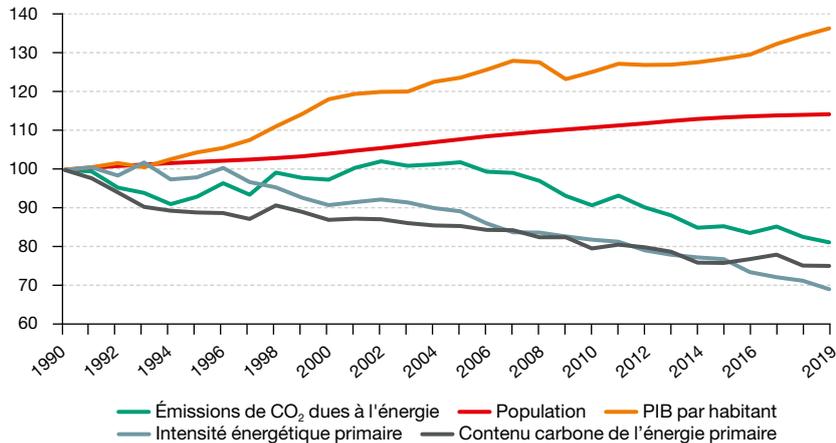
Note : les émissions de CO₂ sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.

Source : calculs SDES

Données clés

Décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ dues à l'énergie en France entre 1990 et 2019 suivant l'équation de Kaya

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



Source : calculs SDES

Baisse des émissions de CO₂ dues à l'énergie entre 1990 et 2019

- ↘ 31 % dans le résidentiel
- ↘ 29 % dans l'industrie
- ↘ 12 % dans le tertiaire
- ↘ 11 % dans l'agriculture

Augmentation des émissions de CO₂ dues à l'énergie entre 1990 et 2019

- ↗ 5 % dans le transport de voyageurs
- ↗ 2 % 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 CO₂ et la consommation d'énergie est le *Bilan énergétique de la France pour 2019* du service des données et études statistiques (SDES) du ministère de la Transition écologique.

Le champ géographique est la France métropolitaine. Les émissions de CO₂ 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), ainsi que le transport aérien vers les DOM. Le calcul des émissions de CO₂ 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. 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).

Par ailleurs, seules les émissions de CO₂ liées à la combustion d'énergie sont prises en compte : les émissions de CO₂ 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 environ 70 % des émissions de gaz à effet de serre sur le territoire national. À titre de comparaison, sur la France entière et non corrigées des variations climatiques, elles représentent en 2019 308 MtCO₂, soit 73 % du total de l'inventaire national (423 Mt CO₂ éq hors UTCATF, *Citepa Secten 2021*).

Les émissions de CO₂ 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 émissions directes sont déterminées en appliquant des facteurs d'émission aux consommations d'énergies fossiles (produits pétroliers, gaz, combustibles minéraux solides, déchets non renouvelables), hors usages non énergétiques. Les facteurs d'émission de l'électricité par secteur et, pour le résidentiel, par usage correspondent à une attribution des émissions selon les conventions de la méthode dite « saisonnalisée », qui établit un lien entre la variabilité saisonnière des émissions de CO₂ et la variabilité saisonnière des usages. Ils sont tirés de la Base Carbone (v19.0) de l'Ademe pour les années 2008 à 2018. À noter qu'une nouvelle méthode de référence, dite « moyenne mensualisée », a depuis été ajoutée à la Base Carbone, mais les données correspondantes n'étaient pas encore disponibles au moment de la réalisation de cette étude. Ces facteurs d'émission de l'électricité sont ensuite 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 2019 et pour les années antérieures sont estimés en les faisant évoluer comme le contenu carbone de la production d'électricité. 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 (on considère que le carbone émis dans l'atmosphère a été prélevé au préalable dans l'atmosphère lors de la croissance de la plante et, si ce n'est pas le cas, les émissions non compensées sont enregistrées dans le secteur UTCATF, exclu de la présente analyse).

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 2019 (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 pour le mode routier sont principalement issues du *Bilan annuel des transports* du SDES, et en particulier du chapitre consacré au bilan de la circulation routière. C'est le cas notamment de la répartition des consommations de carburants entre les différents types de véhicules routiers (véhicules particuliers, deux-roues, véhicules

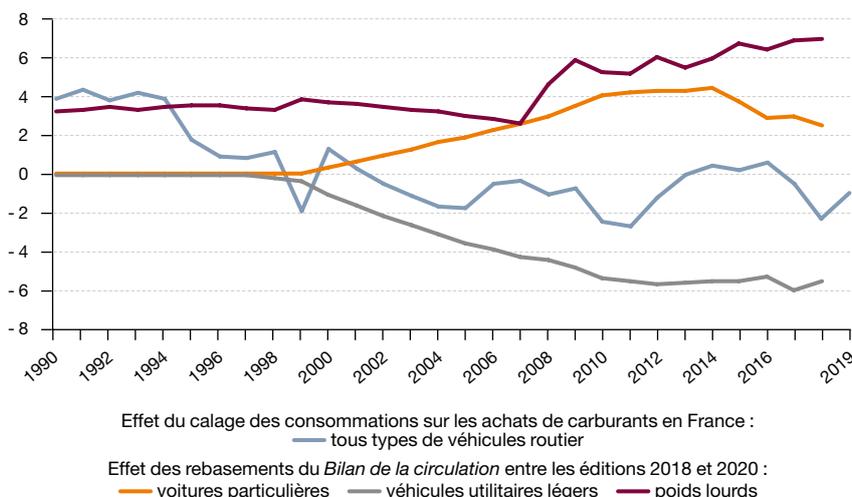
utilitaires légers, poids lourds, bus et cars), qui est tirée du *Bilan de la circulation routière (2020)*. Les circulations et les consommations unitaires permettant de déterminer ces répartitions des consommations de carburants ont fait l'objet d'un rebasement effectué en deux étapes depuis le *Bilan de la circulation routière (2018)*², pouvant conduire à des différences importantes avec les résultats des éditions précédentes : toutes choses égales par ailleurs, cela a conduit à rehausser les émissions des poids lourds sur la période 1990-2018 (+ 3,2 MtCO₂ en 1990 ; + 7,0 MtCO₂ en 2018) - (voir graphique 22). Les émissions des véhicules utilitaires légers et des voitures particulières sont également affectées sur la période 2000-2018, à la baisse pour les VUL (- 5,6 MtCO₂ en 2018) et à la hausse pour les VP (+ 2,5 MtCO₂ en 2018). Les taux de remplissage des véhicules routiers, dont sont déduits l'activité du transport routier ainsi que les données d'activité pour les modes non routiers, proviennent du *Bilan annuel des transports (2019)* du SDES.

La consommation totale provient désormais, pour chaque énergie considérée, du *Bilan énergétique*, dont le périmètre diffère de celui du *Bilan de la circulation routière* : ce dernier estime les consommations des différents types de véhicules

à partir des observations de leur circulation sur le territoire national et de leur consommation unitaire moyenne, tandis que le *Bilan de l'énergie* estime la consommation, tous types de véhicules confondus, à partir de l'observation des achats de carburants en France. La différence peut s'interpréter comme la somme d'un solde aux frontières et d'un écart statistique. Ce changement méthodologique conduit à rapprocher les émissions estimées ici de celles des inventaires nationaux d'émissions, qui se fondent sur ces mêmes quantités de carburants. Par rapport à une estimation directe à partir du *Bilan de la circulation routière (2020)*, les émissions s'en trouvent rehaussées de + 3,9 MtCO₂ en 1990, et diminuées de - 1,0 MtCO₂ en 2019 (voir graphique 22). Les données d'activité (circulations, transport de marchandises, transport de passagers) sont recalculées en rapportant les consommations d'énergie totales aux consommations unitaires tirées du *Bilan de la circulation routière*. Elles ne sont donc plus directement comparables à celles du *Bilan annuel des transports* du SDES.

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.

Graphique 22 : effet des principales révisions sur les émissions des transports routiers
En MtCO₂



Source : calculs SDES, à partir de *Bilan énergétique de la France (2019)*, *Bilan de la circulation routière (2018, 2020)*

² Voir la notice méthodologique, *Rebasement du bilan de la circulation en 2020 et 2021*, SDES, septembre 2021.

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 réintégré 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 CO₂ 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 CO₂ liée au fait que dégager un euro de valeur ajoutée dans le tertiaire nécessite de moins émettre de CO₂ 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 CO₂ 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, 2019) 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 $CO_{2,i}$, une consommation énergétique E_i , une part dans l'activité totale

$S_i = VA_i / VA$, un contenu carbone moyen de l'énergie $C_i = CO_{2,i} / E_i$ 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 :

$$D_{Act} = \exp \left(\sum_i w_i \times \log \left(\frac{VA^{2019}}{VA^{1990}} \right) \right)$$

$$D_{Str} = \exp \left(\sum_i w_i \times \log \left(\frac{S_i^{2019}}{S_i^{1990}} \right) \right)$$

$$D_{CO_2} = \exp \left(\sum_i w_i \times \log \left(\frac{C_i^{2019}}{C_i^{1990}} \right) \right)$$

$$D_{Int} = \exp \left(\sum_i w_i \times \log \left(\frac{I_i^{2019}}{I_i^{1990}} \right) \right)$$

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

$$w_i = \frac{(CO_{2i}^{2019} - CO_{2i}^{1990})}{(CO_2^{2019} - CO_2^{1990})} \times \frac{\log(CO_2^{2019}) - \log(CO_2^{1990})}{\log(CO_{2i}^{2019}) - \log(CO_{2i}^{1990})}$$

On vérifie que :

$$\frac{CO_2^{2019}}{CO_2^{1990}} = D_{Act} \times D_{Str} \times D_{Int} \times D_{CO_2}$$

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 (routier, ferroviaire, etc.).

Outre les changements précédemment évoqués pour le secteur des transports, cette édition de l'étude intègre l'ensemble des révisions du *Bilan énergétique* du SDES, en particulier concernant les consommations finales d'électricité et de gaz naturel. Ces dernières sont revues, sur la période 2011-2018, à la hausse dans le secteur résidentiel et l'industrie, tandis qu'elles sont revues à la baisse dans le secteur tertiaire. Par rapport à l'édition précédente, les émissions en 2018 sont par conséquent revues à la hausse de + 3,8 MtCO₂ dans l'industrie et de + 2,5 MtCO₂ dans le résidentiel, tandis qu'elles sont revues à la baisse de - 3,0 MtCO₂ dans le tertiaire. Dans les transports, la révision en 2018 est de + 2,3 MtCO₂.

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 CO₂ 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 1^{er} juillet 1992 — art. L.122-4 et L.122-5 et Code pénal art. 425).

Dépôt légal : septembre 2021
ISSN : 2557-8138 (en ligne)

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



En France métropolitaine, les émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie, corrigées des variations climatiques, ont diminué de 19 % entre 1990 et 2019. 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 la majeure partie de la baisse de 31 % des émissions. Elles sont très majoritairement liées à l'usage de chauffage, dont les émissions ont baissé dans des proportions similaires. 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, les émissions sont largement dominées par le mode routier et supérieures à leur niveau de 1990, pour le transport de voyageurs comme pour le transport de marchandises. 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.

Dans le secteur productif, les émissions ont été réduites de 23 %, sous trois effets combinés : gains d'efficacité énergétique dans l'ensemble des branches, utilisation d'une énergie moins carbonée et tertiarisation de l'économie.

**Les facteurs
d'évolution des
émissions de CO₂
liées à l'énergie
en France
de 1990 à 2019**

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