

### Notice méthodologique

(Dernière mise à jour : mai 2020)

Les émissions de CO<sub>2</sub> analysées ici sont celles émises à l'intérieur des territoires nationaux, en excluant le transport maritime et aérien international, selon l'approche utilisée pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GES). Les émissions liées aux importations et localisées dans d'autres pays sont exclues de cette comptabilité, leur prise en compte relevant d'une approche différente (empreinte carbone). Par ailleurs, seules les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la combustion d'énergie fossile sont prises en compte : les émissions de CO<sub>2</sub> de certains procédés industriels sont ici exclues de l'analyse, tout comme les émissions des autres gaz à effet de serre.

#### ■ Les comparaisons portent sur l'année 2017

Les consommations d'énergie par grand secteur et les émissions associées proviennent de l'AIE : *World energy balances, 2019 edition* et *CO<sub>2</sub> Emissions from fuel combustion, 2019 edition* ; la seconde source étant dérivée de la première. Les données relatives à la France couvrent la France entière. Ces émissions de CO<sub>2</sub> peuvent présenter de légères divergences avec les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie tirées des inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre.

Par ailleurs, les émissions de CO<sub>2</sub> attribuées à chaque secteur de consommation finale (agriculture, industrie, tertiaire, résidentiel) incluent non seulement les émissions directes, c'est-à-dire celles liées à la combustion d'énergie fossile, mais aussi les émissions indirectes liées à la production d'électricité et de chaleur (commercialisée) consommées. Les facteurs d'émission de l'électricité et de la chaleur par secteur, tirés de la base *CO<sub>2</sub> Emissions from fuel combustion*, sont définis comme les ratios des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production d'électricité et de chaleur commercialisée sur un territoire, divisées par la consommation d'électricité et de chaleur commercialisée sur ce même territoire. Elles sont ainsi supposées indépendantes de l'usage et du secteur consommateur. La chaleur renouvelable extraite de l'environnement par les pompes à chaleur n'est pas incluse dans les consommations.

Les émissions liées à la combustion de biomasse et de biocarburants sont considérées comme nulles, comme dans les inventaires officiels de gaz à effet de serre, car on considère que le carbone émis dans l'atmosphère a été prélevé au préalable dans l'atmosphère lors de la croissance de la plante. Les éventuelles émissions indirectes liées au changement d'affectation des sols ne sont pas comptabilisées.

#### ■ Les données de population et de PIB proviennent d'Eurostat.

Dans le secteur productif (*graphiques 3 à 5*), l'industrie comprend l'industrie manufacturière et le secteur de la construction, hors industrie de l'énergie : ce découpage exclut notamment la production d'électricité et de chaleur, les émissions associées étant par ailleurs réallouées dans les différents secteurs consommateurs. La filière fonte, considérée dans les conventions statistiques comme faisant partie du secteur de l'énergie, a toutefois été réintégrée ici dans le secteur industriel. Les usages de transport, considérés par ailleurs, sont exclus des consommations et des émissions des secteurs productifs. La ventilation de la consommation d'énergie au sein de l'industrie est celle utilisée par l'AIE pour l'élaboration de ses statistiques énergétiques : elle distingue 12 sous-secteurs industriels. Pour l'Allemagne, les données de consommation et d'émissions de l'agriculture et de la construction sont estimées à partir des données Eurostat de consommation d'énergie. Les données de valeur ajoutée sectorielles proviennent d'Eurostat. Pour le Royaume-Uni et l'Italie, certaines valeurs ajoutées à des niveaux fins non disponibles en 2017 sont estimées à partir de la structure observée en 2016.

Pour les transports, la répartition des consommations routières entre types de véhicules provient des inventaires CCNUCC (2017). La répartition des consommations selon les usages (fret et transport de voyageurs, *graphique 6*) provient des *Energy efficiency indicators*. Les données d'activité des différents types de véhicules utilisés pour le transport de voyageurs sont tirées des *Energy efficiency indicators, 2019 edition* de l'AIE. En Pologne, Allemagne et Espagne, les deux-roues sont supposés avoir un nombre moyen de passagers de 1,15. Pour la Pologne, le transport par voiture particulière en 2017 est estimé à partir de la valeur 2016.

Dans le résidentiel, la répartition par usage de la consommation et des émissions (*graphiques 7 et 8*) de chaque forme d'énergie est réalisée à l'aide des *Energy efficiency indicators, 2019 edition* de l'AIE. Le nombre de degré-jours de chauffage et les surfaces de logements proviennent de la même source. Ce nombre de degré-jours de chauffage sur une année, utilisé pour estimer le besoin de chauffage lié au climat, est défini à partir des températures quotidiennes  $T_i$  comme la somme des  $(18^\circ\text{C} - T_i)$  pour les jours où  $T_i$  est inférieure à  $15^\circ\text{C}$ . L'intensité énergétique du chauffage résidentiel est définie comme la consommation d'énergie finale par unité de surface et par degré-jour de chauffage.

Cette étude comprend plusieurs décompositions des différences de niveau d'émissions par habitant par rapport à une moyenne des six pays. Les émissions par habitant sont décomposées comme étant le produit de plusieurs facteurs qui comprennent, en général, un indicateur d'activité ramené au nombre d'habitants, 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.

L'effet de structure correspond aux conséquences des différences de 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  $\text{CO}_2$ , liée au fait que dégager un euro de valeur ajoutée dans le tertiaire nécessite d'émettre moins de  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  et des consommations d'énergie.

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 » ( $D_{CO_2}$ ) sont décrites ci-dessous.

Les émissions par habitant totales de l'agrégat sont notées  $\text{CO}_2$  et son indicateur d'activité par habitant (ici la valeur ajoutée) est  $VA$ . L'agrégat est divisé en  $i$  secteurs, chacun avec des émissions  $\text{CO}_{2,i}$ , une consommation énergétique  $E_i$ , une part dans l'activité totale  $S_i=VA_i/VA$ , un contenu carbone moyen de l'énergie  $C_i = \text{CO}_2\ i/E_i$  et une intensité énergétique  $I_i = E_i/VA_i$ , de sorte que les émissions totales s'expriment pour chaque pays ( $p$ ) par :

$$\text{CO}_2^p = \text{VA}^p \times \sum_i (S_i^p \times I_i^p \times C_i^p)$$

Les différents facteurs permettant d'exprimer le ratio des émissions par habitant d'un pays ( $p$ ) par rapport à la moyenne ( $m$ ) sont exprimés par :

$$D_{Act} = \exp \left( \sum_i w_i \times \log \left( \frac{\text{VA}^p}{\text{VA}^m} \right) \right)$$

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

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

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

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

$$w_i = \frac{(\text{CO}_2^P_i - \text{CO}_2^m_i)}{(\text{CO}_2^P - \text{CO}_2^m)} \times \frac{\log(\text{CO}_2^P) - \log(\text{CO}_2^m)}{\log(\text{CO}_2^P_i) - \log(\text{CO}_2^m_i)}$$

On vérifie que :

$$\frac{\text{CO}_2^P}{\text{CO}_2^m} = \mathcal{D}_{Act} \times \mathcal{D}_{Str} \times \mathcal{D}_{Int} \times \mathcal{D}_{CO_2}$$

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 terrestres de voyageurs en distinguant les différents modes (voitures particulières, bus et cars, deux-roues, ferroviaire).