

# ÉNERGIE & ENVIRONNEMENT

# 3

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Qualité de l'air..... | 68 |
| Énergie.....          | 72 |
| Effet de serre.....   | 76 |

## Emissions globales en France

Le Citepa, qui constitue l'organisme de référence en la matière, calcule chaque année les émissions de polluants qu'émettent sur l'ensemble du territoire national les différents secteurs de l'économie (industrie, résidentiel, tertiaire, agriculture, transports, etc.). Ces calculs sont conduits conformément au protocole dit «Coralie/ Secten» (pour SECTeurs économiques et ENergie). Comme l'indique le Citepa, les séries sont « **régulièrement révisées et complétées afin de tenir compte de l'amélioration permanente des connaissances, des méthodes d'estimation et des règles de restitution** ».

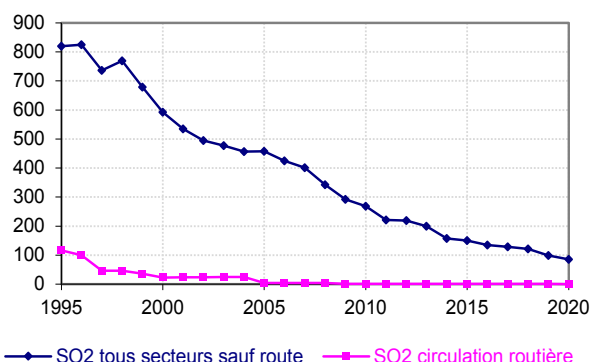
Les séries publiées par le Citepa correspondent à des **calculs** (conduits selon des protocoles rigoureux et réglementaires). Il ne s'agit donc pas de mesures in situ. Cette précision apparaît utile car la confusion est parfois faite entre les deux types d'évaluation, l'une concernant les émissions calculées, l'autre les concentrations

mesurées dans l'air. Il va de soi que les émissions et les concentrations évoluent dans le même sens, en considérant des territoires étendus et des périodes suffisamment longues.

**Le secteur économique désigné ici par « circulation routière » concerne les émissions de tous les véhicules (voitures, poids lourds, deux-roues, immatriculations françaises et étrangères) sur le territoire français métropolitain** (dans le système Secten, ce secteur est désigné par « transport routier », terme ambigu car il est généralement réservé au transport routier de marchandises).

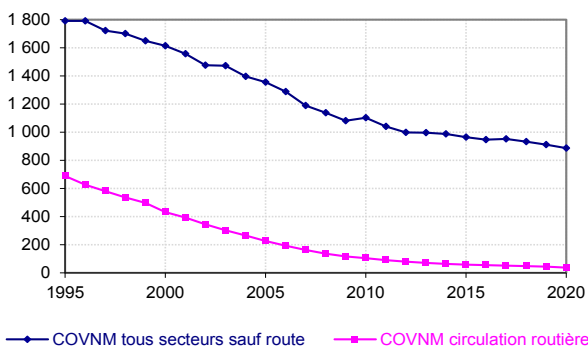
Les graphiques ci-après permettent de comparer les masses émises et leurs évolutions, respectivement par la circulation routière et par tous les autres secteurs économiques (production d'énergie, industrie, résidentiel et tertiaire, agriculture, etc.).

### ► Emissions de SO<sub>2</sub> (milliers de tonnes)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

### ► Emissions de COV non méthaniques (milliers de tonnes)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

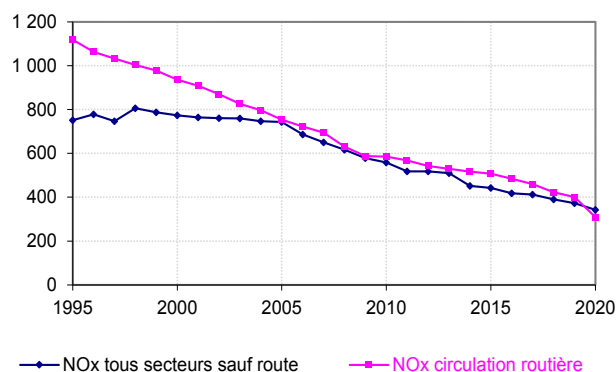
Les plafonds d'émissions nationaux imposés aux États au titre de la pollution transfrontière à longue distance (protocole dit « de Göteborg ») ont été revus en mai 2012, sous forme d'une réduction en 2020 par rapport à l'année de référence 2005. Le tableau ci-dessous indique l'évolution des émissions pendant les dix dernières

### ► Emissions totales et plafonds d'émissions pour 2020 (milliers de tonnes)

|                 | 2005  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018 | 2019 | 2020 | 2020 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| SO <sub>2</sub> | 462   | 222   | 220   | 201   | 158   | 151   | 136   | 130   | 122  | 100  | 86   | 208  |
| NOx             | 1 497 | 1 086 | 1 060 | 1 040 | 969   | 949   | 902   | 872   | 812  | 774  | 651  | 749  |
| COVNM           | 1 581 | 1 129 | 1 076 | 1 067 | 1 050 | 1 023 | 1 001 | 1 003 | 979  | 956  | 923  | 901  |
| PM 2,5          | 247   | 161   | 164   | 164   | 140   | 142   | 141   | 134   | 126  | 121  | 112  | 180  |

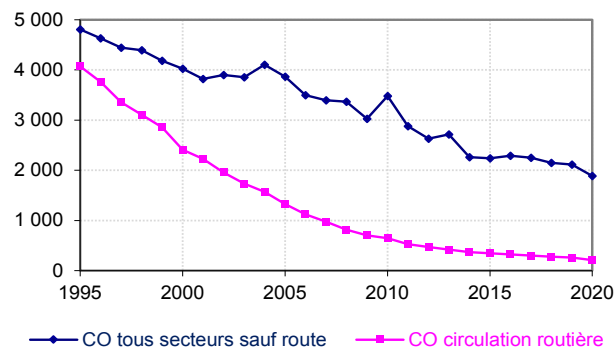
Sources : CITEPA ; Commission européenne

### ► Emissions de NOx (milliers de tonnes)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

### ► Emissions de CO (milliers de tonnes)

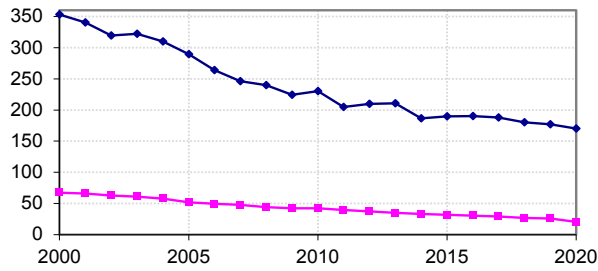


Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

années ainsi que les nouveaux objectifs fixés à la France. Ces objectifs, sont atteints en termes de SO<sub>2</sub>, NOx et particules ; par contre, l'objectif en termes de COVNM n'est pas encore atteint, mais pas du fait de la route.

## Emissions globales en France

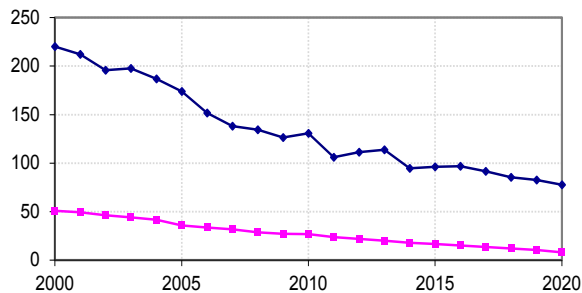
### ► Emissions de PM 10 (milliers de tonnes)



— PM 10 tous secteurs sauf route — PM 10 circulation routière

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

### ► Emissions de PM 1,0 (milliers de tonnes)



— PM 1,0 tous secteurs sauf route — PM 1,0 circulation routière

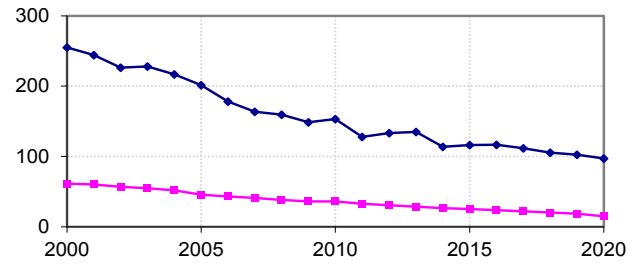
Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

Les graphiques précédents sont relatifs :

- aux quatre principaux **polluants chimiques** : dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), oxydes d'azote ( $\text{NOx}$ , somme pondérée du monoxyde NO et du dioxyde  $\text{NO}_2$ ), composés organiques volatils hors méthane (COVNM), monoxyde de carbone (CO) ;
- aux **particules** (PM, en anglais particulate matter), parmi lesquelles on distingue les PM10 de « diamètre » inférieur à 10 micromètres, les PM2,5 de diamètre inférieur à 2,5 micromètres et les PM1,0 de diamètre inférieur à 1 micromètre. **Les masses de ces trois catégories ne doivent pas être additionnées, puisque la masse des PM10 englobe celles des catégories de dimensions inférieures, et ainsi de suite.**

Quels que soient les polluants considérés (chimiques ou particulaires), les émissions totales et celles de la circulation routière

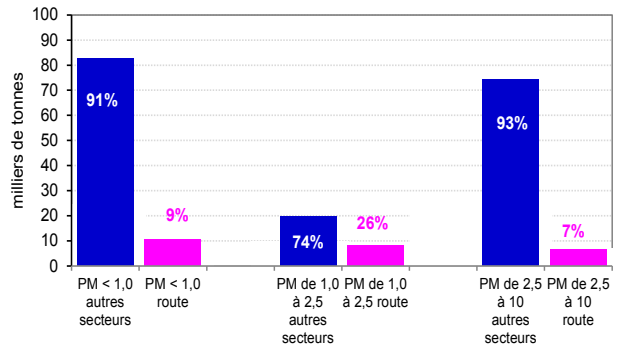
### ► Emissions de PM 2,5 (milliers de tonnes)



— PM 2,5 tous secteurs sauf route — PM 2,5 circulation routière

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

### ► Masse de particules émises en 2020 par fractions granulaires et répartition entre route et autres secteurs pour chaque fraction



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

sont en décroissance depuis près de vingt ans. Pour la circulation routière, cette décroissance est due à la sévrisation progressive des normes « euro » (voir pages 63 à 65), et notamment à la généralisation des dispositifs de capture ou de retraitement des particules des moteurs diesel (dont les filtres à particules).

L'histogramme ci-dessus illustre la masse des émissions de particules pour les trois classes granulaires, ainsi que leur répartition en pourcentages entre la circulation routière et les autres secteurs. Les émissions de la circulation routière résultent de la combustion du gazole ainsi que des phénomènes d'attrition et d'usure (chaussées, pneus, freins, etc.). Les particules inférieures à 1 micromètre sont pratiquement toutes issues de la combustion du gazole.

### ► Pourcentage des émissions de la circulation routière dans le total des émissions

|               | 1995 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\text{SO}_2$ | 12%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 1%   | 1%   | 1%   | 1%   | 1%   | 1%   | 1%   |
| $\text{NOx}$  | 60%  | 51%  | 52%  | 51%  | 51%  | 53%  | 53%  | 54%  | 53%  | 52%  | 52%  | 47%  |
| COVNM         | 28%  | 9%   | 8%   | 7%   | 7%   | 6%   | 6%   | 5%   | 5%   | 5%   | 5%   | 4%   |
| CO            | 46%  | 16%  | 15%  | 15%  | 13%  | 14%  | 13%  | 12%  | 12%  | 11%  | 11%  | 10%  |
| PM 1,0        | 19%  | 17%  | 18%  | 17%  | 15%  | 16%  | 15%  | 14%  | 13%  | 12%  | 11%  | 9%   |
| PM 2,5        | 19%  | 19%  | 20%  | 19%  | 18%  | 19%  | 18%  | 17%  | 16%  | 16%  | 15%  | 13%  |
| PM 10         | 16%  | 16%  | 16%  | 15%  | 14%  | 15%  | 14%  | 14%  | 13%  | 13%  | 13%  | 11%  |

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

Comme l'indique le tableau ci-dessus, **la route est très minoritaire dans les émissions**, même pour le  $\text{NOx}$  pour lequel elle ne représente plus que 47% des émissions. Quant au  $\text{SO}_2$  routier, il a

pratiquement disparu depuis 2005, du fait des nouvelles teneurs en soufre des carburants.

## Concentration en polluants - Exemple de l'Île de France

L'association Airparif mesure depuis 1979 les concentrations en polluants sur l'ensemble de la région Île-de-France. Le réseau comporte une soixantaine de stations, réparties en stations : «trafic», «urbaines et périurbaines», «rurales», plus quelques stations «industrielles» et «d'observation». Airparif dispose en France des plus longues séries de mesures de qualité de l'air, c'est pourquoi l'Île-de-France est ici choisie comme exemple.

Les tableaux et graphiques ci-dessous retracent l'évolution des

concentrations des principaux polluants (moyennes arithmétiques des concentrations annuelles des différentes stations).

Les oxydes d'azote comportent le monoxyde NO, polluant « primaire » (90% des oxydes d'azote à la sortie des pots d'échappement), et le dioxyde NO<sub>2</sub>, produit de l'oxydation de NO par l'ozone de l'air. On les consolide sous l'expression NOx qui équivaut à : NO<sub>2</sub> + 46/30 x NO (46/30 étant le rapport des masses moléculaires).

### ► Stations trafic (pollution de proximité)

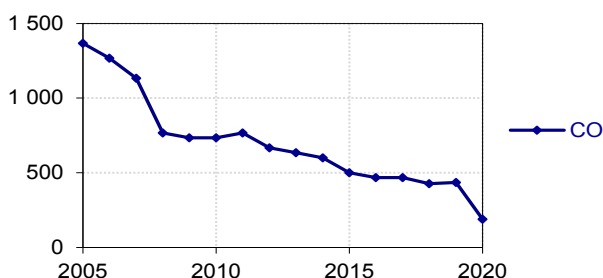
Les stations « trafic » ou « de proximité automobile » sont disposées en bordure immédiate d'axes de circulation très fréquentés et mesurent donc les concentrations de polluants avant leur dispersion dans l'air. Les concentrations en monoxydes de carbone

CO et d'azote NO, polluants primaires, sont donc révélatrices des progrès des moteurs. Le NOx est l'un des critères pris en compte dans les normes « euro » (voir les pages 61 à 64).

|  | 1995  | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Concentration en monoxyde de carbone (moyennes horaires annuelles) (microg / m<sup>3</sup>)</b>                   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| CO   | 4 033 | 733  | 767  | 667  | 633  | 600  | 500  | 467  | 467  | 426  | 434  | 188  |
| Nombre de stations   | 3     | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    | 2    | 2    |
| <b>Concentration en monoxyde d'azote et en oxydes d'azote (moyennes horaires annuelles) (microg / m<sup>3</sup>)</b> |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| NO   | 242   | 94   | 98   | 92   | 92   | 87   | 84   | 86   | 82   | 70   | 65   | 51   |
| NOx  | 450   | 224  | 228  | 220  | 212  | 200  | 194  | 196  | 188  | 165  | 154  | 120  |
| Nombre de stations   | 5     | 8    | 8    | 9    | 11   | 12   | 13   | 11   | 13   | 12   | 12   | 12   |

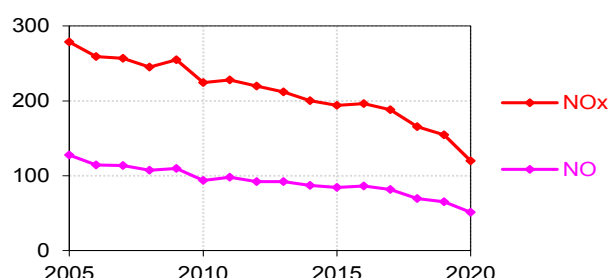
Source : Airparif

### ► Île de France : stations de proximité : concentration en monoxyde de carbone (microg/m<sup>3</sup>)



Source : Airparif

### ► Île de France : stations de proximité : concentration en oxydes d'azote (microg/m<sup>3</sup>)



Source : Airparif

### ► Agglomération parisienne : stations urbaines et périurbaines (pollution de fond)

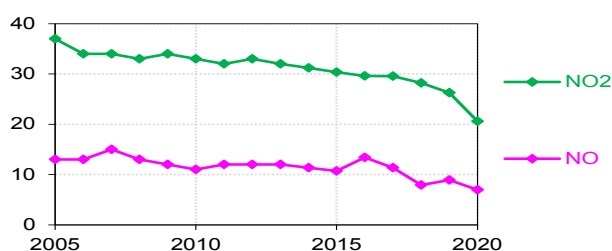
Les stations « urbaines et périurbaines » ou « de fond » mesurent la qualité de l'air ambiant, tel que nous le respirons habituellement.

Le NO est en grande partie oxydé par l'ozone de l'air et transformé en dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>.

|   | 1995 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Concentration en oxydes d'azote (moyennes horaires annuelles) (microg / m<sup>3</sup>)</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| NO <sub>2</sub>   | 54   | 33   | 32   | 33   | 32   | 31   | 30   | 30   | 30   | 28   | 26   | 21   |
| NO  | 31   | 11   | 12   | 12   | 12   | 11   | 11   | 13   | 11   | 8    | 9    | 7    |
| NOx<br>(soit NO <sub>2</sub> + 46/30 NO)  | 102  | 50   | 51   | 52   | 51   | 49   | 47   | 50   | 50   | 40   | 40   | 31   |
| Nombre de stations  | 18   | 24   | 24   | 26   | 25   | 26   | 25   | 24   | 25   | 23   | 24   | 24   |

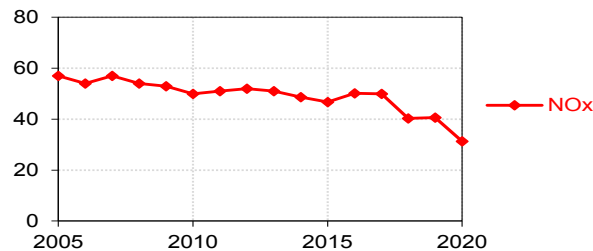
Source : Airparif

### ► Agglomération parisienne : concentrations en oxydes d'azote (microg/m<sup>3</sup>)



Source : Airparif

### ► Agglomération parisienne : concentrations en oxydes d'azote NOx (microg/m<sup>3</sup>)



Source : Airparif

## Concentration en polluants - Exemple de l'Île de France

### ► Agglomération parisienne : stations urbaines et périurbaines (pollution de fond)

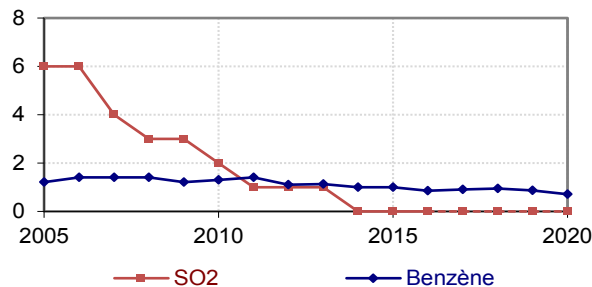
|  | 1995 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020        |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| <b>Concentration en benzène (moyennes horaires annuelles) (microg / m<sup>3</sup>)</b>           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |
| <b>Benzène</b>   | 5,4  | 1,3  | 1,4  | 1,1  | 1,1  | 1,0  | 1,0  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | <b>0,7</b>  |
| Nombre de stations   | 5    | 10   | 10   | 10   | 9    | 10   | 10   | 9    | 8    | 8    | 8    | 8           |
| <b>Concentration en particules (moyennes horaires annuelles) (microg / m<sup>3</sup>)</b>        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |
| <b>Particules (fumées noires)</b>  | 19   | 12   | 12   | 11   | 11   | 10   | 10   | 10   | 9    | 8    | 7    | <b>7</b>    |
| Nombre de stations   | 29   | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4           |
| <b>Particules (PM 10)</b>  |      | 26   | 27   | 25   | 24   | 21   | 21   | 20   | 20   | 19   | 19   | <b>17</b>   |
| Nombre de stations   |      | 13   | 12   | 12   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 10   | 12          |
| <b>Particules (PM 2,5)</b>   |      | 18   | 17   | 16   | 17   | 14   | 13   | 13   | 12   | 12   | 11   | <b>9</b>    |
| Nombre de stations   |      | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 6    | 6    | 5    | 6    | 5    | 6           |
| <b>Concentration en dioxyde de soufre (moyennes horaires annuelles) (microg / m<sup>3</sup>)</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |
| <b>SO<sub>2</sub></b>  | 14   | 2    | 1    | 1    | 1    | nd * | nd * | nd * | nd * | nd * | nd * | <b>nd *</b> |
| Nombre de stations   | 30   | 5    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3           |

PM 10 et PM 2,5 : changement de méthode de mesure en 2007

(\*) inférieur à la limite de détection de l'analyseur

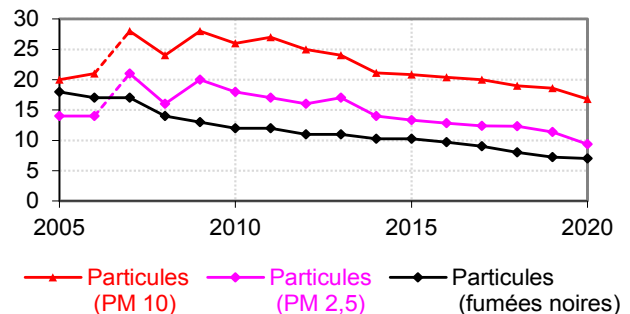
Source : Airparif

### ► Agglomération parisienne : concentrations en benzène et en dioxyde de soufre (microg/m<sup>3</sup>)



Source : Airparif

### ► Agglomération parisienne : concentrations en particules (microg/m<sup>3</sup>)



Source : Airparif

Ces quelques aperçus mettent en évidence la tendance à une décroissance généralisée des concentrations en polluants en Île-de-France.

En remontant plus loin dans le passé, et quoique les dispositifs et les protocoles de mesure aient évolué, on verrait que les concentrations en CO, SO<sub>2</sub> et particules diminuent régulièrement depuis plusieurs décennies.

Les concentrations en oxydes d'azote (émis principalement par la circulation routière) diminuent depuis 1997 conjointement aux émissions unitaires des véhicules, au fur et à mesure de l'entrée en vigueur des normes « euro » successives et du renouvellement du parc, alors que la circulation est stabilisée à Paris depuis vingt-cinq ans. Après l'augmentation des oxydes d'azote en 2016 et 2017, le

niveau moyen des NOx dans Paris a baissé de manière importante en 2018, puis est resté stable. En 2020, avec les restrictions de déplacements, le niveau des NOx a chuté.

Le Code de l'environnement a fixé comme objectifs de qualité, depuis le 19 avril 2017, les valeurs suivantes (moyennes annuelles en microg/m<sup>3</sup>) :

|                   |    |
|-------------------|----|
| NO <sub>2</sub> : | 40 |
| PM10 :            | 30 |
| PM2,5 :           | 10 |
| SO <sub>2</sub> : | 50 |
| Benzène :         | 2  |

En pollution de fond, ces objectifs sont tous respectés en 2020.

## Consommation d'énergie

### ► Energie, définitions, méthodes et unités

Les définitions, méthodes d'évaluation, unités de mesure et coefficients d'équivalence entre les différentes formes d'énergie sont régis par des conventions internationales. Des « bilans énergétiques » annuels sont établis par chaque État selon une méthodologie conventionnelle de comptabilité énergétique du type « ressources-emplois » analogue à celle utilisée en comptabilité nationale. En France, ces bilans sont établis par le SDES, qui les a révisés significativement à plusieurs reprises, mais publie des séries homogénéisées.

### ► Consommation d'énergie en France

On distingue la consommation d'**énergie primaire** (ou ressources) et la consommation d'**énergie finale** (emplois par les utilisateurs finals). La différence entre les deux provient de la consommation propre de la « branche énergie » (usages internes, conversions de rendement, pertes).

L'unité de mesure la plus utilisée dans les bilans énergétiques nationaux et les comparaisons internationales est la **tonne équivalente pétrole (tep)**, le pétrole étant la source d'énergie la plus utilisée. La conversion en tep de l'énergie électrique issue des centrales (exprimée en MWh) résulte de conventions internationales, auxquelles la France se conforme depuis 2001. C'est ainsi que le mégawatt-heure (MWh) vaut conventionnellement 0,086 tep (ou encore 1 tep = 11,63 MWh).

La consommation finale se décompose elle-même en consommation finale énergétique et consommation finale non-énergétique (ressources incorporées dans des produits finis).

La **consommation d'énergie finale** représente environ **64%** de la **consommation d'énergie primaire**.

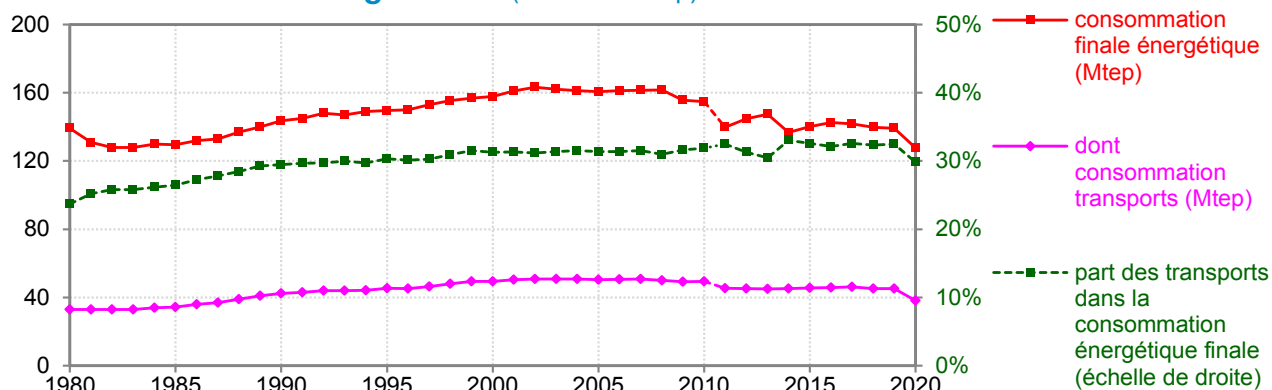
### ► Consommation d'énergie et ratios

|  | 2010       | 2011       | 2012       | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       | 2018       | 2019       | 2020       |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Energie primaire (millions de tep)</b>                    | <b>263</b> | <b>259</b> | <b>259</b> | <b>261</b> | <b>250</b> | <b>255</b> | <b>250</b> | <b>250</b> | <b>249</b> | <b>246</b> | <b>221</b> |
| <b>Energie finale (millions de tep)</b>                      |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Energie finale "énergétique"                                 | 155        | 140        | 145        | 147        | 137        | 140        | 143        | 142        | 140        | 139        | 128        |
| dont E finale transports (tous types d'énergies)             | 49         | 45         | 45         | 45         | 45         | 46         | 46         | 46         | 45         | 45         | 38         |
| dont E finale circulation routière                           | 42         | 42         | 42         | 42         | 42         | 43         | 43         | 43         | 42         | 42         | 35         |
| Energie finale "non énergétique"                             | 12         | 14         | 14         | 14         | 14         | 14         | 13         | 14         | 13         | 13         | 13         |
| <b>Energie finale, produits pétroliers (millions de tep)</b> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Produits pétroliers, E finale "énergétique"                  | 65         | 59         | 58         | 58         | 56         | 57         | 56         | 56         | 54         | 54         | 47         |
| dont produits pétroliers, E finale transports                | 48         | 42         | 42         | 41         | 41         | 42         | 42         | 42         | 41         | 41         | 35         |
| Produits pétroliers, E finale "non énergétique"              | 11         | 13         | 13         | 12         | 13         | 12         | 12         | 13         | 12         | 12         | 11         |
| <b>Ratios (pourcentages)</b>                                 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| E finale énergétique / E primaire                            | 59%        | 54%        | 56%        | 57%        | 55%        | 55%        | 57%        | 57%        | 56%        | 57%        | 58%        |
| E finale transports / E finale énergétique                   | 32%        | 32%        | 31%        | 30%        | 33%        | 33%        | 32%        | 33%        | 32%        | 33%        | 30%        |
| E finale circulation routière / E finale énergétique         | 27%        | 30%        | 29%        | 28%        | 31%        | 30%        | 30%        | 30%        | 30%        | 30%        | 28%        |
| E finale transports / E primaire                             | 19%        | 17%        | 17%        | 17%        | 18%        | 18%        | 18%        | 18%        | 18%        | 18%        | 17%        |
| prod. pétroliers transports / prod. pétroliers total         | 73%        | 72%        | 71%        | 71%        | 73%        | 73%        | 75%        | 75%        | 76%        | 76%        | 73%        |

Source : SDES

bilans énergétiques revus de 2011 à 2019 et bilan énergétique 2020 provisoire

### ► Consommation d'énergie finale (millions de tep)



Source : SDES, bilans énergétiques revus de 2011 à 2019 et bilan provisoire 2020

La consommation d'énergie finale des transports représente environ 30% de la consommation totale. Elle était pratiquement stabilisée

depuis 2011 à environ 45 millions de tep, mais avec la crise sanitaire, elle a fortement baissé (-15,8%).



## Consommation d'énergie

Le tableau et le graphique ci-dessous concernent la consommation d'énergies fossiles. Celles-ci ne représentent en France en

2020 que 46% de l'énergie primaire, le reste étant constitué pour l'essentiel d'énergie hydraulique et d'énergie nucléaire.

### ► Consommation d'énergies fossiles (millions de tep)

|  | 1990 (*)   | 2010       | 2011       | 2012       | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       | 2018       | 2019       | 2020       |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Consommations primaires</b>                   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Pétrole  | 89         | 82         | 80         | 77         | 76         | 75         | 76         | 73         | 74         | 71         | 71         | 61         |
| Gaz  | 26         | 43         | 37         | 38         | 39         | 33         | 35         | 38         | 38         | 37         | 37         | 35         |
| Charbon  | 19         | 12         | 11         | 12         | 13         | 10         | 9          | 9          | 10         | 9          | 7          | 5          |
| <b>Total</b>                                     | <b>134</b> | <b>136</b> | <b>128</b> | <b>128</b> | <b>128</b> | <b>117</b> | <b>120</b> | <b>121</b> | <b>122</b> | <b>117</b> | <b>116</b> | <b>102</b> |
| <i>Dont consommation non énergétique</i>         | 12         | 12         | 14         | 14         | 14         | 14         | 14         | 13         | 14         | 13         | 13         | 13         |
| <b>Consommation d'énergie finale énergétique</b> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Pétrole  | 74         | 65         | 59         | 58         | 58         | 56         | 57         | 56         | 56         | 54         | 54         | 47         |
| Gaz  | 22         | 32         | 28         | 30         | 32         | 27         | 27         | 29         | 28         | 28         | 28         | 27         |
| Charbon  | 5          | 3          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| <b>Total</b>                                     | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>88</b>  | <b>90</b>  | <b>91</b>  | <b>84</b>  | <b>85</b>  | <b>86</b>  | <b>85</b>  | <b>83</b>  | <b>82</b>  | <b>75</b>  |

(\*) 1990, année de référence du "protocole de Kyoto".

Source : SDES : bilans énergétiques revus de 2011 à 2019 et bilan énergétique 2020 provisoire

### ► Répartition des émissions de CO<sub>2</sub> entre les combustibles fossiles (pourcentages approximatifs\*\*)

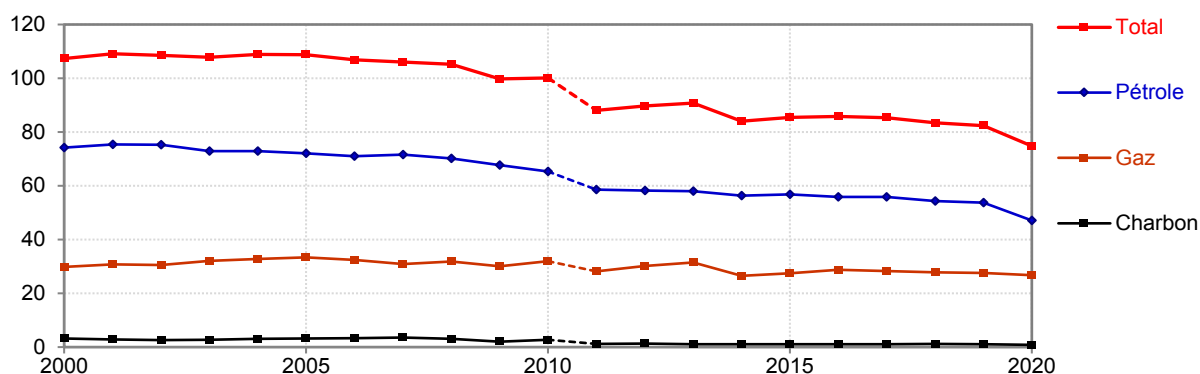
|         | 1990 (*) | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pétrole | 76%      | 70%  | 72%  | 70%  | 69%  | 72%  | 72%  | 70%  | 71%  | 70%  | 70%  | 69%  |
| Gaz     | 17%      | 26%  | 26%  | 28%  | 29%  | 26%  | 26%  | 28%  | 27%  | 28%  | 28%  | 30%  |
| Charbon | 6%       | 4%   | 2%   | 2%   | 2%   | 2%   | 2%   | 2%   | 2%   | 2%   | 2%   | 2%   |
|         | 100%     | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

(\*) 1990, année de référence du "protocole de Kyoto".

(\*\*) ces estimations indicatives ne sauraient se substituer à celles du Citepa, organisme officiel chargé d'estimer les émissions annuelles.

Source : calculs URF d'après SDES

### ► Combustibles fossiles : consommation d'énergies primaires hors usages non-énergétiques (millions de tep)



Source : SDES, bilans énergétiques revus de 2011 à 2019 et bilan énergétique provisoire 2020

La consommation finale énergétique d'énergies fossiles est restée pratiquement constante de 1990 à 2008, le gaz se substituant progressivement au charbon et le pétrole restant stable. Depuis 2009, on observait une baisse très faible de cette consommation, due

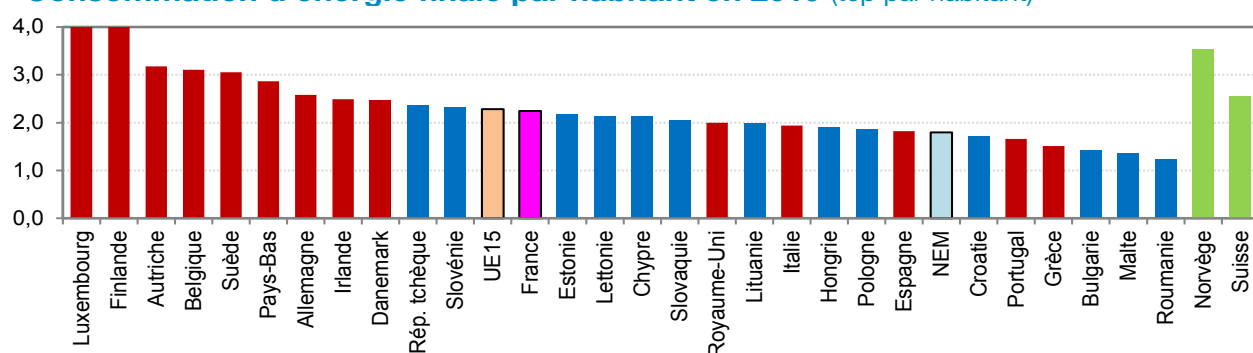
principalement à la baisse de celle du pétrole, les consommations de gaz et de charbon restant, quant à elles, quasi constantes. En 2020, avec les restrictions de circulation liées à la crise sanitaire, la consommation de pétrole a fortement baissé.

## Consommation d'énergie finale en fonction de la population et du PIB

|      | sigle |                             | Population (millions d'habitants) | Consommation d'énergie finale (millions de tep) | PIB en 2019 (milliards d'euros) | Energie (tep par habitant) | Energie (tep par M€ de PIB) |
|------|-------|-----------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| UE15 | BE    | Belgique                    | 11,5                              | 36  | 476                             | 3,1                        | 75                          |
| NEM  | BG    | Bulgarie                    | 7,0                               | 10  | 61                              | 1,4                        | 161                         |
| NEM  | CZ    | République tchèque          | 10,7                              | 25  | 224                             | 2,4                        | 113                         |
| UE15 | DK    | Danemark                    | 5,8                               | 14  | 313                             | 2,5                        | 46                          |
| UE15 | DE    | Allemagne                   | 83,2                              | 215   | 3 449                           | 2,6                        | 62                          |
| NEM  | EE    | Estonie                     | 1,3                               | 3   | 28                              | 2,2                        | 103                         |
| UE15 | IE    | Irlande                     | 5,0                               | 12  | 356                             | 2,5                        | 35                          |
| UE15 | EL    | Grèce                       | 10,7                              | 16  | 183                             | 1,5                        | 88                          |
| UE15 | ES    | Espagne                     | 47,3                              | 86  | 1 245                           | 1,8                        | 69                          |
| UE15 | FR    | France                      | 64,9                              | 145   | 2 426                           | 2,2                        | 60                          |
| NEM  | HR    | Croatie                     | 4,1                               | 7   | 54                              | 1,7                        | 127                         |
| UE15 | IT    | Italie                      | 59,6                              | 115   | 1 791                           | 1,9                        | 64                          |
| NEM  | CY    | Chypre                      | 0,9                               | 2   | 22                              | 2,1                        | 85                          |
| NEM  | LV    | Lettonie                    | 1,9                               | 4   | 30                              | 2,1                        | 134                         |
| NEM  | LT    | Lituanie                    | 2,8                               | 6   | 49                              | 2,0                        | 114                         |
| UE15 | LU    | Luxembourg                  | 0,6                               | 4   | 64                              | 7,0                        | 69                          |
| NEM  | HU    | Hongrie                     | 9,8                               | 19  | 146                             | 1,9                        | 127                         |
| NEM  | MT    | Malte                       | 0,5                               | 1   | 14                              | 1,4                        | 51                          |
| UE15 | NL    | Pays-Bas                    | 17,4                              | 50  | 810                             | 2,9                        | 62                          |
| UE15 | AT    | Autriche                    | 8,9                               | 28  | 398                             | 3,2                        | 71                          |
| NEM  | PL    | Pologne                     | 38,0                              | 71  | 532                             | 1,9                        | 133                         |
| UE15 | PT    | Portugal                    | 10,3                              | 17  | 214                             | 1,7                        | 80                          |
| NEM  | RO    | Roumanie                    | 19,3                              | 24  | 223                             | 1,2                        | 107                         |
| NEM  | SI    | Slovénie                    | 2,1                               | 5   | 48                              | 2,3                        | 100                         |
| NEM  | SK    | Slovaquie                   | 5,5                               | 11  | 94                              | 2,0                        | 119                         |
| UE15 | FI    | Finlande                    | 5,5                               | 25  | 240                             | 4,6                        | 105                         |
| UE15 | SE    | Suède                       | 10,3                              | 32  | 475                             | 3,1                        | 67                          |
| UE15 | UK    | Royaume-Uni                 | 67,0                              | 134   | 2 527                           | 2,0                        | 53                          |
|      | UE 15 | Union européenne à 15       | 408                               | 931   | 14 966                          | 2,3                        | 62                          |
|      | NEM   | Nouveaux Etats membres (13) | 104                               | 187   | 1 526                           | 1,8                        | 122                         |
|      | UE 28 | Union européenne à 28       | 512                               | 1118  | 16 492                          | 2,2                        | 68                          |
|      | NO    | Norvège                     | 5,4                               | 19  | 362                             | 3,5                        | 52                          |
|      | CH    | Suisse                      | 8,6                               | 22  | 653                             | 2,5                        | 34                          |

Source : Eurostat, traitements URF

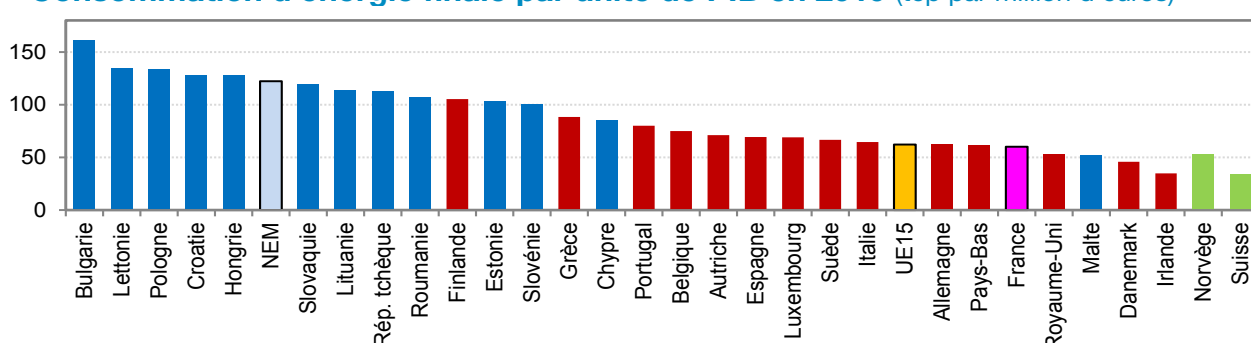
### ► Consommation d'énergie finale par habitant en 2019 (tep par habitant)



Source : Eurostat, traitements URF

Luxembourg et Finlande hors échelle)

### ► Consommation d'énergie finale par unité de PIB en 2019 (tep par million d'euros)



Source : Eurostat, traitements URF



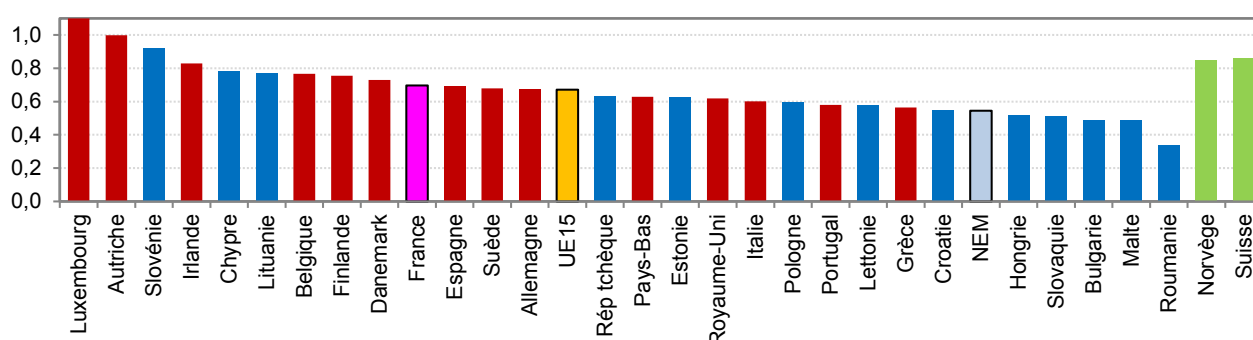


## Consommation d'énergie finale dans les transports

|      | sigle |                             | Population<br>(millions<br>d'habitants) | Consommation<br>d'énergie finale<br>en transports<br>(millions de tep) | PIB en 2019<br>(milliards<br>d'euros) | Energie en<br>transports<br>(tep par<br>habitant) | Energie en<br>transports<br>(tep par M€<br>de PIB) | Energie<br>transports<br>/ énergie<br>totale |
|------|-------|-----------------------------|---|--|---------------------------------------|---|--|--|
| UE15 | BE    | Belgique                    | 11,5                                    | 9  | 476                                   | 0,8   | 19   | 25%  |
| NEM  | BG    | Bulgarie                    | 7,0                                     | 3  | 61                                    | 0,5   | 56   | 35%  |
| NEM  | CZ    | République tchèque          | 10,7                                    | 7  | 224                                   | 0,6   | 30   | 27%  |
| UE15 | DK    | Danemark                    | 5,8                                     | 4  | 313                                   | 0,7   | 14   | 30%  |
| UE15 | DE    | Allemagne                   | 83,2                                    | 56   | 3 449                                 | 0,7   | 16   | 26%  |
| NEM  | EE    | Estonie                     | 1,3                                     | 1  | 28                                    | 0,6   | 30   | 29%  |
| UE15 | IE    | Irlande                     | 5,0                                     | 4  | 356                                   | 0,8   | 12   | 33%  |
| UE15 | EL    | Grèce                       | 10,7                                    | 6  | 183                                   | 0,6   | 33   | 37%  |
| UE15 | ES    | Espagne                     | 47,3                                    | 33   | 1 245                                 | 0,7   | 26   | 38%  |
| UE15 | FR    | France                      | 64,9                                    | 45   | 2 426                                 | 0,7   | 19   | 31%  |
| NEM  | HR    | Croatie                     | 4,1                                     | 2  | 54                                    | 0,6   | 41   | 32%  |
| UE15 | IT    | Italie                      | 59,6                                    | 36   | 1 791                                 | 0,6   | 20   | 31%  |
| NEM  | CY    | Chypre                      | 0,9                                     | 1  | 22                                    | 0,8   | 31   | 37%  |
| NEM  | LV    | Lettonie                    | 1,9                                     | 1  | 30                                    | 0,6   | 36   | 27%  |
| NEM  | LT    | Lituanie                    | 2,8                                     | 2  | 49                                    | 0,8   | 44   | 39%  |
| UE15 | LU    | Luxembourg                  | 0,6                                     | 2  | 64                                    | 3,4   | 34   | 49%  |
| NEM  | HU    | Hongrie                     | 9,8                                     | 5  | 146                                   | 0,5   | 35   | 27%  |
| NEM  | MT    | Malte                       | 0,5                                     | 0  | 14                                    | 0,5   | 19   | 36%  |
| UE15 | NL    | Pays-Bas                    | 17,4                                    | 11   | 810                                   | 0,6   | 13   | 22%  |
| UE15 | AT    | Autriche                    | 8,9                                     | 9  | 398                                   | 1,0   | 22   | 31%  |
| NEM  | PL    | Pologne                     | 38,0                                    | 23   | 532                                   | 0,6   | 43   | 32%  |
| UE15 | PT    | Portugal                    | 10,3                                    | 6  | 214                                   | 0,6   | 28   | 35%  |
| NEM  | RO    | Roumanie                    | 19,3                                    | 7  | 223                                   | 0,3   | 29   | 28%  |
| NEM  | SI    | Slovénie                    | 2,1                                     | 2  | 48                                    | 0,9   | 40   | 40%  |
| NEM  | SK    | Slovaquie                   | 5,5                                     | 3  | 94                                    | 0,5   | 30   | 25%  |
| UE15 | FI    | Finlande                    | 5,5                                     | 4  | 240                                   | 0,8   | 17   | 17%  |
| UE15 | SE    | Suède                       | 10,3                                    | 7  | 475                                   | 0,7   | 15   | 22%  |
| UE15 | UK    | Royaume-Uni                 | 67,0                                    | 41   | 2 527                                 | 0,6   | 16   | 31%  |
|      | UE 15 | Union européenne à 15       | 408                                     | 274  | 14 966                                | 0,7   | 18   | 29%  |
|      | NEM   | Nouveaux Etats membres (13) | 104                                     | 57   | 1 526                                 | 0,5   | 37   | 30%  |
|      | UE 28 | Union européenne à 28       | 512                                     | 331  | 16 492                                | 0,6   | 20   | 30%  |
|      | NO    | Norvège                     | 5,4                                     | 5  | 362                                   | 0,9   | 13   | 24%  |
|      | CH    | Suisse                      | 8,6                                     | 7  | 653                                   | 0,9   | 11   | 34%  |

Source : Eurostat ; traitements URF

### ► Consommation d'énergie finale en transport par habitant en 2019 (tep par habitant)



Source : Eurostat ; traitements URF

(Le Luxembourg est hors échelle)

**L'énergie finale** est l'énergie effectivement livrée aux consommateurs (carburant, électricité, gaz, etc.). Elle se distingue de l'énergie primaire, ensemble des produits énergétiques avant transformation, issus de ressources nationales ou importées (pétrole, charbon, énergies renouvelables, énergie nucléaire). L'unité de mesure la plus courante est la tonne-équivalent-pétrole (tep).

La consommation d'énergie d'un État dépend de la population et du niveau de vie, c'est pourquoi il est habituel de l'exprimer en

tep par habitant et en tep par unité de PIB (ici le million d'euros). Les disparités entre États sont évidentes, notamment entre l'Union à 15 et les nouveaux États membres. Si les PIB étaient exprimés en SPA (standard de pouvoir d'achat), les différences seraient atténuées.

Par rapport à l'énergie finale, l'énergie consommée **dans les transports** représente 29% dans l'UE 15 et 30% dans les NEM.

## Emissions globales en France

La communauté internationale cherche à limiter l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, considérée comme responsable d'un « changement climatique ». Elle organise périodiquement des rencontres au cours desquelles sont examinés l'état des connaissances et les dispositions à prendre. Après le protocole de Kyoto, en 1997, qui prévoyait - entre autres dispositions - l'engagement des pays industrialisés de diminuer leur production globale de GES, soient six gaz : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC et SF<sub>6</sub>, les objectifs de réduction ont été revus à la baisse en 2009 puis en octobre 2014.

L'année de référence est l'année 1990, et l'objectif de réduction pour l'Union européenne, dans son ensemble, a été porté à 20% pour 2020 et 40% pour 2030. Chaque pays s'est vu fixer un objectif de réduction.

Le Citepa (voir page 66) calcule les émissions annuelles de GES selon le « format » Coralie-Secten, exprimées en tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent. Les tableaux ci-dessous et les graphiques ci-contre fournissent un aperçu des valeurs ainsi calculées. On a distingué ici les émissions dues à la circulation routière et celles dues à tous les autres secteurs d'activité.

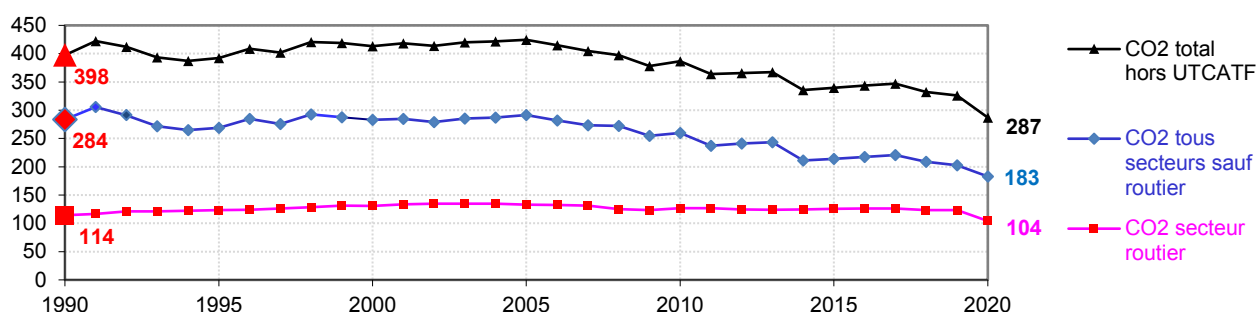
Le nouveau format de calcul « Secten » utilisé depuis 2007 correspond sensiblement au périmètre technique des engagements internationaux de la France (dont le protocole de Kyoto). C'est ainsi que les émissions et les absorptions (puits de carbone) résultant, selon la formule officielle, de l'« Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie » (UTCATF) ont été exclues des bilans.

### ► Emissions de CO<sub>2</sub> hors UTCATF

|   | 1990 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Emissions totales</b><br>(millions de tonnes de CO <sub>2</sub> )                    | 398  | 425  | 387  | 364  | 366  | 367  | 336  | 340  | 344  | 347  | 332  | 326  | 287  |
| <b>Emissions de la circulation routière</b><br>(millions de tonnes de CO <sub>2</sub> ) | 114  | 133  | 127  | 127  | 125  | 124  | 124  | 126  | 126  | 126  | 124  | 124  | 104  |
| <b>Pourcentage des émissions de la circulation routière</b>                             | 29%  | 31%  | 33%  | 35%  | 34%  | 34%  | 37%  | 37%  | 37%  | 36%  | 37%  | 38%  | 36%  |

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

### ► Emissions de CO<sub>2</sub> hors UTCATF (millions de tonnes de CO<sub>2</sub>)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

en rouge, valeurs en 1990, année de référence du protocole dit "de Kyoto".

La circulation routière émet presque exclusivement du CO<sub>2</sub> (et accessoirement du HFC, gaz réfrigérant utilisé pour la climatisation). Les émissions de CO<sub>2</sub> sont directement proportionnelles à la consommation de carburants pétroliers, constitués en quasi-totalité par des hydrocarbures saturés (alcane) qui comportent dans leur masse 75% à 84% de carbone. A l'issue de la combustion, le carbone des carburants se retrouve presque intégralement dans les gaz d'échappement, combiné à l'oxygène de l'air sous forme de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, ou de monoxyde de carbone CO qui se transforme en CO<sub>2</sub>.

On peut donc considérer qu'un moteur émet autant de carbone qu'il en consomme sous forme de carburant (et 3,67 fois plus de

CO<sub>2</sub>, rapport des masses moléculaires).

Les consommations de carburants étant généralement exprimées en litres/100 km, et compte tenu des masses volumiques (densités) respectives :

- 1 litre d'essence consommé produit environ 2,35 kg de CO<sub>2</sub>
- 1 litre de gazole consommé produit environ 2,60 kg de CO<sub>2</sub>

Les émissions de CO<sub>2</sub> de la circulation routière avaient augmenté entre 1990 et 2001 ; depuis lors, elles étaient quasi stables. En 2020, avec la crise sanitaire, elles ont baissé de plus de 16%. Leur proportion dans les émissions globales est, en 2020, d'environ 36% (27% par rapport à l'ensemble des GES).

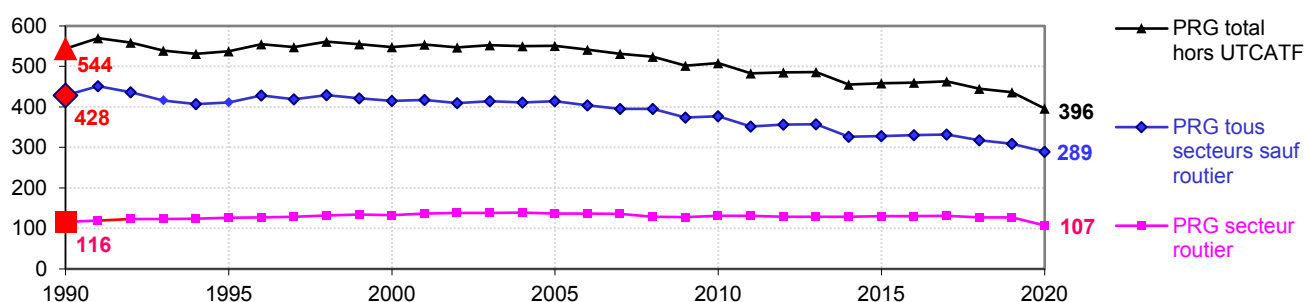
## Emissions globales en France

### ► Emissions de GES hors UTCATF

|   | 1990 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Emissions totales</b><br>(millions de tonnes de CO <sub>2</sub> équivalent)                    | 544  | 551  | 508  | 483  | 485  | 486  | 455  | 458  | 460  | 463  | 445  | 436  | 396  |
| <b>Emissions de la circulation routière</b><br>(millions de tonnes de CO <sub>2</sub> équivalent) | 116  | 137  | 131  | 131  | 129  | 129  | 129  | 130  | 130  | 131  | 127  | 127  | 107  |
| <b>Pourcentage des émissions de la circulation routière</b>                                       | 21%  | 25%  | 26%  | 27%  | 27%  | 27%  | 28%  | 28%  | 28%  | 28%  | 29%  | 29%  | 27%  |

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

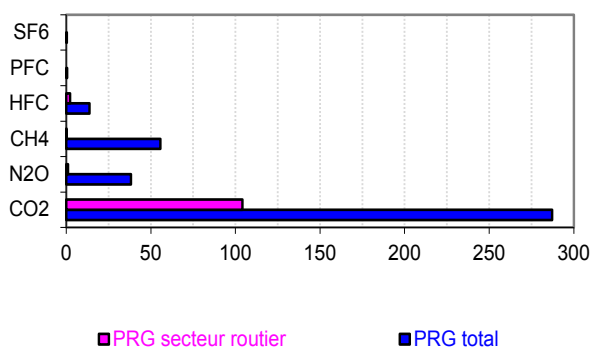
### ► Emissions de GES hors UTCATF (millions de tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

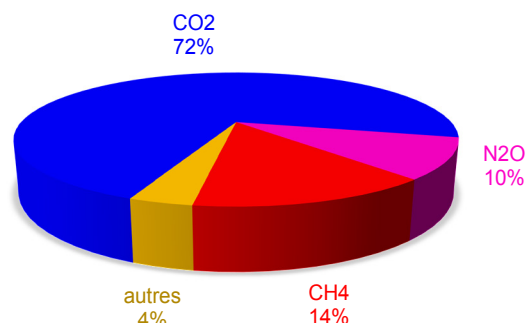
en rouge, valeurs en 1990, année de référence du protocole dit "de Kyoto".

### ► Emissions de gaz à effet de serre : potentiels de réchauffement global [PRG] en 2020 hors UTCATF (millions de tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

### ► Contribution des gaz à effet de serre au PRG en 2020 hors UTCATF (pourcentages)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2021

Les graphiques ci-dessus indiquent dans quelles proportions interviennent les différents GES au sein du « potentiel de réchauffement global » (PRG). Les émissions en volume de chacun des GES sont exprimées en « CO<sub>2</sub> équivalent ». Elles sont pondérées par leurs PRG calculés sur une période conventionnelle de cent ans : en effet, le potentiel de réchauffement dépend à la fois de l'activité du gaz et de sa durée de présence dans l'atmosphère. Le choix d'une période conventionnelle plus courte renforcerait l'importance des autres GES par rapport au CO<sub>2</sub>. En effet, ces

gaz, en particulier le méthane CH<sub>4</sub>, sont beaucoup plus actifs que le CO<sub>2</sub> mais leur durée de présence est réputée plus courte.

Toutes ces données démontrent que les émissions totales décroissent régulièrement depuis plus de 10 ans en France : hors UTCATF, depuis 1990, les émissions de tous GES ont diminué de 27%. Les émissions de la circulation routière, qui restaient quasi constantes depuis 10 ans, ont baissé de 16% en 2020.

## Emission globales en Europe

Au terme du protocole dit « de Kyoto », l'Union européenne à 15 s'était engagée collectivement à réduire de 8% ses émissions de GES entre la date de référence de 1990 et la moyenne de la période 2008-2012. L'amendement de Doha, en décembre 2012, a établi une seconde période d'engagement pour les années 2013-2020, avec un objectif de réduction de 20% par rapport

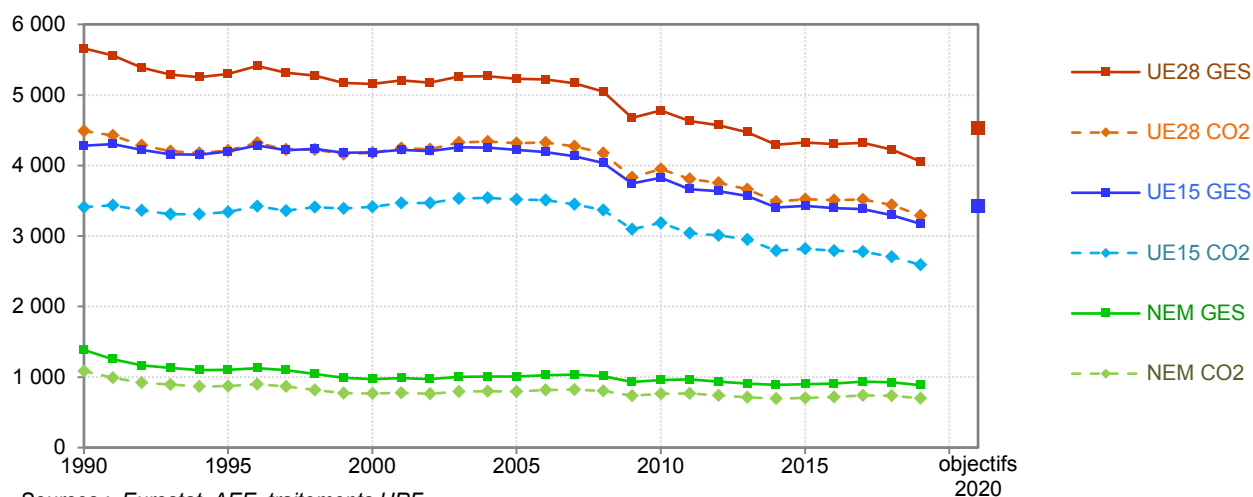
au niveau de 1990 pour l'Union européenne dans son ensemble ; une répartition interne a ensuite été opérée entre tous les États de l'UE, chacun d'eux s'étant vu assigner un objectif particulier. Les tableaux et graphiques ci-dessous montrent que l'UE dans son ensemble respectera bien l'objectif de Kyoto, même si certains pays n'y sont toujours pas parvenus.

### ► Union européenne : émissions globales de GES et de CO<sub>2</sub> (hors UTCATF)

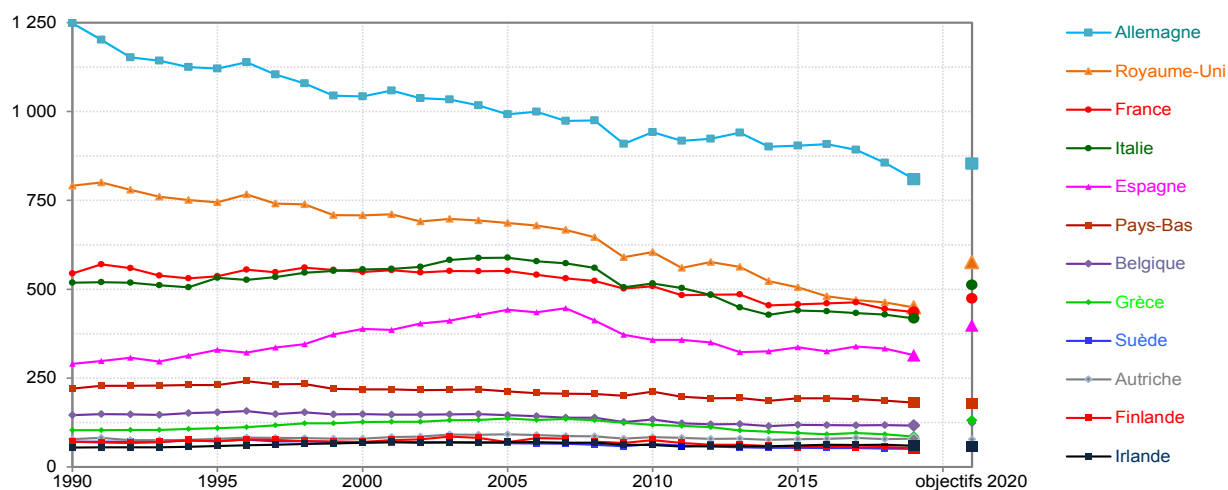
|   | 1990  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | objectifs 2020 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| <b>Millions de tonnes de GES : potentiel de réchauffement global en CO<sub>2</sub> équivalent</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                |
| Union européenne (15 Etats)   | 4 280 | 3 825 | 3 664 | 3 635 | 3 566 | 3 405 | 3 427 | 3 395 | 3 382 | 3 298 | 3 173 | 3 424          |
| Nouveaux Etats membres (13)   | 1 382 | 957   | 965   | 936   | 907   | 891   | 900   | 910   | 937   | 927   | 886   |                |
| Union européenne (28 Etats)   | 5 662 | 4 782 | 4 629 | 4 571 | 4 473 | 4 296 | 4 327 | 4 305 | 4 319 | 4 225 | 4 059 | 4 530          |
| <b>Millions de tonnes de CO<sub>2</sub></b>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                |
| Union européenne (15 Etats)   | 3 407 | 3 188 | 3 039 | 3 011 | 2 949 | 2 790 | 2 819 | 2 792 | 2 779 | 2 706 | 2 592 |                |
| Nouveaux Etats membres (13)   | 1 082 | 762   | 769   | 741   | 713   | 696   | 705   | 716   | 741   | 734   | 698   |                |
| Union européenne (28 Etats)   | 4 490 | 3 950 | 3 808 | 3 752 | 3 661 | 3 486 | 3 524 | 3 507 | 3 520 | 3 440 | 3 290 |                |

Source : Eurostat, AEE, traitements URF

### ► Union européenne : émissions de GES et de CO<sub>2</sub> et objectifs 2020 (potentiel de réchauffement global en millions de tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent) hors UTCATF



### ► Union européenne à 15 : émissions de GES et objectifs 2020 (potentiel de réchauffement global en millions de tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent)



## Emission de CO<sub>2</sub> de la circulation routière en Europe

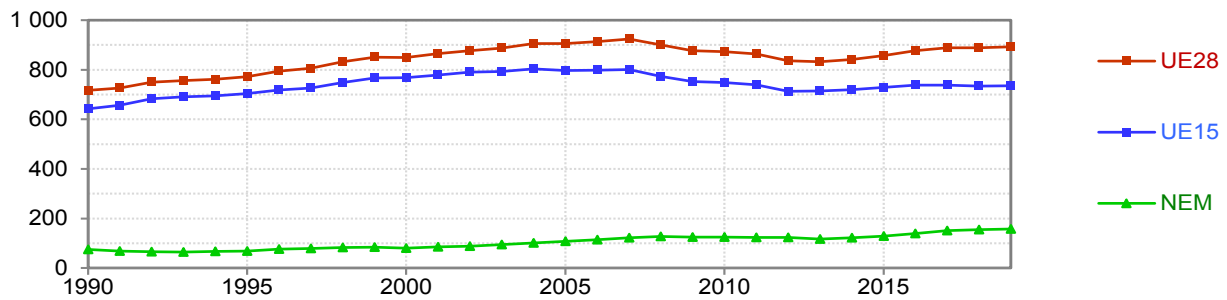
Les graphiques ci-dessous indiquent l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> par la circulation routière dans l'ensemble de l'Union européenne, et dans un certain nombre d'États de l'UE15.

Les émissions sont quasi stables dans l'UE15, hormis en Italie et en Espagne où elles continuent à croître, et au Royaume-Uni où elles décroissent régulièrement depuis 2017. Par contre, elles ont tendance à croître légèrement dans les nouveaux États membres,

malgré une stabilité dans la quasi-totalité des pays hormis en Bulgarie, Hongrie, Pologne et Roumanie.

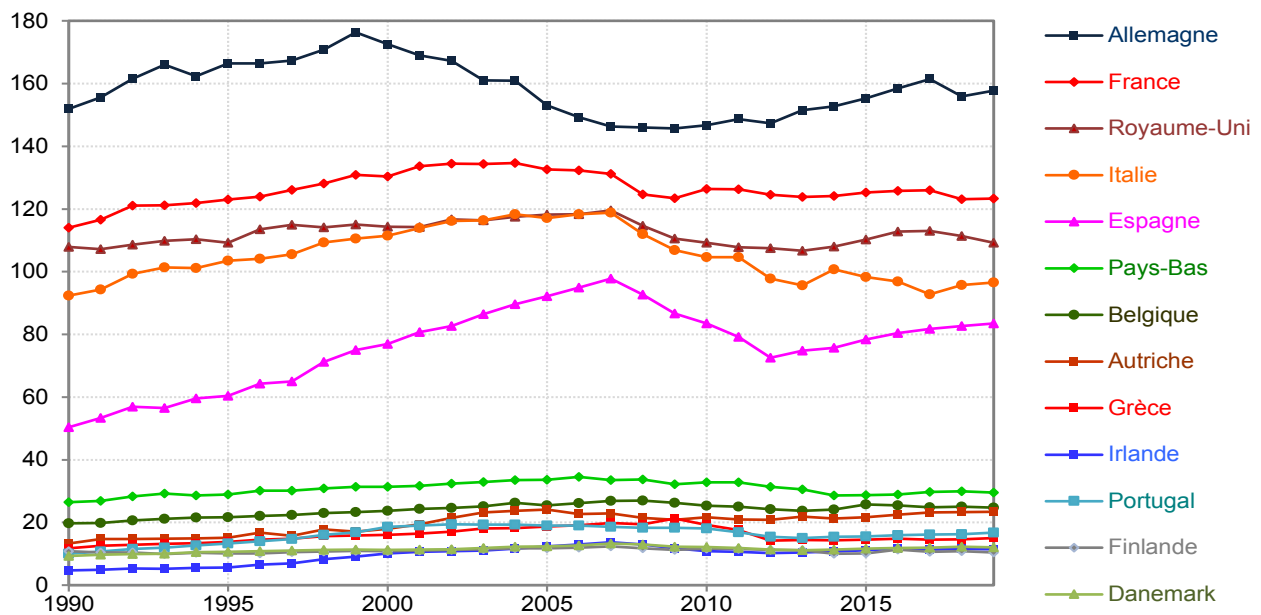
Le tableau de la page 80 fournit le détail, État par État, des émissions globales de CO<sub>2</sub> et de celles dues à la circulation routière en 2019. Il indique aussi quelques ratios (émissions par rapport à la population, au PIB, aux véhicules).

### ► Union européenne : émissions de CO<sub>2</sub> de la circulation routière (millions de tonnes de CO<sub>2</sub>)



Sources : Eurostat, AEE, traitements URF

### ► Union européenne à 15 : émissions de CO<sub>2</sub> de la circulation routière (millions de tonnes de CO<sub>2</sub>)



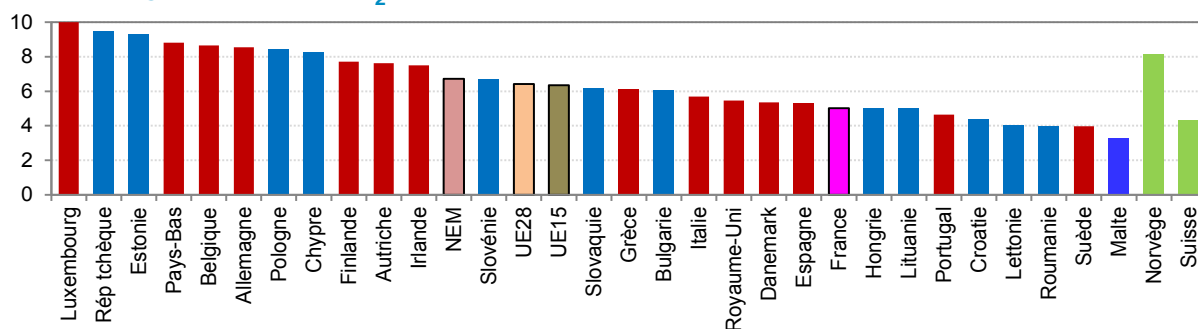
Sources : Eurostat, AEE, traitements URF

## Emission de CO<sub>2</sub>

|      | sigle |              | Population<br>(millions<br>d'habitants) | Emissions totales  |                                       |   |  | Emissions de la circulation routière seule                 |                         |   |   |
|------|-------|--------------|---|--|---------------------------------------|---|--|--|-------------------------|---|---|
|      |       |              |   | Emissions<br>de CO <sub>2</sub><br>(millions de<br>tonnes) | PIB en 2019<br>(milliards<br>d'euros) | Emissions<br>de CO <sub>2</sub><br>(tonnes par<br>habitant) | Emissions<br>de CO <sub>2</sub><br>(tonnes par<br>M€ de PIB) | Emissions<br>de CO <sub>2</sub><br>(millions de<br>tonnes) | Véhicules<br>(millions) | Emissions<br>de CO <sub>2</sub><br>(tonnes par<br>habitant) | Emissions<br>de CO <sub>2</sub><br>(tonnes par<br>véhicule) |
| UE15 | BE    | Belgique     | 11,5                                    | 100  | 476                                   | 8,7   | 209  | 25   | 6,9                     | 2,1   | 3,6   |
| NEM  | BG    | Bulgarie     | 7,0                                     | 42   | 61                                    | 6,1   | 689  | 10   | 3,3                     | 1,4   | 2,9   |
| NEM  | CZ    | Rép. tchèque | 10,7                                    | 101  | 224                                   | 9,5   | 453  | 19   | 6,7                     | 1,7   | 2,8   |
| UE15 | DK    | Danemark     | 5,8                                     | 31   | 313                                   | 5,4   | 100  | 12   | 3,1                     | 2,1   | 3,9   |
| UE15 | DE    | Allemagne    | 83,2                                    | 711  | 3 449                                 | 8,6   | 206  | 158  | 51,3                    | 1,9   | 3,1   |
| NEM  | EE    | Estonie      | 1,3                                     | 12   | 28                                    | 9,3   | 440  | 2  | 0,9                     | 1,7   | 2,5   |
| UE15 | IE    | Irlande      | 5,0                                     | 37   | 356                                   | 7,5   | 105  | 11   | 2,6                     | 2,3   | 4,4   |
| UE15 | EL    | Grèce        | 10,7                                    | 66   | 183                                   | 6,1   | 358  | 15   | 6,8                     | 1,4   | 2,2   |
| UE15 | ES    | Espagne      | 47,3                                    | 251  | 1 245                                 | 5,3   | 202  | 84   | 29,9                    | 1,8   | 2,8   |
| UE15 | FR    | France       | 64,9                                    | 326  | 2 426                                 | 5,0   | 134  | 123  | 45,2                    | 1,9   | 2,7   |
| NEM  | HR    | Croatie      | 4,1                                     | 18   | 54                                    | 4,4   | 328  | 6  | 1,9                     | 1,5   | 3,3   |
| UE15 | IT    | Italie       | 59,6                                    | 340  | 1 791                                 | 5,7   | 190  | 97   | 44,0                    | 1,6   | 2,2   |
| NEM  | CY    | Chypre       | 0,9                                     | 7  | 22                                    | 8,3   | 330  | 2  | 0,7                     | 2,4   | 3,1   |
| NEM  | LV    | Lettonie     | 1,9                                     | 8  | 30                                    | 4,0   | 252  | 3  | 0,8                     | 1,6   | 3,8   |
| NEM  | LT    | Lituanie     | 2,8                                     | 14   | 49                                    | 5,0   | 285  | 6  | 1,6                     | 2,1   | 3,6   |
| UE15 | LU    | Luxembourg   | 0,6                                     | 10   | 64                                    | 15,6  | 154  | 6  | 0,5                     | 9,7   | 12,8  |
| NEM  | HU    | Hongrie      | 9,8                                     | 49   | 146                                   | 5,0   | 336  | 14   | 4,4                     | 1,5   | 3,2   |
| NEM  | MT    | Malte        | 0,5                                     | 2  | 14                                    | 3,2   | 123  | 1  | 0,4                     | 1,4   | 2,0   |
| UE15 | NL    | Pays-Bas     | 17,4                                    | 154  | 810                                   | 8,8   | 190  | 30   | 9,8                     | 1,7   | 3,0   |
| UE15 | AT    | Autriche     | 8,9                                     | 68   | 398                                   | 7,6   | 171  | 23   | 5,6                     | 2,6   | 4,2   |
| NEM  | PL    | Pologne      | 38,0                                    | 320  | 532                                   | 8,4   | 600  | 64   | 28,4                    | 1,7   | 2,3   |
| UE15 | PT    | Portugal     | 10,3                                    | 48   | 214                                   | 4,6   | 223  | 17   | 6,9                     | 1,6   | 2,4   |
| NEM  | RO    | Roumanie     | 19,3                                    | 77   | 223                                   | 4,0   | 345  | 18   | 8,0                     | 0,9   | 2,2   |
| NEM  | SI    | Slovénie     | 2,1                                     | 14   | 48                                    | 6,7   | 289  | 6  | 1,3                     | 2,6   | 4,3   |
| NEM  | SK    | Slovaquie    | 5,5                                     | 34   | 94                                    | 6,2   | 360  | 7  | 2,7                     | 1,4   | 2,7   |
| UE15 | FI    | Finlande     | 5,5                                     | 43   | 240                                   | 7,7   | 177  | 10   | 4,3                     | 1,9   | 2,5   |
| UE15 | SE    | Suède        | 10,3                                    | 41   | 475                                   | 4,0   | 86   | 15   | 5,6                     | 1,4   | 2,7   |
| UE15 | UK    | Royaume-Uni  | 67,0                                    | 366  | 2 527                                 | 5,5   | 145  | 109  | 36,7                    | 1,6   | 3,0   |
|      |       | UE15         | 408                                     | 2 592  | 14 966                                | 6,3   | 173  | 735  | 259                     | 1,8   | 2,8   |
|      |       | NEM          | 104                                     | 698  | 1 526                                 | 6,7   | 457  | 158  | 320                     | 1,5   | 0,5   |
|      |       | UE28         | 512                                     | 3 290  | 16 492                                | 6,4   | 199  | 893  | 61                      | 1,7   | 14,6  |
|      | NO    | Norvège      | 5,4                                     | 44   | 362                                   | 8,2   | 121  | 9  | 3,4                     | 1,7   | 2,6   |
|      | CH    | Suisse       | 8,6                                     | 37   | 653                                   | 4,3   | 57   | 14   | 5,2                     | 1,7   | 2,8   |

Sources : Eurostat, AEE, traitements URF

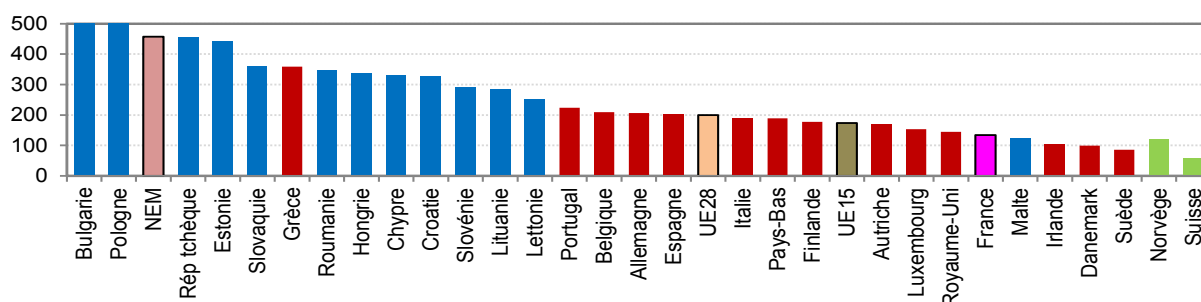
### ► Emissions globales de CO<sub>2</sub> par habitant en 2019 (tonnes par habitant)



Sources : Eurostat, AEE, traitements URF

(Le Luxembourg est hors échelle)

### ► Emissions globales de CO<sub>2</sub> par unité de PIB en 2019 (tonnes par million d'euros)



Sources : Eurostat, AEE, traitements URF

(La Bulgarie et la Pologne sont hors échelle)



## Marché des quotas d'émissions de CO<sub>2</sub>

La directive européenne 2003/87 du 13 octobre 2003 transposée par l'ordonnance 2004-330 du 15 avril 2004 a institué à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2005 un système communautaire d'échanges de quotas d'émission de CO<sub>2</sub> (seul GES actuellement coté). **Un « quota » correspond à 1 tonne de CO<sub>2</sub>.** Ce marché s'adresse pour le moment à des industriels et à des producteurs d'énergie (environ 1 100 installations concernées en France) qui peuvent s'échanger des quotas en fonction de leurs besoins ou de leurs

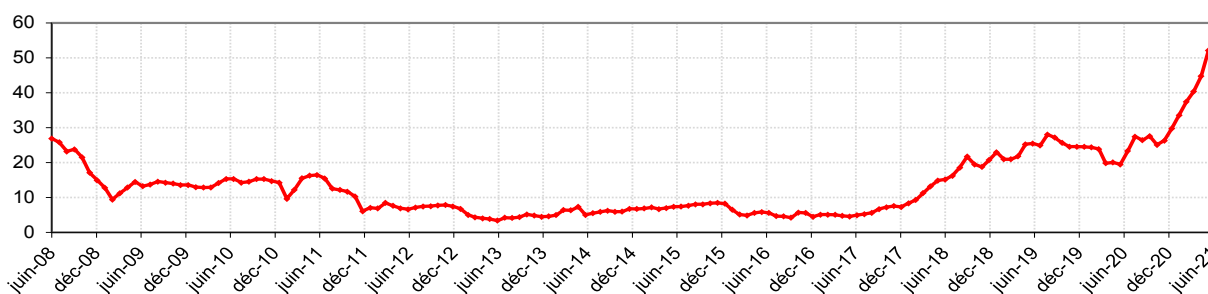
excédents par rapport à leur allocation annuelle. Il a été initialisé par le premier plan national d'allocation de quotas (PNAQ) pour la 1<sup>ère</sup> phase 2005-2007. La 2<sup>e</sup> phase était de 2008-2012, référence des engagements de Kyoto, et la 3<sup>e</sup> phase de 2013 à 2020. La quatrième période, 2021-2030 a débuté en janvier 2021. Les cours de clôture moyens mensuels du marché au comptant sont retracés sur le tableau et le graphique ci-dessous.

### ► Marché à terme : cours de clôture moyens (euros par «quota» ou tonne de CO<sub>2</sub>)

|   | Phase II  |           |           | Phase III |           |           |           |           |           |           |           |           | Phase IV  |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | juin 2010 | juin 2011 | juin 2012 | juin 2013 | juin 2014 | juin 2015 | juin 2016 | juin 2017 | juin 2018 | juin 2019 | juin 2020 | déc. 2020 | juin 2021 |
| Spot EUA                                | 15,3      | 15,5      | 7,2       | 4,2       | 5,5       | 7,4       | 5,6       | 5,0       | 15,2      | 24,9      | 23,3      | 29,8      | 52,6      |
| Source : European Energy Exchange (EEX) |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

Source : European Energy Exchange (EEX)

### ► Marché du dioxyde de carbone : cours de clôture moyens mensuels (euros par «quota» ou tonne de CO<sub>2</sub>)



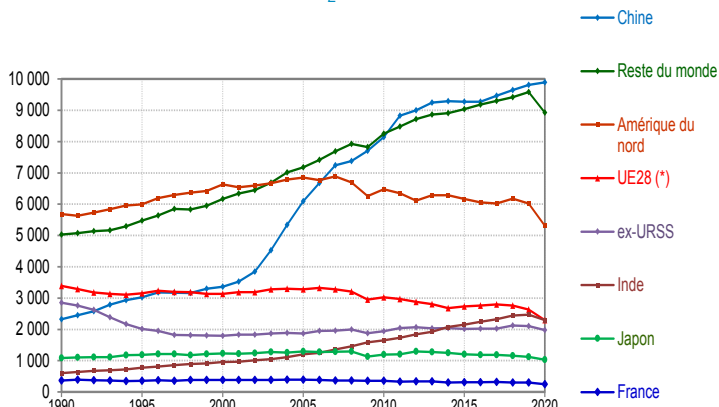
Source : European Energy Exchange (EEX)

## Emissions mondiales de CO<sub>2</sub>

La répartition entre États et régions du monde des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion des combustibles fossiles est retracée sur les graphiques ci-dessous : évolution depuis 1990 et répartition en 2020 (« puits » non compris). Ces chiffres peuvent différer légèrement des données officielles rassemblées et publiées par l'ONU, mais les ordres de grandeur et les tendances sont claires. On voit notamment que la part de l'Union européenne des vingt-huit (France comprise), qui représentait 18% des émissions en

1990, n'en représente plus que 8% en 2020. Cette proportion est appelée à diminuer progressivement. **La France seule n'émet que 0,8% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>.** La Chine émet 30,9% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>, plus que l'ensemble de l'Amérique du nord (USA, Canada, Mexique), de l'ex-URSS et du Japon. À signaler également l'Inde dont les émissions dépassent depuis 2014 celles de l'ex-URSS.

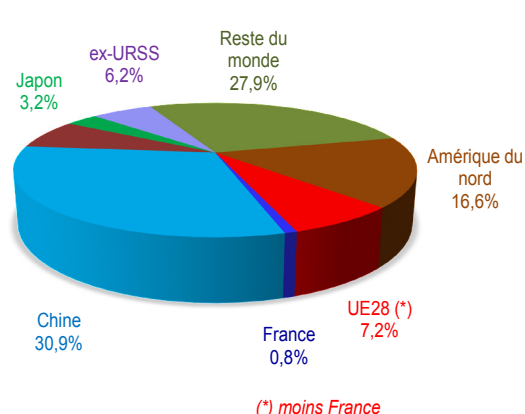
### ► Monde : émissions de CO<sub>2</sub> dues aux combustibles fossiles [pétrole, gaz et charbon] (millions de tonnes de CO<sub>2</sub>)



Source : BP statistical review world energy 2021

(\*) moins France

### ► Répartition des émissions de CO<sub>2</sub> en 2020



Source : BP statistical review world energy 2021

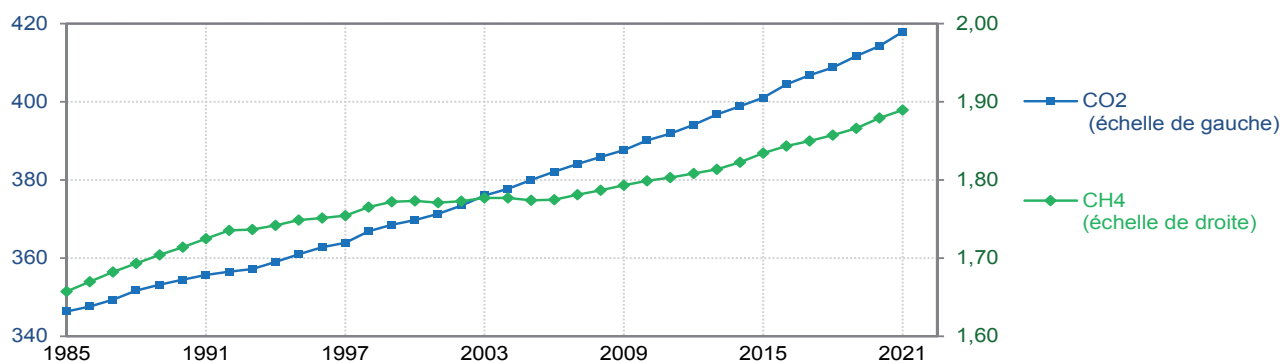
## Concentration de GES dans l'air

Les concentrations de gaz à effet de serre dans l'air ambiant sont mesurées par différentes stations dispersées dans le monde entier. Parmi celles-ci, la plus connue est l'observatoire du Earth System Research Laboratory (ESRL) du National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) situé au sommet du volcan Mauna Loa (altitude 3 400 m) sur une île de l'archipel d'Hawaï. Cet emplacement est éloigné de l'influence de la végétation et

des activités humaines ; il fonctionne depuis plus de cinquante ans et procède notamment à des mesures de concentrations de GES dans l'air ambiant.

Les concentrations des deux principaux GES sont mesurées depuis 1959 pour le CO<sub>2</sub> et 1984 pour le CH<sub>4</sub>. L'évolution des concentrations en moyennes annuelles, exprimées en parties par million en volume (ppmv), sont retracées dans le graphique ci-dessous.

### ► Concentrations en GES mesurées à Mauna Loa (parties par million en volume ppmv)



Source : NOAA, MLO (Mauna Loa Observatory)

## Températures globales

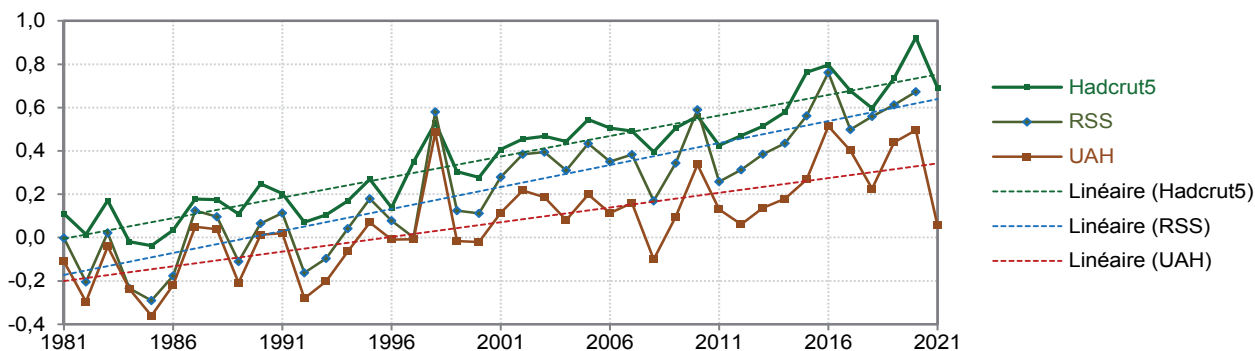
Il est intéressant de mettre en regard des évolutions précédentes l'évolution de la température moyenne de la basse troposphère (c'est-à-dire au voisinage du sol ou de la surface des océans). On dispose maintenant d'une série homogène de plus de trente-cinq années grâce à la NASA et à ses satellites dédiés, complétés par des ballons sondes. Les données sont traitées presque en temps réel notamment par trois organismes officiels qui font référence :

- L'Université d'Alabama à Huntsville (UAH) ; National Space Science and Technology Center (NSSTC) ;
- Le Remote Sensing System (RSS) à Santa Rosa (Californie), dont les recherches sont essentiellement soutenues par la NASA ;
- Le Hadley Center à Londres qui complète avec des stations au sol (Hadcrut5).

Le graphique ci-dessous indique l'évolution de la température globale depuis 1980, selon ces trois organismes. Les zéros de référence sont les moyennes de températures sur des périodes différentes pour UAH (1981-2010), RSS (1979-1998) et Hadley (1961-1990), ce qui explique le décalage entre les courbes. Mais les tendances observées sur les lignes en pointillés sur le graphe sont analogues.

Les écarts annuels à ces moyennes sont exprimés en degrés Celsius. Les pics de 1998, 2010 et 2016 sont généralement attribués au phénomène périodique dit « El Nino Southern Oscillation, ENSO » particulièrement intense ces années-là.

### ► Températures globales (écarts par rapport à la moyenne d'une période de référence ; degrés celsius)



Sources : University of Alabama, Remote Sensing System (California), Hadley Center (UK)

(pour 2021 : les 6 premiers mois de l'année)