CITEPA

Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques

Bilan des émissions en France de 1990 à 2018

RAPPORT NATIONAL D'INVENTAIRE / FORMAT SECTEN

Édition juin 2020

Pour citer ce document :

Citepa, juin 2020. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Format Secten.

© Citepa 2020

Les données présentées dans ce rapport sont préparées dans le cadre des travaux d'inventaires nationaux, financés par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) – Direction Générale de l'Energie et du Climat. La rédaction de ce rapport est entièrement financée par le Citepa.

Ce rapport est disponible en accès libre.

Cette édition annule et remplace toutes les éditions antérieures relatives au même format d'inventaire.

Rapport n°1789sec / 2020 | Secten_juin2020.docx

Rédaction	
	Nom
Supervision	Colas ROBERT, Stéphanie BARRAULT
Base de données	Ariane DRUART
Rédaction	Nadine ALLEMAND, Jean-Marc ANDRE, Stéphanie BARRAULT, Grégoire BONGRAND, Romain BORT, Jérôme BOUTANG, Jean-Pierre CHANG, Benjamin CUNIASSE, Ariane DRUART, Anaïs DURAND, Etienne FEUTREN, Antoine GAVEL, Valérie IMAD, Coralie JEANNOT, Gwenaëlle LE BORGNE, Etienne MATHIAS, Vincent MAZIN, Colas ROBERT, Nadia TAIEB, Mark TUDDENHAM, Nathan VANDROMME, Thamara VIEIRA DA ROCHA, Julien VINCENT

Vérification		
	Nom, Fonction au sein du Citepa	*Date*
Vérification	Responsables sectoriels	19/06/2020
Approbation finale	Nadine ALLEMAND, Directrice adjointe, Jérôme BOUTANG, Directeur général, Jean-Pierre CHANG, Directeur adjoint	02/07/2020

afaq ISO 9001 AFNOR I/M

Sommaire

Synthèse **5**
Summary **13**
Comprendre les données **15**
Politique et règlementation **35**

Emissions par substance **73**
Gaz à effet de serre 75
Acidification, eutrophisation et pollution photochimique 131
Métaux lourds 167
Polluants organiques persistants 209
Particules 237

Emissions par secteur émetteur **267**
Energie 269
Industrie 285
Résidentiel-Tertiaire 311
Agriculture 329
Transports 349
Déchets 389
Utilisation des Terres et Forêt 399
Emissions naturelles 411

Analyses complémentaires **417**
Inventaire et empreinte, quelles différences d'approche ? 419
La biomasse énergie est-elle neutre en carbone ? 427

Annexes **435**
Glossaire/Définitions 437
SNIEBA 441
Nomenclature détaillée 445

Synthèse

Le rapport Secten

Le Citepa est l'opérateur d'Etat qui réalise, chaque année, pour le compte du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, l'inventaire des émissions dans l'air de polluants et de gaz à effet de serre de la France. Les émissions estimées et les rapports d'inventaire sont des éléments officiels que la France doit soumettre à la Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) ou encore à la Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-NU), dans le cadre de ses engagements internationaux.

En complément, depuis 1999, le Citepa, publie un rapport didactique présentant les émissions de la France, **leurs sources et leurs évolutions par rapport aux objectifs de réduction** en vigueur. Ce rapport, Secten, présente les émissions **de plus de 31 substances et gaz à effet de serre** par grand secteur économique et sous-secteur, ainsi que par combustible, et fournit de nombreux indicateurs et explications détaillées sur les enjeux environnementaux et sanitaires associés, ainsi qu'il rappelle le contexte politique et réglementaire.

L'édition 2020 du rapport Secten présente les émissions depuis 1990 (voire avant pour certains polluants) jusqu'à 2018, ainsi qu'une estimation provisoire de l'année 2019. Le périmètre couvert pour les émissions de gaz à effet de serre est la France métropolitaine avec l'Outre-mer inclus dans l'UE [nouveauté 2020] ; pour les polluants atmosphériques, le périmètre est la France métropolitaine. Ces périmètres ont été choisis pour être en cohérence avec ceux des objectifs réglementaires associés.

Résultats clés : émissions de gaz à effet de serre

☞ *Les émissions de gaz à effet de serre présentées ici couvrent la **France métropolitaine et l'Outre-mer inclus dans l'UE**.*

Les émissions repartent à la baisse : -4% en 2018, -1% en 2019

En France, les émissions de GES nationales (hors puits de carbone de l'UTCATF) se situaient à un niveau moyen de 554 Mt CO_2e entre 1990 et 2005.Après une période de baisse entre 2005 et 2014 (-2,2%/an en moyenne), **les émissions avaient subi une légère hausse** (+0,7%/an en moyenne) **entre 2014 et 2017**, du fait des secteurs de l'énergie, transport et chauffage notamment. **Depuis 2018, les émissions sont de nouveau en baisse** (-4% en 2018, -1% en 2019), tendance qui devrait se poursuivre en 2020 compte tenu de la crise du Covid-19. Les émissions de 2018 (445 Mt CO_2e) et de 2019 (441 Mt CO_2e) sont aux niveaux les plus bas enregistrés depuis 1990.

Le rôle majeur des véhicules diesel, du chauffage et de l'élevage

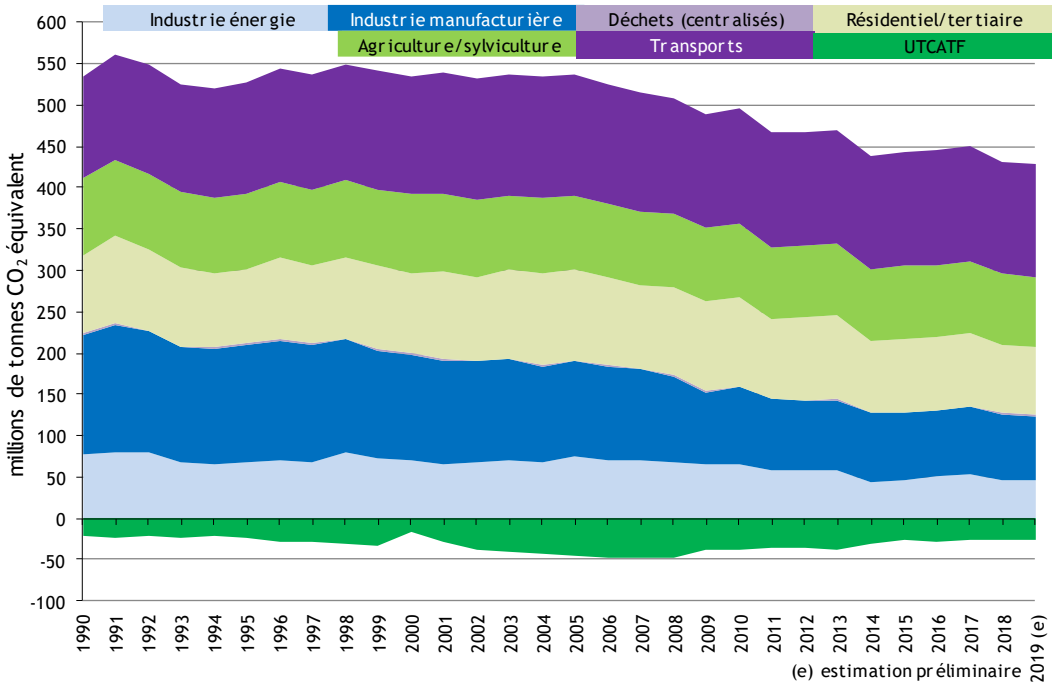
En 2018, 31% des émissions de GES sont liées au secteur des transports, 19% à l'agriculture, 19% au secteur résidentiel-tertiaire, 18% à l'industrie manufacturière et à la construction, 10% à l'industrie de l'énergie, et 3% aux déchets. Cependant, **seuls six sous-secteurs sont responsables de la moitié des émissions de GES** : les **véhicules particuliers diesel** (11,7%), le **résidentiel** (chauffage…, 10,9%), le **tertiaire** (chauffage, réfrigération… 7,8%) ; **l'élevage bovin** (7,7%) ; les **poids lourds diesel** (6,4%) et les **véhicules utilitaires légers diesel** (5,4%). Les diminutions notables entre 2017 et 2019 correspondent aux secteurs de l'énergie (-29% pour la production d'électricité), du résidentiel-tertiaire (-9%), de l'agriculture (-2%) et des déchets (-5%).

Les émissions doivent diminuer plus rapidement pour respecter les prochains budgets carbone

La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) de la France fixe les objectifs climat de la France. Pour chaque période de quatre ans, les émissions ne doivent pas dépasser un budget carbone donné en moyenne sur la période. Le 1er budget carbone (2015-2018) n'avait pas été respecté. Le budget carbone annuel moyen pour la période 2019-2023, fixé en 2020 par la SNBC révisée, s'élève à **422 MtCO_2e/an**. Le budget indicatif annuel pour l'année 2019 s'élève quant à lui à 443 Mt CO_2e, alors que l'estimation provisoire des émissions 2019 réalisée pour Secten, s'élèverait à 441 Mt CO_2e. Si cette pré-estimation est confirmée par l'inventaire consolidé 2019 à publier en avril 2021, **l'année 2019 respecterait donc l'objectif de 443 Mt CO_2e fixé pour cette année.** Les émissions devront encore baisser les années suivantes de près de -10 Mt CO_2e en moyenne par an (soit -2,3%/an) pour que le 2e budget carbone soit respecté en moyenne sur la période.

Même si les émissions de l'année 2020 ne sont pas encore estimées, les effets des mesures de lutte contre le Covid-19 pourraient mener à une baisse de -5% à -15% des émissions de GES en 2020, même s'il s'agit à ce stade d'approximations très provisoires (lire notre article sur le sujet).

Evolution des émissions dans l'air de CO_2e depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolutions en % des émissions totales de gaz à effet de serre (exprimées en équivalent CO_2, CO_2e) par secteur

CO2e	1990-2018	2017-2018	2018-2019 (provisoire)
Industrie de l'énergie	-41%	-15%	-1%
Industrie manufacturière et construction	-45%	-1%	-1%
Traitement centralisé des déchets	-5%	-3%	-2%
Résidentiel / tertiaire	-11%	-6%	-3%
Agriculture	-8%	-2%	0%
Agriculture hors total	*0%*	*0%*	*0%*
Transports	10%	-2%	0%
Transport hors total	*46%*	*5%*	*0%*
TOTAL national hors UTCATF	**-19%**	**-4%**	**-1%**
UTCATF	17%	-4%	0%

UTCATF : puits de carbone lié à l'Utilisation des Terres, aux Changements d'Affectation des Terres et à la Forêt

Résultats clés : émissions de polluants

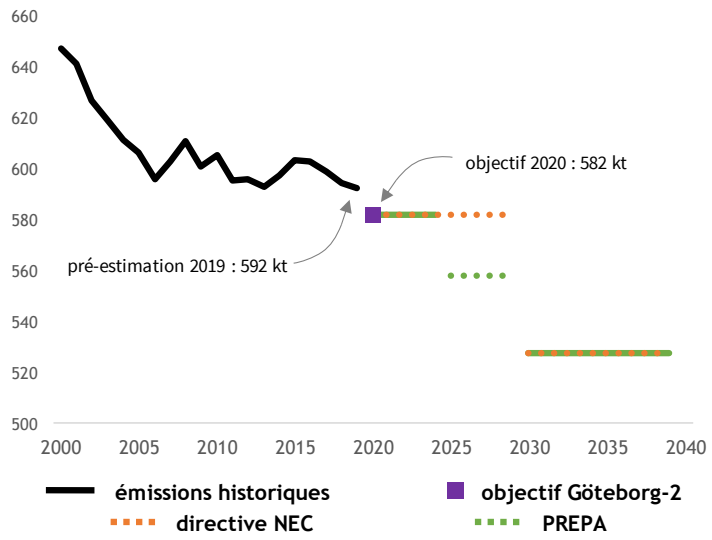
La plupart des émissions de polluants en forte baisse depuis 1990

En France, les émissions de tous les polluants atmosphériques sont en baisse depuis 1990 (métaux lourds, polluants acidifiants et eutrophisants, particules, polluants organiques persistants). Les émissions de certains polluants ont été très fortement réduites, voire quasiment éliminées depuis 1990, c'est par exemple le cas du plomb (arrêt de distribution de carburants plombés en 2000), ou encore de l'hexachlorobenzène (HCB), des dioxines et furanes (PCDD/F) et du chrome, du fait notamment des techniques de réduction mises en place dans les secteurs de l'industrie et des déchets.

Quelques substances aux dynamiques moins marquées : le cas de l'ammoniac (NH_3)

Seules trois substances ne connaissent pas de diminution importante dans l'atmosphère : l'ammoniac (NH_3), le cuivre, et le sélénium. Les émissions de NH_3, stables depuis 2006, sont principalement liées à la gestion des déjections de l'élevage. Néanmoins, la tendance à la hausse constatée entre 2013 et 2016 semble ralentir à partir de 2017, jusqu'à atteindre, en 2019, le plus bas niveau inventorié depuis 1980 : 592 kt. Ce niveau reste cependant encore au-dessus de l'objectif 2020 (Protocole de Göteborg et Directive NEC (plafonds d'émissions nationaux)). Compte tenu des dernières dynamiques de l'évolution des cheptels et des livraisons d'engrais azotés, il est possible que la valeur provisoire estimée pour 2019 soit revue encore à la baisse dans la prochaine édition d'inventaire.

Emissions d'ammoniac (NH_3, en kt/an) :
La France est-elle en bonne voie pour respecter l'objectif 2020 ?



Les objectifs de réduction sont respectés

Jusqu'à présent, la France a respecté ses objectifs de réduction d'émissions de polluants atmosphériques fixés dans le cadre de différents protocoles de la Convention sur la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance (CLRTAP), pour les SOx, les COVNM, le NH_3, les HAP, les dioxines et furanes, le HCB, les métaux lourds (le cadmium (Cd), le mercure (Hg) et le plomb (Pb)), dans les délais permis par la législation. Seuls les objectifs visant les NO_X n'ont été atteints qu'avec quelques années de retard (deux ans et quatre ans respectivement vis-à-vis des objectifs 2010 du Protocole de Göteborg original (1999) et de la directive NEC (plafonds d'émissions nationaux) de 2001).

Des émissions nationales en baisse qui ne sont pas incompatibles avec des problèmes de qualité de l'air

Les données d'émissions de polluants estimées par le Citepa sont relatives aux quantités totales émises sur toute l'année, sur toute la France. Les concentrations dans l'air ambiant, suivies par les Associations Agrées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) sont mesurées quotidiennement et localement. Ainsi, bien que la tendance des émissions nationales soit à la baisse, cela ne conduit pas nécessairement à l'élimination des pics de pollution qui peuvent être relevés localement par les associations mesurant la qualité de l'air. Ainsi, des épisodes de pollution ont régulièrement lieu en hiver et au printemps en termes de particules et en été pour l'ozone. Les valeurs limites de concentrations pour NO_2 et PM_{10} ne sont toujours pas respectées sur l'ensemble de territoire. En raison notamment du non-respect de ces valeurs limites de concentration pour les PM_{10} et le NO_2, la Commission européenne a lancé des procédures d'infraction à l'encontre de la France, ce qui a conduit, dans le cas du NO_2, à un arrêt de la Cour de Justice de l'UE.

Sources principales de quelques polluants

Les 7 sous-secteurs qui contribuent à 75 % des émissions de NOx en 2018

Périmètre : Métropole

		kt	*%*
	VP diesel (Transports)	196,8	26,3%
	VUL diesel (Transports)	124,0	16,6%
	PL diesel (y. c. bus et cars) (Transports)	86,5	11,5%
	Résidentiel (Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel)	45,5	6,1%
	Engins, moteurs et chaudières en agriculture/sylviculture (Agriculture, sylviculture et aquaculture)	45,1	6,0%
	Tertiaire (Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel)	35,4	4,7%
	Minéraux non-métalliques, matériaux de construction (Industrie manufacturière et construction)	29,7	4,0%

Les 4 sous-secteurs qui contribuent à 78 % des émissions de NH_3 en 2018

Périmètre : Métropole

		kt	*%*
	Engrais et amendements minéraux (Agriculture, sylviculture et aquaculture)	160,2	27,0%
	Bovins (Agriculture, sylviculture et aquaculture)	142,4	24,0%
	Engrais et amendements organiques (Agriculture, sylviculture et aquaculture)	114,6	19,3%
	Pâture (Agriculture, sylviculture et aquaculture)	47,4	8,0%

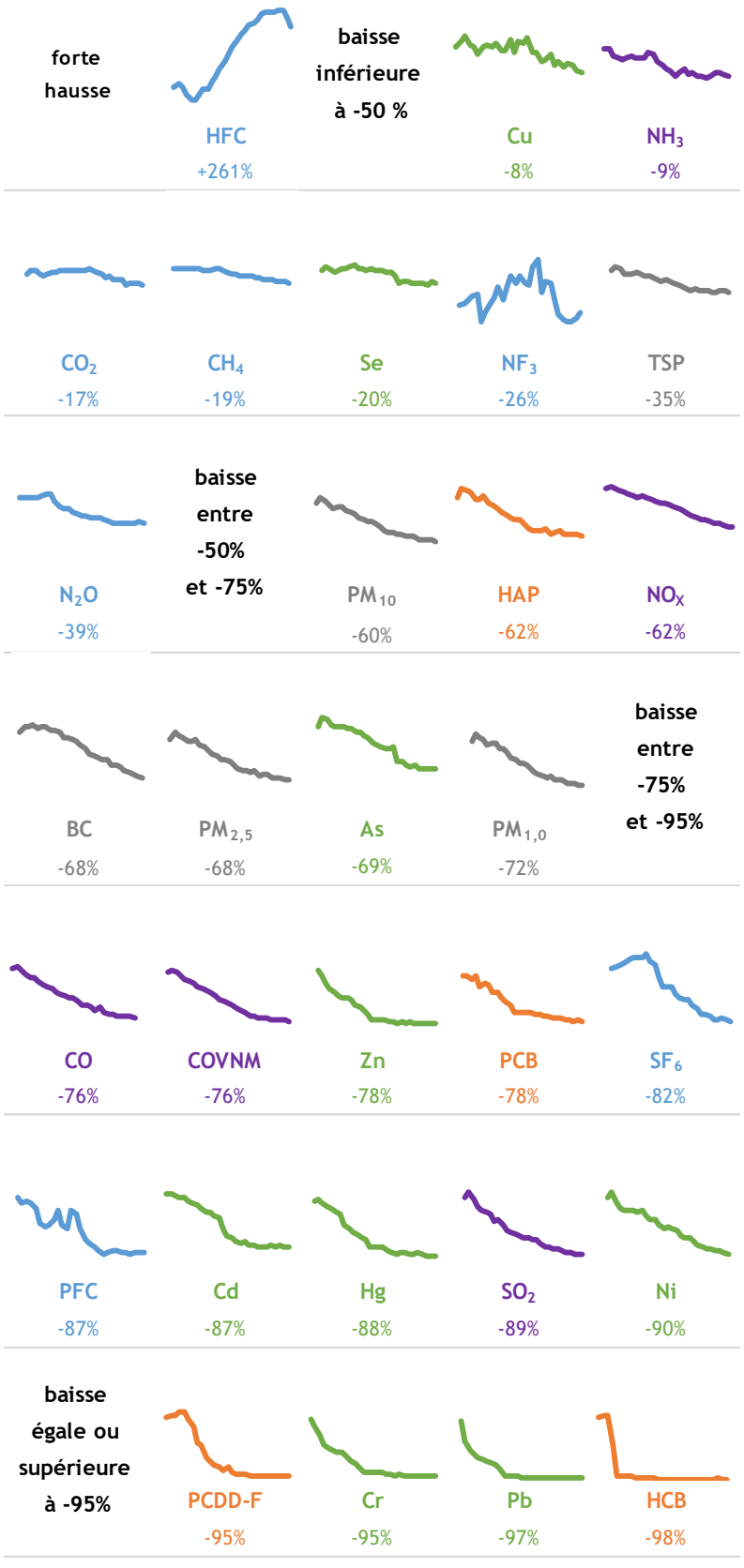
Les 6 sous-secteurs qui contribuent à 78 % des émissions de $PM_{2,5}$ en 2018

Périmètre : Métropole

		kt	*%*
	Résidentiel (Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel)	69,5	51,7%
	dont :		
	Combustion des appareils de chauffage	*58,1*	*43,3%*
	Feux ouverts de déchets verts et autres (véhicules, ...)	*10,7*	*7,9%*
	Consommation de tabac	*0,5*	*0,3%*
	Utilisation de feux d'artifice	*0,1*	*0,1%*
	Engins mobiles non routiers - Loisirs / jardinage	*0,2*	*0,1%*
	VP diesel (Transports)	10,9	8,1%
	Construction (Industrie manufacturière et construction)	9,8	7,3%
	Métallurgie des métaux ferreux (Industrie manufacturière et construction)	5,4	4,0%
	Brûlage de résidus agricoles (Agriculture, sylviculture et aquaculture)	4,6	3,4%
	VUL diesel (Transports)	4,5	3,4%

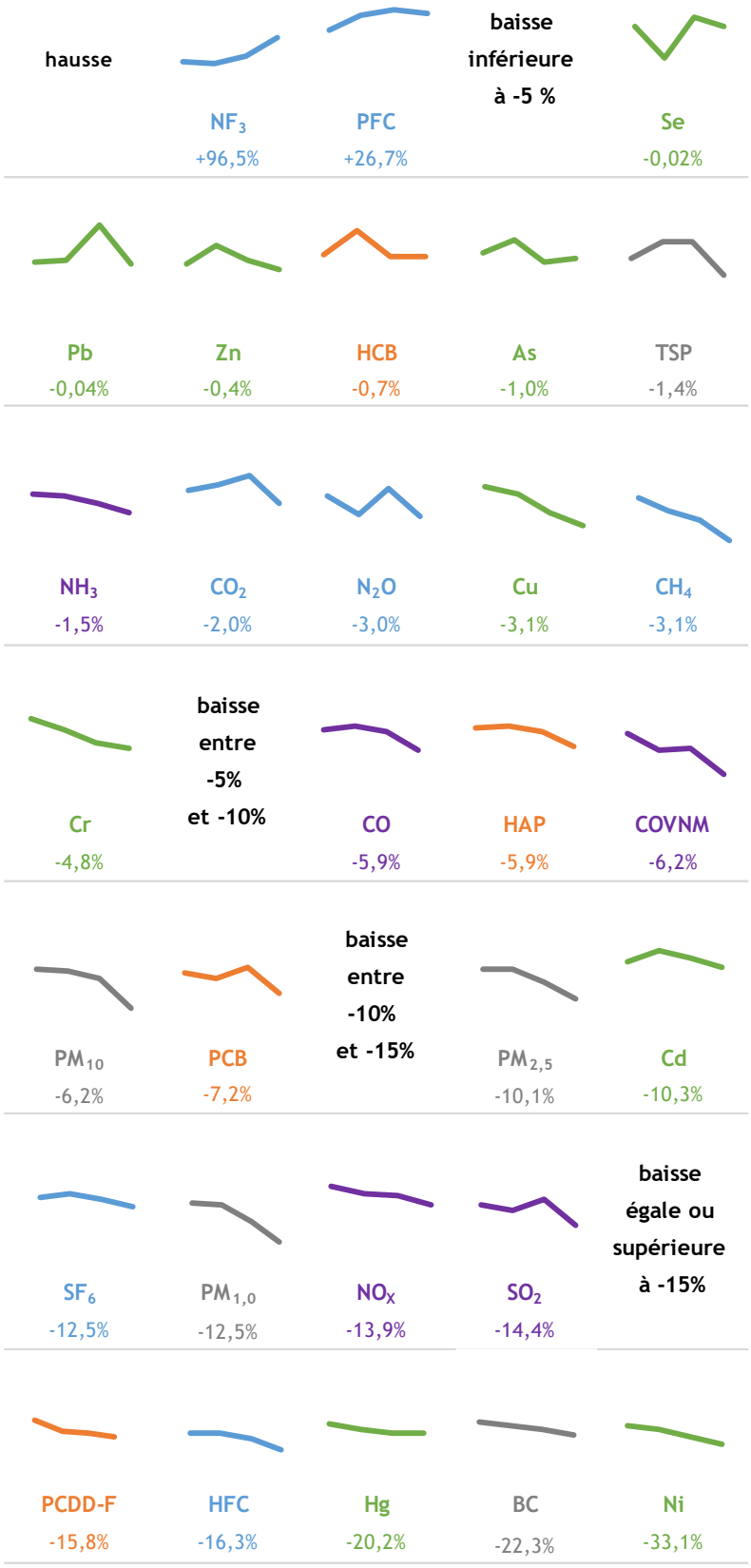
Les émissions en un coup d'œil

Emissions en base 100 en 1990 - 1990 à 2018



acidifiants, eutrophisants, polluants photochimiques // gaz à effet de serre // métaux lourds // polluants organiques persistants // particules

Emissions en base 100 en 2015 - 2015 à 2018



acidifiants, eutrophisants, polluants photochimiques // gaz à effet de serre // métaux lourds // polluants organiques persistants // particules

Pour aller plus loin

☞Pour comprendre les principes de l'inventaire, voir la section ***Comprendre nos données d'émission***.

☞Pour une définition des acronymes, voir le ***Glossaire*** en Annexe.

Accéder aux données et aux autres rapports d'inventaire

Les données au format Excel sont téléchargeables sur le site du Citepa à l'adresse suivante :

https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten

Le rapport méthodologique « Ominea » est téléchargeable sur le site du Citepa. Il décrit de façon détaillée les données sources, facteurs d'émissions, principes de calcul utilisés pour estimer les émissions de chaque secteur émetteur.

https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Tous les rapports d'inventaire sont disponibles sur le site internet du Citepa :

https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions

Summary

About this report

Citepa officially estimates greenhouse gas and air pollutant emissions each year on behalf of the Ministry of the Environment. This inventory is carried out as part of France's international commitments, mainly under the United Nations Framework Convention on Climate Change (as well as the Kyoto Protocol and the Paris Agreement adopted thereunder) for greenhouse gases, and the United Nations Economic Commission for Europe for pollutants (LRTAP Convention).

Since 1999, Citepa has also published an inventory report intended for non-specialists presenting **France's** emissions, **their sources and their changes over time** in relation to the current **reduction targets.** This report, called Secten, presents emissions **of more than 31** substances and greenhouse **gases** by large economic sector and subsector, as well as by fuel, and provides many detailed indicators and explanations on associated environmental and health issues. It also provides an overview of the policy and regulatory context.

The 2020 edition of the Secten report presents emissions from 1990 (or even earlier for certain pollutants) until 2018, as well as provisional estimates for 2019. The perimeter for greenhouse gas emissions covered is mainland France with overseas territories included in the EU; for air pollutants, the perimeter is mainland France. These perimeters were chosen to be consistent with those of the associated regulatory targets.

Key results: greenhouse gas emissions

Emissions are falling again: -4% in 2018, -1% in 2019

In France, national GHG emissions (excluding LULUCF carbon sinks) were at an average level of 554 Mt CO_2e between 1990 and 2005.After a period of decline between 2005 and 2014 (2.2%/year on average), between 2014 and 2017, emissions rose again (up 0.7%/year on average) due to the energy, transport and heating sectors in particular. Since 2018, emissions have fallen again (-4% in 2018, -1% in 2019), a trend that is expected to continue in 2020, given the Covid-19 crisis. Emissions for 2018 (445 Mt CO_2e) and 2019 (441 Mt CO_2e) have reached the lowest levels recorded since 1990.

The major role of diesel vehicles, heating and livestock

In 2018, the transport sector was responsible for 31% of GHG emissions, agriculture 19%, residential-commercial sector 19%, manufacturing industry and construction 18%, energy industry 10%, and centralised waste treatment 3%. However, only six sub-sectors are responsible for half of GHG emissions: diesel passenger vehicles (11.7%), residential sector (heating..., 10.9%), commercial sector (heating, refrigeration, etc.). 7,8%); cattle farming (7.7%); diesel trucks (6.4%) and light-duty diesel vehicles (5.4%). The significant decreases between 2017 and 2019 are a result of lower emissions in the energy sector (-29% for electricity generation), residential-commercial sector (-9%), agriculture (-2%) and waste (-5%).

Emissions need to fall faster to meet future carbon budgets

France's National Low Carbon Strategy (SNBC) sets out France's climate targets and the desired path to reach them. For different periods, emissions, on average over the period, must not exceed a carbon budget. The first carbon budget (2015-2018) was not met. The carbon budget for 2019-2023, set in 2020 by the revised SNBC, amounts to 422 Mt CO_2e/year. The annual indicative budget for 2019 is 443 Mt CO_2e. The provisional 2019 emissions estimate is 441 Mt CO_2e. If this pre-estimate is confirmed by the 2019 consolidated inventory to be published in April 2021, the year 2019 would therefore meet the target set for that year. Emissions will have to fall further in subsequent years by almost -10 Mt CO_2e on average per year (or 2.3%/year) for the 2nd carbon budget to be met on average over the period.

Even if GHG emissions in the year 2020 are not yet estimated, the effects of the measures to combat Covid-19 could lead to a decrease of -5% or even -15% in 2020, even if at this stage, these are approximations.

Key results: air pollutant emissions

Most pollutant emissions have fallen sharply since 1990

In France, emissions of all air pollutants have been declining since 1990 (heavy metals, substances causing acidification and euthrophication, particulate matter, persistent organic pollutants). Emissions of certain pollutants have been greatly reduced or even virtually eliminated since 1990, for example lead (since the ban on leaded fuels in 2000), or hexachlorobenzene (HCB), dioxins and furanes (PCDD/F) and chromium, due in particular to reduction techniques implemented in the industry and waste sectors.

Some substances with less strong dynamics: the case of ammonia (NH_3)

Only three substances do not seen a significant decrease: ammonia (NH_3), copper, and selenium. NH_3 emissions, which have been stable since 2006, are mainly due to the management of livestock slurry. Nevertheless, the upward trend since 2013 appears to have slowed down in 2017, reaching the lowest level seen since 1980 in 2019: 592 kt. This level is still above the 2020 target (Gothenburg Protocol and NEC Directive (national emission ceilings)). Given the latest trends in livestock developments and nitrogen fertilizer deliveries, it is possible that the estimated provisional value for 2019 will be further reduced in the next edition of the inventory.

Reduction targets have been met

To date, France has met its emission reduction targets set under the various Protocols of the Convention on Long-Distance Transboundary Air Pollution (CLRTAP), for SOx, NMVOCs, NH_3, PAHs, dioxins and furanes, HCB and heavy metals (cadmium (Cd), mercury (Hg), lead (Pb)) within the timeframe allowed by these Protocols, with the exception of the NOx targets that were met a few years late (respectively two years and four years late with respect to the 2010 targets of the Gothenburg Protocol and the NEC Directive (national emission ceilings).

Despite recurring air quality problems, pollutant emissions are decreasing

The emissions of pollutants estimated by Citepa are the total quantities emitted over the whole year, all over France. Concentrations in ambient air, analysed by the Air Quality Monitoring Associations (AASQA), are measured daily and locally. Also, although the trend of national emissions is decreasing, this does not necessarily lead to the end of pollution episodes that can be seen at local level by associations measuring air quality. Thus, particulate pollution episodes occur regularly in winter and spring and ozone pollution episodes occur in summer . Due in part to the non-compliance with concentration limits of NO_2 and PM_{10}, the European Commission launched infringement proceedings against France, leading, in the case of NO_2, to a ruling by the EU Court of Justice.

Download data, inventory reports and methodology report

The data in Excel format can also be downloaded from the Citepa website at the following address:

https://www.citepa.org/en/activities/emission-inventories/secten

The "Ominea" methodological report can also be downloaded from our website. It describes in detail the source data, emission factors, calculation principles used to estimate the emissions of each emitting sector.

https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

The other inventory reports are also available on our website:

https://www.citepa.org/en/activities/emission-inventories

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Comprendre nos données

Rédaction

Colas ROBERT

Stéphanie BARRAULT

Jean-Pierre CHANG

Nadine ALLEMAND

Jérôme BOUTANG

Thamara VIEIRA DA ROCHA

▶ **Parcourir l'ensemble des chapitres du Rapport Secten**

Sommaire du chapitre

Pour bien interpréter les résultats Secten **16**

Questions fréquentes sur les inventaires d'émission **20**

Questions de transparence **29**

Questions d'incertitude **32**

Pour bien interpréter les résultats Secten

Quelles sont les caractéristiques du format Secten ?

Les données d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques (PA) au format Secten sont des données officielles élaborées par le Citepa dans le cadre du Système National d'Inventaires d'Emission et de Bilans pour l'Atmosphère (SNIEBA), conformément à l'organisation du système national d'inventaires en France définie par l'arrêté du 24 août 2011 modifié. Le format "Secten" (SECTeurs économiques et ENergie) a été développé par le Citepa afin de disposer de séries mettant en évidence les contributions des différents secteurs d'activités économiques. Il reprend les résultats des émissions d'inventaires déclarés à la CEE-NU (Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies) pour les polluants atmosphériques et à la CCNUCC (Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques) pour les gaz à effet de serre, qu'il agrège différemment.

- **Plages temporelles**
  L'inventaire au format Secten présente les émissions depuis 1990 jusqu'à l'année la plus récente possible, soit l'année « N-2 » de l'année de publication.
  La résolution temporelle est l'année civile. La période étudiée est parfois plus étendue, à partir de 1960 (pour SO_2, NO_x, CO et CO_2), de 1980 (pour NH_3), de 1988 (pour les COVNM), et de 1990 (pour les autres substances), jusqu'à l'année N-2, N étant l'année de publication. L'année N-1 fait l'objet d'une estimation préliminaire. Certaines consolidations sont susceptibles d'intervenir rétrospectivement sur l'ensemble des séries.

- **Périmètre géographique**
  Le périmètre géographique des émissions totales du format Secten correspond à la France métropolitaine pour les polluants et à la France métropolitaine + les départements d'Outre-mer inclus dans l'UE pour les GES. La résolution spatiale correspond à la France comme entité unique. Jusqu'à l'édition 2020, les GES étaient présentés uniquement au périmètre métropole. L'Outre-mer inclus dans l'UE a été ajouté pour faciliter la cohérence avecle rapport CCNUCC et parce que les objectifs de réduction (européens, SNBC) sont relatifs à ce périmètre.

- **Spécificités sectorielles**
  Les spécifications sectorielles des émissions au format Secten diffèrent selon la nature des émissions :
  - pour les gaz à effet de serre directs, les spécifications sectorielles de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques sont appliquées ;
  - pour les polluants atmosphériques de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, les spécifications sectorielles des inventaires CEE-NU/NEC sont utilisées.

- **Validité**
  Chaque édition de l'inventaire (qu'il s'agisse de tableaux, rapports, graphiques) annule et remplace l'édition précédente. En effet, chaque année, les données sources sont mises à jour, les méthodes d'estimation sont perfectionnées et certaines sources d'émissions sont prises en compte de façon plus fine. Ces révisions s'appliquent à l'ensemble des séries historiques.

Les secteurs Secten

Le format Secten comporte deux niveaux sectoriels :

- un niveau de secteurs dits "principaux" constitué par sept catégories de sources et une catégorie de sources "hors total" ;
- un niveau de 47 sous-secteurs.

Les sept principaux secteurs considérés sont :

- **L'extraction, production, transformation et distribution d'énergie**

Ce secteur prend en compte les émissions dues à l'extraction, la transformation et la distribution d'énergie.

- **L'industrie manufacturière et la construction**

Le secteur « industrie manufacturière et construction » regroupe plusieurs activités. D'une part, il intègre toutes les sources de combustion (les chaudières, turbines, moteurs fixes ou mobiles (engins mobiles non routiers) et les fours de procédé de l'industrie manufacturière), d'autre part, les sources de décarbonatation et enfin les usages non

énergétiques (usage des solvants, transformation du bois, chimie organique et inorganique, etc.). Il inclut les émissions issues du traitement des déchets sur site.

- **Le résidentiel tertiaire**

Le secteur du résidentiel-tertiaire est plus large que le secteur du bâtiment. Il inclut, pour le résidentiel, les émissions liées aux activités domestiques dans les bâtiments d'habitation : combustion des appareils de chauffage, feux ouverts, engins mobiles non routiers pour le loisir/jardinage, utilisation domestique de solvants, réfrigération et air conditionné, consommation de tabac, traitement des eaux usées, etc. Pour le tertiaire, il inclut les émissions liées aux activités et bâtiments des entreprises, commerces, institutions et services publics : combustion des appareils de chauffage, utilisation de solvants, réfrigération et air conditionné, bombes aérosols, utilisation de feux d'artifices, notamment.

- **L'agriculture**

Ce secteur prend en compte les émissions liées aux élevages (animaux, bâtiment et stockage), aux cultures (fertilisation azotée minérale et organique, animaux à la pâture, amendements basiques et d'urée, riziculture et brûlage des résidus agricoles) ainsi que les émissions relatives aux engins, moteurs et chaudières en agriculture et sylviculture (installations de combustion et consommations énergétiques des engins agricoles et sylvicoles). Les émissions exclues du total national (sources biotiques en agriculture) sont présentées à titre d'information.

- **Les transports**

Ce secteur intègre, d'une part, les sources routières (des différentes catégories de véhicules) et les sources non routières (aérien, fluvial dont la plaisance, maritime dont la pêche et ferroviaire). Les émissions sont liées d'une part à la combustion des combustibles mais aussi à l'évaporation de l'essence, aux abrasions (freins, pneus, routes, caténaires, etc.) ainsi qu'à l'usage de gaz fluorés dans le circuit de climatisation des véhicules. Seule une partie des émissions des aéronefs et des bateaux est prise en compte dans les émissions totales en France métropolitaine. Les rejets du trafic maritime international sont exclus. Dans le cas du transport aérien, pour les gaz à effet de serre direct, tout le trafic aérien international est exclu et pour les autres substances, l'exclusion concerne le trafic aérien domestique et international au-dessus de 1 000 m d'altitude. Ces règles de rapportage sont définies par les spécifications mises en place par la CCNUCC et la CEE-NU.

Dans le secteur Transports, sont aussi présentées à titre d'information les émissions non prises en compte dans les totaux nationaux. Conformément aux spécifications en vigueur sur le plan international, il s'agit, dans le cas des gaz à effet de serre directs, des émissions du trafic maritime et aérien international Dans le cas des autres substances, les polluants atmosphériques, les émissions « hors total » sont constituées des émissions maritimes internationales, des émissions de la phase croisière (≥ 1000 m) des trafics aériens domestique et international

- **Le traitement centralisé des déchets**

Les résultats d'émissions liées au traitement centralisé des déchets font désormais l'objet d'un secteur dédié. Ce secteur regroupe les activités relatives au traitement des déchets solides, au traitement et au rejet des eaux usées domestiques et industrielles mais aussi la crémation. Certaines émissions dues au traitement des déchets sont rattachées à d'autres secteurs, notamment celles liées au traitement des déchets in-situ, qui sont comptabilisées dans les émissions de l'industrie manufacturière.

- **L'utilisation des Terres, les Changements d'Affectation des Terres et de la Forêt (UTCATF)**

Ce secteur prend en compte les flux de carbone dus aux changements d'affectation des terres, aux changements de pratiques dans leurs usages ou aux dynamiques de long terme. Les forêts, cultures et prairies sont les principaux sous-secteurs concernés.

- Les **sources naturelles**

La catégorie de **sources naturelles** regroupe, des émissions des sources non anthropiques (ex : COVNM biotiques, volcans…), ainsi que des émissions des sources biotiques (agriculture et forêts gérées ou non), qui sont toutes exclues du total national (hors total).

Les listes détaillées des sous-secteurs par secteur ainsi que les affectations des codes NAF aux sous-secteurs sont présentées en annexe 4.3. Chaque chapitre sectoriel présente, de façon plus détaillée, la structure du secteur traité et les émissions prises en compte.

Questions spécifiques de périmètre sectoriel

- L'autoproduction d'électricité et la cogénération sont comptabilisées dans le secteur producteur (par exemple l'industrie).
- Les usines d'incinération des déchets non dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie sont regroupées dans le secteur " Extraction, production, transformation et distribution d'énergie », sous-secteur "Autres secteurs de la transformation d'énergie".
- Les émissions des véhicules routiers sont basées sur les livraisons de carburants sur le territoire national, c'est-à-dire selon une approche dite *fuel sold* (et non une approche *fuel used*). Les émissions du transport routier sont celles des véhicules ayant fait une prise de carburant en France, quels que soient leurs nationalités et ce qu'ils transportent
- Le trafic maritime domestique pris en compte dans le total national correspond à la définition donnée dans le référentiel EMEP/EEA, c'est à dire aux liaisons entre deux ports d'un même pays quelle que soit la nationalité du navire. De ce fait, la majeure partie des soutes maritimes françaises et étrangères n'entre pas dans le champ couvert pour la détermination des émissions nationales. Les émissions non retenues dans le total national sont rapportées séparément pour information.
- Pour le trafic aérien, les spécifications diffèrent entre la CCNUCC et la CEE-NU/NEC. Ces différences sont présentées dans le tableau ci-après. Par définition, le trafic domestique correspond à la liaison entre deux aérodromes français. Par ailleurs, pour les trafics entre la Métropole et l'Outre-mer, les émissions sont imputées pour moitié à chacune des deux entités.

SPECIFICATIONS POUR L'AVIATION

CCNUCC (gaz à effet de serre)	**CEE-NU** (polluants atmosphériques)
Inclus dans le total national	
Tout le trafic aérien domestique	Le trafic aérien domestique et international < 1 000 m
Rapporté hors total national	
Tout le trafic aérien international	Le trafic aérien domestique et international ≥ 1 000 m

Concernant les gaz à effet de serre, les autres spécificités de la CCNUCC ont été mises en œuvre dans le rapport Secten par souci de cohérence. Les émissions de COVNM induites par l'application de peinture, le dégraissage, le nettoyage à sec, la fabrication et la mise en œuvre de produits chimiques ainsi que les autres utilisations de solvants (SNAP 0601, 0602, 0603 et 0604 de l'annexe 3) sont converties en CO_2 ultime et ajoutées au bilan CO_2. Le taux de conversion des COVNM en CO_2 est basé sur une valeur moyenne de la teneur en carbone dans les COVNM. La teneur en carbone varie selon l'activité (15% pour le nettoyage à sec à 92% pour la mise en œuvre de polyester). En moyenne, elle est de 69%. Cette conversion ne s'applique que depuis 1988 compte tenu du fait que les émissions de COVNM ne sont déterminées que depuis cette date. Pour les substances relatives à la pollution transfrontalière et au changement climatique, les émissions des sources non anthropiques sont comptées hors total national.

Pour ce qui est des COVNM biotiques, les émissions sont rapportées hors total national pour la CEE-NU/NEC et dans le total national pour la CCNUCC concernant les gaz à effet de serre indirect relatifs aux forêts gérées.

Pour les sources agricoles, les émissions biotiques de NOx et de COVNM des sols sont comptées hors total national.

Concernant les feux de forêt, pour les gaz à effet de serre (CO_2, CH_4 et N_2O), les émissions sont comptabilisées dans le secteur de l'UTCATF (Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie) alors que pour les autres substances relatives à la pollution transfrontière, les émissions figurent hors total national.

Dans le cadre de la CEE-NU, 4 HAP sont retenus : indéno(1,2,3-cd)pyrène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène tandis que l'US EPA en considère 16, la réglementation française relative aux installations

classées pour la protection de l'environnement 8 (norme AFNOR pour la mesure des HAP en cheminée, NF X43-329), la directive 2004/107/CE modifiée demande de mesurer le benzo(a)pyrène ainsi qu'au minimum 6 autres HAP (B[a]A, B[b]F, B[j]F, B[k]F, I[1,2,3-cd]P, DiB[a,h]), etc. La préoccupation sur les HAP a été fortement renforcée depuis l'entrée en vigueur, le 23 octobre 2003, du Protocole d'Aarhus sur les polluants organiques persistants. Les facteurs d'émission différencient désormais dans la mesure du possible chacun des quatre HAP couverts par la CEE-NU mais aussi les 4 autres répondant à la norme NF X43-329, à savoir benzo(g,h,i)pérylène, dibenzo(a,h)-anthracène, fluoranthène et benzo(a)anthracène (non présentés dans cette édition de Secten).

Le total des émissions Secten est identique pour l'ensemble des polluants atmosphériques rapportés et les années communes avec la dernière mise à jour de l'inventaire "CEE-NU/NEC". Pour les gaz à effet de serre direct visés par le Protocole de Kyoto, le total des émissions des gaz à effet de serre direct correspond, pour les années communes, à celui de l'inventaire "CCNUCC" de mars 2017.

Questions fréquentes sur les inventaires d'émission

Pourquoi estimer les émissions ?

Un inventaire d'émission est une représentation qualitative et quantitative des rejets d'une ou plusieurs substances (gaz à effet de serre, polluants atmosphériques) provenant d'un ensemble de sources émettrices anthropiques ou naturelles répondant à des critères précis. Un inventaire est un indicateur de pression sur l'environnement.

Ces inventaires traduisent les émissions observées dans les années écoulées et peuvent aussi estimer les émissions probables dans le futur, selon différents scénarios (projections d'émissions).

Par ailleurs, les inventaires permettent de distinguer très finement les sources d'émissions et donc sont un outil d'aide à la décision politique précieux pour définir les pistes d'actions les plus pertinentes pour réduire les émissions.

Les pouvoirs publics s'attachent à disposer de données relatives aux émissions de polluants atmosphériques et de GES qui correspondent quantitativement et qualitativement aux différents besoins nationaux et internationaux. La collecte de ces données revêt un caractère prépondérant pour identifier les sources concernées, définir les actions de prévention et de réduction des émissions, informer les nombreux acteurs intervenant à divers titres et sur divers thèmes en rapport avec l'effet de serre et la pollution atmosphérique.

Ainsi, pour la problématique de la qualité de l'air, le calcul des émissions de polluants est complémentaire aux mesures de concentrations de polluants dans l'air ambiant. Pour la problématique des changements climatiques, le calcul d'émissions permet de connaître l'impact de chaque secteur et de chaque pays, de comparer les pays entre eux, et de comparer les émissions totales à des budgets carbone définis pour respecter certains objectifs, comme limiter la hausse globale moyenne de la température à +2°C.

Un inventaire, plusieurs formats de rapportage

Il n'existe qu'un seul inventaire national, recalculé chaque année. Chaque mise à jour de l'inventaire est associée à une année d'édition. A partir de cet inventaire, différentes extractions peuvent être réalisées, selon les périmètres choisis (avec Outre-mer ou non, etc.), et selon le découpage sectoriel retenu.

Ces différents formats de rapportage concernent à la fois les gaz à effet de serre et les polluants atmosphériques, selon les formats requis conformément aux engagements internationaux et européens de la France (CEE-NU, CCNUCC, UE, etc.) et aux besoins nationaux (Secten, Plan climat, Namea)).

Les rapports d'inventaires d'émissions nationaux correspondants sont aussi mis à jour chaque année. Ils diffèrent par leur contenu (polluants, couvertures géographiques et sectorielles, analyses, etc.) qui est adapté au cadre institutionnel auquel il réfère (changements climatiques, pollution transfrontière, etc.). Les différents formats de rapportage de l'inventaire sont les suivants :

Gaz à effet de serre

- **NIR :** rapport d'inventaire relatif au rapportage CCNUCC et au rapportage Kyoto
- **CCNUCC (*UNFCCC en anglais*) ou simplement « Convention » - tables CRF** : rapportage des GES sur l'ensemble du territoire (Métropole, Outre-mer UE, Outre-Mer non-UE) au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (articles 4 et 12).
- **Protocole de Kyoto ou simplement « Kyoto » - tables CRF-KP :** rapportage des GES fourni en même temps que la CCNUCC, uniquement sur les territoires inclus dans l'UE, et avec des règles spécifiques pour l'UTCATF.

Polluants atmosphériques

- **IIR** : Rapport d'inventaire relatif au rapportage CEE-NU
- **CEE-NU (*UNECE en anglais*) - tables NFR :** rapportage des polluants atmosphériques au titre de la Convention sur la Pollution Atmosphérique Transfrontalière à Longue Distance (ou « convention air ») et de la directive européenne 2001/81/CE relative aux plafonds d'émissions nationaux
- **GIC :** rapport d'inventaire français de polluants sur les grandes installations de combustion, dans le cadre de la directive européenne 2001/80/CE sur les grandes installations de combustion

- **Namea :** rapport fournissant les émissions de polluants dans l'air par agent économique selon la nomenclature NAMEA (*National Accounting Matrix with Environmental Accounts*)

Inventaires intégrés air et climat

- **Secten** : rapport et tableaux d'inventaire national par SECTeurs économiques et ENergie relatif aux émissions de polluants atmosphériques en France métropolitaine et de GES en France métropolitaine et Outre-mer inclus dans l'UE
- **Outre-mer :** inventaire relatif aux émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre pour l'Outre-mer, par territoire - séries sectorielles
- **Ominea** : rapport méthodologique (sans données) relatif à "l'Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France". Il concerne les informations méthodologiques relatives aux différents inventaires mentionnés ci-dessus, une description du système national d'inventaires d'émissions, et inclut une base de données

L'inventaire est-il exhaustif ?

L'inventaire se veut l'estimation la plus complète possible des émissions des substances contribuant directement ou indirectement à la pollution de l'air et au changement climatique. L'exhaustivité de l'inventaire peut donc se mesurer du point de vue du nombre de substances, et de sources prises en compte. 47 substances sont estimées dans l'inventaire en comptant les différentes molécules primaires formant les familles de HFC et PFC et plus de 500 avec la spéciation des COVNM.

Néanmoins, certains polluants non réglementés ou non visés par des Conventions, Protocoles, Accords ou directives ne sont pas estimés dans l'inventaire, comme certains métaux lourds (Vanadium, Antimoine, Cobalt, Titane, Fer…), les nanoparticules, les pesticides (voir le chapitre POP), les pollens et moisissures (surveillés par le Réseau National de Surveillance Aérobiologique). De même, les émissions de HAP présentés dans ce rapport concernent seulement les 4 HAP visés dans le cadre de la CEE-NU pour lesquelles il existe une obligation de rapportage et un engagement de réduction. Cependant, les émissions des HAP réglementés par la France dans le cadre de la réglementation ICPE sont par ailleurs estimées. L'évolution des émissions de ces huit principaux HAP a fait l'objet d'une analyse complémentaire dans le rapport Secten 2017 et pourra être mise à jour dans une prochaine édition du rapport Secten. Dans le cas des GES également, le rapport Secten présente les émissions des GES réglementés par la CCNUCC, en application du protocole de Kyoto. Les CFC et HCFC, gaz à effet de serre qui étaient utilisés dans les aérosols et équipements de froid et de climatisation notamment, avant l'utilisation des HFC, sont également des GES ; cependant, l'arrêt progressif de leur utilisation étant déjà acté par le Protocole de Montréal, ils n'ont pas été inclus dans le périmètre du Protocole de Kyoto et leurs émissions ne sont donc pas rapportées dans les inventaires de GES. Il en est de même des HFO, appartenant à la famille des HFC insaturés (HFC à bas PRG récemment développés), qui ne sont actuellement pas couverts par les obligations de rapportage de la CCNUCC et donc pas comptabilisés dans les émissions de GES.

De plus, les remises en suspension de particules, c'est-à-dire les poussières, qui, une fois émises, peuvent se déposer au sol puis de nouveau se retrouver dans l'air ambiant, ne sont pas estimées. L'émission n'est comptabilisée qu'une seule fois par souci d'éviter tout double compte.

Enfin, il faut noter que certains polluants sont des substances secondaires, non émises directement. Ainsi l'ozone troposphérique, problématique du point de vue de la qualité de l'air n'est pas estimé dans l'inventaire car il ne s'agit pas d'une substance directement émise dans l'air. C'est un polluant secondaire qui provient de réactions chimiques entre des polluants « précurseurs d'ozone » dont les émissions sont bien comptabilisées : NO_X, COVNM, CH_4, CO. Ces réactions chimiques sont favorisées par les températures élevées, l'intensité du rayonnement solaire, l'absence de vent, etc. Ainsi, l'ozone se forme, de façon générale, à la fin du printemps et en été. Il en va de même pour les particules secondaires. Ces dernières se forment à partir de polluants primaires émis à l'état gazeux (NOx, NH_3, SO_2, COVNM). Ces composés secondaires ne sont par conséquent pas estimés dans les inventaires nationaux.

Du point de vue des sources d'émissions

L'inventaire prend en compte l'ensemble des sources d'émissions identifiées et qu'il est possible d'estimer, qu'elles soient naturelles ou anthropiques. Ces estimations dépendent ainsi des connaissances scientifiques et des données disponibles (exhaustivité, qualité).

Les secteurs de l'inventaire national d'émissions couvrent l'ensemble des sources et des puits :

- combustion dans l'industrie de l'énergie (production d'électricité, chauffage urbain, raffinage, etc.),

- combustion dans l'industrie manufacturière,
- combustion dans le transport (route, fer, voies navigables, maritime et aérien), qu'il s'agisse des émissions nationales et des émissions dites internationales (rapportées hors-total),
- autres secteurs de la combustion (résidentiel, tertiaire, agriculture/pêche),
- émissions fugitives de l'énergie (fuites, torchères) liées à l'extraction, production, transport des matières énergétiques (pétrole, gaz naturel, charbon),
- procédés industriels dont l'industrie des métaux ferreux et non ferreux, la chimie, l'industrie minérale (ciment, verre, chaux, etc.), la production et l'emploi de gaz fluorés (HFC, PFC, SF_6, NF_3), etc.,
- agriculture (engrais, cheptels), essentiellement NH_3, N_2O et CH_4,
- biomasse et sols, via l'utilisation des terres, leur changement, la forêt (UTCATF) : qui génère des émissions et des absorptions, résultant en un puits net.
- traitement des déchets (décharges, incinération des déchets sans récupération d'énergie), le traitement des eaux usées, etc.
- émissions naturelles (volcans, éclairs, marais, COV biotiques…)

Remarque : certaines de ces sources d'émissions ne sont pas incluses dans les périmètres de rapportage CCNUCC ou CEE-NU. Elles sont présentées dans les résultats Secten « hors total » (émissions maritimes et aériennes internationales pour les GES, émissions maritimes internationales et émissions de l'aérien au-dessus de 1000 m pour les polluants, émissions des sources biotiques de l'agriculture et des forêts, émissions des sources non-anthropiques).

Quel est le périmètre géographique couvert par les différents formats d'inventaire ?

Le Citepa estime les émissions de l'ensemble des territoires français : France métropolitaine, départements et régions d'Outre-Mer, Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM) non-inclus dans l'UE.

Ces émissions sont ensuite rapportées selon différents formats, dont les périmètres géographiques varient :

Format	Polluants	Gaz à effet de serre	**France métropolitaine** 96 départements	**Départements et régions d'Outre-Mer inclus dans l'UE** Guadeloupe, Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte et Saint-Martin	**Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM) non-inclus dans l'UE** Polynésie Fr., Wallis-et-Futuna, Nouvelle-Calédonie, St-Pierre-et-Miquelon, St-Barthélemy, Terres Australes et Antarctiques Fr.
Secten	✓	✓	✓	×	×
Plan Climat	×	✓	✓	✓	×
Outre-mer	✓	✓	×	✓	✓
NIR/CCNUCC	×	✓	✓	✓	✓
Kyoto	×	✓	✓	✓	×
IIR/CEE-NU	✓	×	✓	×	×
GIC	✓	×	✓	✓	×
Namea	✓	✓	✓	✓	×

Emissions, concentrations, pollution…

Les données d'inventaire permettent d'évaluer la quantité de polluants atmosphériques et de GES qui a été émise au total chaque année, pour l'ensemble de la France. Ces données d'émission ne donnent pas d'information sur les problématiques plus locales et plus ponctuelles de pollution et de qualité de l'air, car :

- les données d'émission du Citepa sont estimées à l'échelle nationale (sans ventilation au niveau des zones urbaines ou rurales),

- les données d'émission du Citepa sont annuelles et non ventilées dans le temps (les épisodes de pollution sont ponctuels),

- l'estimation des émissions (rapportées en quantités (ex : tonnes) de substances émises par an) diffère de celle des concentrations qui elles sont mesurées en quantité de substance par volume d'air ($\mu g/m^3$).

Les émissions correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines ou par des sources naturelles. Même si la qualité de l'air dépend des émissions, il n'y a pas de lien simple et direct entre les deux. La qualité de l'air dépend des concentrations de polluants et résulte de l'interaction complexe entre la quantité de polluants émise et toute une série de phénomènes physico-chimiques et météorologiques. Ainsi, une fois les polluants émis dans l'atmosphère, différents phénomènes physico chimiques et météorologiques, entrent en jeu et agissent sur les concentrations de ces polluants : transport et dispersion par le vent et la pluie, dépôts, réactions chimiques (formation de particules secondaires à partir de polluants primaires à l'état gazeux (NOx et NH_3 notamment, mais aussi COV), formation d'ozone à partir de précurseurs favorisée par le rayonnement solaire), topographie, remise en suspension de particules déjà émises, etc. En clair, il n'y a pas de corrélations simples entre les quantités de polluants émises et les niveaux de concentrations de ces polluants dans l'air ambiant, même si c'est en agissant sur les sources d'émission que l'on peut espérer améliorer à terme la qualité de l'air.

La méthode de calcul de l'inventaire est-elle publiée ?

La méthode de calcul de chaque secteur de l'inventaire est publiée sous forme de rapport et de base de données (« OMINEA » pour *Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France*). Ce rapport est remis à jour chaque année tout comme l'inventaire : chaque édition annule et remplace la précédente. Il est disponible librement en téléchargement sur le site internet du Citepa.

Ce rapport détaille, pour chaque secteur et sous-secteur, les données sources, les facteurs d'émissions, les hypothèses, les améliorations apportées, les incertitudes… Les méthodes utilisées pour chacune des catégories de sources émettrices sont spécifiées pour plusieurs dizaines de substances réparties par secteur dans le document descriptif Ominea. L'indexation sectorielle utilisée correspond au format international défini par les Nations Unies dans le cadre des Conventions relatives aux changements climatiques et à la pollution atmosphérique transfrontière.

Le document Ominea comporte une description du système national d'inventaires des émissions atmosphériques et de gaz à effet de serre, vis-à-vis de l'organisation, de la répartition des responsabilités et du champ couvert. Les dispositions techniques opérationnelles sont décrites et les éléments relatifs aux référentiels, au contrôle et à l'assurance qualité, à l'estimation des incertitudes, etc. sont fournis.

Ce document descriptif est complété par une base de données pour regrouper les différentes données méthodologiques associées, sous forme numérique.

Le rapport Ominea, comme les inventaires d'émissions, sont disponibles en lecture gratuite sur notre site internet www.citepa.org/fr/ominea.

Quels sont les grands principes de calcul des émissions ?

L'inventaire national français est réalisé selon les lignes directrices (*Guidelines*) du Giec pour les GES et selon le Guide (*Guidebook*) EMEP/EEA pour les polluants atmosphériques. Ces guides définissent des grands principes ainsi que des paramètres de calcul par défaut (approche *tier 1*), au cas où le pays ne disposerait pas d'informations plus précises et pertinentes.

Selon l'importance d'une source d'émission, différents niveaux de méthode peuvent être appliqués, le Giec comme l'EMEP/EEA définissant trois niveaux de précision : *tier 1, 2, 3 en anglais*. Les sources d'émission peuvent être classées selon leur part de contribution au total des émissions de GES et de PA. Elles sont dites clés lorsque, classées en part décroissante, elles apparaissent dans les émissions cumulées sous le seuil de 95% pour les GES et de 80% pour les PA. Pour ces sources clés, des niveaux de méthode 2 ou 3 doivent être appliqués. $

Principe général de calcul :

Les émissions sont estimées pour chacune des activités émettrices élémentaires retenues pour l'inventaire en considérant séparément, s'il y a lieu, les différentes catégories de sources (surfaciques, grandes sources ponctuelles et grandes sources linéaires).

Les émissions d'une activité donnée sont exprimées par la formule générale et schématique suivante :

$$E_{s,a,t} = A_{a,t} \times F_{s,a} \quad (1)$$

avec E : émission relative à la substance "s" et à l'activité "a" pendant le temps "t"

A : quantité d'activité relative à l'activité "a" pendant le temps "t"

F : facteur d'émission relatif à la substance "s" et à l'activité "a".

Comment sont estimées les émissions préliminaires de l'année « N-1 » (N étant l'année de publication) ?

Principe

L'inventaire relatif aux années de 1990 à l'année « N-2 » a été réalisé à la fin de l'année « N-1 » et publié l'année « N ». Nous pré-estimons également pour publication l'année « N », un inventaire de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre de l'année « N-1 » en extrapolant la dernière année d'inventaire (N-2), soit en utilisant des indicateurs relatifs à l'année N-1, soit directement avec des données déjà disponibles pour cette année.

Méthode

- Les émissions (N-1) pré-estimées sont généralement basées sur l'équation suivante :

Emissions (N-1) = [AD] (N-1) x FE (N-2 en général)

avec AD : quantité d'activité

FE : facteur d'émission relatif à la substance et à l'activité

- Estimation de la donnée d'activité AD (N-1) :
  - Si disponible : l'activité (AD) effective de l'année N-1 est utilisée, sinon
  - Emission de l'année (N-1) venant directement de la source, sinon
  - Estimation de l'activité AD (N-1) via un indicateur mensuel ou annuel quand il peut être associé à une activité par son évolution entre 2 années : le ratio d'évolution de l'indicateur N-1 / N-2 est utilisé sur l'activité AD (N-2), sinon
  - Si aucune donnée spécifique ou d'indicateur n'existe, un report simple de l'activité de la dernière année d'inventaire (N-2) est réalisé comme suit : [AD] (N-1) = [AD] (N-2)

Sources des données

- Lorsque la donnée d'activité de l'inventaire pour l'année (N-1) est disponible : même source que la dernière année de l'inventaire (N-2).
- Certaines activités et/ou émissions sont disponibles directement dans certains secteurs : raffineries, producteurs d'électricité.
- Les Indicateurs mensuels/annuels utilisés proviennent de :
  - L'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) : indices de productions industrielles,

- CPDP (Comité Professionnel du Pétrole) : consommations d'énergie par combustible et/ou secteur (pour les seuls produits pétroliers ?),
- DGAC (Direction Générale de l'aviation civile) : mouvements des avions
- FFA (Fédération Française de l'Acier) : production d'acier,
- AGRESTE (statistiques agricoles du Ministère de l'agriculture) : productions des Industries agro-alimentaires, engrais,
- SDeS (Service de la Donnée et des Etudes Statistiques) : bilans de l'énergie
- COOP de France : production de Luzerne

Quels sont les guides méthodologiques appliqués par le Citepa dans l'inventaire ?

Dans le cadre de la CCNUCC, pour la comptabilisation des GES, toutes les Parties citées à l'annexe I dont la France, doivent mettre en œuvre les mêmes lignes directrices. En 2014, les Parties sont passées des lignes directrices du Giec de 1996 et de 2000 à celles de 2006, ce qui a entraîné des évolutions méthodologiques importantes. Ces évolutions ont eu des impacts notables sur les secteurs agriculture et traitement des déchets. Des perfectionnements des lignes directrices de 2006 ont été publiées en 2019, pour application, lors du rapportage dans le cadre de l'Accord de Paris, en 2023 (inventaire relatif aux années 1990-2021).

Guides utilisés dans l'inventaire français

	Édition	**Utilisation dans l'inventaire**
Giec - Gaz à effet de serre	Raffinement des lignes directrices pour la réalisation des inventaires, 2019	Prévue pour 2023
	Lignes directrices pour la réalisation des inventaires, 2006	Source principale et obligatoire dans le cadre de la CCNUCC
	Guide des bonnes pratiques sur les incertitudes, 2006	Pour le calcul des incertitudes sur le calcul des émissions
	Guide des bonnes pratiques sur l'UTCATF, 2003	Pour le secteur UTCATF
	Supplément pour l'UTCATF dans le Protocole de Kyoto, 2013	Pour le rapportage de l'UTCATF dans le cadre du Protocole de Kyoto
	Supplément pour les Zones Humides, 2013	Pour le secteur agriculture
	Lignes directrices 1994 et Lignes directrices révisées 1996	Obsolètes, non utilisés
Emep - Polluants atmos-phériques	Guide EMEP/EEA, 2019	En attente de publication
	Guide EMEP/EEA, 2016	Source principale
	Guide EMEP/EEA, 2013	Dans le cas où des FE n'étaient plus disponibles dans la version 2016, les valeurs proposées dans le guide 2013 ont été conservées
	Guides EMEP/CORINAIR* (1996 à 2007) et EMEP/EEA (2009)	Obsolètes, non utilisés

**Dans le cadre du système européen CORINE (*CoORdination of INformation of the Environment*) mis en place dans les années 1980, le projet CORINAIR été développé dès 1985 pour mettre en place une méthodologie européenne commune d'inventaire des émissions. Le Citepa en était à l'origine le chef de projet et a piloté les premiers développements méthodologiques, et notamment la définition d'une nomenclature des sources d'émissions.*

Ces guides sont disponibles librement en ligne :

Lignes directrices du Giec (en anglais) : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

Lignes directrices du Giec (en français) : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html

Guide EEA/Emep (en anglais) : https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016

Quels sont les PRG utilisés par le Citepa dans l'inventaire ?

Le Giec a mis au point un indice, le pouvoir de réchauffement global (PRG) représentant l'impact d'un GES sur le climat, en comparaison au CO_2 dont le PRG est fixé arbitrairement à 1. Cet indice permet de convertir les émissions directes des GES en "**équivalent CO_2**" (**CO_2e**). Cette notation permet notamment de comparer l'impact relatif des gaz à effet de serre sur le changement climatique et de définir des objectifs de réduction chiffrés en CO_2e pour les émissions de l'ensemble des GES. Le PRG représente la capacité relative d'un gaz à effet de serre à participer au forçage radiatif (*équilibre entre le rayonnement solaire entrant et les émissions de rayonnements infrarouges sortant de l'atmosphère*). Il correspond au forçage radiatif cumulé sur une période donnée (la période de référence a été fixée à 100 ans dans le cadre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto) induit par une quantité de GES émise. Par exemple, l'émission d'une tonne de CH_4 équivaut à l'émission de 25 t CO_2 selon les valeurs de PRG en vigueur aujourd'hui dans les inventaires (voir tableau ci-dessous).

Le PRG de chaque GES est déterminé par le Giec au fur et à mesure de ses rapports d'évaluation (*Assessment Reports* ou AR). Le cinquième rapport d'évaluation du Giec est paru en 2014. Cependant, conformément aux exigences de la CNUCCC, les valeurs du 4ème rapport d'évaluation (2007) restent actuellement utilisées dans les inventaires, jusqu'à la fin de la seconde période d'engagement du Protocole de Kyoto (2013-2020).

Valeurs de PRG utilisées dans l'inventaire

	Pouvoir de réchauffement global à 100 ans					
Gaz à effet de serre	D'après le 1er rapport (« FAR ») de 1990	D'après le 2e rapport (« SAR ») de 1995	D'après le 3e rapport (« TAR ») de 2001	D'après le 4e rapport (« AR4 ») de 2007	D'après le 5e rapport (« AR5 ») de 2014	D'après le 6e rapport (« AR6 ») de 2021
CO_2	1	1	1	**1**	1	1
CH_4	21	21	23	**25**	28	*En cours de définition*
N_2O	290	310	296	**298**	265	
HFC*	140 à 2 900	140 à 11 700*	12 à 12 000*	**124 à 14 800***	<1 à 12 400*	
PFC*	n.e.	6 500 à 9 200*	5 700 à 11 900*	**7 390 à 12 200***	<1 à 11 100*	
SF_6	n.e.	23 900	22 200	**22 800**	23 500	
NF_3	n.e.	n.e.	n.e.	**17 200**	16 100	
Utilisation dans l'inventaire	Jamais	Référence obligatoire dans les inventaires publiés jusqu'en 2015	Jamais	**Obligatoire / valeurs de référence actuelles**	Utilisation prévue pour la réalisation de l'inventaire 2021	

*Pour les HFC et PFC, le PRG varie en fonction de l'espèce considérée. Ici ne sont indiquées que les valeurs les plus faibles et les plus élevées.
n.e. : non estimé
Sources : FAR WGI chap.2 p.60; SAR WGI chap.2 p.121 ; TAR WGI chap. 4 p.244 ; AR4 WGI chap.2 p.212-213 ; AR5 WGI chap.8 p.731-737
n.e. : non estimé

Dans l'inventaire les émissions de chaque GES sont calculées en masse, puis converties en équivalent CO_2. Pour les calculer, **les valeurs de PRG actuellement utilisées sont celles, sur 100 ans, de l'AR4 de 2007**. En effet, depuis le rapportage, en 2015, de l'inventaire 1990-2013, la France en tant que Partie à l'annexe I à la CCNUCC doit utiliser ces valeurs (décision 15/CP.17 ; adoptée à la COP-17, fin 2011 ; confirmée par la décision 24/CP.19 adoptée à la COP-19, fin 2013).

A partir du 1e janvier 2023, la France devra prendre en compte les PRG de l'AR5 conformément aux décisions 18/CM1.1 et 1/CP.24 (adoptée à la COP 24) sur la mise en œuvre de l'Accord de Paris.

L'inventaire d'émissions prend-t-il en compte les puits de carbone ?

L'inventaire des émissions de GES consiste à répertorier les flux anthropiques de GES : il s'agit surtout d'émissions mais certains de ces flux sont des flux d'absorption. Actuellement, seul le secteur UTCATF (*Utilisation des terres, Changements d'Affectation des Terres et Forêt)* présente des flux d'absorption de CO_2.

Puits de carbone dans le secteur UTCATF

La croissance de la biomasse dans les forêts gérées et les changements d'utilisation des terres (conversion de surfaces d'une utilisation à une autre, par exemple urbanisation, déforestation, reforestation) sont à prendre en compte en tant qu'activités humaines agissant sur les flux de GES. La particularité de ce secteur est donc qu'il représente à la fois une source (émission ou 'déstockage') et un puits (absorption ou 'stockage') de GES. En France, le bilan global de l'UTCATF est un puits (le solde entre émissions et absorptions et négatif). L'UTCATF n'est pas identique au secteur Agriculture : l'UTCATF traite toutes les questions relatives au carbone, depuis la biomasse vivante jusqu'à la matière organique des sols, et quelques émissions associées (brûlage, etc.). De son côté, le secteur Agriculture comprend les émissions des sols liées à la fertilisation et à l'élevage ainsi que les émissions de particules liées au travail du sol. De manière schématique, le secteur UTCATF correspond à un découpage du territoire en unités géographiques (telles que les forêts, les cultures, les prairies, les zones humides, etc.) sur lesquelles les différents flux, émissions et absorptions liées à l'utilisation du sol, sont estimés.

Les résultats des inventaires d'émissions de GES sont généralement présentés en précisant si ce secteur est pris en compte ou non ("total hors UTCATF").

Puits de carbone dans les autres secteurs

Les technologies de captage et de stockage du carbone sont encore très peu développées en France. Quelques sites industriels ont recours ou ont eu recours à ces technologies. Dans ce cas, le CO_2 émis par ce site n'inclut pas le CO_2 qui a été capté : ce puits artificiel est pris en compte, mais pas comptabilisé séparément.

Quels sont les GES pris en compte ? Les GES indirects sont-ils inclus ?

Tous les gaz à effet de serre direct sont pris en compte dans l'inventaire : CO_2, CH_4, N_2O, la famille des HFC, la famille des PFC, le SF_6 et le NF_3. Parmi les HFC, les HFO, appartenant à la famille des HFC insaturés (HFC à bas PRG récemment développés), ne sont actuellement pas couverts par les obligations de rapportage de la CCNUCC. Ils ne font donc pas partie du périmètre Secten et n'apparaissent pas dans le total des émissions de GES présenté. Les émissions de HFO, actuellement très faibles, sont cependant calculées par le Citepa et pourront faire l'objet d'une analyse complémentaire dans un prochain rapport Secten.

Quatre autres gaz ont une action indirecte sur l'effet de serre en tant que polluants primaires intervenant dans la formation de polluants secondaires comme l'ozone ou les aérosols. Ces gaz, appelés des **gaz à effet de serre indirects**, n'entrent pas dans le "panier" de Kyoto. Ils sont cependant inclus dans l'inventaire avec les conventions suivantes :

- **CO**, monoxyde de carbone exprimé en CO. Dans l'atmosphère, le CO s'oxyde en CO2,
- **COVNM**, composés organiques volatils non méthaniques exprimés en somme de COV en masse (et non en équivalent carbone). Dans l'atmosphère, les COV s'oxydent également en CO2,
- **NOx** (NO + NO2), exprimés en équivalent NO2.

Ces deux familles de composés (COVNM et NOx) interagissent selon des réactions complexes dans l'atmosphère pour former de l'ozone qui contribue à l'effet de serre.

- **SOx** (SO2 + SO3), exprimés en équivalent SO2.

Les oxydes de soufre ont indirectement une action de refroidissement climatique car ils servent de noyaux de nucléation à des aérosols dont l'albédo est assez élevé.

Les émissions de ces quatre GES indirects sont également rapportées à la CCNUCC par les Parties dans le cadre de leurs inventaires.

Prend-on en compte les émissions importées ?

Les directives de la CCNUCC pour l'élaboration des inventaires d'émission de GES prévoient la seule prise en compte des émissions liées aux activités nationales à l'intérieur des frontières (approche ***territoriale***). La méthodologie ne prend donc pas en compte les importants flux d'émissions amont de GES liées aux pays producteurs de biens consommés dans le pays d'inventaire (émissions dites ***importées***).

Par conséquent, les émissions de GES associées aux biens importés pour la consommation intérieure des Etats ne figurent pas dans leurs inventaires nationaux. A l'inverse, les émissions liées aux biens fabriqués dans les pays producteurs et exportés sont comptabilisées dans les inventaires nationaux alors que ces biens exportés ne sont pas consommés sur place.

Plusieurs études publiées ces dernières années[1] montrent qu'aujourd'hui, pour beaucoup de pays développés, les émissions amont de GES liées au commerce international augmentent plus rapidement que les émissions anthropiques de GES nationaux comptabilisées dans le cadre de la CCNUCC. Cependant, toujours selon ces travaux, même si l'approche "consommation" est intéressante, l'approche "production" est plus fiable (*Sources : RAC-F, 2013 et Peters et al, 2011*). Le Citepa suit de près le sujet des émissions amont depuis plusieurs années et a publié des synthèses de nombreux rapports ou études réalisés en France, dans l'UE et à l'international.

Le même principe s'applique aux émissions de polluants atmosphériques.

Comment est comptabilisée la biomasse énergie pour ses émissions de CO_2 ?

Les émissions de CO_2 de la biomasse dans l'inventaire sont bien comptabilisées

La combustion de la biomasse (quelle qu'elle soit) émet du CO_2. En fonction de la réglementation considérée, tant du point de vue national que du point de vue international, des définitions différentes de la biomasse existent. En France, la biomasse est définie dans la rubrique n°2910 dans la nomenclature ICPE. Elle est cohérente avec la définition des directives européennes, notamment la directive émission industrielle 2010/75/UE, etc. L'utilisation de biomasse énergie (sous forme de bûches, pellets, plaquettes, résidus de cultures…) est généralement associée à l'idée de facteur d'émission zéro, comme c'est le cas dans les déclarations d'émissions des sites industriels dans le cadre du Système européen d'échange de quotas d'émissions (SEQE). Ce facteur d'émissions ne signifie pas forcément que l'usage de biomasse est neutre en carbone.

Dans l'inventaire, lorsque l'on récolte du bois (matière riche en carbone), on comptabilise directement cette perte de carbone du compartiment « biomasse forestière » comme une **émission** de CO_2 vers l'atmosphère. Cette émission peut être retardée (mais non annulée) si ce carbone du bois récolté est stocké temporairement dans un meuble ou une charpente par exemple. Par ailleurs, la croissance des arbres (et donc la fabrication naturelle de bois) dans les forêts gérées est aussi comptabilisée dans l'inventaire, tout comme la mortalité des arbres. L'ensemble de ces flux, qu'il s'agisse d'absorption de CO_2 (gain de carbone dans la biomasse) ou d'émission de CO_2 (perte de carbone par prélèvement de bois, mortalité, feux de forêt…), sont comptabilisés dans le secteur UTCATF (Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Forêt).

De manière plus détaillée, il existe des différences de traitement dans les inventaires selon le type de biomasse considérée. On distingue ainsi la biomasse de cycle court, par exemple les pailles des céréales, et la biomasse de cycle long, typiquement le bois (matériau ligneux).

Pour la biomasse de **cycle court**, les émissions de CO_2 ne sont pas rapportées dans les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre, car il est considéré que le cycle du carbone n'est pas fortement modifié par la combustion. En effet, lorsqu'un blé croît, il capte du carbone atmosphérique pour constituer sa propre biomasse. Si les pailles sont brûlées, le carbone est libéré par la combustion. Si elles ne sont pas brûlées, le carbone est également libéré après dégradation de la paille ou consommation par les animaux. Il serait possible de faire un bilan entre la croissance des plantes et la libération de ce carbone dans l'atmosphère par combustion ou dégradation mais le retour à l'atmosphère du carbone n'est pas fortement accéléré par la combustion. Sur un bilan annuel on considère conformément au Giec que les quantités de carbone libérées sont équivalentes aux quantités captées pour la biomasse de cycle court. Une hypothèse de neutralité est appliquée pour la biomasse de cycle court.

Pour la biomasse de **cycle long**, comme le bois, la situation est différente car il peut y avoir un écart important sur un territoire donné entre les quantités de carbone capté par des surfaces boisées et les quantités de carbone émises (ou exportées). Lorsque les quantités de carbone captées par les surfaces boisées sont plus importantes que les quantités libérées, le stock de carbone dans la biomasse du territoire augmente et constitue ce qu'on appelle un « puits de carbone ». Inversement, des territoires peuvent déstocker du carbone accumulé depuis des décennies voire des

[1] RAC-F (mai 2013), Steen-Olsen et al (septembre 2012), Carbon Trust (mai 2011), Peters et al (avril 2011), MEDDE/CGDD/SOeS (août 2010), Davis & Caldeira (mars 2010), Agence suédoise pour la protection de l'environnement (*Naturvårdsverket*) (novembre 2008), Ministère britannique de l'Environnement (DEFRA) (juillet 2008).

siècles, ces territoires constituent alors des « sources de carbone ». C'est sous cet angle qu'est considéré, dans le cadre des inventaires, le carbone contenu dans la biomasse. Et c'est pour cette raison que les émissions et absorptions de CO_2 biomasse sont rapportées sous le secteur UTCATF (utilisation des terres, changements d'affectation des terres et forêt). Du fait de cette prise en compte dans le secteur UTCATF, les émissions de CO_2 biomasse ne sont pas incluses dans le secteur énergie même en cas d'une utilisation énergétique de la biomasse. Ce n'est pas une hypothèse de neutralité qui est appliquée pour la biomasse de cycle long (celle-ci n'est pas valable sur l'horizon de temps considéré à savoir environ un siècle). C'est une allocation spécifique orientée selon le point de vue producteur de bois (forestier) et non selon le point de vue consommateur de bois.

Pour information, les émissions de CO_2 liées à la combustion de biomasse à finalité énergétique sont indiquées en aparté (hors total) dans les inventaires. Par conséquent, lorsque du bois est brûlé pour un usage énergétique dans un site industriel (secteur Industrie) ou chez un particulier (secteur Résidentiel), l'émission de CO_2 associée ne doit pas être comptabilisée dans ces secteurs car elle a déjà été prise en compte dans le secteur UTCATF dès la récolte du bois. Néanmoins, ces émissions de CO_2 biomasse dans les secteurs consommateurs sont indiquées, en hors total, pour éviter tout double compte, et à simple titre d'information.

Questions de transparence

L'inventaire est-il transparent ?

L'inventaire répond à des règles et des normes définies au niveau international. Le respect de ces règles assure que les inventaires de chaque pays sont les plus transparents, les plus rigoureux et fiables possibles ; et qu'ils s'améliorent à chaque édition. Pour vérifier cela, des audits, ou revues internationales, sont organisées chaque année par les Nations-Unies et l'UE.

Transparence/traçabilité : cette caractéristique est fondamentale pour permettre l'évaluation de l'inventaire et assurer sa mise à jour dans les meilleures conditions. Au cours de la phase d'élaboration, la traçabilité des informations permet de retrouver les causes d'erreur détectées lors des contrôles ou encore d'expliquer les évolutions des émissions entre différentes années ou versions de l'inventaire.

L'inventaire est-il fiable ?

Selon les bonnes pratiques du Giec, les inventaires doivent notamment respecter les qualités suivantes :

- **Exhaustivité** : toutes les sources entrant dans le champ de l'inventaire, notamment en fonction des substances étudiées et d'éventuelles règles d'exclusion, sont à renseigner,
- **Exactitude** : les méthodes utilisées doivent permettre une estimation aussi exacte que possible des émissions/absorptions. Toutefois, des incertitudes relativement élevées, variables selon les types de sources, les substances et bien d'autres paramètres accompagnent les inventaires,

Il convient d'examiner tout particulièrement ce critère dans le cadre de la stratégie mise en œuvre en fonction des objectifs à atteindre. Ce travail permet de prioriser les travaux en termes d'amélioration des inventaires,

- **Cohérence** : cette qualité met en exergue la nécessité de mettre en œuvre des méthodes homogènes entre les sources, lorsque pertinent, ainsi qu'au cours des années. Les hypothèses effectuées pour une partie de l'inventaire ne doivent pas être incohérentes avec celles avancées pour d'autres parties,

Il convient d'attirer l'attention sur la comparaison d'inventaires relatifs à deux années : les écarts observés peuvent être dus à des évolutions circonstancielles (évolution économique, démographique, impact de la réglementation, action de réduction des émissions, etc.) mais également à des artefacts méthodologiques. Ainsi, l'obtention de la cohérence temporelle nécessite de faire des estimations rétrospectives notamment lorsque des améliorations successives sont apportées à l'inventaire, ce qui ne peut se concevoir que dans le cadre de système d'inventaires d'émissions bien conçus,

- **Comparabilité** : les résultats sont généralement utilisés à des fins de comparaison comme indicateurs d'appréciation de la pression sur l'environnement. Cette comparaison peut être intrinsèque à l'entité faisant l'objet de l'inventaire mais est fréquemment en rapport avec d'autres informations similaires concernant d'autres entités sectorielles et/ou géographiques. Le risque est alors très élevé de comparer des ensembles non homogènes établis sur des bases divergentes (définitions, méthodes). Pour obtenir une bonne comparabilité, les qualités précitées doivent être appliquées à tous les éléments constitutifs de l'inventaire.

L'inventaire est-il vérifié ?

Un objectif important des règles associées aux inventaires nationaux est de permettre aisément l'évaluation de la qualité qui leur est associée. À cette fin, les bonnes pratiques prévoient la mise en œuvre de procédures d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ), et de vérification pour les inventaires. Ces procédures permettent également de déterminer les améliorations à apporter aux inventaires.

Les recommandations visent à atteindre la dimension pratique, l'acceptabilité, la rentabilité, l'intégration de l'expérience actuelle et la possibilité d'une application à l'échelle mondiale. Un programme AQ/CQ et de vérification contribue aux objectifs des bonnes pratiques dans le développement d'un inventaire, à savoir l'amélioration de la transparence, la cohérence, la comparabilité, l'exhaustivité et l'exactitude des inventaires nationaux d'émission.

Un programme AQ/CQ et de vérification doit faire partie intégrante du procédé d'élaboration d'un inventaire. Les procédures AQ/CQ et de vérification peuvent conduire à une réévaluation des estimations des incertitudes de l'inventaire ou des catégories de source et à des améliorations ultérieures des estimations des émissions ou absorptions. Des procédures AQ/CQ peuvent, par exemple, montrer que des efforts doivent être apportés pour améliorer certaines variables de la méthode d'estimation pour une catégorie de source spécifique.

Les termes "contrôle de la qualité", "assurance de la qualité" et "vérification" sont souvent utilisés différemment. Les définitions de CQ, AQ et vérification sont présentées ci-après, dans le cadre des GES :

AQ/CQ et vérification : définitions

Le **contrôle de la qualité (CQ)** est un système d'activités techniques systématiques destinées à mesurer et contrôler la qualité de l'inventaire lors de son élaboration. Il est réalisé par les personnes responsables de la compilation de l'inventaire. Le système CQ vise à :

- fournir des contrôles systématiques et cohérents destinés à assurer l'intégrité, l'exactitude et l'exhaustivité des données ;
- identifier et corriger les erreurs et omissions ;
- documenter et archiver le matériel de l'inventaire et consigner toutes les activités CQ.

Les activités de CQ incluent des méthodes générales telles que des contrôles d'exactitude pour l'acquisition des données et les calculs, et l'utilisation de procédures normalisées approuvées pour le calcul des émissions et des absorptions, les mesures, l'estimation des incertitudes, l'archivage et la présentation des informations. Les activités CQ incluent également des examens techniques des catégories de source, des données sur les activités, des facteurs d'émission et autres paramètres d'estimation, et des méthodes.

Les activités **d'assurance de la qualité (AQ)** sont un système planifié de procédures d'examen mises en œuvre par des personnes n'ayant pas participé directement à la compilation ni au développement de l'inventaire. Les examens, effectués de préférence par des tiers indépendants, devront être réalisés pour un inventaire terminé, pour donner suite à la mise en œuvre de procédures CQ.

Les examens vérifient que les objectifs mesurables (objectifs de qualité relatifs aux données) ont été atteints, que l'inventaire représente les meilleures estimations possibles des émissions et des absorptions dans l'état actuel des connaissances scientifiques et des données disponibles, et sont complémentaires au programme CQ.

On entend par **vérification** l'ensemble des activités et procédures qui peuvent être mises en œuvre pendant la planification et l'élaboration d'un inventaire, ou au terme de celui-ci, et qui peuvent contribuer à établir sa fiabilité pour les applications prévues de l'inventaire. Dans le cadre des présentes recommandations, ce terme réfère précisément aux méthodes externes à l'inventaire et qui appliquent des données indépendantes, comme des comparaisons avec les estimations d'inventaires réalisées par d'autres organismes ou à l'aide d'autres méthodes. Les activités de vérification peuvent faire partie à la fois des procédures AQ et CQ, selon les méthodes utilisées et selon le stade auquel des informations indépendantes sont utilisées.

L'inventaire est-il évalué par des organismes tiers ?

L'inventaire de la France est régulièrement audité dans des contextes européens et internationaux et par des organismes tiers.

Par exemple, pour ce qui est des émissions de GES, conformément aux dispositions de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto, l'inventaire national des émissions de GES des Parties soumises à engagement fait l'objet d'une évaluation (*review*) sous différentes formes chaque année pour vérifier la conformité avec les spécifications onusiennes

(cohérence, exhaustivité, précision, transparence, organisation et gestion du système d'inventaire, assurance et contrôle de la qualité, etc.). Chaque inventaire des Parties soumises à engagement fait l'objet d'une évaluation "*in-country*" de la part d'une équipe internationale se rendant dans le pays, au moins une fois durant une période d'engagement au titre du Protocole de Kyoto.

Ainsi, les inventaires français, au même titre que les inventaires des autres Parties à l'Annexe I, sont vérifiés et validés chaque année par une équipe de pairs internationaux (*reviewers* ou auditeurs CCNUCC) qui posent des questions très précises sur les méthodes suivies ainsi que sur les sources d'information, qui peuvent remettre en cause les éventuelles estimations qui ne répondraient pas aux lignes directrices du Giec. Si des sous-estimations (avec un biais significatif, supérieur ou égal à 0,05% du total national) sont détectées, les Etats sont dans l'obligation de réviser leur inventaire. La correction ou la nouvelle méthodologie mise en œuvre doit être validée par l'équipe de vérification avant validation de l'inventaire révisé.

Pourquoi est-ce le Citepa qui calcule cet inventaire ?

En 1961, le Comité d'Action Technique contre la Pollution Atmosphérique (CATPA), dont le Président était Louis Armand, a pris la décision de créer un organisme indépendant dans le but de promouvoir des études et des recherches afin d'améliorer la connaissance des différents problèmes de pollution atmosphérique. Le Citepa est ainsi créé. En 1966, un premier exercice d'inventaire est réalisé, relatif aux émissions de SO_2 à Paris et sa Petite-Couronne. En 1985, le Citepa est nommé Chef de Projet du programme européen CORINAIR (CORe INventory of AIR Emissions in Europe) par la Commission européenne. En 1993, un premier inventaire des grandes installations de combustion est publié. En 1994, le premier inventaire national d'émissions de polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre, relatif à 1990, est publié, dans le cadre de CORINAIR. Compte tenu des compétences et des données accumulées au Citepa sur ces exercices, le Ministère de l'Environnement a ensuite chargé le Citepa de réaliser :

- le premier inventaire national d'émissions de GES selon le format (« IPCC ») défini par le Giec en 1997;
- le premier inventaire national d'émissions de polluants atmosphérique au format CEE-NU en 1998 ;
- le premier rapport d'inventaire d'émissions au format Secten en 1999 ;
- le premier inventaire national d'émissions de GES au format CCNUCC en 2000 ;
- le premier rapport pour l'Outre-mer en 2013.

Le rôle du Citepa dans la réalisation des inventaires nationaux pour le compte du Ministère en charge de l'Environnement dans le cadre des engagements internationaux et nationaux de la France a été formalisé en 2006 avec la mise en place officielle du Système national d'inventaires des émissions de polluants atmosphériques (SNIEPA) (arrêté du 29 déc. 2006), puis renforcé en 2011 avec la transformation du SNIEPA en Système national d'inventaires d'émissions et de bilans dans l'atmosphère (SNIEBA) (arrêté du 24 août 2011 modifié). Ainsi, c'est pour des raisons historiques que notre organisme a été amené à concentrer en son sein une forte expertise sur les méthodes d'estimation et de suivi des émissions, la connaissance des données sources et des formats de rapportage. Le rôle du Citepa est de respecter les normes fixées par les règles internationales en réalisant un inventaire fiable, transparent, rigoureux. Dans ce cadre, et pour cette activité uniquement, le Citepa a le statut d'Opérateur d'Etat.

Comment la réalisation de l'inventaire français est-elle encadrée ?

Le Citepa met à jour chaque année l'inventaire d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques. Il s'agit du même inventaire, et de la même procédure : les différentes sources d'émissions sont estimées une à une, avec des méthodes différentes.

L'organisation du système national d'inventaires actuel en France a fait l'objet de **l'arrêté du 24 août 2011 relatif au système d'inventaires d'émission de GES et de polluants atmosphériques et de bilans (SNIEBA)**.

Cette organisation est compatible avec le cadre directeur des systèmes nationaux prévu par le Protocole de Kyoto (article 5, paragraphe 1er et décision CMP.1 annexée à la décision 20/CP.7 de la CCNUCC) et aux articles 3 et 4 de la décision 280/2004/CE du Parlement européen et du Conseil (de l'UE) relative à un mécanisme pour surveiller les émissions de GES dans l'UE.

Les responsabilités sont réparties comme suit :

- La **maîtrise d'ouvrage de la réalisation des inventaires et la coordination d'ensemble du système** sont assurées par le **Ministère en charge de l'Environnement**.
- **D'autres ministères et organismes publics** contribuent aux inventaires d'émission par la mise à disposition de **données et statistiques** utilisées dans l'élaboration des inventaires.

- L'**élaboration des inventaires d'émission** incluant la mise au point des **méthodes de calcul** et de leurs **évolutions,** la **collecte et** le **traitement des données,** l'**archivage**, la **réalisation des rapports et divers supports,** la gestion du **contrôle** et de la **qualité**, est confiée au **Citepa** par le Ministère en charge de l'Environnement. Le Citepa assiste le Ministère dans la coordination d'ensemble du système national d'inventaire des émissions de polluants dans l'atmosphère. A ce titre, il convient de mentionner la coordination qui doit être assurée entre les inventaires d'émission et les registres d'émetteurs tels que l'E-PRTR et le registre des quotas d'émission de GES dans le cadre du système européen d'échange de quotas d'émission de GES, sans oublier d'autres aspects (guides publiés par le Ministère, système de déclaration annuelle des rejets de polluants, etc.) pour lesquels il est important de veiller à la cohérence des informations.

Ce système de gouvernance, dont les principes fondamentaux reprennent les recommandations et bonnes pratiques formulées aux plans international et européen, est conçu avec l'objectif de répondre aux différents besoins en matière d'inventaires d'émission. Un résumé du SNIEBA est donné dans l'annexe 1. Le rapport OMINEA (Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France) fournit des informations détaillées sur les méthodes utilisées par secteur d'activité. Les catégories de sources prises en compte et leur contenu sont détaillés dans l'annexe 2 en précisant la relation avec la nomenclature étendue SNAP 97c (cf. annexe 3) qui résulte, d'une part, de travaux d'harmonisation des inventaires d'émission sur le plan international et, d'autre part, de son extension pour la prise en compte des particules et de la méthodologie de calcul des émissions de l'UTCATF.

Les inventaires d'émission doivent garantir la cohérence, comparabilité, transparence, exactitude, ponctualité, exhaustivité qui conditionnent l'organisation du système tant au plan administratif que technique. Pour ce qui est du rapportage officiel de l'inventaire d'émissions de **gaz à effet de serre**, chaque année, l'inventaire national d'émission de GES de la France de l'année N-2 est transmis à la Commission européenne au 15 janvier de l'année N pour vérification, puis au 15 mars pour agrégation de l'inventaire de l'UE pour communication à la CCNUCC au 15 avril.

Pour ce qui est du rapportage officiel de l'inventaire d'émissions de **polluants** atmosphériques chaque année, l'inventaire national d'émission de polluants atmosphériques de la France de l'année N-2 est transmis au secrétariat de la CRLTAP (Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière) au 15 février de l'année N pour vérification, puis au 15 mars pour agrégation de l'inventaire, pour communication au 15 avril à la fois à la CRLTAP et pour l'UE (au titre de la directive NECD, directive européenne concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques).

Questions d'incertitudes

Comment les incertitudes sont-elles évaluées ?

En sciences exactes, chaque valeur mesurée ou estimée doit être accompagnée d'un niveau d'incertitude. Les estimations réalisées dans les inventaires d'émissions ont ainsi les incertitudes associées estimées. Le niveau d'incertitude varie selon différents critères tels que les catégories sources, l'évolution des méthodologies et les types des données sources. Une telle analyse permet ainsi d'évaluer la précision des inventaires et d'orienter les besoins d'améliorations et les décisions sur les choix méthodologiques.

Cette tâche d'évaluation des incertitudes est particulièrement complexe car, dans un grand nombre de cas, les données sur lesquelles est basé le calcul d'incertitude sont constituées par des informations de qualité diverses telles qu'un avis d'expert ou encore de données non structurées pour les applications pressenties, introduisant *de facto* de possibles biais, etc. Par ailleurs, les données statistiques telles que celles fournies dans les bilans énergétiques ou les productions publiées par les organismes statistiques officiels ne comportent généralement aucune information sur l'incertitude liée à ces données.

Pour les gaz à effet de serre, les lignes directrices de la CCNUCC exigent des Parties cette quantification des incertitudes des émissions de GES pour aider à prioriser les efforts sur les catégories sources qui contribuent le plus à cette incertitude. Pour les émissions de polluants et l'inventaire au format CEE-NU, le guide méthodologique de l'EMEP/EEA présente également un chapitre dédié à l'analyse des incertitudes. Ceci est basé sur la même méthodologie du Giec, toutefois l'analyse n'est pas obligatoire pour les polluants.

La première étape du calcul d'incertitudes est d'identifier les variables indépendantes les unes des autres, celles issues d'une agrégation sont écartées. Par exemple, plutôt que d'essayer d'estimer les incertitudes des données d'activité pour de nombreuses sous-catégories pour lesquelles les données sont dérivées d'une catégorie plus agrégée, il peut être préférable d'attribuer des incertitudes à des catégories sources agrégées où l'activité est mieux connue. Ceci a pour objectif de réduire les effets de dépendance et de corrélation entre les données et paramètres.

Le Giec a développé dans son guide des bonnes pratiques deux niveaux de méthodes pour évaluer les incertitudes sur les émissions totales des inventaires d'émissions :

- La méthode de rang 1, qui consiste à déterminer des intervalles de confiance sur chacun des paramètres (activité et facteur d'émission) à partir des données disponibles. Dans l'état actuel des connaissances, ces intervalles de confiance sont le plus souvent des avis d'experts. Un des points importants de cette méthode est l'identification d'éventuels biais (conscients ou inconscients) dans les avis d'experts. A cette fin, le guide du Giec explicite différents types de biais connus. Soit l'incertitude est estimée directement au niveau des émissions ; soit, pour la plupart des cas, les incertitudes des facteurs d'émission et des données d'activité (voir figure partie A) sont estimées séparément. Suivant les lignes directrices du Giec, cette analyse est fondée sur les données de mesure disponibles, l'opinion d'experts et la littérature selon la méthode de Niveau 1. Ainsi, si des facteurs d'émission par défaut du Giec et de l'EMEP/EEA sont utilisés dans l'inventaire, les incertitudes par défaut associées sont également utilisées.

- La méthode de rang 2, qui vise à utiliser systématiquement des fonctions de densité de probabilité par la méthode de simulation stochastique comme la méthode de Monte Carlo. La mise en œuvre d'une telle méthode demande un investissement important et s'appuie également en pratique, sur des avis d'experts, car les données d'entrée nécessaires à une analyse plus fine des incertitudes ne sont pas disponibles systématiquement. En vue de progresser dans l'estimation des incertitudes au moyen de méthodes de Niveau 2, des travaux de mise en œuvre spécifique sur certains secteurs ont été réalisés. Les secteurs suivants font ainsi l'objet d'une mise en œuvre de type Monte-Carlo pour l'inventaire de GES : le CH_4 émis par la culture du riz (secteur 3C), le N_2O des sols agricoles (secteurs 3D) et le CO_2 de l'UTCATF. Les résultats de ces évaluations sont ensuite injectés dans la détermination des incertitudes tous secteurs.

L'évaluation des incertitudes totales sur les inventaires d'émission nationaux est mise en œuvre en combinant les deux méthodes de rang 1 et 2 du Giec de propagation des incertitudes.

En effet, certains secteurs font l'objet d'une mise en œuvre de l'approche statistique dite « Monte-Carlo » pour l'inventaire de gaz à effet de serre, en particulier l'agriculture pour le N_2O des sols agricoles et l'UTCATF pour le CO_2. Les résultats de ces évaluations Monte-Carlo sont ensuite injectés dans la détermination des incertitudes tous secteurs, réalisée selon la méthode de rang 1 du Giec. Le rapport national d'inventaire fait état des résultats tant en ce qui concerne les incertitudes en niveau qu'en tendance.

Certaines activités sont concernées vis-à-vis de plusieurs gaz à effet de serre. Par ailleurs, compte tenu des consolidations effectuées par bouclage sur des bilans énergétiques par exemple, l'incertitude relative à une source ou une catégorie de source peut être intrinsèquement plus grande que l'incertitude globale. La méthode de calcul des incertitudes globales utilisée pour les émissions de gaz à effet de serre est celle préconisée par le Giec.

Les incertitudes sur les émissions de chaque catégorie source sont ainsi calculées de deux manières. Soit par la combinaison des incertitudes des facteurs d'émission et des données d'activité ; soit en prenant les incertitudes sur les émissions estimées en amont en utilisant l'approche tier 2 Monte-Carlo (voir figure, partie B). Les contributions de chaque catégorie source aux émissions totales sont aussi prises en compte pour calculer les incertitudes au niveau des catégories sources et au niveau de l'inventaire national. Le rapport national fait état des résultats tant en ce qui concerne les incertitudes en niveau qu'en tendance (voir figure, partie C). La figure ci-dessous représente le schéma de l'analyse des incertitudes réalisé par type de polluant et GES dans les inventaires nationaux.

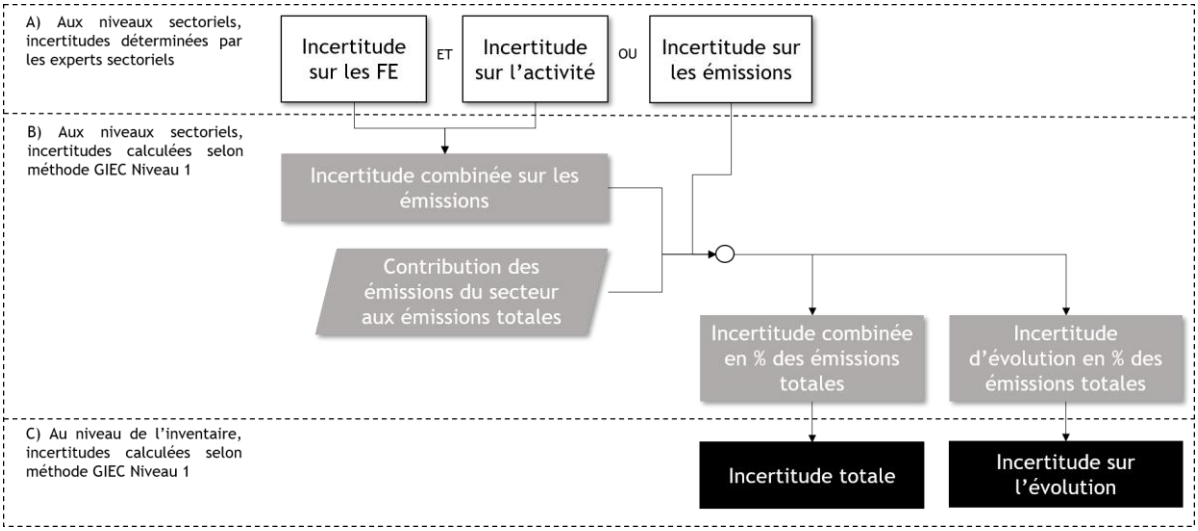


Schéma représentatif de la méthodologie appliquée pour l'analyse des incertitudes des inventaires nationaux, selon les bonnes pratiques du Giec.

Quelles sont les incertitudes actuelles sur les émissions ?

Pour la plupart des secteurs, les incertitudes sur les émissions sont calculées en combinant les incertitudes des données d'activité et celles des facteurs d'émissions. Les premières sont généralement plus faibles (entre ± 1 % et ± 35 %) que les deuxièmes (entre ± 1 % et ± 300 %), ce qui reflète une meilleure connaissance des activités sectorielles, basées majoritairement sur de données statistiques ou une balance énergétique.

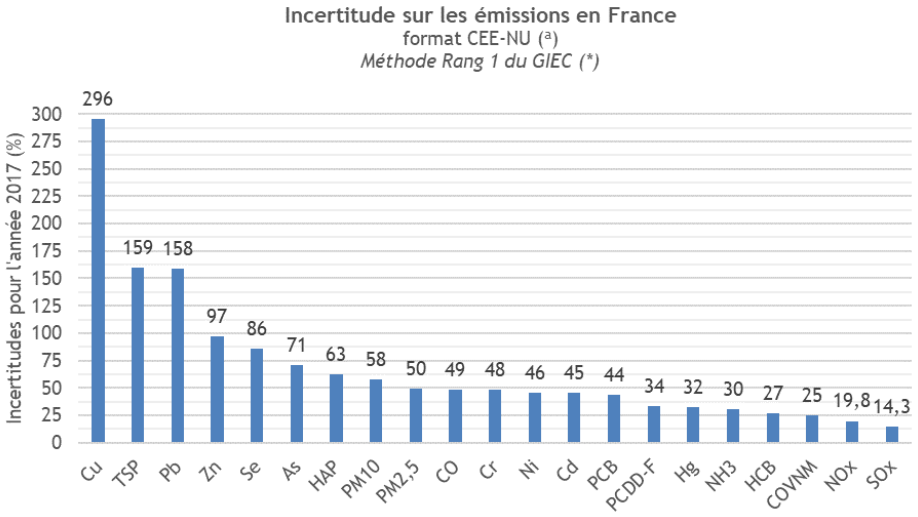
Les incertitudes sur les données d'activité sont considérées très dépendantes de la précision des données sources ou de la représentativité des données statistiques. Les incertitudes sur les données d'activité sont supposées constantes pour toutes les années d'inventaire tant que la collecte de données n'est pas modifiée.

L'incertitude est ainsi relativement faible, c'est à dire inférieure ou de l'ordre de 5%, pour les gaz/sources pour lesquels il est possible de recouper les calculs par des bilans matières ; c'est le cas du SO_2, du CO_2 et de certains métaux lourds notamment lors de l'utilisation de combustibles. Pour le CO_2, l'incertitude est notablement plus élevée en ce qui concerne par exemple les puits de carbone. A noter que les données résultant des dispositions relatives à la mise en place du système d'échanges des quotas de gaz à effet de serre contribuent à une réduction des incertitudes par suite des niveaux d'exigence élevés instaurés dans ce cadre.

Pour les polluants dont les émissions sont largement dépendantes des conditions opératoires (NOx, CO, COVNM, etc.), les incertitudes sont généralement élevées. Les niveaux d'incertitude sont très variables d'une source à l'autre pour une même substance. Une source dont les rejets sont mesurés de façon permanente ou à intervalles réguliers permettra une évaluation plus précise. Il en est de même lorsque des bilans matières peuvent être mis en œuvre.

Ainsi, pour la plupart des substances relatives à la pollution transfrontalière (NOx, COVNM, NH_3, etc.), la quantification de l'incertitude est plus difficile que dans le cas des émissions de CO_2.

La figure suivante présente les incertitudes totales sur les émissions des polluants effectuée avec la méthode de rang 1 du Giec. Ceci prend en compte les différentes contributions sectorielles.



Les incertitudes sur les émissions de polluants atmosphériques en France.

(a) Le périmètre géographique de la CEE-NU correspond au périmètre géographique Secten, i.e. la métropole

(*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP/EEA 2013 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

Concernant les émissions de GES, l'analyse des incertitudes est basée sur les émissions sectorielles exprimées en CO_2 équivalent pour les différents types de GES. L'incertitude totale calculée sur les émissions GES a une valeur de 11,6 % (en incluant l'UTCATF).

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Politique et réglementation

Rédaction | **Mark TUDDENHAM**
Colas ROBERT

▶ **Retrouvez notre veille air & climat en ligne : citepa.org/fr/veille-air-climat/**

Sommaire du chapitre

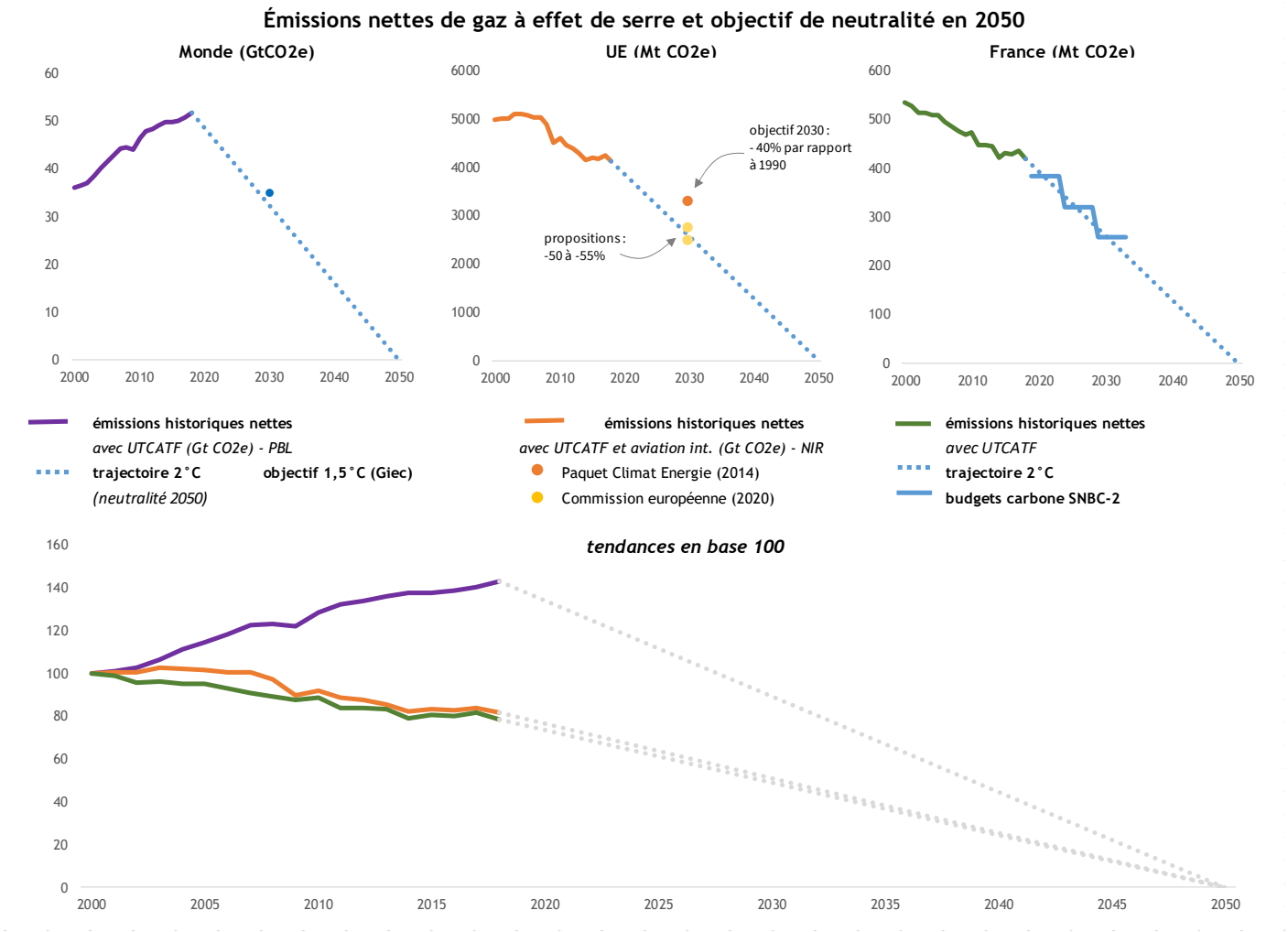
Changement climatique et effet de serre 36
Action climat à l'international 37
Action climat de l'Union européenne 42
Action climat de la France 54
Pollution atmosphérique transfrontière et qualité de l'air 61
Action à l'international 61
Action européenne 62
Emissions de polluants et objectifs : récapitulatif 64
Au niveau français 70

Introduction

Les autorités françaises sont engagées, dans le cadre de plusieurs Conventions et Protocoles internationaux ou régionaux relatifs à la pollution atmosphérique et au changement climatique, à limiter et réduire les quantités de certaines substances rejetées dans l'air, selon différents échéanciers. A ces engagements s'ajoutent ceux incombant à la mise en œuvre de textes législatifs et réglementaires européens (directives, règlements, décisions, etc.).

Changement climatique et gaz à effet de serre

En guise d'introduction, les étapes majeures du développement des politiques climat à l'international et en France sont présentées sur les graphiques ci-dessous (émissions de GES exprimées en base 100 par rapport à 1990), puis développées en détail dans les sections qui suivent.



Action climat à l'international

Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

Convention Cadre (1992 – en cours)

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC ou UNFCCC en anglais) a été adoptée à Rio de Janeiro en 1992 par 154 Etats plus l'Union européenne. Elle est entrée en vigueur le 21 mars 1994. Elle a été ratifiée par 197 Parties (196 pays et l'Union européenne en tant qu'organisation internationale d'intégration économique). Cette Convention est le premier traité international visant à éviter les impacts anthropiques dangereux pour le climat.

Elle reconnaît plusieurs principes (cf. article 3), notamment :

- **Principe de précaution** : l'incertitude scientifique quant aux impacts du changement climatique ne justifie pas de différer l'action.
- **Responsabilités communes mais différenciées et capacités respectives** : toutes les émissions ont un impact sur le changement climatique mais les pays les plus industrialisés portent une responsabilité accrue de la concentration actuelle des gaz à effet de serre dans l'atmosphère en raison de leur responsabilité historique dans la production des émissions de ces gaz. Par conséquent, il appartient aux pays industrialisés d'être à l'avant-garde de l'action climat. Les pays en développement doivent y contribuer en fonction de leurs capacités nationales respectives, de leurs besoins et de leur situation spécifiques.
- **Principe d'équité** : tous les pays doivent contribuer à la préservation du système climatique et à la construction d'un développement durable.
- Principe de croissance économique et de développement durables de toutes les Parties, en particulier des pays en développement.

Les 196 pays membres de la CCNUCC se réunissent à la fin de chaque année pour la « Conférence des Parties » (COP) où les décisions majeures de la CCNUCC sont prises. La dernière COP, la COP-25, a eu lieu en décembre 2019 sous présidence chilienne, mais à Madrid, où le dernier volet des règles de mise en œuvre de l'Accord de Paris sur le climat (article 6 : règles sur les marchés carbone), resté en suspens à la COP-24, n'a toujours pu être adopté faute de consensus parmi les Parties.

Protocole de Kyoto (2005-2020)

Des négociations débouchèrent sur le Protocole de Kyoto qui fut adopté le 11 décembre 1997.

Le Protocole de Kyoto est entré en vigueur le 16 février 2005 (192 Parties ont ratifié ce Protocole (191 Etats et 1 organisation régionale d'intégration économique, l'Union européenne) après la ratification par la Russie qui a permis d'atteindre le quorum de 55 Etats représentant au minimum 55% des émissions de l'annexe B (40 pays les plus industrialisés) en 1990.

Seuls les Etats-Unis ne l'ont pas ratifié parmi les pays à l'annexe B. Ils n'ont donc pas d'engagements d'émissions pour la période 2008-2012. De plus, en décembre 2011, le Canada s'est retiré du Protocole de Kyoto. Ce retrait a été effectif en décembre 2012. Le Canada n'est donc plus tenu de respecter ses engagements pour la première période du Protocole.

Le Protocole de Kyoto fixe un objectif de réduction pour les émissions agrégées d'un "panier" de six gaz à effet de serre (GES), exprimé en Potentiel de Réchauffement Global (PRG) et comprenant : dioxyde de carbone (CO_2), protoxyde d'azote (N_2O), méthane (CH_4), hydrofluorocarbures (HFC), perfluorocarbures (PFC) et hexafluorure de soufre (SF_6). Pour la seconde période d'engagement (2013-2020), le NF_3 est également visé.

Pour la première période, l'objectif de réduction est fixé pour 39 pays les plus industrialisés ainsi que pour l'Union européenne en tant qu'organisation régionale d'intégration économique. L'ensemble des pays se sont engagés à réduire globalement leurs émissions de GES d'au moins 5% sur la période 2008-2012, par rapport aux niveaux de 1990. Pour sa part, l'Union européenne (UE) s'est engagée à réduire ses émissions de 8%.

Au niveau de l'UE, les 15 Etats membres de l'époque sont parvenus, le 16 juin 1998, à un accord définissant la répartition des efforts de réduction des émissions entre eux (*burden-sharing agreement*) afin de respecter cet objectif global de 8%. Depuis, l'UE s'est élargie à 13 pays supplémentaires, qui avaient tous pris des engagements dans le cadre du Protocole de Kyoto sauf Chypre et Malte.

La France et l'Union européenne ont ratifié le Protocole le 31 mai 2002.

Pour la France, cet accord fixe un objectif de stabilisation des émissions sur la période 2008-2012 au niveau de 1990 (année de référence). La décision n°2006/944/CE de la Commission du 14 décembre 2006 établit pour la France une quantité attribuée à ne pas dépasser de 2 819,6 Mt CO_2e pour la première période d'engagement (2008-2012). Le bilan réel des émissions de GES sur la période 2008-2012 pour la France au périmètre Kyoto, est de 2 507 Mt CO_2e. **Les objectifs fixés pour la France sur la période 2008-2012 ont donc bien été atteints.**

Dans le cas de la France, les émissions à prendre en compte sous ce Protocole couvrent :

- la métropole et les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE (Guadeloupe, Guyane, La Réunion, Martinique, Mayotte, Saint-Martin) ;
- toutes les sources anthropiques émettrices. Cependant, l'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCATF) ainsi que les transports internationaux aérien et maritime font l'objet de considérations particulières (*cf.* page suivante).
- Les émissions pour la France au titre du Protocole de Kyoto sont présentées dans le tableau ci-après.

EMISSIONS DES GAZ A EFFET DE SERRE EN FRANCE (Périmètre Kyoto[f])

Ces valeurs sont régulièrement révisées et complétées afin de tenir compte de

source CITEPA / format CCNUCC (*) - mars 2020 — serre/recap_Kyoto.xlsx

Substance	Unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	Ecart (%) 2018/90
Gaz à effet de serre direct											
CO_2 (direct et indirect)	Mt	401	397	416	426	389	338	341	346	332	-17%
Hors UTCATF	Mt éq. C[d]	109	108	113	116	106	92	93	94	90	-17%
CO_2 (direct et indirect)	Mt	375	367	394	377	347	307	307	315	301	-20%
net[b]	Mt éq. C[d]	102	100	107	103	95	84	84	86	82	-20%
CH_4	kt	2 780	2 844	2 790	2 571	2 472	2 316	2 294	2 279	2 244	-19%
Hors UTCATF	Mt CO_2e	69	71	70	64	62	58	57	57	56	-19%
	Mt éq. C[d]	19	19	19	18	17	16	16	16	15	-19%
CH_4	kt	2 821	2 994	2 861	2 621	2 520	2 363	2 342	2 329	2 292	-19%
net[b]	Mt CO_2e	71	75	72	66	63	59	59	58	57	-19%
	Mt éq. C[d]	19	20	20	18	17	16	16	16	16	-19%
N_2O	kt	222	226	185	160	140	139	135	141	135	-39%
Hors UTCATF	Mt CO2e	66	67	55	48	42	41	40	42	40	-39%
	Mt éq. C[d]	18	18	15	13	11	11	11	11	11	-39%
N_2O	kt	233	236	196	170	151	150	146	151	145	-38%
net[b]	Mt CO_2e	69	70	58	51	45	45	44	45	43	-38%
	Mt éq. C[d]	19	19	16	14	12	12	12	12	12	-38%
HFC	t	659	903	3 381	6 723	8 379	8 989	9 089	8 612	7 864	1094%
	Mt CO_2e	4,4	1,9	6,7	13,5	17,5	19,0	19,1	17,8	15,9	261%
	Mt éq. C[d]	1,2	0,5	1,8	3,7	4,8	5,2	5,2	4,8	4,3	261%
PFC	t	588	357	346	204	68	59	74	77	75	-87%
	Mt CO_2e	5,2	3,1	3,0	1,8	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	-87%
	Mt éq. C[d]	1,4	0,8	0,8	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	-87%
SF_6	t	97	114	104	59	38	21	22	20	18	-82%
	Mt CO_2e	2,2	2,6	2,4	1,4	0,9	0,5	0,5	0,5	0,4	-82%
	Mt éq. C[d]	0,6	0,7	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	-82%
NF_3	t	1,0	0,4	1,2	1,8	1,9	0,4	0,3	0,4	0,7	-26%
	Mt CO_2e	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	-26%
	Mt éq. C[d]	0,004	0,002	0,005	0,009	0,009	0,002	0,002	0,002	0,003	-26%
CO_2e[c]	Mt CO_2e	548	543	553	555	512	458	459	464	445	-19%
Hors UTCATF	Mt éq. C[d]	150	148	151	151	140	125	125	126	121	-19%
CO_2e net[b]	Mt CO_2e	526	520	536	510	475	431	430	437	419	-20%
	Mt éq. C[d]	144	142	146	139	129	118	117	119	114	-20%
	kg CO_2e/hat	9 038	8 740	8 795	8 077	7 300	6 474	6 439	6 535	6 258	-31%
	kg C/hab.[d]	2 465	2 384	2 399	2 203	1 991	1 766	1 756	1 782	1 707	-31%
	g CO_2e/€ PIE	503	428	363	289	237	196	192	190	178	-65%
	g C /€ PIB[d]	137	117	99	79	65	53	52	52	48	-65%
Gaz à effet de serre indirect											
SO_2 net[a]	kt	1 304	986	653	484	292	177	159	157	153	-88%
NOx net[a]	kt	2 116	1 946	1 778	1 569	1 216	983	939	921	865	-59%
hors UTCATF[c]	kt	2 094	1 926	1 758	1 552	1 199	966	921	902	847	-60%
COVNM net[a]	kt	3 959	3 615	3 153	2 760	2 265	2 250	2 184	2 250	2 220	-44%
hors UTCATF[c]	kt	2 857	2 467	2 027	1 543	1 164	994	975	979	952	-67%
CO net[a]	kt	11 159	9 755	7 307	5 863	4 771	3 289	3 350	3 338	3 171	-72%
hors UTCATF[c]	kt	10 381	9 051	6 580	5 257	4 176	2 675	2 713	2 667	2 525	-76%

(a) hors utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF)

(b) UTCATF inclus

(c) Emissions CO_2 équivalentes calculées sur la base des PRG (Pouvoir de Réchauffement Global) à 100 ans, issus du 4ème rapport du GIEC (GIEC 2007 - AR4).

PRG: CO_2 = 1 ; CH_4 = 25 ; N_2O = 298 ; SF_6 = 22800 ; NF_3 = 17200 ; HFC et PFC = valeurs variables dépendantes de la composition des gaz.

(d) kt équivalent Carbone = (12/44) kt équivalent CO_2

(f) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

(*) Les émissions du trafic maritime international et du trafic aérien international sont exclues.

Parmi les modalités d'application du Protocole, la France, pour respecter son engagement sur la première période 2008-2012, a pu bénéficier, au titre des articles 3.3 et 3.4 relatifs à l'UTCATF (Utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et foresterie) et uniquement pour la partie "gestion des forêts", d'un crédit d'émission.

A la 8e réunion des Parties (CMP-8) au Protocole de Kyoto (Doha, fin 2012), un amendement à ce texte a été formellement adopté (décision 1/CMP.8) pour acter la 2e période d'engagement (2013-2020) pour 37 Parties qui y participent : UE-28, Australie, Belarus, Islande, Kazakhstan, Liechtenstein, Monaco, Norvège, Suisse et Ukraine, soit seulement deux grands émetteurs (UE et Australie).

Un nouvel objectif global de réduction des émissions de gaz à effet de serre est fixé pour l'ensemble des 38 Parties, à atteindre sur la période 2013-2020 : au moins -18% par rapport au niveau de 1990. Les 38 Parties se sont engagées sur des objectifs individuels de réduction pour la période 2013-2020, allant de -0,5% (Australie, base 2000) à -30% (Monaco, base 1990), en passant par -20% (pour l'UE-28, base 1990). Ces Parties ont souscrit, à titre individuel et selon une démarche ascendante, à ces engagements qui sont en général les mêmes que les engagements pour 2020 souscrits par ces Parties sur une base volontaire dans le cadre de l'accord de Copenhague de 2009.

L'annexe A du Protocole de Kyoto a été amendé pour ajouter un 7ème gaz à effet de serre au panier des six visés jusque-là, le gaz fluoré NF_3 (celui-ci a été identifié comme faisant partie des nouveaux GES et des nouvelles familles de GES énumérés dans le 4e rapport d'évaluation du GIEC, publié en 2007). Pour faciliter la réalisation des engagements souscrits par les pays développés, le Protocole de Kyoto prévoit, pour ces pays, le recours à des mécanismes dits "de flexibilité" en complément des politiques et mesures qu'ils devront mettre en œuvre au plan national.

L'amendement de Doha n'est pas encore entré en vigueur, faute d'un nombre suffisant de ratifications à ce jour : au 15 juin 2020, sur les 144 nécessaires (soit les trois quarts de l'ensemble des 192 Parties au Protocole de Kyoto), 139 l'avaient ratifié. Ainsi, pour entrer en vigueur, il manque encore cinq ratifications, dont trois des 38 Parties ayant souscrit des engagements de réduction : Belarus, Kazakhstan et Ukraine.

En outre, tant que l'amendement de Doha n'entrera pas en vigueur, les 37 Parties ayant souscrit à des engagements quantifiés de réduction au titre de la 2e période d'engagement, ne seront pas juridiquement contraintes de les respecter. Au rythme de ratification actuel, à sept mois de sa fin, il est possible que la 2e période se termine sans jamais être entrée en vigueur.

Mécanismes de flexibilité

Les trois **mécanismes de flexibilité** prévus par le Protocole de Kyoto sont :

- les échanges internationaux de permis d'émission,
- le mécanisme de développement propre ou MDP,
- la mise en œuvre conjointe ou MOC.

Ces différents mécanismes permettent aux pays développés de bénéficier de crédits-carbone résultant d'investissements et/ou d'une gestion appropriée de leurs installations. Ils sont décrits synthétiquement ci-après.

La **mise en œuvre conjointe** (MOC) est un mécanisme qui permet aux pays développés ou aux pays à économie en transition figurant à l'annexe I de la Convention Climat [1] d'entreprendre un projet (financement d'un projet ou transfert de technologies) dont le but est de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans un autre pays de cette même annexe. Les crédits d'émission résultant de projets MOC sont dénommés **unités de réduction des émissions (URE)** et sont délivrés par le pays dans lequel le projet est mis en œuvre (pays hôte). La mise en œuvre d'un projet MOC se traduit par le transfert d'URE d'un pays à un autre, mais la quantité totale d'émissions autorisée reste inchangée (opération à somme nulle). A noter qu'au titre de l'article 6 du Protocole de Kyoto, "***l'acquisition d'URE vient en complément des mesures prises au niveau national***".

Le **mécanisme de développement propre** (MDP) est un mécanisme destiné à aider les Parties ne figurant pas à l'annexe I de la Convention Climat, c'est-à-dire les pays en développement (qui ne se sont donc pas vus assigner d'objectifs quantitatifs de réduction des émissions) à parvenir à un développement durable ainsi qu'à aider les Parties visées à l'annexe I (pays développés) à respecter leurs engagements chiffrés de réduction des émissions. Concrètement, le MDP permet aux Parties de l'annexe I de mettre en œuvre des projets de réduction des émissions dans les pays en développement et d'obtenir des crédits d'émission sous forme d'**unités de réduction certifiée des émissions (URCE).** Ces projets doivent se traduire par des avantages réels, mesurables et durables liés à l'atténuation des changements climatiques, tout en contribuant à la réalisation des objectifs de développement durable du pays hôte, notamment par le transfert de technologies écologiquement rationnelles.

Le MDP peut générer des crédits d'émission lorsque le projet en question permet d'obtenir des réductions d'émission supplémentaires de GES par rapport à ce qui aurait été réalisé en l'absence de ce projet (dans le cadre du scénario de référence). A la différence de la MOC, le pays où le projet MDP est mis en œuvre ne perd pas de quotas puisqu' aucun objectif de réduction n'a été assigné aux pays en développement. A noter, enfin, qu'au titre de l'article 12 du Protocole de Kyoto, les Parties visées à l'annexe I peuvent utiliser les URCE résultant de projets MDP "***pour remplir une partie de leurs engagements chiffrés***" de réduction des émissions. En clair, l'acquisition des URCE doit venir en complément des mesures prises au niveau national.

Accord de Paris (à partir de 2021)

L'Accord de Paris a été adopté à la COP-21, le 12 décembre 2015, après quatre années de négociation dans le cadre d'un processus lancé à la COP-17 à Durban (Afrique du Sud) en 2011. En effet, un nouvel organe subsidiaire, le groupe de travail ad hoc sur la plate-forme de Durban (dit groupe ADP), avait été créé à Durban, avec pour mandat d'élaborer, soit un Protocole, soit un nouvel instrument juridique, soit un texte convenu d'un commun accord ayant force juridique dans le cadre de la CCNUCC qui soit applicable à toutes les Parties. L'ADP devait

[1] 28 pays industrialisés, les 14 pays de l'Europe centrale et orientale en transition vers une économie de marché ainsi que l'UE en tant qu'organisation régionale d'intégration économique.

achever ses travaux au plus tard en 2015 pour que le nouvel accord soit adopté à la COP-21 en vue de son entrée en vigueur à partir de 2020.

L'Accord de Paris a ainsi été adopté en application de la CCNUCC par ses 197 Parties. C'est le premier instrument juridique international qui lie pays industrialisés et pays en développement dans un nouveau régime commun et unifié visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'Accord de Paris fixe l'objectif de limiter la hausse des températures moyennes mondiales "*nettement en dessous de*" 2°C (d'ici 2100) par rapport aux niveaux pré-industriels et de viser si possible 1,5°C.

Pour atteindre cet objectif global, des objectifs de réduction des émissions, quoique non quantifiés, ont été fixés :

- parvenir à un pic des émissions "*dans les meilleurs délais*",
- réaliser des réductions rapidement après le pic de manière à parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques de gaz à effet de serre et les absorptions par les puits au cours de la deuxième moitié du 21e siècle.

Toutes les Parties doivent engager et communiquer des efforts ambitieux via des **"contributions déterminées au niveau national" (NDC)** dans le cadre d'une approche ascendante (et non descendante comme dans le cadre de la première période du Protocole de Kyoto) en vue d'atteindre l'objectif global de l'Accord. Les NDC doivent être établies, communiquées et actualisées **tous les cinq ans** et chaque nouvelle NDC devrait représenter une progression en termes d'ambition par rapport à la précédente. Ce **mécanisme de révision** est donc juridiquement contraignant. Les Parties ont été invitées à soumettre leur première NDC lorsqu'elles ont ratifié l'Accord.

Le nouveau régime à mettre en place en vertu de l'Accord de Paris visant toutes les Parties de la CCNUCC viendra se substituer à celui du Protocole de Kyoto dont la 2e période se termine le 31 décembre 2020.

Suite à une mobilisation politique et diplomatique inédite au niveau mondial, l'Accord de Paris est entré en vigueur le 4 novembre 2016, soit plus de trois ans avant l'échéance initialement prévue (2020). En effet, les deux critères pour l'entrée en vigueur de l'Accord (au moins 55 ratifications par des Parties représentant au moins 55% des émissions mondiales de GES) ont été remplis dès le 5 octobre 2016.

Au 3 juin 2020, 189 Parties avaient ratifié l'Accord de Paris représentant désormais, selon les chiffres officiels de la CCNUCC, 97% des émissions mondiales de GES. 12 Parties n'ont pas encore ratifié, dont l'Iran (1,3%) et la Turquie (1,24%). La Russie (7,53%) a ratifié le 7 octobre 2019. Quant aux Etats-Unis (17,9%), l'administration Trump a transmis le 4 novembre 2019 au Secrétaire Général des Nations Unies la notification officielle du retrait de son pays, qui deviendra effectif le 4 novembre 2020 sauf tournant politique majeur.

L'Accord de Paris constitue un cadre qui a été étayé par plusieurs décisions de la Réunion des Parties à l'Accord de Paris (CMA), organe de prise de décision de l'Accord. En effet, des règles, des procédures et des modalités ont été élaborées par le groupe de travail sur l'Accord de Paris (APA), créé à la COP-21, puis adoptées à la COP-24 (décembre 2018) pour la quasi-totalité des volets de l'Accord (atténuation, transparence, financement, bilan global, comité visant à faciliter la mise en œuvre et à promouvoir le respect de l'Accord, etc.). Ainsi, lors de la 3e partie de la CMA-1, qui a eu lieu à Katowice parallèlement à la COP-24, les Parties ont adopté un ensemble de 18 décisions (décision 3/CMA.1 à décision 20/CMA.1) qui constituent les règles d'application de l'Accord et qui vont permettre sa mise en œuvre concrète et effective dès le 1er janvier 2021.

Accord sur les HFC (Protocole de Montréal)

Dans le cadre du Protocole de Montréal sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SAO) (1987), un amendement a été adopté le 15 octobre 2016 à Kigali (Rwanda) pour intégrer les HFC aux "substances réglementées" du point de vue de leur production et de leur consommation. Même si les HFC ne sont pas des SAO, ce sont de puissants GES utilisés comme gaz de substitution de 2ème génération aux CFC, après les HCFC (tous deux étant des SAO). L'amendement de Kigali ajoute 18 espèces de HFC au Protocole de Montréal et définit des calendriers de réduction progressive de la production et de la consommation, d'une part pour les pays industrialisés et, d'autre part, pour les pays en développement (PED). L'objectif à terme est de parvenir à une réduction de 85% de la production/consommation par rapport aux années de référence d'ici 2036 pour les pays industrialisés et d'ici 2045 ou 2047 pour les PED.

L'amendement de Kigali, texte juridiquement contraignant, est entré en vigueur le 1er janvier 2019, échéance prévue par l'amendement lui-même, à condition d'avoir été ratifié par 20 Parties. Cette condition a été remplie le 17 novembre 2017, lors de la COP-23, après ratification par la 20e Partie, la Suède. Au 3 juin 2020, il a été ratifié par 94 Parties.

Accords dans le secteur de l'aviation (OACI et IATA)

Après six années de négociations, les 191 pays membres de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) sont parvenus, le 6 octobre 2016, lors de sa 39ème Assemblée, à un accord sur un mécanisme pour une mesure mondiale fondée sur le marché. L'OACI a ainsi approuvé la mise en place d'un système mondial de compensation et de réduction des émissions de CO_2 pour l'aviation internationale (CORSIA). Lors de sa 37e Assemblée (2010), l'OACI avait fixé deux objectifs indicatifs pour l'aviation internationale :

- réduction moyenne annuelle mondiale de la consommation de carburant de 2% d'ici 2050,
- stabilisation mondiale des émissions du secteur post-2020 au niveau de 2020 (c'est-à-dire une croissance neutre en carbone du secteur à l'horizon 2020).

CORSIA est un dispositif par lequel les compagnies aériennes devront compenser leurs émissions de CO_2 (seul GES visé) par l'acquisition de crédits d'émission dans le cadre d'un système d'échange mondial. Ces crédits d'émission résulteront du

financement de la mise en œuvre de projets de réduction des émissions de GES dans d'autres secteurs (industrie, agriculture, gestion des déchets,…) dans les pays tiers. Ainsi, le système n'oblige pas les exploitants à réaliser des réductions d'émission dans leur propre secteur. Le dispositif sera mis en œuvre en trois phases : phase pilote (2021-2023), 1ère phase avec participation volontaire (2024-2026) et 2ème phase contraignante (2027-2035). Les émissions moyennes 2019-2020 constituent l'année de référence.

L'accord prévoit également :

- un cycle triennal de conformité qui démarrera lors de la phase pilote. Les exploitants d'aéronefs visés devront respecter leurs obligations de compensation et communiquer chaque année leurs données d'émission à l'autorité désignée par l'Etat où est immatriculé l'avion ;
- un réexamen de la mise en œuvre tous les trois ans, à partir de 2022, pour évaluer les progrès vers la réalisation de l'objectif mondial.

La gestion et la gouvernance du système CORSIA seront sous la responsabilité du Conseil de l'OACI.

Le Conseil de l'OACI est également chargé d'élaborer des recommandations et outils de mise en œuvre, pour adoption, sur :

- les modalités du dispositif MRV (suivi, déclaration et vérification) des émissions de CO_2 dans le cadre de CORSIA. Un dispositif MRV solide et fiable sera indispensable pour garantir l'efficacité de CORSIA
- la mise en place de registres, avec la création d'un registre centralisé au plus tard le 1er janvier 2021.

Le secteur de l'aviation s'est également fixé un objectif volontaire. Ainsi, le Groupe d'action Transport Aérien (Air Transport Action Group ou ATAG), organisation professionnelle représentant les filières du secteur, a défini un objectif à long terme dans le cadre de son engagement à l'action climat signé en 2008 : réduction de 50% des émissions de CO_2 d'ici 2050 par rapport au niveau de 2005 (objectif indicatif ou *aspirational goal*). Cet objectif a été repris en 2009 par l'Association Internationale du Transport Aérien (IATA) mais, à ce jour, pas par l'OACI.

Accord dans le secteur maritime (OMI)

Lors de sa 70e session (octobre 2016), le Comité de protection du milieu marin (MEPC), organe technique au sein de l'Organisation Maritime Internationale (OMI), s'est mis d'accord sur une feuille de route 2017-2023 pour élaborer une stratégie globale de l'OMI, en deux étapes : une stratégie initiale de réduction des émissions de CO_2 des navires au printemps 2018 et une stratégie révisée (finale) au printemps 2023.

Le transport maritime international représente aujourd'hui 2 à 3% des émissions mondiales totales de CO_2 mais cette part pourrait atteindre 10% en 2050 en l'absence de mesures robustes (*source : Commission européenne, communiqué du 13/04/2018*).

Comme prévu, la 72e session du MEPC (avril 2018) a abouti à l'adoption d'une stratégie initiale globale de l'OMI pour réduire les émissions de CO_2 des navires. Elle présente une vision à moyen et à long terme pour le secteur, fixant plusieurs objectifs de réduction et comportant des propositions de mesures supplémentaires de réduction à court (2018-2023), à moyen (2023-2030) et à long terme (au-delà de 2030), assorties de calendriers de mise en œuvre. Cette stratégie initiale vise surtout le CO_2 mais préconise également des mesures de réduction du CH_4 et des COV, mais ne prend pas en compte le carbone suie ou le N_2O.

Les objectifs fixés :

- pic : les émissions de CO_2 du secteur devraient atteindre leur niveau maximal dès que possible (pas d'échéance fixée) ;
- objectifs en *absolu* :
  - ⇨réduction d'au moins 50% d'ici 2050 par rapport au niveau de 2008,
  - ⇨en s'efforçant d'atteindre la décarbonisation du secteur conformément à l'objectif à long terme fixé par l'article 4 de l'Accord de Paris (dans la 2e moitié du siècle) ;
- objectifs en *relatif* (intensité carbone) :
  - ⇨émissions de CO_2 par tonne-km (tonne de marchandises-km transporté) : réduction d'au moins 40% d'ici 2030 (base 2008),
  - ⇨en s'efforçant d'atteindre une réduction de 70% d'ici 2050 (base 2008).

Le MEPC doit évaluer la faisabilité des mesures proposées dans la stratégie initiale et leurs impacts économiques, sociaux et environnementaux. Sur la base de cette analyse, il devra ensuite sélectionner des mesures à moyen et à long terme pour intégration en tant que mesures contraignantes dans la stratégie finale de 2023.

.

Action climat de l'Union européenne

La politique climatique européenne aux horizons 2020 et 2030

Le Conseil européen de mars 2007 a approuvé trois objectifs à l'horizon 2020, dits « 3x20 » :

- réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990. En cas d'accord climatique international satisfaisant, ce dernier objectif passerait à -30% ;
- porter à 20% la part des énergies renouvelables dans les énergies consommées (la consommation finale brute d'énergie);
- améliorer de 20% l'efficacité énergétique (une réduction de la consommation d'énergie primaire par rapport au scénario tendanciel de 2020).

Le Paquet énergie-climat de mars 2009 fixe des moyens plus précis pour atteindre ces objectifs et les répartit entre les Etats membres (cf. section 1.1.3). Ces derniers peuvent adopter des réglementations nationales plus restrictives.

Un élément clé de la politique climatique européenne est de poursuivre le système d'échange de quotas d'émissions (cf. section 1.1.2.1).

Un nouveau Paquet énergie-climat (présenté par la Commission européenne le 22 janvier 2014) fixe les objectifs à l'horizon 2030 :

- réduire d'au moins 40% les émissions de GES de l'UE (base 1990) ;
- porter à au moins 27% la part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie de l'UE ;
- améliorer d'au moins 27% l'efficacité énergétique (une réduction de la consommation d'énergie primaire par rapport au scénario tendanciel de 2030).

Les objectifs ont été approuvés par le Conseil européen le 24 octobre 2014. La Commission a proposé trois paquets législatifs définissant les mesures afin d'atteindre ces objectifs. Ces propositions législatives ont été adoptées entre 2018 et 2019.

La feuille de route proposée par la Commission européenne soutenant un objectif de réduction des émissions de GES de 80% à 95% d'ici 2050 (base 1990) a été validée par 27 et 28 Etats membres (*veto* de la Pologne par deux fois).

Enfin, la Commission a proposé une stratégie européenne bas-carbone le 28 novembre 2018 fixant l'objectif de neutralité climatique en 2050. Elle a été approuvé par 27 des 28 Chefs d'Etat et de Gouvernement lors du Conseil européen des 12-13 décembre 2019, la Pologne n'ayant pas, une nouvelle fois, souhaité s'y engager.

Paquet climat-énergie 2020

Lors du Conseil européen de mars 2007, les chefs d'Etat et de Gouvernement des Vingt-sept ont approuvé le principe d'une approche intégrée climat et énergie, afin notamment de réduire les émissions de GES.

Le Conseil européen a approuvé trois objectifs à l'horizon 2020, dits « 3x20 » :

- réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990. En cas d'accord climatique international satisfaisant, ce dernier objectif passerait à -30%,
- porter à 20% la part des énergies renouvelables dans les énergies consommées (la consommation finale brute d'énergie),
- améliorer de 20% l'efficacité énergétique (une réduction de la consommation d'énergie primaire par rapport au scénario tendanciel de 2020).

Cela s'est traduit par l'adoption, d'une part, du paquet législatif climat-énergies renouvelables constitué de quatre textes et, d'autre part, de deux autres textes connexes. Ces six actes datent du 23 avril 2009.

Le Paquet législatif climat-énergies renouvelables

- **directive 2009/28/CE** relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables ;
- **directive 2009/29/CE** modifiant la directive quotas 2003/87/CE afin d'améliorer et d'étendre le système communautaire d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre à partir de 2013 ;
- **décision n° 406/2009/CE** relative à l'effort à fournir par les Etats membres pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre afin de respecter les engagements de l'UE en matière de réduction jusqu'en 2020 ;
- **directive 2009/31/CE** relative au stockage du CO_2.

Les deux textes législatifs connexes :

- **directive 2009/30/CE** modifiant la directive 98/70/CE en ce qui concerne les spécifications relatives à l'essence et au gazole ainsi que l'introduction d'un mécanisme permettant de surveiller et de réduire les émissions de gaz à effet de serre ;
- **règlement (CE) n° 443/2009** établissant des normes de performance en matière d'émissions de CO_2 pour les voitures particulières neuves.

L'ensemble de ces textes est entré en vigueur en juin 2009.

Le paquet législatif climat-énergies renouvelables vise à traduire en mesures législatives les moyens pour atteindre les objectifs de l'Union européenne en matière de climat-énergie fixés pour l'horizon 2020 qui sont les suivants :

Volet climat

- engagement ferme et unilatéral de **réduction des émissions de GES d'au moins 20% d'ici 2020** par rapport à 1990,
- dans le cadre de la conclusion d'un accord mondial : **réduction de 30% d'ici 2020** par rapport à 1990, à condition que d'autres pays développés (Japon, Etats-Unis, etc.) s'engagent à atteindre des réductions d'émission comparables et que les pays en développement plus avancés sur le plan économique (Chine, Inde, Brésil, etc.) apportent une contribution adaptée à leurs responsabilités et à leurs capacités respectives. Cet engagement

conditionnel ne sera très vraisemblablement pas mis en œuvre d'ici 2020.

Volet énergie

- énergies renouvelables : une proportion contraignante de **20% d'énergies renouvelables** (EnR) dans la consommation d'énergie finale brute d'ici 2020 ;
- biocarburants : une proportion minimale contraignante de **10% de biocarburants** dans la consommation totale d'essence et de gazole destinés au transport au sein de l'UE d'ici 2020 ;
- efficacité énergétique : objectif non contraignant visant à **économiser 20%** de la consommation énergétique de l'UE par rapport au scénario tendanciel pour 2020.

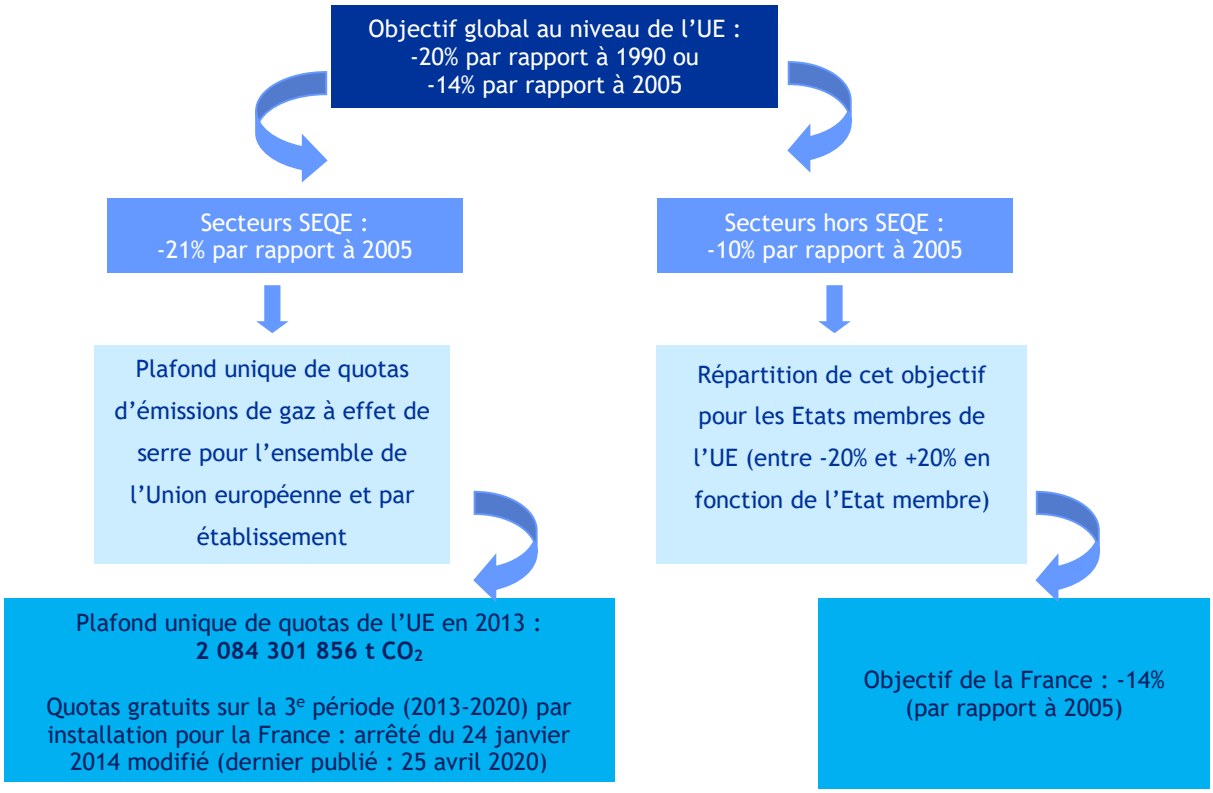
L'effort total de réduction des émissions (-20% par rapport aux niveaux de 1990) est réparti entre les secteurs inclus dans le Système d'Echange de Quotas d'Emissions (SEQE) et les secteurs hors SEQE (bâtiments du secteur résidentiel-tertiaire, transports, petites installations industrielles, déchets, agriculture, etc.).

Approche retenue (cf. schéma ci-après)

- une réduction de 21% d'ici 2020 dans les secteurs du SEQE (base 2005 : année de référence pour la définition des objectifs) dans le cadre de la directive 2009/29/CE,
- une réduction moyenne pour l'UE-27 de 10% d'ici 2020 dans les secteurs hors SEQE (base 2005).

Pris ensemble, ces objectifs 2020 donnent une réduction globale de -14% par rapport à 2005, soit l'équivalent d'une réduction de 20% comparée à 1990. Cette répartition différenciée a été décidée afin d'optimiser les coûts de réduction.

Articulation des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon **2020**



Pour les installations hors-SEQE

Pour garantir une contribution équitable de chaque Etat membre à la mise en œuvre de l'engagement unilatéral de réduction de l'Union européenne (UE) des émissions de GES (-20% d'ici 2020 par rapport à 1990 soit -14% par rapport à 2005), la décision n°406/2009/CE (dite *Effort-Sharing Decision* ou ESD) répartit l'effort de réduction à consentir parmi les 28 Etats membres de l'UE sur la période 2013-2020. Ainsi, aucun Etat membre n'est tenu de réduire, d'ici à 2020, ses émissions de GES de plus de 20% par rapport aux niveaux de 2005 et aucun pays n'est autorisé à augmenter, d'ici à 2020, ses émissions de GES de plus de 20% comparativement aux niveaux de 2005.

Pour les secteurs hors SEQE, la France s'est vu assigner une réduction de 14% entre 2005 et 2020.

L'ESD fixe, par Etat-Membre, des plafonds d'émissions annuels sur la période 2013-2020

En application de l'ESD, les **décisions n°2013/162/UE** et **n°2013/634/UE** ont fixé par Etat membre, les allocations annuelles de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2013-2020 (c'est-à-dire des plafonds annuels à ne pas dépasser). La décision (UE) 2017/1471 est venue modifier la décision n°2013/162/UE afin de réviser les allocations prévues pour la période 2017-2020. Le plafond assigné à la France pour 2018, de 366,3 Mt CO_2e, n'a pas été dépassé (émissions hors SEQE : 341,9 Mt CO_2e en 2018).

Les allocations annuelles pour la France sur l'ensemble de la période 2013-2020 sont présentées dans le tableau suivant.

	En t CO_2e calculées en appliquant les valeurs PRG du 4e rapport du Giec
2013	408 762 813
2014	403 877 606
2015	398 580 044
2016	393 282 481
2017	371 789 603
2018	366 284 473
2019	360 779 342
2020	355 274 211

Afin d'accorder une certaine souplesse aux Etats membres, pendant les années 2013 à 2019, chacun d'eux peut prélever sur l'année suivante une quantité égale à 5% de la limite d'émission de GES qui lui a été fixée. Si les émissions d'un Etat membre sont inférieures au plafond fixé, il est autorisé à reporter ses réductions d'émissions excédentaires sur une année suivante.

Pour les installations du champ SEQE

Une réduction des émissions de GES est fixée pour l'ensemble des Etats membres de l'Union européenne. Elle correspond à une baisse des émissions de 21% entre 2005 et 2020.

La quantité totale des quotas alloués gratuitement ou proposés aux enchères pour l'année 2013 s'élève à 2 084 Mt CO_2 pour l'ensemble de l'Union européenne. Entre 2013 et 2020, une réduction annuelle de 1,74% est ensuite appliquée (cf. section ci-après).

Directive relative au Système d'échange de Quotas d'émission (SEQE)

Au titre des dispositions relatives au Protocole de Kyoto mises en œuvre par l'Union européenne (un des trois mécanismes de flexibilité), la directive 2003/87/CE modifiée du 13 octobre 2003, entrée en vigueur le 25 octobre 2003, relative au système européen des quotas de GES (SEQE ou EU ETS : *European Union Emissions Trading System* en anglais), prévoit une réduction des émissions de GES de façon économiquement efficace afin d'atteindre un niveau élevé de protection de l'environnement. La mise en œuvre de cette directive impliquait en particulier :

- d'établir **un système d'échange de quotas d'émission de GES** à compter du 1er janvier 2005,
- d'élaborer par chaque Etat membre de l'Union européenne **un Plan National d'Affectation des Quotas** (PNAQ) (jusqu'en 2012),
- de **déclarer** par l'exploitant, **chaque année, les émissions de gaz à effet de serre** produites par les installations visées par le PNAQ (jusqu'en 2012).

Principe de fonctionnement du SEQE

Le principe de fonctionnement du SEQE est d'imposer, depuis 2005, un plafond d'émission à environ 11 000 installations fixes européennes, responsables de près de 45% des émissions de CO_2 de l'Union européenne.

Ces installations fixes doivent restituer chaque année autant de quotas (1 quota = 1 tonne de CO_2) que leurs émissions vérifiées de l'année précédente. A partir de 2008, elles ont également été autorisées à utiliser une quantité de crédits Kyoto (URCE ou URE) limitée à 13,5% de leur allocation en moyenne.

Allocation des quotas

Au cours des deux premières phases du SEQE (2005-2007, la phase de test, et 2008-2012, première période d'engagement de Kyoto), les installations couvertes ont reçu chaque année une allocation, majoritairement gratuite, fixée par le Plan National d'Allocation des Quotas (PNAQ) de chaque Etat membre, sous le contrôle de la Commission européenne.

Nouveautes pour la troisieme periode

Pour la troisième période du SEQE (2013-2020), l'allocation des quotas est centralisée au niveau de la Commission européenne. Il n'y a plus de PNAQ. **L'objectif de réduction des émissions des secteurs du SEQE est fixé à -21% entre 2005 et 2020, soit une réduction annuelle de -1,74% correspondant à une réduction de 38 264 246 quotas (ou 38 264 246 t CO_2).**

Mise aux enchères des quotas

Jusqu'en 2012, la part des quotas mis aux enchères était très réduite : 0,13% sur la première période (2005-2007) et 3,6% sur

la 2ème période (2008-2012).

NOUVEAUTES POUR LA TROISIEME PERIODE

Depuis 2013, la mise aux enchères pour les installations fixes concerne :

- 100% des quotas pour le secteur de l'électricité sauf exemption,
- 20% du plafond de quotas calculés pour les autres secteurs, part croissant régulièrement jusqu'à 70% en 2020.

Des mesures dérogatoires sont prévues pour les secteurs soumis à un risque de perte de compétitivité (dit risque de fuites [2] de carbone) sur les marchés internationaux. Les allocations gratuites se font sur la base de règles harmonisées et de référentiels au niveau européen (dits *benchmarks*).

Au final, au moins 50% des quotas ont été mis aux enchères en 2013 et jusqu'à 75% le seront en 2027.

Echange de quotas

Les quotas sont échangeables :

- une installation qui émet plus que son allocation gratuite peut en acheter sur un marché ;
- une installation qui réduit ses émissions au-dessous de son allocation gratuite peut revendre ses quotas non utilisés.

Le prix du quota fluctue sur le marché en fonction de l'offre et de la demande.

Les échanges entre offreurs et demandeurs de quotas se font de gré à gré, c'est-à-dire par des contrats bilatéraux entre les industriels, ou sur des places de marché, portails électroniques qui rendent publics les prix et les quantités échangées.

Directives et droit français

La directive SEQE a été transposée en droit français par le décret n°2004-832 du 19 août 2004 modifié.

La Commission européenne a adopté le 26 mars 2007 le Plan National d'Affectation de Quotas d'émission de la France concernant la deuxième période d'échange de quotas (2008-2012) qui s'est terminée en 2012.

Ce plan prévoyait 132,8 Mt CO_2 par année sur cette période (la réserve pour les nouveaux entrants de 3,94 Mt CO_2 est incluse dans le total).

Le décret n°2007-979 du 15 mai 2007 approuve le PNAQ II français pour la deuxième période, à savoir 2008-2012, qui constitue la première période d'engagement dans le cadre du Protocole de Kyoto.

Le périmètre des installations visées par le PNAQ pour la période 2008-2012 est précisé à **l'article R.229-5 du Code de l'environnement**. Il spécifie en particulier les types d'installations compris dans la catégorie des installations de combustion (chaudières, turbines et moteurs à combustion) d'une puissance supérieure à 20 MW (sauf incinération des déchets dangereux ou ménagers) :

- les installations de combustion utilisées pour la fabrication de propylène ou d'éthylène, les installations de combustion liées à la fabrication de noir de carbone,
- les installations de combustion utilisées dans la fabrication de la laine de roche,
- les torchères situées sur les plates-formes d'exploitation du pétrole et du gaz en mer ainsi que dans les terminaux de réception terrestres du pétrole et du gaz,
- les installations de séchage direct utilisées sur les sites de fabrication de produits amylacés et de produits laitiers.

Les types d'installations exclues sont les suivants :

- les installations utilisant de façon directe un produit de combustion dans un procédé de fabrication, notamment les fours industriels, les réacteurs de l'industrie chimique et les installations de réchauffement ou de séchage directs,
- les chaudières de secours destinées uniquement à alimenter des systèmes de sécurité ou à prendre le relais de l'alimentation principale en cas de défaillance ou lors d'une opération de maintenance de celle-ci,
- les groupes électrogènes utilisés exclusivement en alimentation de secours.

La directive 2008/101/CE est venue modifier l'annexe I de la directive 2003/87/CE établissant un système d'échange de quotas d'émission (SEQE) de gaz à effet de serre afin **d'y intégrer dès 2012 les activités du secteur aérien**. Cette directive a été transposée en droit français par le décret n°2011-90 du 24 janvier 2011.

Toutefois, la dérogation, établie au titre de la décision dite « *stop the clock* » (décision n°377/2013/UE), visant à suspendre temporairement l'application du SEQE aux compagnies aériennes opérant des vols en provenance et à destination des pays hors UE est prolongée une première fois jusqu'à fin 2016 par le règlement (UE) 421/2014, puis une deuxième fois par le règlement (UE) 2017/2392 jusqu'au 31 décembre 2023 (sous réserve d'un **réexamen** avant la mise en œuvre du régime CORSIA).

Ce qui a changé pour la troisième période

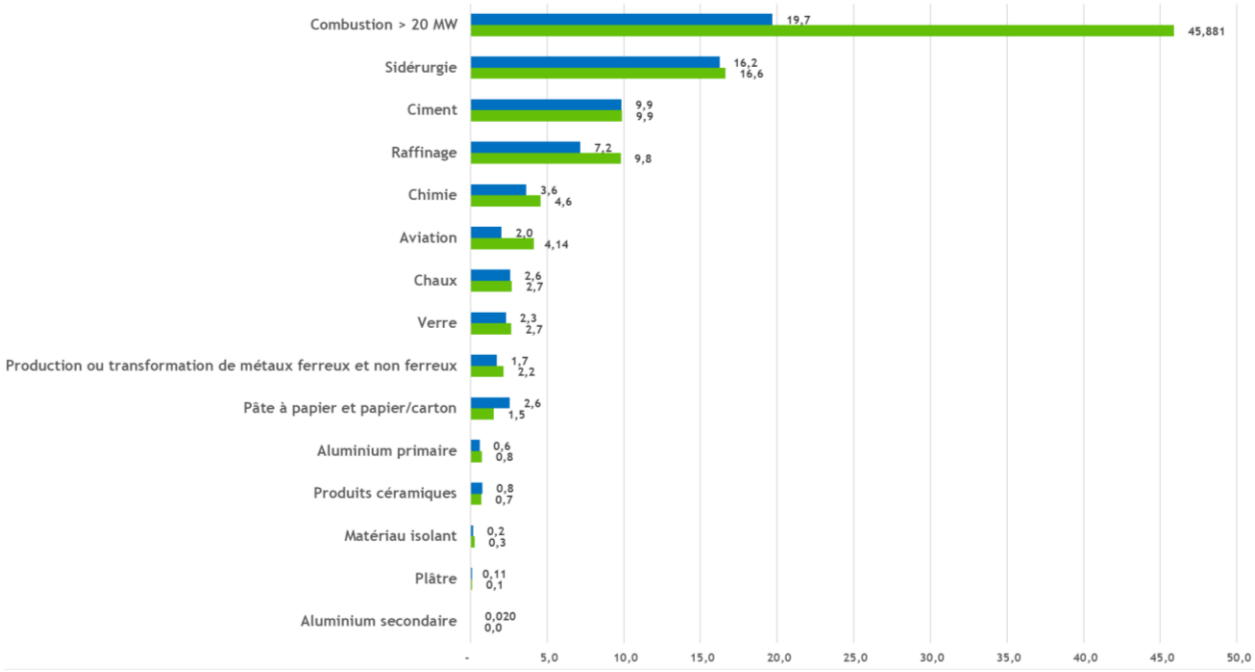
Concernant la troisième période (2013-2020), l'annexe I de la directive 2009/29/CE fixe la liste des nouvelles activités à prendre en compte dans le cadre du SEQE :

- les émissions de CO_2 de la production ou transformation de métaux ferreux et non ferreux (y compris les ferro-alliages),
- les émissions de CO_2 et de PFC de la production d'aluminium primaire,
- les émissions de CO_2 dues au séchage et à la calcination du plâtre,
- les émissions de N_2O de la production d'acide nitrique, adipique et glyoxylique,
- les émissions de CO_2 de la production d'ammoniac et de produits chimiques organiques en vrac,
- les émissions de CO_2 de la production d'hydrogène et de gaz de synthèse,
- le captage des gaz à effet de serre produits par les installations visées par cette même directive en vue de leur transport et de leur stockage géologique,
- le transport par pipelines des gaz à effet de serre en vue de leur stockage géologique,
- le stockage géologique des gaz à effet de serre.

[2] Les fuites de carbone correspondent à une délocalisation des entreprises réalisant des activités émettrices de GES de l'Union européenne vers des pays tiers où la législation est moins stricte.

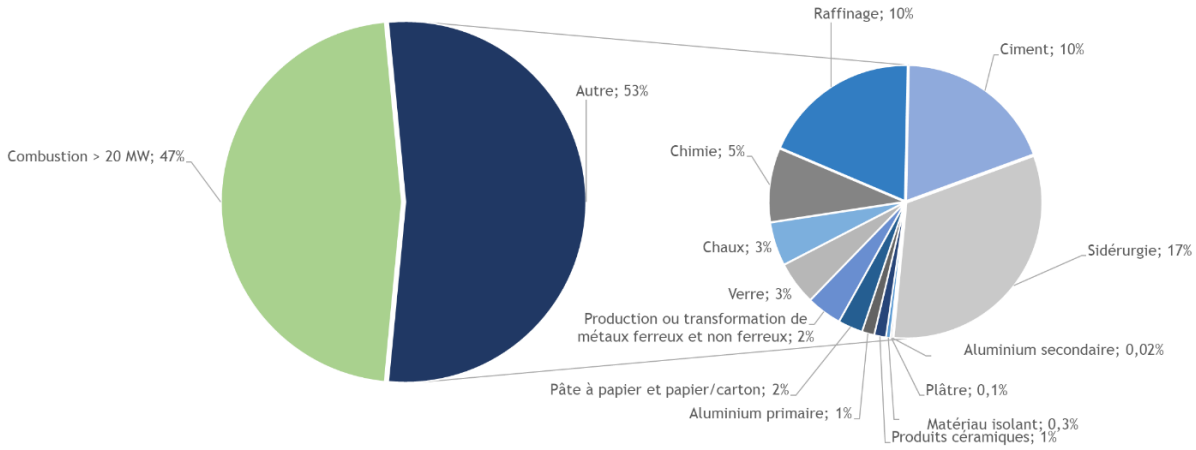
De plus, le périmètre des installations de combustion de puissance supérieure à 20 MW est élargi à toutes les unités techniques dans lesquelles des combustibles sont brûlés : chaudières, brûleurs, turbines, appareil de chauffage, hauts-fourneaux, incinérateurs, calcinateurs, fours, étuves, sécheurs, moteurs, pile à combustible, unités de combustion en boucle chimique, torchères, ainsi que les unités de postcombustion thermique ou catalytique.

Quotas gratuits alloués et émissions déclarées au titre du SEQE, par activité SEQE, en France en 2018, Mt CO_2e

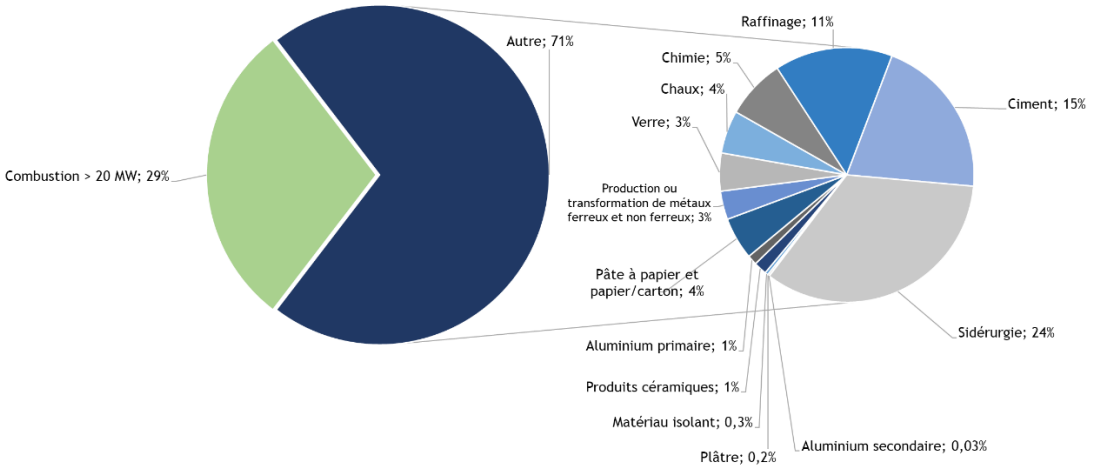


Note : des agrégations d'activités SEQE ont été réalisées afin de représenter les sites industriels qui poursuivent plusieurs activités SEQE :
Sidérurgie inclut les activités SEQE : grillage ou frittage de minerai métallique, production de coke et production de fonte et acier
Pâte à papier et papier/carton inclut les activités SEQE : pâte à papier et papier/carton
Production ou transformation de métaux ferreux et non ferreux inclut les activités SEQE : production ou transformation de métaux ferreux, et production ou transformation de métaux non ferreux
Chimie inclut les activités SEQE : production de H2 et de gaz de synthèse, production de produits chimiques organiques en vrac par craquage, reformage, oxydation, production de NA2CO3 et de NAHCO3, production d'acide nitrique, production de noir de carbone et production d'ammoniac

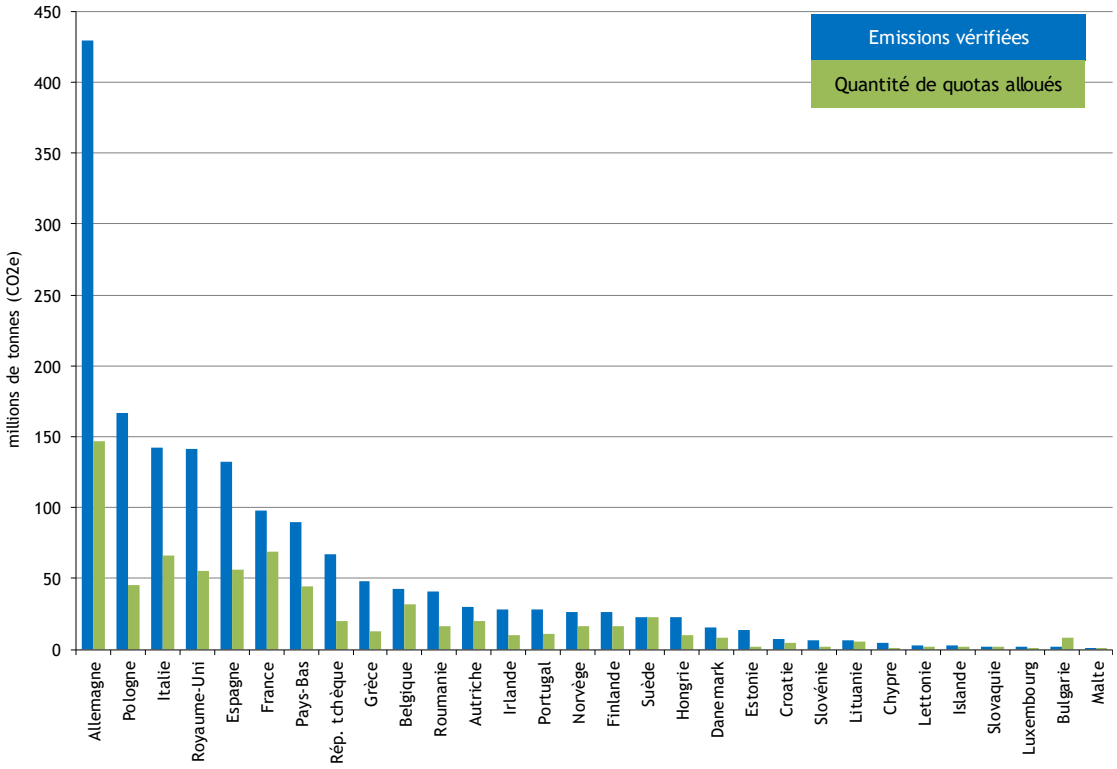
Répartition des émissions déclarées par activité SEQE hors aviation en France en 2018, en %



Répartition des quotas gratuits par activité SEQE hors aviation en France en 2018, en %

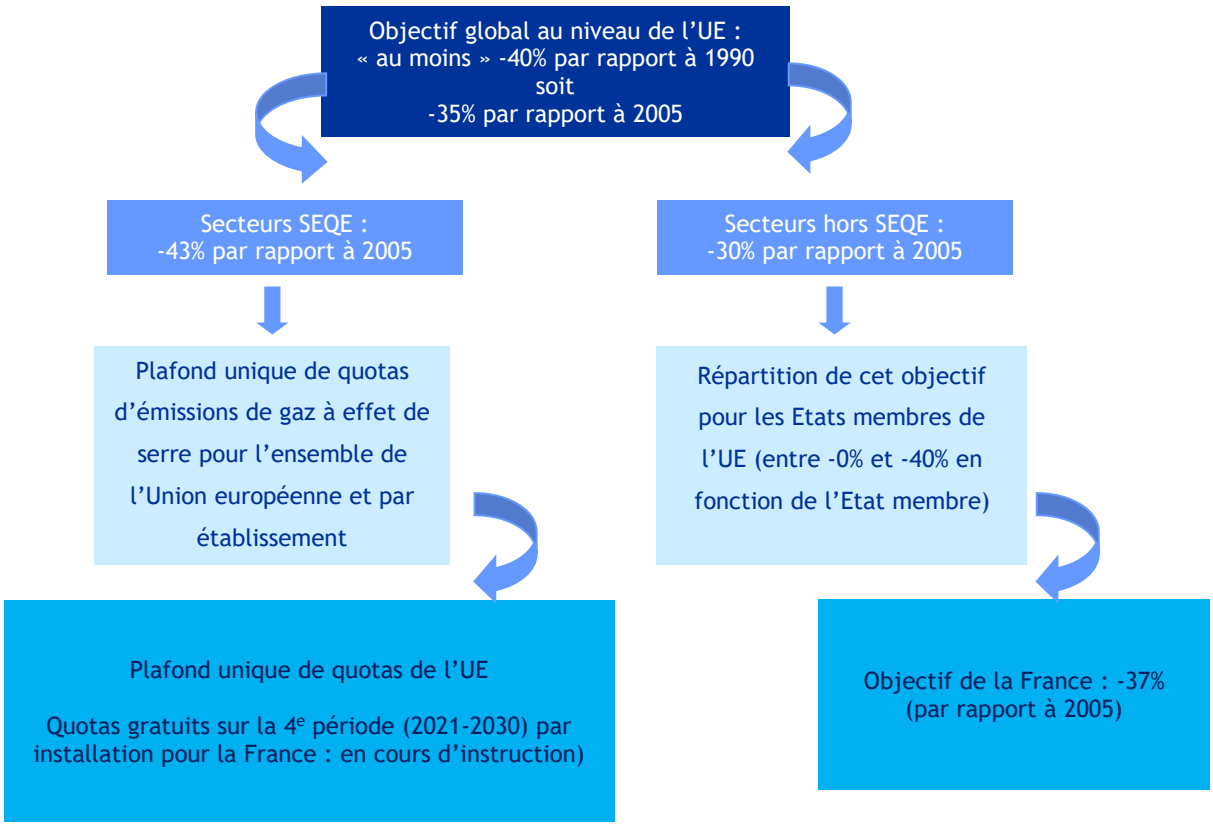


Emissions vérifiées et quantité de quotas allouée par Etat membre de l'UE-28 (+IS, NO, LI) en 2018



Emissions vérifiées par Etat membre de l'UE-28 (+IS, NO, LI) en 2018

Articulation des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030



Paquet climat énergie 2030

Le 22 janvier 2014, la Commission européenne a présenté un ensemble de propositions définissant le nouveau cadre politique climat/énergie de l'UE pour la période 2020-2030.

Les objectifs du Paquet Climat-Energie 2030 ont été approuvés le 24 octobre 2014 par le Conseil européen.

Réduction des émissions de GES

L'élément clé de la politique climat-énergie 2030 adoptée est un objectif global contraignant de réduction des émissions de GES d'au moins 40% pour l'UE d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990, à atteindre uniquement par la mise en œuvre de mesures à l'échelle nationale (c'est-à-dire sans recours aux crédits d'émissions internationaux issus des mécanismes de projet [MDP et MOC] au titre du Protocole de Kyoto).

Pour atteindre cet objectif global contraignant, les objectifs de réduction sectoriels sont :

- -43% pour les secteurs visés par le SEQE (base 2005),
- -30% pour les secteurs hors SEQE (base 2005). Ces efforts seraient partagés équitablement entre les Etats membres.

Afin d'obtenir les réductions d'émission de GES requises dans les secteurs couverts par le SEQE, la Commission a proposé de porter le facteur linéaire de réduction annuelle du plafond de quotas de l'UE (qui limite les émissions de ces secteurs) de 1,74% actuellement à 2,2% après 2020.

Réforme structurelle du SEQE

Ce Paquet prévoyait notamment la mise en place et le fonctionnement d'une "réserve de stabilité du marché" afin de remédier aux déséquilibres structurels du SEQE entre l'offre et la demande.

La réserve, établie à partir de 2019 (pour la fin de la 3ème période d'échange du SEQE), doit permettre d'ajuster automatiquement à la hausse ou à la baisse l'offre de quotas à mettre aux enchères. Ainsi, concrètement, pour chaque année N à compter de 2019, sur la base des données d'émission vérifiées publiées l'année N-1, 24% de la quantité totale des quotas en circulation peuvent être placée dans la réserve si cette quantité totale est égale ou supérieure à 100 millions de quotas.

La décision (UE) n°2015/1814 du Parlement européen et du Conseil du 6 octobre 2015, qui est venue modifier la directive quotas (2003/87/CE), établit formellement cette réserve et définit ses règles de fonctionnement.

La directive (UE) 2018/410 du Parlement européen et du Conseil, adoptée le 4 mars 2018, révise en profondeur la directive 2003/87/CE pour la 4e période d'échange (2021-2030). Elle vise à transposer les conclusions du Conseil européen des 23-24 octobre 2014 qui a fixé l'objectif de réduction des émissions de GES de 43% pour les secteurs visés par le SEQE.

Cette directive définit les règles de fonctionnement du SEQE pour la période 2021-2030 en vue de renforcer son efficacité. Parmi les éléments clés de ces règles :

- un facteur de réduction linéaire annuel de 2,2% appliqué au plafond d'émissions maximales autorisées (nombre total de quotas d'émission à allouer) dans le cadre du SEQE (contre 1,74% par an sur la période 2013-2020),
- le doublement temporaire (de 12% à 24%) du rythme de retrait des quotas excédentaires du marché pour alimenter la réserve de stabilité du marché (MSR) jusqu'à fin 2023. Cette mesure vise à garantir un meilleur équilibre entre l'offre et la demande de quotas et devrait contribuer à la hausse de leur prix,
- à partir de 2023, la suppression des quotas excédentaires détenus dans la MSR dont le nombre dépasse le nombre total de quotas mis aux enchères au cours de l'année précédente,
- la possibilité de faire passer la part des quotas à allouer à titre gratuit sur la période 2021-2030 de 43% à 46% si la demande totale de quotas alloués à titre gratuit rend nécessaire l'application d'un facteur de correction transsectoriel avant 2030. Si celui-ci est déclenché, il sera appliqué à l'ensemble des secteurs. La part de quotas à mettre aux enchères pourrait donc passer de 57% à 54%,
- un réexamen périodique (calé sur le bilan global prévu par l'Accord de Paris tous les cinq ans à partir de 2023) des règles sur le facteur de réduction linéaire et les fuites de carbone. Il réalisé sera par la Commission européenne,
- une meilleure prise en compte des niveaux de production réels des entreprises pour les règles sur l'allocation de quotas à titre gratuit et l'actualisation des référentiels (*benchmarks*) utilisés pour déterminer l'allocation à titre gratuit,
- la réserve destinée aux nouveaux entrants contiendra initialement des quotas inutilisés provenant de la période 2013-2020 et 200 millions de quotas provenant de la MSR. Jusqu'à 200 millions de quotas seront reversés à la MSR s'ils ne sont pas utilisés au cours de la période 2021-2030,
- l'ensemble des quotas des secteurs les plus exposés au risque de délocalisation de leur production hors de l'UE sera alloué à titre gratuit. Le taux d'allocation à titre gratuit pour les secteurs moins exposés au risque de fuite de carbone sera de 30%. Une suppression progressive de l'allocation à titre gratuit pour les secteurs les moins exposés débutera après 2026 sauf pour le secteur du chauffage urbain.

Plus de détail sur les nouveautés du SEQE-4

Secteurs hors SEQE

Le règlement (UE) 2018/842 du 30 mai 2018 (dit "ESR" pour *Effort-Sharing Regulation*) vise à accélérer les réductions d'émissions de GES, sur la période 2021-2030, dans les secteurs non couverts par le SEQE : transports, agriculture, résidentiel/ tertiaire et traitement des déchets. Ces secteurs hors SEQE représentent aujourd'hui environ 55% des émissions totales de GES de l'UE (*source : Commission européenne*).

Concrètement, il répartit l'effort de réduction des émissions de GES parmi les 28 Etats membres de l'UE dans les secteurs hors SEQE sur la période 2021-2030 afin d'atteindre l'objectif de réduction de 30% d'ici 2030 pour ces secteurs (base 2005).

Ce texte prendra le relais de la décision 406/2009/CE (qui établit la répartition des efforts de réduction des 28 Etats membres pour ces secteurs sur la période 2013-2020).

Parmi les éléments clés du règlement ESR :

- il fixe des objectifs de réduction minimaux contraignants pour chaque Etat membre pour 2030 (base 2005) dans les **secteurs hors SEQE**. Ces objectifs vont de 0% (stabilisation) pour la Bulgarie à -40% pour la Suède et le Luxembourg. **La France se voit assigner un objectif de -37%,** soit le sixième objectif le plus élevé parmi les Vingt-huit (article 4 et annexe 1),
- la Commission fixera (via des règlements d'application) les quotas (plafonds) annuels d'émissions (en t CO_2e) pour les années 2021-2030, à respecter par les Etats membres, comme pour la période 2013-2020. Le règlement définit la méthode pour calculer ces plafonds à partir d'une trajectoire linéaire dont le point de départ est la moyenne des émissions de GES en 2016, 2017 et 2018 (les données les plus récentes qui seront disponibles en 2020),
- il prévoit plusieurs mécanismes de flexibilité pour aider les Etats membres à respecter leurs objectifs (articles 5 à 7),
- la Commission évaluera chaque année les progrès accomplis par les Etats membres dans la réalisation de leurs objectifs et en rendra compte. Cependant, à la différence du régime 2013-2020, un réexamen complet et un contrôle de conformité plus formel auront lieu tous les cinq ans et non plus annuellement. Le 1er réexamen interviendra en 2027 pour les années 2021-2025 et le suivant en 2032 pour les années 2026-2030 et ce, pour aligner le cycle de conformité du nouveau règlement sur celui de l'Accord de Paris (qui est également quinquennal),
- si la Commission constate qu'un Etat membre ne réalise pas suffisamment de progrès pour respecter ses plafonds annuels d'émission, l'Etat membre est tenu de soumettre, dans un délai de trois mois, un plan et un calendrier de mise en œuvre de mesures correctives.

Secteur UTCATF

Le nouveau règlement (UE) 2018/841 du 30 mai 2018 intègre les émissions et absorptions de GES résultant du secteur utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF) dans le cadre politique climat-énergie 2021-2030. Cette nouvelle approche constitue un changement de cap important par rapport à sa politique climat 2013-2020 dans la mesure où les émissions et absorptions de GES liées à l'UTCATF ne sont pas prises en compte dans l'objectif de réduction des émissions de GES pour 2020 (-20%) et ce, alors qu'elles sont comptabilisées dans le cadre des engagements internationaux de l'UE conformément aux règles fixées en application du Protocole de Kyoto, tant pour la 1ère période (2008-2012) que pour la 2ème (2013-2020).

Le règlement (UE) 2018/841 fixe les modalités de comptabilisation du secteur UTCATF, traité de façon distincte des autres secteurs. Ces règles diffèrent selon les catégories considérées (terres cultivées, prairies et zones humides ;

forêts ; produits bois). Il s'agit pour les Etats membres de faire en sorte que le bilan de ce secteur ne soit pas émetteur (c'est-à-dire qu'il y ait davantage d'absorptions que d'émissions, autrement dit que le secteur soit un puits net) pour deux périodes d'engagements (2021-2025 et 2026-2030). Si ce n'est pas le cas, plusieurs flexibilités sont prévues.

Energies renouvelables

La directive (UE) 2018/2001 du 11 décembre 2018 relatif à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (EnR), qui est une refonte de la directive 2009/28/CE, fixe un objectif collectif contraignant d'au moins 32% d'EnR dans la consommation finale brute d'énergie de l'UE d'ici 2030. Ce texte vise trois secteurs : électricité, production de chaleur et de froid, transports.

Contrairement à la période 2013-2020, il n'y a plus d'objectifs nationaux contraignants formels mais à partir du 1er janvier 2021, la part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie ne doit pas être inférieure à des "niveaux de référence" nationaux en 2030 (qui sont en fait les anciens objectifs pour 2020, cf. art. 3.4 et annexe I). Les Etats membres doivent toutefois fixer eux-mêmes des "contributions nationales" afin de respecter collectivement l'objectif global de 32% de l'UE.

Par ailleurs, le texte fixe des sous-objectifs pour le secteur des transports. Dans chaque Etat membre :

- au moins 14% de la consommation d'énergie finale doit provenir de sources renouvelables dans tous les modes de transport en 2030 (contre 10% pour 2020),
- au sein de cette part, les biocarburants de 2e et de 3e génération, produits à partir de matières premières énumérées à l'annexe IX (algues, paille,…), doivent représenter au moins 0,2% en 2022, 1% en 2025 pour atteindre au moins 3,5% d'ici 2030.

Gouvernance

Le règlement (UE) 2018/1999 du 11 décembre 2018 sur la gouvernance de l'Union de l'énergie centralise les obligations en matière de planification, de déclaration et de surveillance dans le cadre de la législation climat-énergie de l'UE pour renforcer la cohérence et améliorer le coût-efficacité de ces obligations. Ce mécanisme de gouvernance est basé sur deux principaux éléments :

- des plans nationaux intégrés énergie-climat (PNIEC ou NECP en anglais) décennaux (art.3 et 4), à commencer par la période 2021-2030. Ainsi, les Etats membres devaient soumettre à la Commission leur premier PNIEC avant le 31 décembre 2019 (et leur 2e PNIEC d'ici le 1er janvier 2029, etc.). Ces plans doivent comporter une description, d'une part, des objectifs nationaux et des contributions nationales (réduction des émissions de GES, EnR et efficacité énergétique), et d'autre part, des politiques et mesures prévues ou adoptées pour mettre en œuvre ces objectifs et contributions nationales.
- des stratégies à long terme à un horizon d'au moins 30 ans, dont la première devait être soumise par les Etats membres avant le 1er janvier 2020.

Au 24 juin 2020, tous les 27 Etats membres (sans le Royaume-Uni donc) avaient transmis leur premier PNIEC définitif à la Commission, sauf l'Irlande.

Les autres volets du paquet climat-énergie 2030

Deux autres directives ont également été adoptées dans le cadre du paquet climat-énergie 2030 :

- directive (UE) 2018/2002 du 11 décembre 2018 (modifiant la directive 2012/27/UE) relative à l'efficacité énergétique. Elle fixe un objectif collectif indicatif (non contraignant) d'une réduction de la consommation d'énergie primaire ou finale d'au moins 32,5% en 2030 (par rapport au scénario tendanciel pour 2030). La directive ne décline pas cet objectif UE au niveau des Etats membres mais fixe une obligation d'économies d'énergie annuelles : entre le 1er janvier 2021 et le 31 décembre 2030, les Etats membres doivent atteindre un objectif cumulé d'économies d'énergie au stade de l'utilisation finale d'au moins 0,8% par an (contre 1,5% par an sur la période 2013-2020). Cet objectif est imposé aux fournisseurs et aux distributeurs d'énergie de chaque Etat membre via un dispositif de certificats d'économie d'énergie.
- directive (UE) 2018/844 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments.

Le règlement sur les gaz fluorés

Le règlement (UE) n° 517/2014 du Parlement européen et du Conseil du 16 avril 2014 relatif aux gaz à effet de serre fluorés ou GES-F (JOUE L 150 du 20 mai 2014) est venu remplacer le règlement (CE) n° 842/2006. Le règlement (UE) n° 517/2014 vise à réaliser des réductions supplémentaires importantes de ces gaz de synthèse utilisés dans les applications industrielles. Ce texte impose une réduction progressive de la quantité de hydrofluorocarbures (HFC) mise sur le marché par l'allocation de quotas.

Le règlement vise deux familles de GES-F et un GES-F individuel :

- les HFC : 19 molécules,
- les hydrocarbures perfluorés (PFC) : 7 molécules,
- l'hexafluorure de soufre (SF_6).

En particulier, le règlement établit des règles sur :

- le confinement, l'utilisation, la récupération et la destruction des GES-F visés,
- les conditions de mise sur le marché (dont l'étiquetage), ainsi que les restrictions d'utilisation de certains produits et équipements contenant des GES-F,
- les conditions applicables à certaines utilisations spécifiques des GES-F,
- les limites quantitatives de mise sur le marché des HFC.

L'élément central du règlement est le mécanisme de réduction progressive qu'il instaure, consistant à appliquer un plafond dégressif au volume total (soit une quantité maximale) de HFC à mettre sur le marché dans l'UE (en t CO_2e). Il a introduit une première réduction en 2016-2017 pour enfin atteindre, d'ici à 2030, 21% des volumes vendus sur la période 2009-2012.

- Depuis 2015, la Commission alloue des quotas pour la mise sur le marché de HFC à chaque producteur et importateur pour chaque année selon le mécanisme d'allocation défini à l'annexe VI du règlement.

Horizon 2050 : feuille de route de la Commission européenne

En 2011, la Commission européenne a publié une feuille de route sur la transition de l'Union européenne vers une économie sobre en carbone à l'horizon 2050. Elle définit la trajectoire à suivre pour atteindre l'objectif de l'UE fixé pour 2050 : réduction de 80% des émissions de GES d'ici 2050 (base 1990) au moyen de mesures internes uniquement, ce qui impliquerait des réductions intermédiaires de 40% d'ici 2030 et de 60% d'ici 2040 (base 1990).

Elle a également présenté un livre Blanc « transports 2050 » sous forme d'une feuille de route fixant plusieurs objectifs à cet horizon :

- Tous modes confondus : baisse des émissions de GES d'au moins 60% (base 1990),
- Transport maritime : réduction des émissions de CO_2 de 40% provenant des combustibles de soute,
- Aviation : part de 40% de carburants à faible teneur en carbone.

Stratégie bas-carbone 2050

Conformément à l'Accord de Paris (art.4), à la décision 1/CP.21 qui l'accompagnait (par. 35) et au règlement (UE) 2018/1999 sur la gouvernance de l'Union de l'énergie (art. 14), la Commission européenne a publié le 28 novembre 2018 sa proposition de stratégie à faibles émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 pour l'UE. Celle-ci présente une vision qui conduirait l'UE vers la neutralité carbone en 2050, couvrant la quasi-totalité des secteurs.

La stratégie vise à fixer un cap et à planifier le chemin à parcourir vers l'objectif de la neutralité carbone en 2050 (zéro émission nette). Elle examine les options disponibles pour les États membres, les entreprises et les citoyens pour assurer une transition énergétique socialement juste et ayant un bon rapport coût-efficacité. La voie à suivre pour parvenir à une économie neutre pour le climat s'articule autour de sept axes stratégiques :

- l'efficacité énergétique,
- le déploiement des énergies renouvelables,
- une mobilité propre, sûre et connectée,
- la compétitivité industrielle et l'économie circulaire,
- les infrastructures et les interconnexions,
- la bioéconomie et les puits de carbone naturels,
- le captage et le stockage du CO_2 pour éliminer les émissions résiduelles.

Le Parlement européen a approuvé la stratégie dans une résolution du 19 mars 2019, suivi non sans difficulté par le Conseil européen des 12 au 13 décembre 2019 où les Chefs d'Etat et de Gouvernement des Vingt-huit sont parvenus à un accord quasi-total pour approuver l'objectif de neutralité climatique pour l'UE d'ici 2050. Ainsi, l'UE s'est engagée à atteindre cet objectif à l'exception de la Pologne qui, aux termes des conclusions adoptées, "*à ce stade, ne peut s'engager à mettre en œuvre cet objectif en ce qui le concerne*". Cependant, le Conseil européen souligne qu'il reviendra sur ce point lors de sa réunion de juin 2020.

La stratégie définitive a été soumise à la CCNUCC en mars 2020.

*Pacte vert pour l'Europe (***European Green Deal***)*

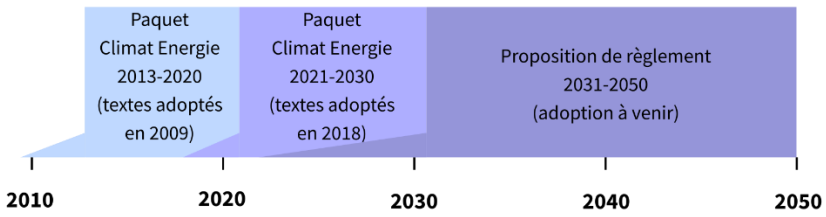
Le 11 décembre 2019, la Commission européenne a présenté une nouvelle stratégie de croissance durable dans tous les domaines d'action de l'UE (climat, énergie, industrie, bâtiments, transports, financement,…). **B**aptisée le **pacte vert pour l'Europe** (*European Green Deal*), cette stratégie définit les politiques et mesures pour la mettre en oeuvre, assortie d'une feuille de route composée d'actions destinées, entre autres, à réduire les émissions de GES et la pollution de l'air. Parmi les mesures prévues, figure **la première "législation européenne sur le climat"** visant à inscrire formellement en droit européen l'objectif de neutralité climatique pour l'UE d'ici 2050, ainsi qu'un réexamen de l'ensemble de la politique climat existant de l'UE au vu de ce nouvel objectif. Par exemple, le pacte vert pour l'Europe prévoit la possibilité d'élargir le système d'échange de quotas d'émission (SEQE) à trois nouvelles sources d'émissions de GES, à savoir le résidentiel-tertiaire, le transport routier et le transport maritime.

En application du pacte vert pour l'Europe, la Commission européenne a présenté, le 4 mars 2020, une **proposition de règlement**, dite "**loi européenne sur le climat pour l'Europe**", fixant l'objectif de neutralité climatique à l'horizon 2050. Elle s'inscrit dans la continuité des politiques climat de l'UE après le paquet climat-énergie 2013-2020 et le paquet climat-énergie 2021-2030.

Cet objectif doit être atteint par l'UE dans son ensemble et non pas par chaque Etat membre.

La proposition de règlement présente également la voie à suivre pour atteindre l'objectif fixé pour 2050. En particulier, sur la base d'une étude d'impact, la Commission proposera (à une date non précisée) un nouvel objectif de réduction des

émissions de GES de l'UE pour 2030, conformément à l'engagement en ce sens pris le 16 juillet 2019 par sa nouvelle Présidente, Ursula von der Leyen.



Action climat de la France

Plan climat (2004, 2010, 2017)

Assurer la mise en œuvre des engagements que la France a pris à Kyoto constitue la première étape d'une politique qui doit s'inscrire sur une longue période.

Tout d'abord, la France a traduit ses engagements au travers de la mise en œuvre d'un **Plan Climat 2004** (2004-2012) en juillet 2004. Ce Plan Climat décrit des actions nationales de prévention du changement climatique à l'horizon 2012. Il décline des mesures dans tous les secteurs de l'économie et de la vie quotidienne des Français. L'objectif de ce plan était d'économiser de l'ordre de 10% des émissions françaises à l'horizon 2010 afin de maintenir au minimum la tendance actuelle de stabilisation des émissions de CO_2.

Ce premier **Plan Climat** a été **actualisé en 2006**, du fait, de l'évolution du prix de l'énergie, d'une part, de l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto en février 2005, d'autre part, et enfin de l'émergence d'un marché mondial de CO_2.

L'objectif était un gain de 6 à 8 Mt CO_2e supplémentaires par an sur la période 2008-2012.

En mars 2010, un **nouveau Plan Climat** de la France a été publié et concerne cette fois-ci la période s'étendant jusqu'en 2020. Selon les projections de cette mise à jour, la mise en œuvre des réglementations devait permettre de réduire les émissions de GES en 2020 de **21,8%** par rapport à 2005.

Le 6 juillet 2017, le Ministre de la Transition écologique et solidaire a présenté un autre Plan Climat qui fixe un nouveau cap : l'objectif de la neutralité carbone à l'horizon 2050. Le Plan vise à renforcer l'action climat de la France pour accélérer la mise en œuvre de l'Accord de Paris.

Ce nouveau Plan s'articule autour de **six grands thèmes** composés au total de 23 axes prévoyant des mesures à mettre en œuvre sur la période 2017-2022. Les six grands thèmes sont :

- rendre irréversible l'Accord de Paris,
- améliorer le quotidien de tous les Français,
- en finir avec les énergies fossiles et s'engager vers la neutralité carbone,
- faire de la France le pays n°1 de l'économie verte,
- mobiliser le potentiel des écosystèmes et de l'agriculture pour lutter contre le changement climatique,
- renforcer la mobilisation internationale sur la diplomatie climat.

Le Plan Climat 2017 ne fixe aucun nouvel objectif chiffré de réduction des émissions de GES mais fixe plusieurs autres objectifs et prévoient de nombreuses mesures parmi lesquelles :

- la disparition des "passoires thermiques" en 10 ans (4 milliards d'euros du plan d'investissements seront dédiés à ces actions),
- la convergence de la fiscalité essence-diesel au cours du quinquennat (avant 2022 donc),
- la fin de la vente de voitures émettant des gaz à effet de serre en 2040 (voitures essence et diesel donc),
- le lancement, au 2e semestre 2017, des Assises Nationales de la Mobilité qui prépareront les travaux d'un projet de loi d'orientation des mobilités,
- l'accompagnement, par le Gouvernement, dans le cadre de contrats de transition écologique, l'arrêt des dernières centrales électriques au charbon d'ici 2022 ou leur évolution vers des solutions moins carbonées, tout en garantissant la sécurité d'approvisionnement électrique,
- la sortie progressive de la production d'hydrocarbures sur le territoire français à l'horizon 2040, en n'attribuant plus de nouveaux permis d'exploration d'hydrocarbures et en ne renouvelant pas les concessions d'exploitation existantes,
- une augmentation accélérée du prix du carbone qui sera fixée pour les cinq années (2017-2022) dans la loi de finances (mesure abandonnée pour 2019 suite à la crise des "gilets jaunes"),
- une fiscalité incitative sur les HFC,
- la révision des documents stratégiques en matière de climat et d'énergie : une nouvelle stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et une nouvelle programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) seront publiées avant fin 2018. En particulier, la nouvelle SNBC visera la neutralité carbone vers le milieu du siècle,
- le soutien à la création de labels de référence (label Transition énergétique et écologique pour le climat (TEEC), financement participatif pour la croissance verte…),
- la publication avant mars 2018 d'une stratégie nationale pour mettre fin à l'importation de produits forestiers ou agricoles importés contribuant à la déforestation.

Note : Les émissions de GES au format Plan Climat sont présentées dans la section "Analyse complémentaires – 1 - Emissions de gaz à effet de serre au format dit "Plan Climat".

Loi sur la transition énergétique

La loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTE) a été publiée au JO du 18 août 2015. Cette loi fixe les objectifs et principes, définit le cadre politique et les outils juridiques, techniques, institutionnels et financiers nécessaires pour accélérer la transition énergétique. La loi LTE comprend deux grands piliers : les économies d'énergie et les énergies renouvelables (EnR). La loi vise à inscrire les perspectives stratégiques et politiques dans un cadre à moyen et à long terme. En particulier, le texte comporte de nombreuses dispositions sur la planification de la politique énergétique.

Sur les huit grands titres que comporte la LTE, cinq sont liés directement ou indirectement aux domaines climat/énergie (Titre Ier : Objectifs, Titre II : Bâtiments, Titre III : Transports, Titre V : EnR et Titre VIII : Outils de programmation et de gouvernance de la transition énergétique).

Dans son article 1er, la LTE fixe les objectifs chiffrés en matière de climat-énergie. Ainsi, la politique énergétique nationale a pour objectifs :

- de réduire les émissions de GES de 40% d'ici 2030 (base 1990) et de diviser par 4 les émissions de GES d'ici 2050 (base 1990) (le "facteur 4"),

- de réduire la consommation d'énergie finale de 50% en 2050 par rapport à l'année de référence 2012, en visant un objectif intermédiaire de 20% en 2030,
- de réduire la consommation d'énergie primaire des énergies fossiles de 30% en 2030 par rapport à l'année de référence 2012,
- de porter la part des EnR à 32% dans la consommation finale brute d'énergie d'ici 2030. A cet horizon, pour atteindre cet objectif, la part des EnR doit être de 40% dans la production d'électricité, de 38% dans la consommation finale de chaleur, de 15% dans la consommation finale de carburant et de 10% dans la consommation de gaz.

La LTE établit plusieurs instruments politiques de planification pour favoriser la transition énergétique :

- la stratégie pour le développement de la mobilité propre (article 40),
- la stratégie nationale "bas carbone" ou SNBC (c'est-à-dire à faibles émissions de GES) (article 173) (*voir plus loin*),
- la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) (article 176),
- les plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) (article 188),
- les programmes régionaux pour l'efficacité énergétique (article 188).
- Il établit par ailleurs des instruments relatifs à la pollution de l'air (voir section *Pollution de l'air* de ce chapitre).

La LTE établit également plusieurs outils politiques, comme les territoires à énergie positive (défini comme étant un territoire qui s'engage dans une démarche permettant d'atteindre l'équilibre entre la consommation et la production d'énergie à l'échelle locale en réduisant autant que possible les besoins énergétiques), la 3e période du dispositif des certificats d'économies d'énergie (article 30), ainsi que les plans de mobilité (article 51). Ce dernier vise à optimiser et à renforcer l'efficacité des déplacements liés à l'activité d'une entreprise, en particulier ceux de son personnel, dans une perspective de réduction des émissions de GES et de polluants atmosphériques et de réduction de la congestion des infrastructures et des moyens de transports.

Loi relative à l'énergie et au climat

La loi n°2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat (dite loi énergie-climat) a été publiée au JO le 9 novembre 2019. Cette loi modifie les objectifs nationaux en matière d'énergie et de climat fixés par la LTE, notamment en ajoutant un nouvel objectif de neutralité carbone d'ici 2050 (zéro émission nette) conformément à l'article 4 de l'Accord de Paris. Cette nouvelle loi :

- remplace l'objectif facteur 4 par l'objectif d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 en divisant les émissions de GES par un facteur supérieur à six, par rapport à 1990 ;
- ajoute un objectif intermédiaire de réduction de la consommation énergétique finale (en 2023), ce qui donne désormais :
  - -7% environ en 2023 (base 2012),
  - -20% en 2030 (base 2012),
  - -50% en 2050 (base 2012) ;
- rehausse **l'objectif de réduction de la consommation énergétique *primaire* des énergies fossiles en 2030** de 30% à **40%** (base 2012), en ajoutant "*dans cette perspective, il est mis fin en priorité à l'usage des énergies fossiles les plus émettrices de GES*" ;
- fait passer] l'objectif de porter la **part** d'**EnR** de 32% de la consommation finale brute d'énergie en 2030 à ***"33% au moins"*** ;
- fixe un nouvel objectif pour la politique énergétique nationale : **atteindre, à l'horizon 2030, une part d'hydrogène bas-carbone et renouvelable comprise entre 20 et 40% des consommations totales d'hydrogène et d'hydrogène industriel** pour encourager l'usage dans les secteurs de l'industrie, de l'énergie et des transports.

Par ailleurs, la loi énergie-climat établit qu'avant le 1er juillet 2023, puis tous les cinq ans par la suite, une loi devra fixer notamment :

- les objectifs climat-énergie (réduction des émissions de GES pour trois périodes successives de cinq ans, utilisation des EnR, réduction de la consommation d'énergie, rénovation énergétique des bâtiments…),
- les niveaux minimaux et maximaux des obligations d'économie d'énergie [pour une période de cinq ans],
- les priorités d'action de la politique énergétique nationale.

Cette obligation représente une nouveauté importante car jusque-là, les objectifs climat-énergie étaient uniquement fixés par la PPE, adoptée par décret en Conseil des Ministres.

La loi-énergie-climat établit également l'obligation pour les budgets carbone de définir également un plafond indicatif des émissions de GES induites par les liaisons de transport au départ ou à destination de la France et non comptabilisées dans les budgets carbone, dénommé "budget carbone spécifique au transport international" (obligation qui s'applique à partir du 1er janvier 2022).

En outre, cette nouvelle loi établit, dans le cadre de la sortie du charbon prévue par le Plan climat du 6 juillet 2017 l'obligation pour l'autorité administrative de définir un plafond d'émissions applicable à compter du 1er janvier 2022 pour les installations de production d'électricité à partir de combustibles fossiles situées sur le territoire métropolitain continental et émettant plus de 0,550 tonnes de CO_2e/MWh. Le décret n°2019-1467 du 26 décembre 2019 (JO du 28) fixe ce plafond annuel d'émissions de GES à 0,7 kilotonne (soit 700 t) CO_2e/MW de puissance électrique installée, ainsi que des règles à prendre en compte pour le calcul.

Enfin, loi oblige les entreprises et les collectivités tenues d'établir un bilan d'émissions de GES à y joindre également un plan de transition pour réduire leurs émissions de GES présentant les objectifs, moyens et actions envisagés à cette fin.

Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) 2015 et 2019

SNBC-1 (2015)

En application de la loi LTE (article 173), la **stratégie nationale "bas-carbone" (SNBC)** a été publiée au JO du 19 novembre 2015 (décret n 2015-1491 du 18 novembre 2015). Ainsi, la SNBC fixe le cadre général et les mesures à mettre en œuvre pour assurer la transition vers une économie bas-carbone, en formulant des recommandations à prendre en compte dans les politiques publiques, sectorielles et territoriales. La SNBC doit surtout permettre à la France d'atteindre ses objectifs nationaux de réduction des émissions de GES fixés à l'article 1er de la LTE. A cette fin, celle-ci prévoit l'adoption de "budgets carbone" pour les périodes 2015-2018, 2019-2023 et 2024-2028. Contrairement au plan climat qui ne fixe pas d'objectifs précis, il s'agit ici de plafonds d'émission nationaux de GES à ne pas dépasser pour permettre une visibilité à moyen terme des trajectoires de réduction. Le décret n°2015-1491 fixe les trois premiers budgets carbone :

Emissions annuelles moyennes (en Mt CO_2e)	2013	1er budget (2015-2018)	2e budget (2019-2023)	3e budget (2024-2028)
SEQE (hors aviation internationale)	119	110	n.d	n.d
Secteurs hors SEQE	373	332	n.d	n.d
Tous secteurs confondus	**492**	**442**	**399**	**358**

n.d. : pour les 2e et 3e budgets, la répartition des émissions entre le SEQE et les autres secteurs sera précisée lors de la fixation du 4e budget (2029-2033).

Le 2ème budget (399 Mt CO_2e) représente un niveau plus ambitieux que celui du scénario avec mesures supplémentaires pour 2020 établi dans le Plan Climat de 2010 (437 Mt CO_2e).

Selon le Ministère de l'Environnement, si le rythme actuel de réduction des émissions de GES (environ -8 Mt/an entre 2005 et 2013) va dans le bon sens, pour parvenir au facteur 4 d'ici 2050 – c'est-à-dire ramener les émissions nationales de GES à **140 Mt CO_2e** à cet horizon-là [de 552 Mt CO_2e en 1990 et de 492 Mt CO_2e en 2013] – il faudra réaliser des réductions encore plus importantes, de l'ordre de 9-10 Mt CO_2e/an en moyenne au cours des 35 prochaines années.

Le suivi de la SNBC repose sur un tableau de bord de 184 indicateurs, ainsi que sur une revue bisannuelle de la prise en compte des orientations et recommandations de la SNBC dans les politiques publiques. Le comité d'experts de la transition énergétique (CETE) ainsi que le Conseil national de la transition écologique (CNTE) sont associés à cette revue, à l'issue de laquelle les indicateurs sont publiés. Ce suivi complète l'évaluation de la SNBC, qui intervient tous les cinq ans, en amont de sa révision sous l'égide du CETE, comme le prévoit le la LTE (art. 173), soit un cycle complet de révision quinquennal. Il convient de noter que le Haut Conseil pour le climat mis en place par le Président de la République le 27 novembre 2018 a vocation à remplacer le CETE dans ses missions d'évaluation de la SNBC.

Ajustement des budgets carbone de la SNBC-1 (2018)

Une première évaluation du respect du premier budget-carbone (2015-2018) a été réalisée par le MTES en 2018 au regard de l'inventaire national des émissions de GES, réalisé par le Citepa, pour l'année 2016. Cette première évaluation montrait que la France n'était alors pas en mesure de respecter le premier budget-carbone.

Evolution des émissions de gaz à effet de serre en France* 1990-2016 (en Mt CO_2e) au regard du budget carbone 2015-2018

Cette estimation intégrait un premier ajustement technique des trois premiers budgets-carbone (*voir tableau ci-dessous*), à la baisse, réalisé en 2018 pour tenir compte des évolutions méthodologiques dans la comptabilité des émissions sur les inventaires.

Ajustement provisoire en 2018 des premiers budgets carbone

Emissions annuelles moyennes (en Mt CO_2e)	1er budget (2015-2018)	2e budget (2019-2023)	3e budget (2024-2028)
Budgets adoptés en 2015	442	399	358
Budgets ajustés en 2018	**440**	**398**	**357**

Près d'un cinquième des dépassements observés pour le premier budget carbone était lié à des facteurs conjoncturels défavorables, dont les deux principaux sont les prix faibles des énergies et, pour les années 2016 et 2017, l'indisponibilité d'une partie du parc de production électrique nucléaire (environ +15 Mt CO_2e sur l'ensemble de la période).

Les écarts d'ordre structurels (environ quatre cinquièmes du dépassement) s'expliquent par des résultats nettement moins bons que prévu dans les secteurs des transports et du bâtiment (environ +40 à 45 Mt CO_2eq sur l'ensemble de la période pour chacun de ces secteurs) ainsi que de l'agriculture (environ +10 Mt CO_2eq sur l'ensemble de la période). Ces mauvais résultats sont en partie compensés par des résultats meilleurs que les objectifs de la première SNBC dans le secteur de la production d'énergie malgré l'indisponibilité d'une partie du parc nucléaire (environ 20 Mt CO_2e sur l'ensemble de la période). Outre le faible prix des énergies, la stagnation des émissions dans le secteur des transports s'explique notamment par la faible amélioration des performances des véhicules neufs, un rebond des trafics routiers et des résultats moins bons qu'espérés pour le report modal dans le secteur des marchandises. Dans le secteur du bâtiment, l'écart est principalement imputable aux rénovations dont le rythme et l'ampleur sont insuffisants.

SNBC 2

Dans le cadre du cycle complet de révision quinquennal, un projet de SNBC révisée a été publié le 6 décembre 2018. La SNBC-2 a été formellement adoptée par le décret n°2020-457 du 21 avril 2020. Ce décret fixe également les trois prochains budgets carbone pour les périodes 2019-2023, 2024-2028 et 2029-2033.

Répartition des budgets carbone par grand secteur

Emissions annuelles moyennes (en Mt CO_2e)	1990	2005	2015	2e budget (2019-2023)	3e budget (2024-2028)	4e budget (2029-2033)
SEQE (hors aviation internationale)			100	97	80	66
Secteurs hors SEQE			353	321	274	229
Aviation civile domestique	4	5	**5**	**5**	**5**	**4**
Tous secteurs confondus (hors UTCATF)	**548**	**555**	**458**	**422**	**359**	**300**
Secteur UTCATF	-22	-45	-27	-39	-38	-42
Tous secteurs confondus (avec UTCATF)	**526**	**510**	**431**	**383**	**320**	**258**

La SNBC s'appuie sur un scénario élaboré au cours d'un exercice de projection commun à la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE). Ce scénario s'appuie sur des mesures de politiques publiques supplémentaires (scénario dit avec mesures supplémentaires, AMS) par rapport à celles existant aujourd'hui (scénario dit avec mesures existantes, AME). Ces mesures supplémentaires permettraient à la France de respecter ses objectifs climatiques et énergétiques à court, moyen et long-terme.

Concrètement, la SNBC-2 prévoit, dans son scénario AMS, que les émissions de GES atteignent un niveau de 80 $MtCO_2e$ (hors UTCATF) en 2050 (contre 546 $MtCO_2e$ en 1990 et 458 $MtCO_2e$ en 2015). Sans pour autant le fixer explicitement comme objectif national de réduction, la SNBC-2 impliquerait donc une réduction non plus par 4 d'ici 2050 (facteur 4), mais par 6,8 (soit -85%, base 1990). Atteindre la neutralité carbone implique donc de compenser ces émissions par des puits de carbone, générant des absorptions annuelles au moins équivalentes (-80 $MtCO_2e$/an).

Le bilan provisoire du solde du premier budget-carbone 2015-2018 indique un **dépassement estimé à 65 Mt CO_2e** sur l'ensemble de la période, soit **3,7%** du premier budget, soit un surplus moyen d'environ 16 Mt CO_2e par an (c'est-à-dire 3,5% des émissions totales de GES de la France en 2017 (452 Mt CO_2e), hors UTCATF [*source : Citepa, inventaire national Secten*]). Les émissions de GES n'ont décru que de 1% par an en moyenne entre 2015 et 2018, alors que le scénario SNBC 2015 projetait une diminution de 2,2% par an en moyenne sur cette période.

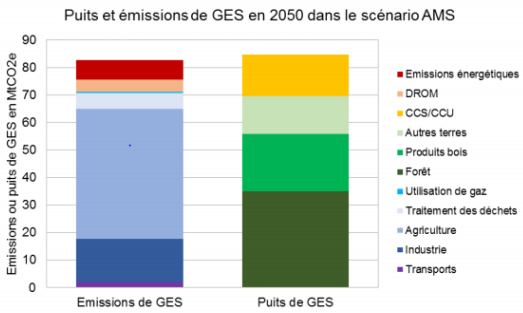
Par secteur, les objectifs de réduction à l'horizon 2050 (exprimés en facteur de réduction par rapport à 2015 et par rapport au scénario tendanciel "avec mesures existantes" ou AME) sont les suivants : cf. voir p.32 de la SNBC-2.

Secteurs	Réduction des émissions par secteur du scénario AMS à l'horizon 2050	
	Par rapport à 2015	Par rapport au scénario tendanciel « avec mesures existantes » (AME) (2050)
Transports	-97%	-97%
Bâtiment	-95%	-92%
Agriculture/sylviculture (hors UTCATF)	-46%	-40%
Industrie	-81%	-78%
Production d'énergie	-95%	-97%
Déchets	-66%	-37%
Total (hors UTCATF)	-83%	-83%

Secteur	Facteur
Extraction, transformation et distribution d'énergie	36
Industrie manufacturière et construction	9
Traitement centralisé des déchets	3
Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel	20
Agriculture	2
Transports	33

Sources : MTES, SNBC 2 et projet de SNBC 2.

En parallèle, le puits visé en 2050 est de 82 $MtCO_2e$ (soit un puits plus important que les émissions), réparti entre le puits dit naturel (biomasse en forêt, sols…) du secteur UTCATF (82%) et le CSC (18%).



DROM : départements et régions d'outremer

CCS/CCU : captage et stockage de CO_2/captage et utilisation de CO_2.

Source : MTES, projet de SNBC 2 (p.19).

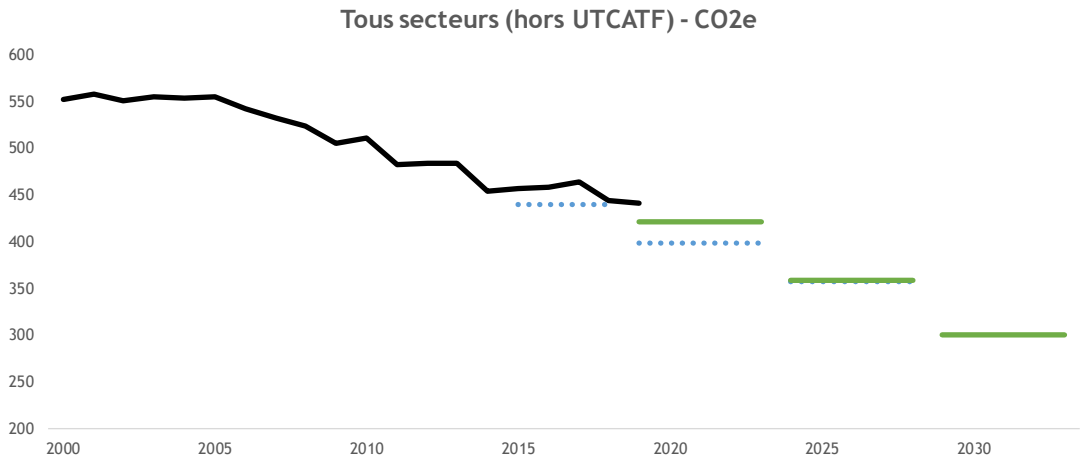
Le nouveau décret révise les **budgets carbone pour les périodes 2019-2023 (2e budget) et 2024-2028 (3e budget)** (en remplacement des budgets initialement fixés par la première SNBC et le décret n°2015-1491 pour ces mêmes périodes) et fixe **un quatrième budget carbone** pour la période **2029-2033.**

Les budgets des périodes 2019-2023 et 2024-2028 ont été revus entre ceux définis initialement par la SNBC-1 en 2015, et ceux fixés par la SNBC-2. Le budget 2019-2023 pour tous les GES s'élevait à 398 Mt CO_2e/an (hots UTCATF) dans la SNBC-1 (en tenant compte de l'ajustement provisoire en 2018) et s'élève désormais à 422 Mt CO_2e/an (hors UTCATF), soit 24 Mt CO_2e de plus. L'effort de réduction est donc abaissé pour cette période. En revanche, pour la période 2024-2028, le nouveau budget (359 Mt CO_2e/an) est similaire à celui de la SNBC-1 (en tenant compte de l'ajustement provisoire en 2018) (357 Mt CO_2e/an). Cela signifie que l'effort supplémentaire de réduction entre les deux périodes intervient plus tard mais doit prendre un rythme plus rapide dans la SNBC-2 que dans la SNBC-1. Autrement dit, si l'ambition à court terme a été revue, l'ambition de moyen terme (2030) et long terme (2050) quant à elle est bien conservée.

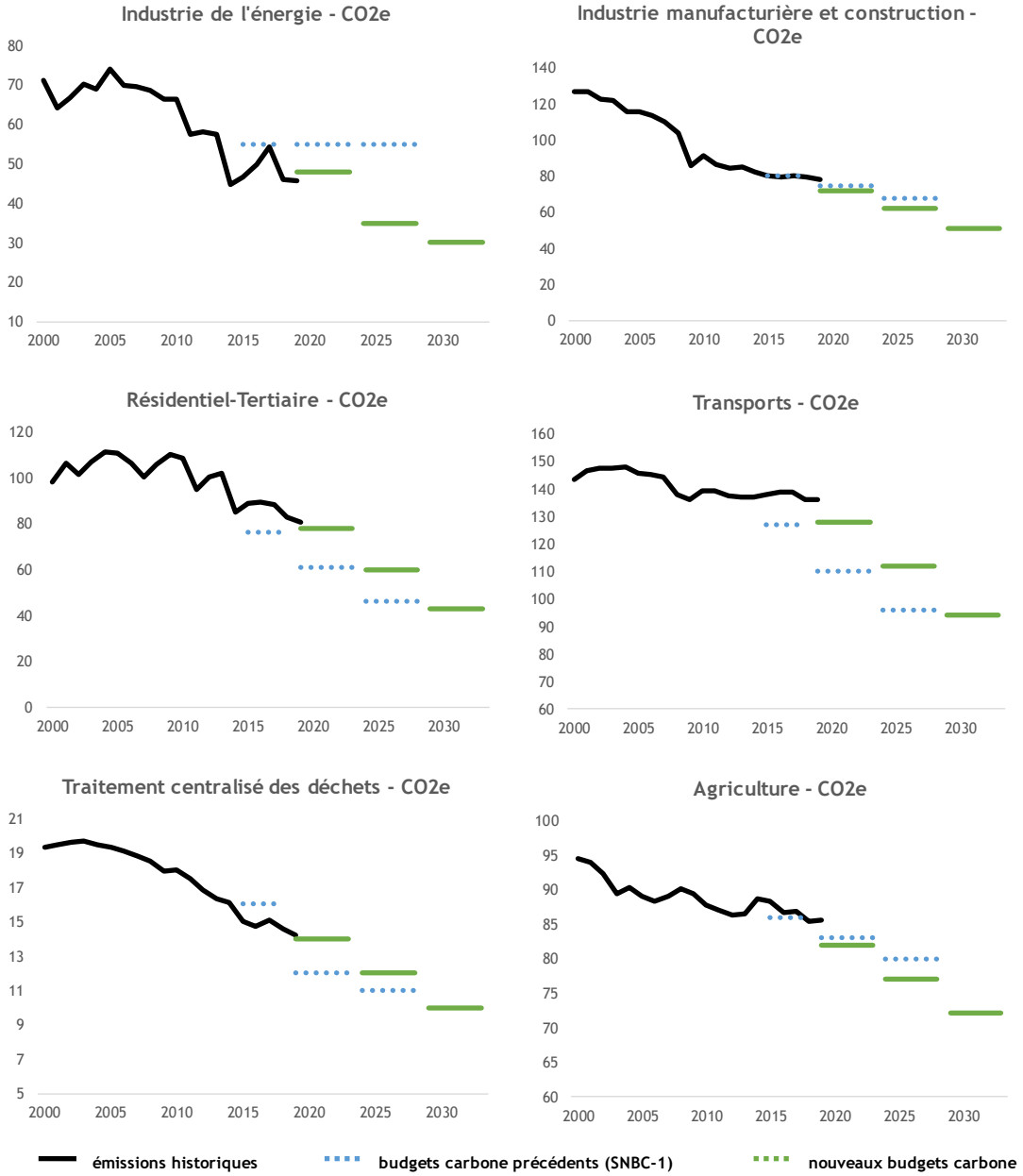
Le MTES souligne en effet que le rythme de diminution des émissions de GES prévu par les budgets carbone de la SNBC-2 est plus ambitieux que celui fixé par les budgets de la stratégie adoptée en 2015. En effet, la réduction prévue en 2015 entre le premier budget et le troisième étant de près de 20% (de 442 à 358 Mt CO_2e), alors que cette diminution est proche de 30% entre le deuxième et le quatrième budget carbone. Selon le MTES, ceci vient souligner les efforts additionnels attendus dans tous les secteurs pour respecter les engagements nationaux, européens et internationaux de la France et atteindre la neutralité carbone en 2050.

Où en sont les émissions de gaz à effet de serre par rapport aux budgets carbone ?

en MtCO2e - périmètre France métropolitaine + Outre-mer inclus dans l'UE



Déclinaison indicative des budgets carbone de la SNBC par grand secteur (en MtCO2e)



Source : Citepa d'après SNBC-2.

Programmation pluriannuelle de l'énergie

La 2e programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE-2), portant sur la période 2019-2028, a été formellement adoptée par le décret n°2020-456 du 21 avril 2020. Ce décret fixe également les objectifs stratégiques dans le domaine de l'énergie. Prévue par la loi sur la transition énergétique (article 176), la PPE est un outil de planification et de pilotage de la politique énergétique nationale qui définit les priorités d'actions des pouvoirs publics, des mesures opérationnelles et les objectifs spécifiques à mettre en œuvre couvrant deux périodes successives de cinq ans et visant toutes les énergies, afin d'atteindre les objectifs nationaux en matière de climat-énergie préalablement fixés par la LTE (article 1er, modifié par la loi n°2019-1147 du 8 novembre 2019 sur l'énergie et le climat). La PPE est une étape clé pour mettre en œuvre la trajectoire définie par la stratégie nationale bas-carbone (SNBC). La PPE doit donc être compatible avec les objectifs et les budgets carbone de la SNBC. Elles se basent ainsi sur le même scénario énergétique.

La PPE-2 fixe plusieurs objectifs spécifiques par filière énergétique, dont :

Consommation *finale* d'énergie	Baisse de 7,6% en 2023 et de 16,5% en 2028 par rapport à 2012. *Soit -6,3% en 2023 et -15,4% en 2028 par rapport à 2018*
Consommation *primaire* des énergies fossiles	Baisse de 20% de la consommation primaire d'énergies fossiles en 2023 et de 35% en 2028 par rapport à 2012 - gaz naturel : -10% en 2023 et -22% en 2028, - pétrole : -19% en 2023 et -34% en 2028, - charbon : -66% en 2023 et -80% en 2028
Émissions de CO_2 issues de la combustion d'énergie	- 277 Mt CO_2 en 2023 - 227 Mt CO_2 en 2028 Soit -14% en 2023 et -30% en 2028 par rapport à *2016* (322 Mt CO_2) Soit -27% en 2023 et -40% en 2028 par rapport à *1990*
Consommation de chaleur renouvelable	Consommation de 196 TWh en 2023 Entre 218 et 247 TWh en 2028 Soit +25% en 2023 et entre +40 et +60% en 2028 de la consommation de chaleur renouvelable de 2017 (154 TWh)
Capacités de production d'électricité renouvelables installées	73,5 GW en 2023, soit +50% par rapport à 2017 101 à 113 GW en 2028, doublement par rapport à 2017
Capacités de production d'électricité nucléaire	4 à 6 réacteurs nucléaires fermés d'ici 2028 dont ceux de Fessenheim Fermeture de 14 réacteurs nucléaires d'ici 2035, échéance pour ramener la part d'électricité nucléaire dans le mix électrique à 50% par rapport à 75% aujourd'hui
Véhicules électriques	660 000 au 31 déc. 2023 et 3 millions au 31 déc. 2028
Véhicules particuliers hybrides rechargeables	500 000 au 31 déc. 2023 et 1,8 million au 31 déc. 2028
Véhicules utilitaires légers électriques ou hybrides rechargeables	170 000 au 31 déc. 2023 et 500 000 au 31 déc. 2028
Véhicules lourds à faibles émissions	21 000 au 31 déc. 2023 et 65 000 au 31 déc. 2028

Loi d'orientation des mobilités

La loi d'orientation des mobilités, dite LOM (loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019) a été publiée au JO le 26 décembre 2019. Ce nouveau texte vise à réformer en profondeur le cadre général des politiques publiques de mobilités en France pour améliorer concrètement la mobilité au quotidien, de tous les citoyens et dans tous les territoires, grâce à des solutions de transports plus efficaces, moins émetteurs et plus accessibles. Les quatre objectifs concrets de la LOM sont :

- apporter à tous et sur 100% du territoire des solutions alternatives à la dépendance à l'usage individuel de la voiture,
- développer l'innovation et les nouvelles solutions de mobilité,
- réduire l'empreinte environnementale des transports
- investir davantage dans les infrastructures qui améliorent les transports du quotidien (hausse de 40% des investissements) notamment pour renforcer l'offre de transports en commun moins émetteurs.

Parmi les mesures phares prévues par la LOM :

- la mise en place de zones à faibles émissions (ZFE *voir section pollution de l'air - au niveau français*),
- la remise en état des réseaux ferroviaire et routier,
- un forfait mobilités durables, jusqu'à 400 €/an, pour aller au travail en vélo ou en covoiturage,
- un plan pour développer le covoiturage,
- un plan vélo pour tripler sa part dans les déplacements d'ici 2024, en la faisant passer de 2,7% aujourd'hui à 9% en 2024 (ce plan a été présenté le 14 septembre 2018),
- l'objectif de multiplier par 5 d'ici 2022 des points de recharge publics pour les véhicules électriques,
- l'obligation, d'ici 2025, de prééquiper de bornes de recharge électrique dans tous les parkings de plus de 10 places neufs ou rénovés,
- l'obligation, d'ici 2025, d'équiper tous les parkings de plus de 20 places des bâtiments non résidentiels (bâtiments tertiaires donc).

Le projet de loi initial était issu des travaux menés dans le cadre des Assises nationales de la mobilité qui se sont déroulées du 19 septembre au 13 décembre 2017. Cette concertation sur les grandes orientations et les priorités d'investissement dans les transports avait pour objectif d'identifier les besoins et les attentes des citoyens dans leurs déplacements. Élus, associations professionnelles et syndicales, ONG, entreprises et grand public y ont participé. L'environnement était un des six thèmes, et tout particulièrement les mobilités plus propres pour réduire l'empreinte environnementale des déplacements, encourager la conversion des véhicules les plus émetteurs et l'achat de véhicules plus propres.

Pollution atmosphérique transfrontière et qualité de l'air

Action à l'international

Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance

Sous l'égide de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-NU), la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CLRTAP) a été signée par 32 pays (dont la France) en 1979, ce qui en fait le plus ancien traité multilatéral sur la pollution de l'air. Elle est entrée en vigueur en 1983.

La CLRTAP définit les principes généraux de la coopération internationale pour la réduction de la pollution atmosphérique et la mise en place d'un cadre institutionnel qui réunit la recherche et la politique. La Convention a contribué à la réduction des effets nocifs de la pollution de l'air sur la santé humaine et l'environnement. Ce sont en effet les impacts significatifs des polluants, notamment du SO_2 sur les forêts et les lacs dans de nombreux pays de l'hémisphère Nord dans les années 60 et 70 ("pluies acides") qui ont incité les 32 Etats de la région pan-européenne à établir cette coopération. Depuis de nombreux autres pays ont rejoint la Convention.

Dans le cadre de la CLRTAP, plusieurs Protocoles ont été adoptés en vue de réduire les émissions de certains polluants dans l'air. Ces Protocoles assignent à chaque Partie signataire, soit un engagement de réduction des émissions en pourcentage par rapport à une année de référence, soit des plafonds d'émissions à ne pas dépasser. Au fil des années, le nombre de polluants visés par la CLRTAP et ses Protocoles s'est progressivement agrandi pour couvrir le carbone suie, les polluants organiques persistants, les métaux lourds et les particules fines.

Les Protocoles adoptés en application de cette Convention sont les suivants :

Premier Protocole soufre

Le **premier Protocole soufre,** signé à Helsinki le 8 juillet 1985, est entré en vigueur le 2 septembre 1987. La France avait pour objectif de réduire ses émissions de 30% entre 1980 et 1993. La France a décidé, en plus, de s'engager à réduire ses émissions de 60% à l'instar de douze Etats qui se sont engagés à réduire les leurs d'au moins 50%.

Protocole relatif aux NOx

Le **Protocole relatif aux NO_x**, signé à Sofia le 1er novembre 1988, est entré en vigueur le 14 février 1991. La France s'est vue assigner l'objectif de stabiliser ses émissions entre 1987 et 1994. La France a décidé de s'engager, en outre, dans une réduction de 30% des émissions entre 1980 et 1998.

Protocole relatif aux COV

Le **Protocole relatif aux COV** signé à Genève le 18 novembre 1991, est entré en vigueur le 29 septembre 1997. La France a accepté l'objectif de réduire ses émissions de 30% entre 1988 et 1999. A noter que les sources biotiques sont exclues de cet engagement.

Second Protocole soufre

Le **second Protocole soufre,** signé à Oslo le 14 juin 1994, est entré en vigueur le 5 août 1998. Le nouvel objectif fixé à la France était une réduction supplémentaire progressive de ses émissions (868 kt en 2000, 770 kt en 2005 et 737 kt en 2010).

Protocoles relatifs aux POP et aux métaux lourds

Les **Protocoles relatifs aux Polluants Organiques Persistants et aux métaux lourds** signés à Aarhus le 24 juin 1998 sont **entrés en vigueur** le 23 octobre 2003 en ce qui concerne les Polluants Organiques Persistants et le 29 décembre 2003 pour les métaux lourds. Parmi les dispositions prises, les Parties signataires, dont la France, doivent limiter leurs émissions de plomb, cadmium et mercure ainsi que de HAP (quatre composés : BaP, BbF, BkF et IndPy), dioxines/furannes et HCB à un niveau inférieur à celui de 1990.

Le Protocole métaux lourds a été amendé le 13 décembre 2012. De nouvelles valeurs limites d'émission (VLE) sont mises en place pour les métaux lourds et des VLE pour les particules ont été introduites. Ces VLE particules sont cohérentes avec celles du Protocole de Göteborg amendé (voir ci-après). En juin 2020, les amendements 2012 du Protocole ne sont pas encore en vigueur, le nombre de ratifications minimal n'ayant pas encore été atteint.

Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique

Le **Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique dit "multi-polluants / multi-effets"**, signé à Göteborg le 1er décembre 1999 par 31 Parties dont la France, **est entré en vigueur le 17 mai 2005**. Il porte sur trois polluants déjà concernés par les Protocoles cités précédemment (SO_2, NO_x et COVNM) plus le NH_3. La France doit respecter des plafonds d'émissions définis en rejets massiques absolus en 2010. Ces plafonds sont de 400 kt pour le SO_2, 860 kt pour les NO_x, 1 100 kt pour les COVNM et 780 kt pour le NH_3. Ces plafonds sont très inférieurs aux plafonds fixés dans les Protocoles précédents. L'atteinte ou non des plafonds est précisée dans le tableau présenté dans la suite de ce rapport.

Le Protocole de Göteborg a été amendé le 4 mai 2012. En effet, malgré les réductions des émissions accomplies, les impacts des polluants sur la santé et les écosystèmes sont toujours présents.

Des nouveaux engagements de réduction à l'horizon 2020 par rapport à l'année de référence 2005 ont été fixés pour les quatre polluants déjà visés par le Protocole (SO_2, NO_x, COVNM et NH_3) mais aussi pour les particules primaires fines ($PM_{2,5}$). Ainsi, le Protocole de Göteborg révisé en 2012 est le premier traité multilatéral contraignant à fixer des engagements de réduction des émissions pour les $PM_{2,5}$.

Pour la France, les engagements de réduction d'émissions pour 2020 sont de -55% pour le SO_2, de -50% pour les NO_x, de -43% pour les COVNM, de -4% pour le NH_3 et de -27% pour les $PM_{2,5}$ par rapport à ses émissions de 2005. Le Protocole amendé met en place de nouvelles VLE pour certaines activités concernant les cinq polluants.

Le carbone suie, en tant que composante des particules, a aussi été introduit dans le Protocole qui devient donc le

premier Protocole à prendre en compte ce polluant et forceur climatique à courte durée de vie, notamment par un système de rapportage des émissions de carbone suie à l'échelle de la zone de la CEE-NU. Aucune VLE, ni aucun plafond ne sont toutefois mis en place aujourd'hui pour le carbone suie mais des recommandations sont données aux Parties, notamment de focaliser les réductions des émissions de $PM_{2,5}$ sur les sources riches en carbone suie.

Avec la 19e ratification par la Suisse le 24 juillet 2019, l'amendement du Protocole de Göteborg est entré en vigueur le 7 octobre 2019 (entrée en vigueur 90 jours après ratification par deux tiers des 27 Parties qui ont ratifié le Protocole de Göteborg de 1999, soit 18 Parties). Au 3 juin 2020, 23 Parties avaient ratifié l'amendement. La France ne l'a pas encore ratifié.

La CEE-NU a lancé la revue (réexamen) du Protocole de Göteborg puisque l'amendement de 2012 est entré en vigueur. La revue se poursuivra sur deux ans et les phases de négociations sur la révision interviendront ensuite.

En ce qui concerne la France, les engagements arrivant à échéance de l'ensemble des Protocoles précités ont été atteints pour la plupart. Pour les NOx cependant, il y a lieu d'observer que le niveau de réduction a été atteint avec un décalage de quelques années (NOx Sofia et NOx Göteborg 1999).

Convention de Minamata sur le mercure

La Convention de Minamata sur le mercure a été formellement adoptée le 10 octobre 2013 et est entrée en vigueur en 2017. Elle vise, entre autres, à réduire les émissions atmosphériques de mercure provenant des cinq catégories de sources ponctuelles : installations de production d'électricité au charbon, chaudières industrielles alimentées au charbon, production de métaux non ferreux, installations d'incinération des déchets, cimenteries. Après la ratification par l'UE en tant qu'organisation régionale d'intégration économique et sept de ses 28 Etats membres (Bulgarie, Danemark, Hongrie, Malte, Pays-Bas, Roumanie et Suède) mi-mai 2017, la Convention est entrée en vigueur le 16 août 2017. Au total, au 3 juin 2019, 120 Parties avaient ratifié la Convention. La France l'a ratifiée le 15 juin 2017.

Action européenne

Directive NEC II

La directive (UE) 2016/2284 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques a été publiée au JOUE L 344 du 17 décembre 2016.

Ce texte vient réviser la directive 2001/81/CE relative aux plafonds d'émission nationaux, dite directive NEC I, adoptée le 23 octobre 2001. Celle-ci visait à limiter les émissions des polluants acidifiants, eutrophisants et des précurseurs de l'ozone. Elle fixait des plafonds d'émissions nationaux pour quatre substances, lesquelles sont les mêmes que celles visées par le Protocole de Göteborg avant son amendement en 2012 (cf. section 1.2.1 de ce même chapitre) à savoir : SO_2, NO_x, COVNM et NH_3. Ces plafonds étaient fixés pour 2010.

La nouvelle directive, qui a abrogé la directive NEC I le 1er juillet 2018, étend la période de la directive NEC de 2020 à 2030 et au-delà. De plus, elle aligne le droit de l'UE sur les engagements découlant de la révision du Protocole de Göteborg adoptée le 4 mai 2012.

Les Etats membres doivent limiter leurs émissions anthropiques annuelles de cinq polluants : SO_2, NOx, NH_3, COVNM et $PM_{2,5}$ (polluant ajouté par rapport à la directive NEC I) conformément aux engagements nationaux de réduction fixés à l'annexe II de la directive. Ces engagements nationaux sont des objectifs contraignants assignés aux Etats membres. Ces engagements portent sur deux échéances : 2020 et 2030. Cela signifie que les engagements 2020 doivent être respectés sur l'ensemble de la période 2020-2029 (au moins).

Contrairement à la directive NEC I, ces engagements ne sont pas des plafonds (en kt), mais des *objectifs relatifs* de réduction (en % par rapport à l'année de référence 2005). Ces objectifs excluent :

- les émissions des aéronefs au-delà du cycle d'atterrissage/décollage [>1 000 m],
- les émissions provenant du trafic maritime national au départ ou à destination des départements français d'outre-mer,
- les émissions provenant du trafic maritime international,
- les émissions de NOx et de COVNM provenant de la gestion des effluents d'élevage et des sols agricoles.

Engagements nationaux de réduction fixés pour la France
(année de référence : **2005**)

	2020	**2030**
SO_2	-55%	-77%
NOx	-50%	-69%
COVNM	-43%	-52%
NH_3	-4%	-13%
$PM_{2,5}$	-27%	-57%

Ces engagements sont repris dans le plan national de réduction des émissions de polluants (PREPA – voir plus loin).

La directive oblige les Etats membres à élaborer, à adopter et à mettre en œuvre des programmes nationaux de lutte contre la pollution de l'air (*National Air Pollution Control Programmes* ou NAPCP). Les Etats membres devaient soumettre leur premier programme national avant le 1er avril 2019, à mettre à jour au minimum tous les quatre ans par la suite. Au 30 juin 2020, seuls trois Etats membres n'avaient pas encore communiqué leur NAPCP (Grèce, Luxembourg et Roumanie) et un Etat membre avait remis uniquement une version provisoire de son NAPCP (Luxembourg).

Des informations plus précises sur le NAPCP français (appelé PREPA) sont disponibles dans la section « Au niveau français » plus bas.

Les Etats membres doivent élaborer et mettre à jour chaque année des inventaires nationaux d'émissions pour les polluants suivants :

Polluants	Série chronologique
• SO_2, NOx, COVNM, NH_3, CO • métaux lourds (Cd, Hg, Pb) • POP (HAP totaux, benzo (a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, indéno (1,2,3-cd)pyrène, dioxines/ furannes, PCB, HCB)	Déclaration annuelle de 1990 jusqu'à l'année de déclaration moins 2 (n-2)
• PM_{10}, $PM_{2,5}$ et si disponible carbone suie	Déclaration annuelle de 2000 jusqu'à l'année de déclaration moins 2 (n-2)

Les Etats membres doivent élaborer et mettre à jour, conformément aux exigences établies :

- tous les quatre ans des inventaires nationaux d'émissions spatialisés et des inventaires des grandes sources ponctuelles,
- tous les deux ans, des projections nationales des émissions de polluants.

Afin de garantir la continuité dans l'amélioration de la qualité de l'air, les plafonds d'émission nationaux établis par la directive 2001/81/CE ont continué de s'appliquer jusqu'au 31 décembre 2019.

Comme prévu par la directive, la Commission a mis en place un Forum européen "Air propre" (*Clean Air Forum*) dans le but de fournir des informations permettant de définir des orientations et de faciliter la mise en œuvre coordonnée de la législation et des politiques de l'UE visant à améliorer la qualité de l'air. Ce Forum réunit toutes les parties prenantes concernées, notamment les autorités compétentes des Etats membres à tous les niveaux administratifs pertinents, la Commission, l'industrie, la société civile et la communauté scientifique.

Les membres du Forum échangent des expériences et des bonnes pratiques (y compris sur la réduction des émissions issues du chauffage domestique et du transport routier) pour améliorer les programmes nationaux de lutte contre la pollution atmosphérique et leur mise en œuvre.

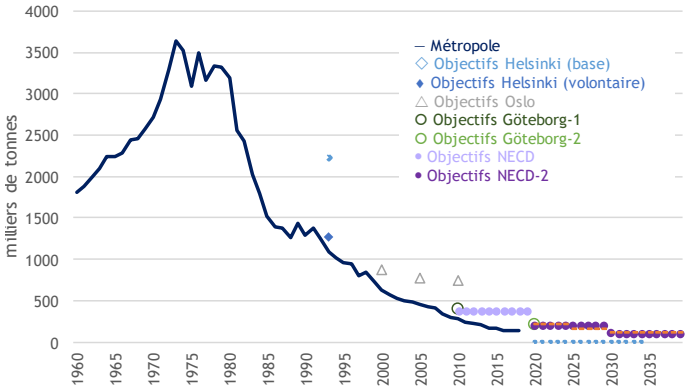
La première réunion du Forum Air Propre s'est tenue à Paris les 16-17 novembre 2017. Elle a rassemblé plus de 300 participants. Les discussions ont été axées sur trois thèmes : la qualité de l'air dans les villes, agriculture et qualité de l'air, et les opportunités économiques liées à l'amélioration de la qualité de l'air.

La 2e réunion du Forum Air Propre a eu lieu les 28-29 novembre 2019 à Bratislava (Slovaquie). Elle a été axée sur quatre thèmes : qualité de l'air et santé ; qualité de l'air et énergie ; qualité de l'air et agriculture ; et mécanismes de soutien pour améliorer la qualité de l'air.

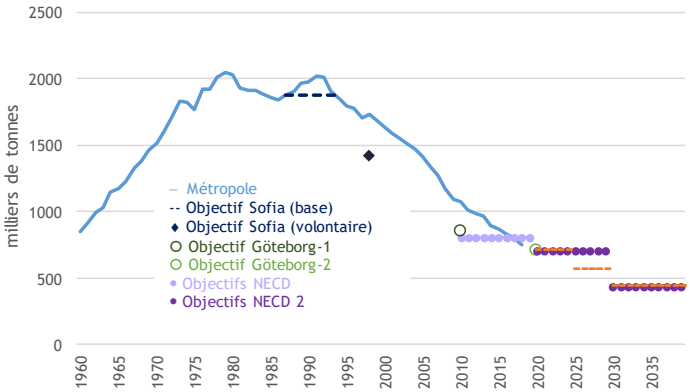
Emissions de polluants et objectifs

(voir aussi les sections dédiées à chaque substance)

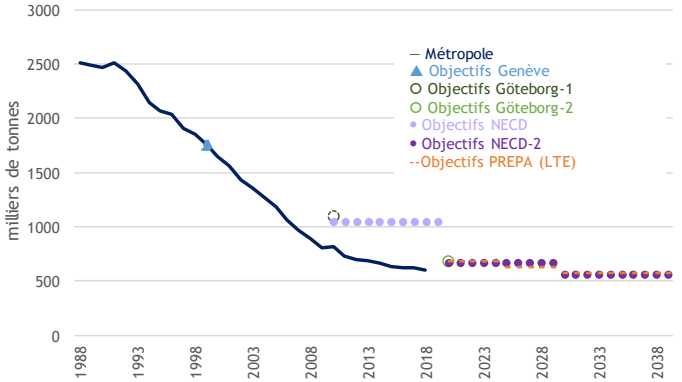
Evolution des émissions de SO_2 en France



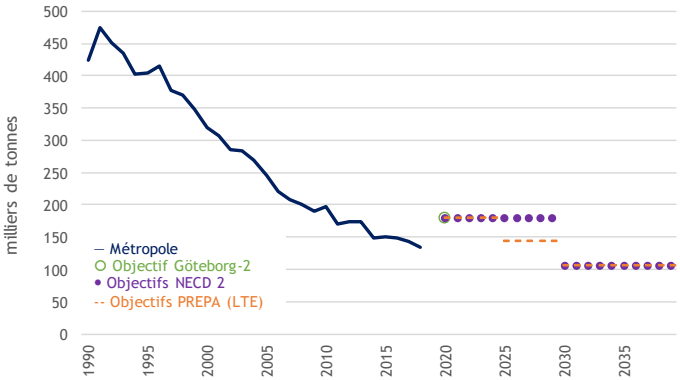
Evolution des émissions de NOx en France



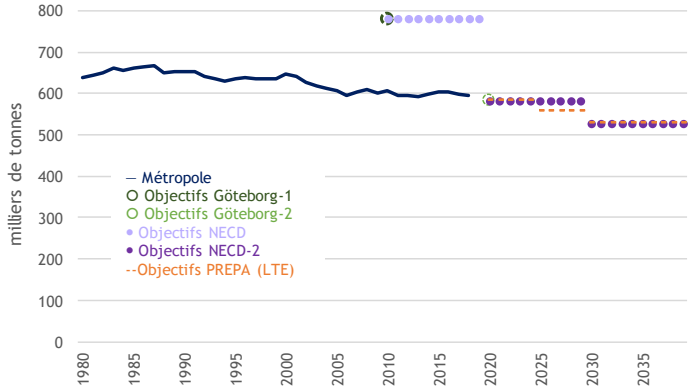
Evolution des émissions de COVNM en France



Evolution des émissions des $PM_{2.5}$ en France



Evolution des émissions de NH_3 en France



Légende

Genève : Protocole de Genève de 1991 sur les COV dans le cadre de la CLRTAP

Göteborg-1 : Protocole de Göteborg de 1999, multi-polluants, entré en vigueur en 2007

Göteborg-2 : amendement de 2012 au Protocole de Göteborg de 1999, multi-polluants, non ratifié par la France, en vigueur

Helsinki : Protocole d'Helsinki de 1985 sur le SO2 dans le cadre de la CLRTAP (Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance), avec un objectif de base et un objectif volontaire de la France

NECD : Directive 2001/81/EC sur les plafonds d'émissions nationaux (National Emission Ceilings Directive)

NECD-2 : Directive 2016/2284 sur les plafonds d'émissions nationaux (National Emission Ceilings Directive)

Oslo : Protocole d'Oslo de 1994 sur le SO2 dans le cadre de la CLRTAP (Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance)

PREPA : Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques de 2017 (décret n°2017-949) prévu par la LTE (Loi 2015-992 relative à la transition énergétique pour la croissance verte)

Sofia : Protocole de Sofia de 1988 sur les NOx dans le cadre de la CLRTAP (Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance), avec un objectif de base et un objectif volontaire de la France

Pour les NOx, il y a lieu d'observer que l'objectif de réduction de 30 % entre 1980 et 1998 (Protocole de Sofia) n'a été atteint qu'en 2006. De même, pour les plafonds 2010 sur les NOx (Protocole de Göteborg et directive NEC), ces derniers n'ont pas été respectés en 2010 mais atteints avec un décalage de quelques années.

Ces plafonds ayant été fixés en valeur absolue, il est par conséquent nécessaire de tenir compte de la différence de méthode d'estimation entre le moment où ce plafond a été fixé et l'estimation d'aujourd'hui.

Les difficultés rencontrées pour l'atteinte des objectifs NOx sont notamment liées à des modifications méthodologiques dans les inventaires en effet.

Dans le cadre du Protocole de Göteborg, en cas de dépassement des plafonds, la décision 2012/12 ECE/EB.AIR/113/Add.1 prévoit une procédure permettant de procéder à des ajustements des inventaires d'émissions nationaux afin de les rendre comparables avec les plafonds initiaux.

La France a décidé d'appliquer cette procédure d'ajustement qui permet d'évaluer le respect ou non des plafonds dans des conditions comparables, en faisant abstraction des améliorations méthodologiques des inventaires des émissions qui empêchent d'atteindre les objectifs de réduction (sachant que les objectifs de réduction d'émissions ne sont pas révisés en fonction de l'avancée des connaissances scientifiques et techniques à la différence des inventaires).

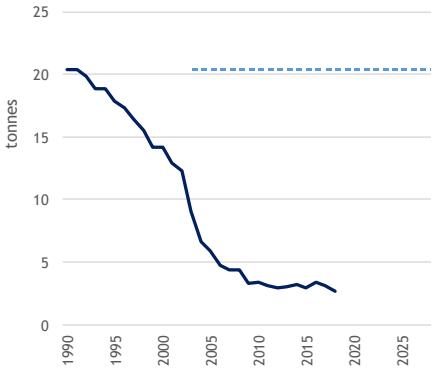
Le plafond fixé pour la France dans le cadre du Protocole de Göteborg est un total d'émissions de 860 Gg de NOx à atteindre en 2010, or les émissions imputables à la France en 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016 sont respectivement de 1 072 Gg, 1 011 Gg, 985 Gg, 970 Gg, 896 Gg et 870 Gg et 827 Gg.

En prenant en compte cette procédure d'ajustement, les émissions de NOx de la France sont de 929 Gg en 2010, soit très légèrement supérieures au plafond défini par le Protocole de Göteborg (+69 Gg). Par contre, dès 2012, les émissions de NOx ajustées ont respecté le plafond Göteborg 2010. En 2017 et en 2018, les émissions totales de NOx, sans aucun ajustement, de 804 Gg et de 749 Gg respectivement, respectent les plafonds Göteborg et NEC : la procédure d'ajustement n'est donc plus requise à partir de 2017.

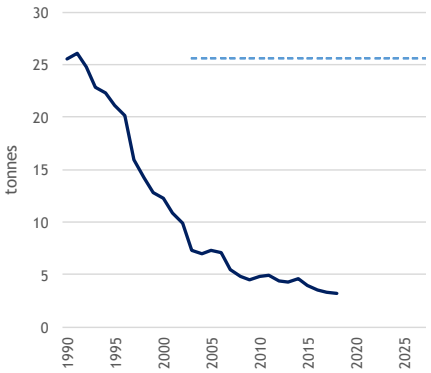
La procédure d'ajustement a porté sur le secteur du transport routier. Le plafond d'émissions de NOx a été déterminé sur la base du modèle d'émissions COPERT II alors que l'inventaire actuel utilise une version plus récente du modèle COPERT qui a fortement révisé à la hausse les facteurs d'émission NOx.

Objectifs visant les métaux lourds

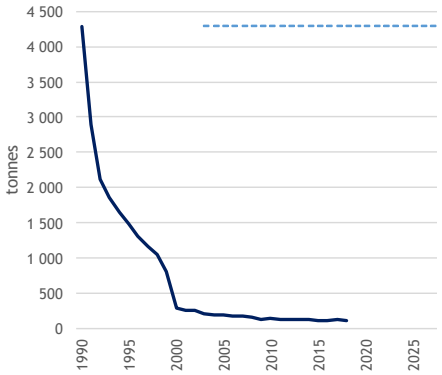
Evolution des émissions de Cd en France



Evolution des émissions de Hg en France

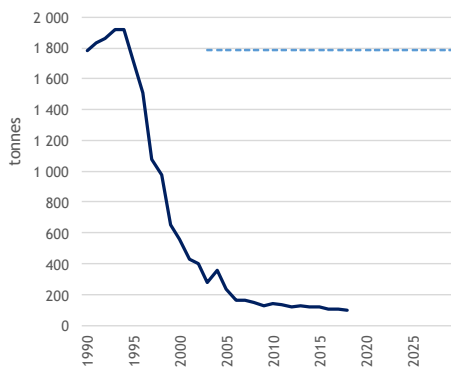


Evolution des émissions de Pb en France

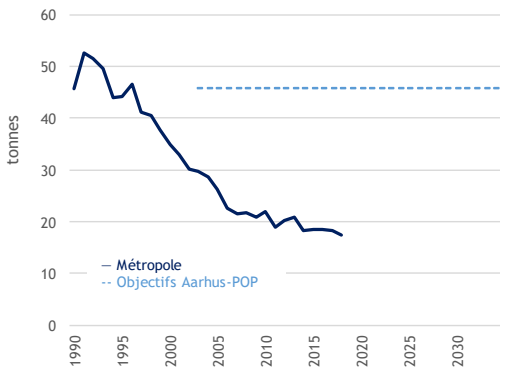


Objectifs visant les POP

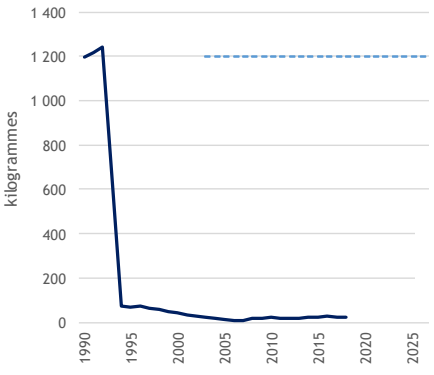
Evolution des émissions de PCDD-F en France



Evolution des émissions des 4 HAP visés par la CEE-NU



Evolution des émissions de HCB en France



Légende

Aarhus-ML : Protocole d'Aarhus de 1998 sur les métaux lourds, entré en vigueur en 2003

Aarhus-POP : Protocole d'Aarhus de 1998 sur les polluants organiques persistants, entré en vigueur en 2003

Objectifs d'émissions de la France et situation en 2018

Source CITEPA / Format CEE-NU - mars 2020 unece.xlsx /Tot_nat

Substance	Unité	Protocole	Référence		Objectif		Position par rapport aux objectifs			
			Année	Niveau d'émission	Année	Engagement relatif ou absolu (1)	Année	Niveau d'émission	Ecart à l'objectif (2) (%)	Atteinte des objectifs
SO_2	Gg	1er protocole SO_2	1980	3 185	1993	-60%	1993	1 081	-15%	Oui
		2ème protocole SO_2			2000	868	2000	626	-28%	Oui
		2ème protocole SO_2			2005	770	2005	458	-41%	Oui
		2ème protocole SO_2			2010	737	2010	275	-63%	Oui
		protocole de Göteborg			2010	400	2010	275	-31%	Oui
		directive NEC			2010	375	2010	275	-27%	Oui
		protocole de Göteborg	2005	458	2020	-55%	2018	136	-34%	en cours
NOx	Gg	protocole NOx	1980	2 026	1998	-30%	1998	1 734	22%	Non (*)
		protocole NOx	1987	1 879	1994	0%	1994	1 845	-2%	Oui
		protocole de Göteborg			2010	860	2010	1 072	25%	Non (*)
		directive NEC			2010	810	2010	1 072	32%	Non (*)
		protocole de Göteborg	2005	1 420	2020	-50%	2018	749	5%	en cours
NH_3	Gg	protocole de Göteborg			2010	780	2010	605	-22%	Oui
		directive NEC			2010	780	2010	605	-22%	Oui
		protocole de Göteborg	2005	606	2020	-4%	2018	594	2%	en cours
COVNM	Gg	protocole COVNM	1988	2 514	1999	-30%	1999	1 754	0%	Oui
		protocole de Göteborg			2010	1 100	2010	814	-26%	Oui
		directive NEC			2010	1 050	2010	814	-22%	Oui
		protocole de Göteborg	2005	1 178	2020	-43%	2018	595	-11%	en cours
$PM_{2,5}$	Gg	protocole de Göteborg	2005	247	2020	-27%	2018	134	-25%	en cours
Cd	Mg	protocole d'Aarhus	1990	20	-	0%	2018	2,6	-87%	Oui
Hg	Mg		1990	26	-	0%	2018	3,2	-88%	Oui
Pb	Mg		1990	4 294	-	0%	2018	114	-97%	Oui
PCDD/F	g ITEQ		1990	1 782	-	0%	2018	97	-95%	Oui
Total HAP	Mg		1990	46	-	0%	2018	17	-62%	Oui
BaP	Mg		1990	13	-	0%	2018	4,7	-63%	Oui
BbF	Mg		1990	15	-	0%	2018	5,8	-62%	Oui
BkF	Mg		1990	9	-	0%	2018	3,5	-62%	Oui
IndPy	Mg		1990	8	-	0%	2018	3,3	-59%	Oui
HCB	kg		1990	1 196	-	0%	2018	23,9	-98%	Oui
CO	Gg	pas d'objectif	-	-	-	-	2018	2 514	-	-
As	Mg		-	-	-	-	2018	5,3	-	-
Cr	Mg		-	-	-	-	2018	20	-	-
Cu	Mg		-	-	-	-	2018	206	-	-
Ni	Mg		-	-	-	-	2018	29	-	-
Se	Mg		-	-	-	-	2018	12	-	-
Zn	Mg		-	-	-	-	2018	486	-	-
PCB	kg		-	-	-	-	2018	39	-	-
TSP	Gg		-	-	-	-	2018	780	-	-
PM_{10}	Gg		-	-	-	-	2018	216	-	-
BC	Gg		-	-	-	-	2018	24	-	-

(1) Les objectifs peuvent être relatifs (colorés dans le tableau) ce qui correspond à un objectif de réduction des émissions entre une année de référence et une année d'échéance ou absolu qui correspond à une valeur d'émission à ne pas dépasser pour une année d'échéance.

(2) L'écart à l'objectif correpond au ratio suivant :

(Niveau d'émission de la dernière année ou de l'année d'échéance - Niveau d'émission de l'objectif)/ Niveau d'émission de l'objectif * 100

(*) L'objectif non atteint pour l'année prévue, mais atteint les années suivantes, procédure d'ajustement prise en compte (cf. texte ci-après)

Directive CAFE (Clean Air for Europe)

La directive 2008/50/CE, dite directive CAFE, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe a été adoptée le 21 mai 2008.

Cette directive vise à rationaliser la législation européenne sur la qualité de l'air par la fusion, en une directive unique, de quatre directives et d'une décision :

- la directive cadre 96/62/CE du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant ;
- les trois directives filles (1999/30/CE du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour le SO_2, le NO_2/NOx, les PM_{10} et $PM_{2,5}$, ainsi que et le plomb dans l'air ambiant ; 2000/69/CE du 16 novembre 2000 concernant les valeurs limites pour le benzène et le CO dans l'air ambiant ; 2002/3/CE du 12 février 2002 relative à l'ozone troposphérique [ozone de basse altitude]) ;
- la décision 97/101/CE du 27 janvier 1997 établissant un échange d'informations et de données provenant des réseaux et des stations individuelles mesurant la pollution de l'air ambiant dans les Etats membres.

La directive 2008/50/CE :

- fixe des normes de qualité de l'air ambiant pour les polluants précités (sous forme de valeurs limites de concentration, de valeurs cibles, d'objectifs de qualité, etc,) afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement,
- définit des règles de surveillance, de gestion et d'évaluation de la qualité de l'air ambiant dans les Etats membres sur la base de méthodes de mesure et de critères communs,
- établit les dispositions pour obtenir des informations (obligations de rapportage par les Etats membres) sur la qualité de l'air ambiant afin de contribuer à réduire la pollution de l'air et de surveiller les tendances à long terme et les améliorations obtenues,
- définit des règles pour mettre ces informations à la disposition du public et pour renforcer la coopération entre les Etats membres en vue de réduire la pollution atmosphérique.

Par ailleurs, la directive 2004/107/CE fixe des valeurs cibles (mais pas de valeurs limites) pour trois métaux lourds (arsenic, cadmium, nickel) et le benzo[a]pyrène (ou B[a]P). Pour le mercure, elle ne fixe pas de valeurs cibles mais définit néanmoins une méthode de référence pour l'échantillonnage et l'analyse du mercure dans l'air ambiant (comme pour les quatre autres polluants précités).

La directive (UE) 2015/1480 du 28 août 2015 est venue modifier plusieurs annexes techniques des directives 2004/107/CE et 2008/50/CE. Elle établit les règles concernant les méthodes de référence, la validation des données et l'emplacement des points de prélèvement pour l'évaluation de la qualité de l'air ambiant.

Le 18 décembre 2013, la Commission européenne a présenté un nouveau Paquet politique et législatif pour renforcer la politique de l'UE en matière de qualité de l'air (dit "Paquet Air"). A cette occasion, la Commission a souligné que, sur la base des résultats du réexamen de la politique air de l'UE, il n'y avait pas lieu, à ce stade, de procéder à une révision des directive 2008/50/CE et 2004/107/CE mais que la Commission allait néanmoins procéder à des réexamens réguliers. La Commission a ainsi indiqué que la 1ère évaluation devait être effectuée d'ici 2020 et porterait sur l'opportunité d'élaborer de nouvelles mesures relatives aux normes de qualité de l'air. En effet, un des deux principaux objectifs du Paquet Air était de focaliser les efforts pour garantir, d'ici 2020 au plus tard, le respect intégral de la législation de l'UE sur la qualité de l'air dont la conformité avec les normes actuellement en vigueur.

La Commission européenne a donc lancé à l'automne 2017 un exercice visant à évaluer l'efficacité des deux directives "Qualité de l'air" (2008/50/CE et 2004/107/CE). Il complète l'analyse déjà réalisée en 2013. L'objet de cette évaluation (baptisée en anglais "*Fitness Check*") était de déterminer si ces deux directives constituent toujours le cadre législatif le plus approprié pour atteindre les objectifs de l'UE en matière d'amélioration de la qualité de l'air. Si les deux directives de base n'établissent pas d'obligation formelle d'évaluation de leur performance, les normes en matière de qualité de l'air sont en place depuis presque 20 ans et elles n'ont pas fait l'objet de réexamen depuis 2005 (dans le cadre de la stratégie thématique sur la pollution atmosphérique). Depuis leur mise en place, les connaissances scientifiques en matière d'impacts des 12 polluants visés sur la santé humaine et l'environnement ont nettement évolué. Sur cette même période, la faisabilité technique et l'expérience dans la mise en œuvre de ces actes législatifs se sont également améliorées.

L'évaluation s'est basée sur les progrès réalisés dans tous les Etats membres sur la période 2008-2018. Concrètement, elle a porté sur le rôle des directives dans la réalisation des objectifs, les méthodes de surveillance et d'évaluation de la qualité de l'air, les normes, les dispositions relatives à l'information sur la qualité de l'air, les coûts administratifs, les chevauchements et/ou synergies, les lacunes, les incohérences, ainsi que sur la gouvernance de la qualité de l'air entre l'UE, les États membres, les niveaux régional et local.

Le 29 novembre 2019, la Commission européenne a publié les résultats de cette nouvelle évaluation. La Commission conclut que les directives ont été en partie efficaces dans l'amélioration de la qualité de l'air et dans le respect des normes de qualité de l'air. Elle reconnaît toutefois qu'elles n'ont pas été intégralement efficaces et tous les objectifs n'ont pas été atteints à ce jour et que les lacunes qui restent à combler pour respecter les normes de qualité de l'air sont dans certains cas trop importantes.

La Commission souligne que les normes de qualité de l'air pour les 12 polluants visés ont conduit à faire baisser leurs concentrations et à réduire les niveaux de dépassement de ces normes. Cependant, il reste deux lacunes contradictoires :

- d'abord, les normes européennes de qualité de l'air ne sont pas pleinement alignées sur les valeurs guides en matière de qualité de l'air de l'OMS (Organisation mondiale de la santé), mises à jour en 2005), et **les normes européennes ne comportent pas de mécanisme explicite pour les ajuster en fonction des progrès techniques et scientifiques** ;
- ensuite, en raison du manque d'efficacité des plans de qualité de l'air et du manque d'engagement des Etats

membres, ceux-ci ont accusé, et accusent encore, d'importants retards dans la mise en œuvre de mesures efficaces visant à **réduire les émissions** des secteurs émetteurs de polluants (transports, industrie, bâtiments, agriculture,…).

Par conséquent, même si le nombre et l'ampleur des dépassements des normes de qualité de l'air ont baissé sur la période 2008-2018, la Commission estime les Etats membres doivent consentir davantage d'efforts pour réduire la durée des périodes de dépassement.

Malgré ces lacunes, l'évaluation n'indique pas de volonté de réviser les normes européennes de qualité de l'air, pourtant fixées il y a 20 ans. Ces normes restent donc toujours en-deçà des valeurs guides de l'OMS en vigueur, et encore plus en-deçà des futures valeurs guides de l'OMS, dont la révision a été lancée en 2016 et dont la publication est prévue au cours des prochaines années.

La Commission a engagé trois procédures d'infraction contre la France en lien avec la directive 2008/50/CE :

- pour non-respect des valeurs limites de concentration (VLC) des PM_{10} (avis motivé du 28 octobre 2011 et avis motivé complémentaire du 29 avril 2015). Cette procédure est toujours en cours d'instruction ;
- pour transposition incomplète de la directive 2008/50/CE. Le 24 janvier 2019, la Commission a envoyé une lettre de mise en demeure à la France, en lui demandant d'aligner sa réglementation en matière de qualité de l'air sur la directive 2008/50/CE. Selon la Commission, la France présente des lacunes en ce qu'elle n'a pas transposé plusieurs dispositions de la directive dans sa réglementation nationale, notamment l'obligation de prendre des mesures appropriées pour écourter le plus possible les périodes de dépassement des normes de qualité de l'air ;
- pour dépassement des VLC applicables au et manquement à l'obligation de prendre des mesures appropriées pour réduire au maximum les périodes de dépassement.

Dans le cadre de cette dernière procédure d'infraction, le 11 octobre 2018, la Commission a introduit un recours en manquement contre la France devant la Cour de Justice de l'UE (CJUE). Le 24 octobre 2019, la France a été condamnée par la CJUE :

Dans son arrêt, la CJUE condamne la France à deux titres :

- dépassement de manière systématique et persistante la VLC annuelle pour le NO_2 depuis le 1er janvier 2010 dans 12 agglomérations et zones de qualité de l'air françaises, et en dépassant de manière systématique et persistante la VLC horaire pour le NO_2 depuis le 1er janvier 2010 dans deux agglomérations et zones de qualité de l'air françaises ;
- manquement, depuis le 11 juin 2010, à l'obligation qui incombe à la France de veiller à ce que la période de dépassement soit la plus courte possible.

La France est alors juridiquement contrainte de prendre des mesures supplémentaires pour réduire la pollution de l'air : ainsi, elle doit maintenant se conformer à cet arrêt dans les meilleurs délais. A défaut, la CJUE peut imposer des amendes.

C'est la troisième fois que la CJUE rend un arrêt contre un Etat membre pour non-respect de la directive 2008/50/CE, après ceux à l'encontre de la Bulgarie (5 avril 2017) et de la Pologne (22 février 2018).

Directives GIC et IED

Directive GIC (2001-2011/2016)

La directive 2001/80/CE du 23 octobre 2001 (JOCE du 27 novembre 2001), relative aux Grandes Installations de Combustion (**directive GIC**) réglemente les émissions de SO_2, NO_x et particules des Grandes Installations de Combustion entrant dans le champ de la directive pour chacun des Etats membres.

Les 232 installations recensées en France métropolitaine en 2017 constituent un sous-ensemble inclus dans les sources prises en compte dans le chapitre "évolution des émissions" et sont disséminées dans les secteurs "transformation, production et distribution d'énergie" et "industrie manufacturière" à l'exception de quelques installations appartenant au secteur "résidentiel/tertiaire" comme l'atteste l'inventaire exhaustif réalisé annuellement.

La transposition de cette directive en droit français a été assurée par quatre arrêtés :

- l'arrêté du 20 juin 2002 modifié pour les chaudières présentes dans les installations de combustion nouvelles ou modifiées dont l'arrêté d'autorisation est postérieur au 31 juillet.
- l'arrêté du 30 juillet 2003 modifié relatif aux chaudières présentes dans les installations de combustion existantes d'une puissance supérieure à 20 MWth,
- l'arrêté du 11 août 1999 modifié relatif aux moteurs et turbines à combustion,
- l'arrêté du 2 février 1998 modifié (arrêté du 21/06/2005) pour les raffineries.

Cette directive a remplacé la première directive GIC 88/609/CEE qui a été abrogée le 27 novembre 2002.

Il est à noter que la directive 2001/80/CE requiert :

- le maintien des inventaires des GIC avec l'inclusion des turbines à combustion et des particules,
- la disparition du plafond postérieurement à 2003, compte tenu de la mise en place de plafonds nationaux dans le cadre du programme visant à lutter contre l'acidification, l'eutrophisation et la pollution photochimique (directive 2001/81/CE),
- la possibilité pour les Etats membres de mettre en œuvre un schéma national de réduction pour les installations existantes qui permet plus de flexibilité dans la mise en œuvre de la directive.

Directive IED (depuis 2011)

Le contexte réglementaire des GIC et de nombreuses autres installations industrielles a été complètement modifié avec la publication de la **directive IED** (directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010) relative aux émissions industrielles. Cette dernière constitue une refonte en un seul texte juridique de sept textes législatifs existants dont la directive 2001/80/CE (directive GIC) et la directive 96/61/CE, dite directive IPPC. La directive IED est entrée en vigueur le 6 janvier 2011. **La directive 2001/80/CE a été abrogée par l'article 81 de la directive IED le 1er janvier 2016**.

La France a publié en 2012 ainsi qu'en février et mai 2013, un ensemble de textes transcrivant la directive IED en droit français :

- ordonnance n°2012-7 du 5 janvier 2012 portant transposition du chapitre II de la directive 2010/75/CE,
- décret n°2013-374 du 2 mai 2013 portant transposition des dispositions générales et du chapitre II de la directive IED (les installations industrielles relevant du champ d'application de l'ancienne directive IPPC),
- décret n° 2013-375 du 2 mai 2013 modifiant la nomenclature des installations classées (ICPE),
- arrêté du 28 février 2013 portant transposition des chapitres V (installations et activités utilisant des solvants organiques) et VI (installations produisant du dioxyde de titane) de la directive IED,
- arrêté du 2 mai 2013 modifiant l'arrêté du 29 juin 2004 relatif au bilan de fonctionnement,
- arrêté du 2 mai 2013 modifiant l'arrêté du 15 décembre 2009 fixant certains seuils et critères, et
- arrêté du 2 mai 2013 relatif aux définitions, liste et critères de la directive IED.

Le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire a publié plusieurs guides pour la bonne application de la directive IED :

- un guide de mise en œuvre de la directive IED visant à faciliter la mise en œuvre des textes de transposition de la directive IED. Le guide est conçu sous forme de questions-réponses, portant entre autres sur la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles (MTD) et la définition des valeurs limites d'émission. Le guide initial de 2015 a été révisé à plusieurs reprises. La dernière version date de janvier 2020,
- un guide méthodologique pour l'élaboration du rapport de base prévu par la Directive IED d'octobre 2014,
- un guide de demande de dérogation d'octobre 2017,
- un outil de présentation des coûts d'octobre 2017,
- guide de rédaction d'un dossier de réexamen pour les grandes installations de combustion d'octobre 2017,
- guide pour la simplification du réexamen d'octobre 2019.

Dans la continuité de la transposition de la directive IED, l'arrêté du 26 août 2013 concernant les installations de combustion d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW autorisées abroge l'ensemble des arrêtés applicables aux installations de combustion (arrêté du 11 août 1999 modifié, arrêté du 20 juin 2002 modifié, arrêté du 30 juillet 2003 modifié, arrêté du 31 octobre 2007, arrêté du 23 juillet 2010) à compter du 1er janvier 2014 ou du 1er janvier 2016 selon l'arrêté.

Directive MCP (depuis 2018)

La directive (UE) 2015/2193 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015 relative à la limitation des émissions de certains polluants dans l'atmosphère provenant des installations de combustion moyennes ou MCP (de 1 à 50 MW) a été publiée au JOUE du 28 novembre 2015. Des valeurs limites d'émission de SO_2, de NOx et de poussières s'appliquent aux MCP depuis le 20 décembre 2018 pour les MCP nouvelles, s'appliqueront à compter du 1er janvier 2025 pour les MCP existantes de 5 à 50 MW et du 1er janvier 2030 pour les MCP de 1 à 5 MW.

Compte tenu de cette directive et d'un ensemble de modifications sur la réglementation ICPE (installations IED, installations soumises à autorisation, à enregistrement et à déclaration), la France a modifié la nomenclature des installations des ICPE et adopté un décret et cinq arrêtés le 3 août 2018 (JO du 5 août 2018) et modifiant les arrêtés existant de 2013 :

- décret n°2018-704 modifiant la rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées (ICPE) afin de prendre en compte toutes les IC visées par la directive MCP ;
- arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux ICPE soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910 (≥1 MW et <20 MW). En conformité avec la directive MCP, des valeurs limites d'émission plus contraignantes s'appliquent à compter du 1er jan. 2025 pour les installations >5 MW et à compter du 1er jan. 2030 pour celles <5 MW ;
- arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux appareils de combustion consommant du biogaz produit par des installations de méthanisation (rubrique 2781-1) inclus dans une IC soumise à déclaration (rubrique 2910) ;
- arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux ICPE relevant du régime d'enregistrement - rubrique 2910;
- arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux ICPE d'une puissance thermique nominale totale <50 MW soumises à autorisation au titre des rubriques 2910, 2931 ou 3110 [Il abroge l'arrêté du 26 août 2013(5) relatif aux IC ≥20 MW soumises à autorisation (rubriques 2910 ou 2931)] ;
- arrêté relatif aux IC ≥50 MW soumises à autorisation au titre de la rubrique 3110.

En 2019, l'ensemble de ces arrêtés a été révisé.

Au niveau français

Loi sur la transition énergétique et le PREPA

La loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTE), publiée au JO du 18 août 2015 (*voir section 1.1.4*), fixe également un objectif général dans le domaine de la lutte contre la pollution atmosphérique : la politique énergétique nationale doit contribuer à la réalisation des objectifs de réduction de la pollution atmosphérique prévus par le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) (article 1er).

Au titre de l'article 64 de la LTE, le Ministère de l'Environnement a adopté le PREPA en mai 2016 (se substituant ainsi au précédent PREPA adopté en juillet 2003), afin d'améliorer la qualité de l'air et de réduire l'exposition des populations à la pollution atmosphérique (cf. arrêté du 10 mai 2017 établissant le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques).

A cette fin, des objectifs nationaux de réduction des émissions de polluants atmosphériques (à l'exclusion de celles du CH_4 dues à la fermentation entérique des ruminants d'élevage) sont fixés par le décret n° 2017-949 du 10 mai 2017 pour les périodes 2020-2024, 2025-2029 et à partir de 2030 (cf. tableau ci-après).

Le PREPA doit être réévalué tous les cinq ans et, si besoin, révisé.

Engagements nationaux de réduction fixés pour la France (année de référence : **2005**)

	2020-2024	**2025-2029**	**A partir de 2030**
SO_2	-55%	-66%	-77%
NOx	-50%	-60%	-69%
COVNM	-43%	-47%	-52%
NH_3	-4%	-4%	-13%
$PM_{2,5}$	-27%	-42%	-57%

Le Titre III de la LTE (Transports) comporte plusieurs dispositions pour accélérer la réduction des émissions de polluants :

- l'auto-partage (article 34) et le co-voiturage (article 48),
- la priorité aux transports en commun à faibles émissions de polluants atmosphériques (et de GES) (article 36),
- des objectifs chiffrés, assortis d'échéances précises, pour accroître la part des véhicules à faibles émissions (de polluants et de GES) dans les flottes publiques (l'Etat, ses établissements publics, les collectivités territoriales, les entreprises nationales) (article 37),
- un objectif, d'ici 2030, d'installation d'au moins sept millions de points de charge de véhicules électriques et hybrides rechargeables (article 41),
- la possibilité, pour les maires ou les présidents d'un établissement public de coopération intercommunale, de créer des zones de circulation restreinte (ZCR) dans les agglomérations et les zones couvertes par un plan de protection de l'atmosphère (PPA) qui est adopté, en cours d'élaboration ou de révision. Les ZCR sont délimitées par un arrêté qui fixe les mesures de restriction de circulation applicables et détermine les catégories de véhicules visées. Les véhicules autorisés à circuler dans une ZCR font l'objet d'une identification basée sur leur contribution à la réduction de la pollution atmosphérique (article 48),
- le renforcement du contrôle des émissions de polluants atmosphériques (dont les particules fines) à l'échappement des véhicules particuliers et utilitaires légers lors du contrôle technique (article 65).

Loi d'orientation des mobilités et ZFE

Une des principales mesures prévues par la loi d'orientation des mobilités (LOM – *voir section Climat – au niveau français*) est la mise en place des zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m). Ces dernières remplacent les zones à circulation restreinte (ZCR), prévues par la loi n°2015-992 sur la transition énergétique (article 48) et mises en application par le décret n°2016-847.

Le principe d'une ZFE-m, qui repose sur le système des vignettes Crit'Air, consiste en la possibilité pour une collectivité de limiter l'accès à une partie du territoire aux véhicules les plus émetteurs de polluants atmosphériques pendant une période donnée (jours, heures, etc.), selon les critères de son choix (périmètre, horaires, types de véhicules), dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'air et de protéger la santé des populations. Par ailleurs, les restrictions de circulation lors des pics de pollution peuvent être prises de façon automatique par les préfets.

Avec la LOM, toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants sont amenées à étudier la faisabilité de la mise en place d'une ZFE-m. Ainsi, elle vise un déploiement rapide des ZFE-m, surtout dans les 12 agglomérations visées par le contentieux européen et où les valeurs limites de concentration pour le NO_2 et les PM_{10} sont régulièrement dépassées (Ile-de-France, Marseille, Nice, Lyon, Grenoble, Strasbourg,…). Alors qu'il existe 231 ZFE dans l'UE (*source : ADEME, 15 avril 2019*), seulement trois agglomérations en France (Paris, Grenoble et Strasbourg) s'étaient engagées dans une telle démarche avant que la LOM n'étende les prescriptions de façon plus large. La LOM facilite donc leur déploiement en donnant aux collectivités les outils nécessaires.

Après l'appel lancé par le Gouvernement, un partenariat a été signé le 8 octobre 2018 entre l'Etat et ces 15 villes et métropoles pour mettre en place ou renforcer une ZFE-m d'ici 2020. De son côté, l'Etat s'engage à mettre en place les conditions règlementaires et juridiques nécessaires au déploiement efficace de ces zones et à soutenir ces villes pour la mise en place de péages urbains et des voies de circulation dédiées aux transports en commun ou au covoiturage. En 2019, 23 collectivités, soit plus de 17 millions d'habitants concernés, sont engagées dans la démarche.

Du 23 mars au 1er avril 2020, le MTES a mené une consultation publique sur un projet de décret relatif au non-respect de manière régulière des normes de la qualité de l'air donnant lieu à une obligation d'instauration d'une ZFE-m. La durée de cette consultation a été prolongée du 1er au 22 mai 2020.

Parmi les autres mesures, on note : le renforcement du covoiturage le triplement des déplacements à vélo d'ici 2021, le renforcement du volet air des PCAET.

PNSE

PNSE-1

Le premier Plan National Santé Environnement (PNSE), réalisé conjointement par quatre Ministères (Santé, Ecologie et Développement Durable, Emploi, Recherche), a été publié le 21 juin 2004. Le PNSE 1, qui couvrait la période 2004-2008, fixait trois objectifs prioritaires :

- garantir un air et une eau de bonne qualité,
- prévenir les pathologies d'origine environnementale,
- mieux informer le public et protéger les populations sensibles.

Tous milieux de vie confondus, le PNSE-1 comportait 45 actions, dont 12 prioritaires. Ces actions étaient de trois types : des actions nouvelles, des actions déjà prévues dans d'autres plans ou programmes nationaux et qui sont en cours de mise en œuvre, et enfin des actions envisageables mais non encore concrétisées.

Parmi les actions prioritaires prévues, quatre portaient sur la pollution de l'air :

- n° 4) : réduire les émissions de particules diesel par les sources mobiles
- n° 7) : réduire les émissions aériennes de substances toxiques d'origine industrielle
- n° 14) : mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur et renforcer la législation
- n° 15) : mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des matériaux de construction.
- Par ailleurs, cinq autres actions concernaient directement ou indirectement la lutte contre la pollution de l'air :
- n° 8) : réduire les émissions de NOx des installations industrielles,
- n° 9) : réduire les émissions du secteur résidentiel-tertiaire,
- n° 2) : réduire de 30% la mortalité par intoxication au CO.
- n° 5) : promouvoir les modes de déplacements alternatifs,
- n° 6) : mieux prendre en compte l'impact sur la santé dans les projets d'infrastructure de transport,

PNSE-2

Le deuxième Plan national santé environnement (PNSE), rendu public le 10 juillet 2009, s'est inscrit, d'une part, dans la continuité du premier PNSE et, d'autre part, a décliné les engagements du Grenelle de l'environnement en matière de santé environnement. Il a décrit les actions à mener sur la période 2009-2013. Les principales mesures concernant les émissions dans l'air du PNSE 2 étaient les suivantes :

Réduction de certaines substances

- réduire les concentrations dans l'air ambiant des $PM_{2,5}$ de 30% d'ici 2015. Cette mesure fait l'objet d'un plan d'actions national : le "Plan particules".

  L'atteinte de cet objectif passe par la mise en œuvre d'actions qui sont les suivantes :

  - réduire les émissions de particules du secteur domestique en stimulant en particulier la mise sur le marché d'appareils moins polluants et sensibiliser les usagers et les professionnels sur les émissions induites par les foyers ouverts et les feux de jardin,
  - diminuer les émissions de particules des installations industrielles et agricoles en renforçant la réglementation des installations de combustion et en réduisant les émissions de NH_3 (précurseur de $PM_{2,5}$) du secteur agricole.
  - mieux réguler la mobilité et réduire les émissions unitaires de chaque mode de transport, en développant par exemple le co-voiturage et en réduisant les émissions des véhicules routiers à la source ainsi que celles des engins de chantier, des navires, des bateaux et des avions.
  - améliorer la connaissance sur les particules.

- réduire de 30% à l'horizon 2013, les émissions dans l'air de 6 substances : arsenic, mercure, HAP, benzène, perchloroéthylène et PCB/dioxines.

  Ces mesures s'inscrivaient dans le cadre des actions nationales annuelles de l'inspection de 2010 à 2013 (modification de la réglementation sur les crématoriums, révision de la réglementation sur les piles/accumulateurs, etc.).

PNSE 3

Le troisième Plan national santé environnement (PNSE 3) a été présenté le 12 novembre 2014 en Conseil des Ministres par les Ministres de l'Ecologie et de la Santé. Il couvrait la période 2015-2019 et comme le PNSE 2 (2009-2013), il a été décliné dans chaque région. Ce Plan visait à réduire les impacts des facteurs environnementaux sur la santé. Sur les 107 actions prévues au total par le PNSE 3, cinq (n°29, n°50 à n°52 et n°83) visaient directement à améliorer la qualité de l'air :

- élaborer, d'ici fin 2015, un nouveau programme de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) ayant un impact sur la santé et le climat. Il s'agit d'actualiser le précédent programme adopté en 2003 [action déjà prévue par la loi "transition énergétique")] ;
- réduire les émissions provenant des secteurs résidentiel [incitation au renouvellement des installations de chauffage au bois] et agricole (actions sur certaines techniques d'épandage et de stockage d'effluents d'élevage fortement émettrices de NH_3 et, dans une moindre mesure, actions sur les techniques de labour des sols et de récoltes, émettrices de particules primaires) ;
- améliorer les connaissances sur la qualité de l'air à différentes échelles spatio-temporelles [approches géo-climatiques, métrologiques, modélisation], et sur la caractérisation chimique des particules (via le programme de recherche PRIMEQUAL) ;
- définir une liste de 10 à 20 pesticides à mesurer dans l'air, formaliser d'ici fin 2015 un protocole de surveillance et lancer une campagne exploratoire nationale de mesure sur 2015-16, avec des AASQA volontaires ;

- soutenir et pérenniser les programmes de recherche PRIMEQUAL, AACT-AIR et CORTEA.

PNSE-4

A l'occasion des Rencontres nationales Santé-Environnement, les 14-15 janvier 2019 à Bordeaux, les Ministres de la Transition écologique et de la Santé ont lancé les travaux d'élaboration du 4e PNSE, intitulé "Mon environnement, ma santé".

Quatre priorités sont fixées au PNSE-4 :

- améliorer les connaissances relatives aux expositions et aux effets environnementaux sur la santé,
- réduire les expositions et les inégalités environnementales,
- informer et sensibiliser la population et former les professionnels,
- renforcer les actions concrètes menées dans les collectivités territoriales.

Six groupes de préfiguration thématiques ont été mis en place pour élaborer les actions du futur PNSE 4. Ces travaux se sont appuyés sur le bilan de l'ensemble des actions déployées pour le PNSE 3. Ces travaux ont été conduits au cours de 2019 dans le cadre du Groupe santé environnement, instance nationale de dialogue entre les parties prenantes (représentants de l'Etat, des collectivités territoriales, des ONG, du patronat, des syndicats, des personnes qualifiées et des professionnels de santé).

Les propositions issues de ces travaux ont été présentées lors d'une réunion du Groupe Santé Environnement en juillet 2019. Elles serviront ensuite à l'élaboration du PNSE 4, censé prendre le relais du PNSE-3 début 2020 mais qui n'a, fin juin 2020, toujours pas été adopté.

Émissions par substance

Le rapport Secten regroupe les polluants atmosphériques en 5 grandes familles :

- Acidification, eutrophisation et pollution photochimique (ou « AEPP »)
- Gaz à effet de serre (ou « GES »),
- Métaux lourds,
- Polluants organiques persistantes (ou « POP »),
- Et Particules (ou « PM » ou « poussières »).

Les données d'émission sont exprimées en quantités massiques des différentes substances. Généralement, le symbole de la substance est utilisé au lieu de son nom entier (ex : « SF_6 » au lieu de « hexafluorure de soufre »).

Acidification, eutrophisation et pollution photochimique (ou « AEPP »)

Cette catégorie regroupe les substances suivantes :

- les oxydes de soufre (NOX),
- l'ammoniac (NH3),
- le monoxyde de carbone (CO),
- les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).

Il s'agit des substances polluantes les plus réglementées au niveau international, et qui font l'objet d'un suivi important.

Gaz à effet de serre (ou « GES »)

Cette catégorie regroupe les substances responsables de l'effet de serre, c'est-à-dire du forçage radiatif qui entraîne une augmentation des températures moyennes de l'atmosphère en renvoyant les rayonnements solaires vers la surface. Les gaz à effet de serre sont inventoriés dans le cadre de la Convention Cadre des Nations-Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC). Ils sont au nombre de sept :

- le dioxyde de carbone (CO_2),
- le méthane (CH_4),
- le protoxyde d'azote (N_2O),

ainsi que des gaz fluorés regroupant :

- les hydrofluorocarbures (HFC),
- les perfluorocarbures (PFC),
- l'hexafluorure de soufre (SF_6),
- le trifluorure d'azote (NF_3).

Métaux lourds

Cette catégorie – dont le terme est d'usage pratique plutôt que véritablement scientifique (lire la définition de cette famille dans le chapitre dédié), regroupe 9 substances différentes, classées par ordre alphabétiques :

- l'arsenic (As),
- le cadmium (Cd),
- le chrome (Cr),
- le cuivre (Cu),
- le mercure (Hg),
- le nickel (Ni),
- le plomb (Pb),
- le sélénium (Se),
  le zinc (Zn).

Polluants organiques persistantes (ou « POP »)

Le terme Polluants Organiques Persistants ou POP désigne plusieurs substances organiques, molécules complexes non pas définies par leur nature chimique mais par quatre propriétés : elles sont persistantes, bioaccumulables, toxiques et mobiles.

Dans cette catégorie quatre familles sont actuellement prises en compte dans l'inventaire :

- les polychlorobiphényles (PCB),
- l'hexachlorobenzène (HCB),
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),
- les dioxines/furanes (PCDD-F).

Particules (ou « PM » ou « poussières »)

Cette catégorie regroupe les particules en suspension dans l'air, classées par taille (particules fines à ultrafines), PM signifiant *Particulate Matter* en anglais, et le chiffre signifiant le diamètre. PM 10 : particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm. PM 2,5 dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm, etc. Les TSP (particules en suspension totales) englobent les PM10 qui englobent les PM2,5, qui englobent les PM1. Le carbone suie, ou Black Carbon (BC) s'ajoute à cette liste : il fait partie des PM 2,5 il est émis lors des phénomènes de combustion incomplètes de combustibles fossiles ou de la biomasse.

Le rapport présente ces substances rassemblées selon leur type et leurs effets dans deux **familles** (*polluant* ou *gaz à effet de serre*) et dans **chapitres par famille** de substance. Chaque chapitre débute par une définition de cette famille

Au sein de chaque famille, les analyses sont présentées substance par substance.

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Gaz à effet de serre

Rédaction

Anaïs DURAND

Gwenaëlle LEBORGNE

Colas ROBERT

Stéphanie BARRAULT

Romain BORT

- **Télécharger les données** associées au chapitre
- **Parcourir l'ensemble des chapitres du Rapport Secten**

Sommaire du chapitre

Contexte **76**

Emissions totales de gaz à effet de serre en CO_2e **79**

CO_2 (dioxyde de carbone) **91**

CH_4 (méthane) **99**

N_2O (protoxyde d'azote) **105**

Sous-total Gaz fluorés **111**

HFC **115**

PFC **119**

NF_3 ..... **123**

SF_6 ..... **127**

Contexte

L'effet de serre est un phénomène naturel. Si l'effet de serre naturel n'existait pas, la température moyenne sur terre serait nettement inférieure aux 15 °C constatés. L'accroissement du phénomène d'effet de serre est, quant à lui, d'origine anthropique. Le 5e rapport du GIEC (GIEC, 2014) précise dans sa synthèse : « *Les émissions anthropiques de gaz à effet de serre, qui ont augmenté depuis l'époque préindustrielle en raison essentiellement de la croissance économique et démographique, sont actuellement plus élevées que jamais, ce qui a entraîné des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux sans précédent depuis au moins 800 000 ans. Leurs effets, associés à ceux d'autres facteurs anthropiques, ont été détectés dans tout le système climatique et il est extrêmement probable qu'ils aient été la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XXe siècle* ».

Selon le résumé à l'attention des décideurs du dernier rapport spécial du GIEC sur le réchauffement de 1,5°C (IPCC, 2018), la hausse de la température moyenne mondiale observée à la surface de la Terre au cours de la décennie 2006–2015 était de +0,87°C (fourchette comprise entre 0,75°C et 0,99°C) supérieure à la température moyenne mondiale sur la période 1850-1900. Aujourd'hui, les experts estiment que le réchauffement d'origine anthropique augmente de 0,2°C par décennie (fourchette comprise entre 0,1°C et 0,3°C) du fait des émissions passées et actuelles.

Les conséquences sont multiples : vagues de chaleur plus fréquentes et intenses, sécheresse accrue, évènements climatiques extrêmes plus fréquents (ouragans, vagues de froid intense, etc.), fonte des glaciers, montée des océans, etc. Le changement climatique présente un risque pour l'équilibre des systèmes naturels et humains.

Ce résumé à l'attention des décideurs (IPCC, 2018) est la source par excellence à laquelle se référer pour avoir les principaux résultats du rapport spécial, basés sur une évaluation de la littérature scientifique, technique et socio-économique disponible sur le réchauffement climatique de 1,5°C afin de le comparer au réchauffement de +2°C par rapport aux niveaux pré-industriels. La fiche de synthèse du Citepa (FDS Citepa, 2018) explicite et présente les principales conclusions du rapport :

- Au rythme actuel du réchauffement, l'augmentation de température moyenne mondiale par rapport à la période préindustrielle (1750) atteindra 1,5°C entre 2030 et 2052.
- Atteindre et maintenir un niveau de zéro émission nette anthropique mondiale des GES empêcherait une hausse supplémentaire des températures moyennes mondiales sur plusieurs décennies.
- Pour limiter le réchauffement à +1,5°C, il faut :
  - que la baisse des émissions mondiales de CO_2 soit amorcée bien avant 2030,
  - réaliser de fortes réductions des émissions de GES d'ici 2030 pour les ramener à un niveau en dessous de 35 Gt CO_2e/an en 2030 (contre 52 Gt CO_2e/an en 2016), soit une réduction de 32,7%,
  - réduire les émissions de CO_2 de 45% en 2030 (par rapport à 2010) pour atteindre zéro émission nette vers 2050,
  - réduire de 35% les émissions de CH_4 d'ici 2050 (par rapport à 2010),
  - ne pas dépasser un budget carbone mondial compris entre 580 et 770 Gt CO_2 (probabilité de 50%) ou entre 420 et 570 Gt CO_2 (probabilité de 66%).

Mécanismes mis en jeu et forçage radiatif des composés

Le bilan radiatif de la terre peut se résumer de la façon suivante : la terre reçoit une certaine partie du rayonnement solaire sous forme de rayonnement visible. Le flux solaire incident est de l'ordre de 340 $W.m^{-2}$. Le sol absorbe environ 50% de cette énergie incidente dont l'autre portion a été absorbée par l'atmosphère (20%) ou réfléchie par les nuages et par les surfaces claires du sol, telles que les déserts et les glaciers (30%). La surface terrestre réémet cette énergie reçue sous forme de rayonnements infrarouge (IR).

L'effet de serre est principalement lié à l'absorption des rayonnements IR de grande longueur d'onde renvoyés par la surface terrestre, par les nuages et des composés présents dans l'atmosphère de façon naturelle tels que : vapeur d'eau (H_2O), CO_2, CH_4, O_3, N_2O, gaz fluorés. Ces composés engendrent donc un effet de serre naturel. Sans ce dernier, la température moyenne sur terre serait de - 18°C.

Bien que présents à l'état de trace, l'accroissement des concentrations des composés à longue durée de vie (forceurs climatiques à longue durée de vie ou *Long-Lived Climate Forcers*) tels que le CO_2, le N_2O et certains gaz fluorés. conduit donc à un renforcement de l'effet de serre. L'étude des situations passées, par l'analyse des bulles d'air piégées dans les glaces profondes, est notamment riche d'enseignements. Les scientifiques ont mis en évidence que dans le passé, les épisodes froids ont généralement coïncidé avec de faibles teneurs de l'air en CO_2 et CH_4. Pour le CO_2, les fluctuations des concentrations sont liées à des modifications de la circulation et de la productivité océanique, l'océan étant le grand régulateur à long terme du CO_2. Pour le CH_4, les modifications font intervenir les écosystèmes terrestres et les sols gelés des hautes latitudes.

La complexité des phénomènes mis en jeu est de mieux en mieux comprise par les scientifiques.

L'accroissement de l'effet de serre ne se résume pas en fait aux seuls GES à longue durée de vie. Beaucoup d'autres composés à courte durée de vie (*Short-Lived Climate Forcers* ou SLCF) contribuent au réchauffement, de façon directe (ozone, composante carbone suie des particules, CH_4, certains HFC) ou indirecte (cas du CO et des COV qui se transforment en CO_2). Par ailleurs, certains polluants tels que le SO_2 peuvent aussi avoir des effets refroidissants.

L'ozone (O_3) présent dans l'atmosphère est un gaz à effet de serre. En fonction de l'altitude à laquelle il est présent, son forçage radiatif est différent. Selon le 5e rapport d'évaluation du GIEC (GIEC, 2014), l'ozone de la troposphère est considéré comme le troisième GES par ordre d'importance du forçage radiatif induit. L'ozone de la stratosphère contribue, au contraire, au refroidissement.

Le CO_2 est lié principalement aux combustions industrielles et domestiques ainsi qu'aux transports. Le CH_4 est en majorité lié aux pratiques agricoles : par exemple la riziculture, l'élevage. Le N_2O a une origine principalement agricole avec l'usage des fertilisants minéraux et d'origine organique (engrais, fumier, lisier).

Des substances telles que les CFC, les HCFC, les HFC, principalement utilisés dans les secteurs de la réfrigération et de la climatisation, les PFC, le NF_3, et le SF_6 sont des GES puissants dont l'origine est totalement anthropique.

L'action de ces gaz se traduit par une perturbation du bilan énergétique global caractérisée par un piégeage additionnel. Sept de ces gaz (ou familles de gaz dans le cas des HFC et PFC) sont inscrits sur la liste du Protocole de Kyoto : CO_2, CH_4, HFC, PFC, SF_6 (depuis la première période d'engagement 2018-2012) et le NF_3 (pour la seconde période d'engagement 2013-2020). Les CFC et HCFC étant couverts, par ailleurs, par le Protocole de Montréal.

Le SO_2, les NOx, le CO et les COVNM sont comptabilisés dans le rapportage des émissions de GES pour la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC 2019). Ces quatre gaz ont une action sur l'effet de serre en tant que polluants primaires intervenant dans la formation de polluants secondaires comme l'ozone ou les aérosols. Ils n'entrent pas dans le "panier" de Kyoto.

- Le CO et les COV, s'oxydent en CO_2 et contribuent à la formation d'ozone. Ils ont tous deux un forçage radiatif positif contribuant donc au réchauffement.
- Les NOx conduisent à la formation d'ozone (forçage positif), mais aussi à la formation de particules de nitrate et oxydent le CH_4 (forçage négatif). Au global ils ont un forçage négatif.
- Le SO_2 a un effet refroidissant, en produisant des sulfates (forçage négatif).
- Le NH_3 présente lui aussi un forçage négatif en produisant des nitrates et des ions ammonium.

Ce sont les émissions de ces sept gaz à effet de serre qui sont estimées dans l'inventaire national d'émission et présentés ci-après. Pour le rapportage, le SO_2, les NOx, le CO et les COVNM sont comptabilisés comme des gaz à effet de serre indirect (CCNUCC 2019).

La figure 1 suivante présente les coefficients de forçage des diverses espèces chimiques (IPCC-AR5-ch8-2014). Il est à noter que l'on ne trouve pas directement l'ozone puisqu'il est émis indirectement, mais sa contribution apparait indirectement par l'intermédiaire de ses précurseurs.

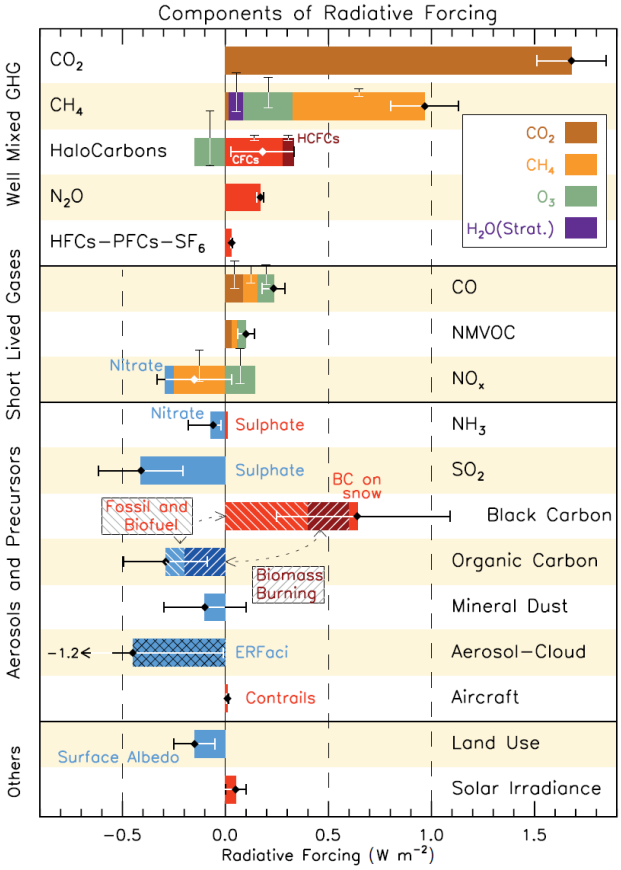


Figure 1 : Forçage radiatif des composés (IPCC- AR5-ch8- 2014) exprimé en $W.m^{-2}$

Pouvoir de réchauffement global (PRG)

Le PRG (ou GWP, *Global Warming Potential*, en anglais) a été défini par les experts du GIEC pour fournir une mesure simple des effets relatifs des émissions des divers gaz à effet de serre. L'indicateur est défini comme le forçage radiatif cumulé entre la situation actuelle et un horizon donné causé par une unité de masse de gaz émise aujourd'hui. Le CO_2 sert de référence (PRG = 1).

Le tableau suivant présente les PRG de certains composés, d'après la dernière mise à jour du GIEC dans son 5e rapport (GIEC 2014). Ces PRG seront utilisés à partir de l'inventaire portant sur l'année 2021. Actuellement, ce sont les PRG du 4e rapport qui

sont utilisés dans les inventaires jusqu'à cette date (CCNUCC 2019).

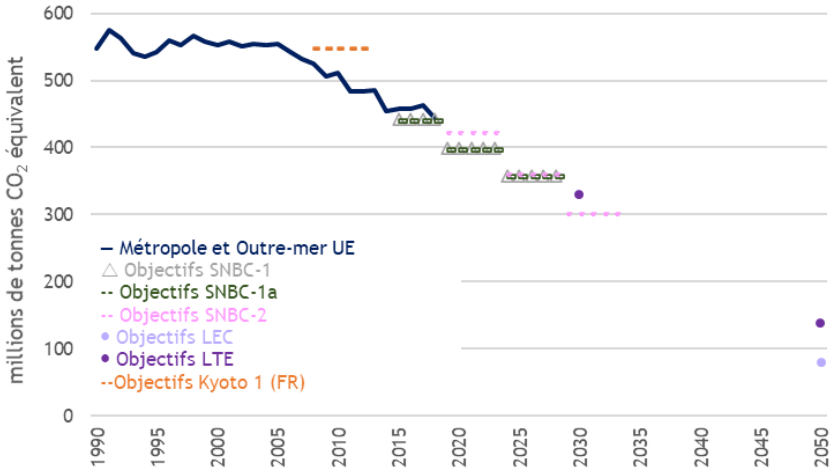
Pour le besoin du rapportage CCNUCC, ce sont toujours les PRG à 100 ans qui sont pris en compte.

Tableau 1 : Exemples de PRG de composés selon le 4e rapport (GIEC 2007) et le 5e rapport d'évaluation du GIEC (GIEC 2014)

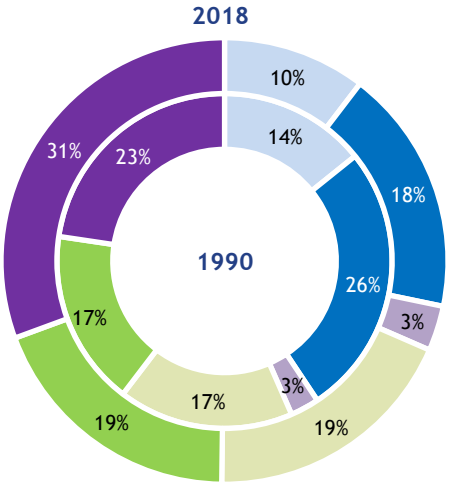
Substance	PRG selon 5e rapport		PRG selon 4e rapport
horizon	*20 ans*	*100 ans*	*100 ans*
CO_2	1	1	1
CH_4	84	28	25
N_2O	264	265	298
NF_3	12 800	16 100	17 200
SF_6	17 500	23 500	22 800

Emissions de gaz à effet de serre en bref

Evolution des émissions de CO_2e en France



Répartition des émissions de CO2e hors UTCATF en France



Industrie énergie	Industrie manufacturière
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture
Déchets (centralisés)	Transports

CO_2e

CO_2 équivalent

Type
Indicateur

Définition
Les émissions en CO_2e (équivalent CO_2) correspondent à l'agrégation de toutes les émissions de gaz à effet de serre (CO_2, CH_4, N_2O, PFC, HFC, SF_6, NF_3) présentées en tonnes de CO_2 équivalent, soit en prenant en compte leur pouvoir de réchauffement global (PRG) propre à 100 ans.

Valeurs des PRG
Le PRG traduit l'impact sur le climat d'un gaz à effet de serre en comparaison au CO_2, de PRG = 1. Les valeurs ci-après, utilisées dans l'inventaire national, sont celles issues du rapport du Giec de 2007 (AR4) et qui devront être utilisées jusque dans l'inventaire portant sur l'année 2020.

CO_2 = 1

CH_4 = 25

N2O = 298

HFC = 124 à 14 800

PFC = 7 390 à 12 200

SF_6 = 22 800

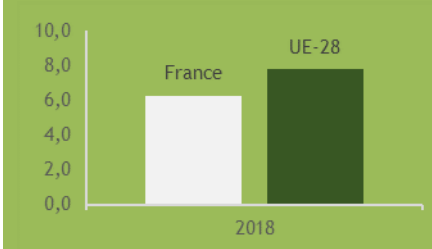
NF_3 = 17 200

Origine
Voir les fiches par gaz à effet de serre

Phénomènes associés
Voir les fiches par gaz à effet de serre

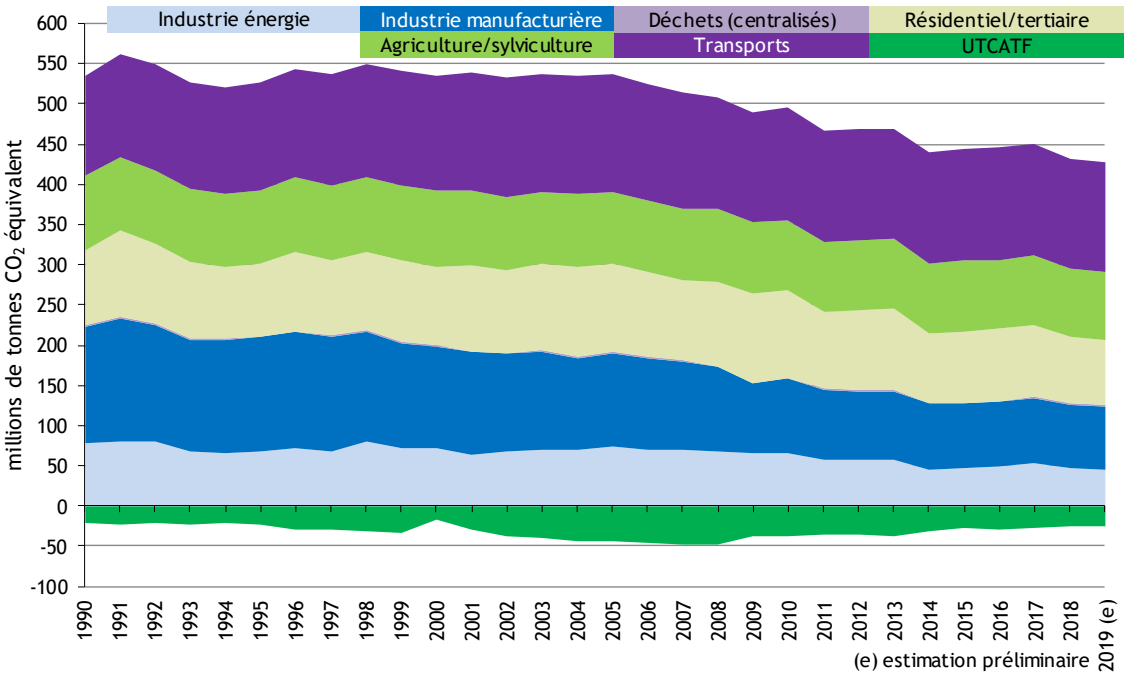
Effets
Voir les fiches par gaz à effet de serre

Emissions hors UTCATF par habitant
kg/hab/an en 2018

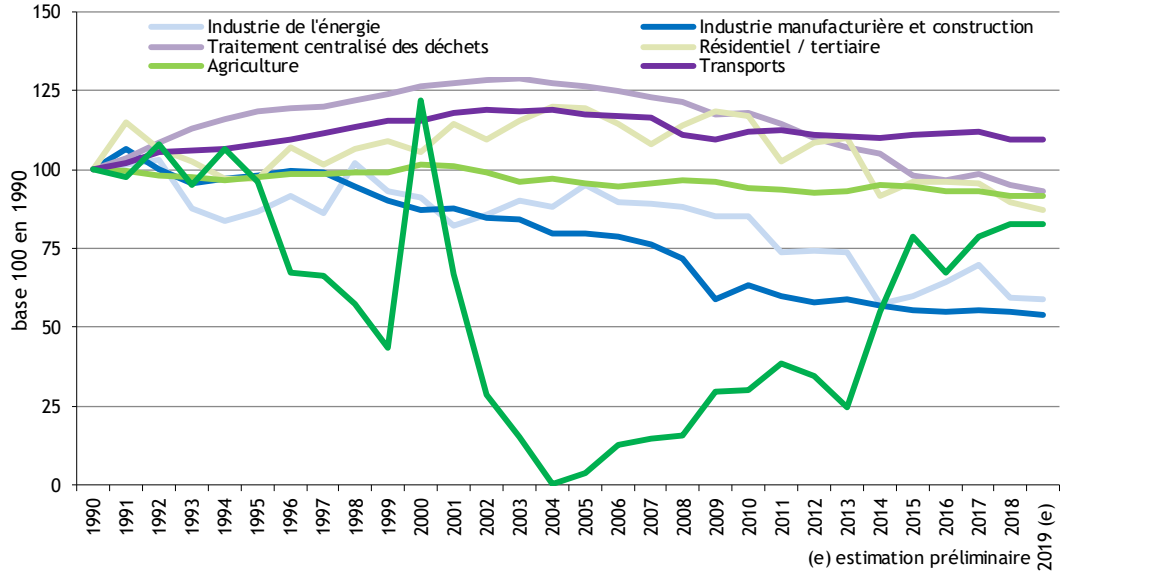


CO_2e

Evolution des émissions dans l'air de CO_2e depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de CO_2e en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de CO_2e ($MtCO_2e$/an) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	78,0	67,6	71,2	74,0	66,4	46,7	50,0	54,3	46,2	45,8
Industrie manufacturière et construction	145,0	141,9	126,7	115,9	91,7	80,5	79,5	80,0	79,5	78,3
Traitement centralisé des déchets	15,3	18,1	19,3	19,3	18,0	15,0	14,7	15,0	14,5	14,2
Résidentiel / tertiaire	92,8	90	98	111	109	89	89	89	83	81
Agriculture	93,1	90,8	94,4	88,9	87,7	88,2	86,6	86,8	85,3	85,5
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	124,2	134,3	143,3	145,8	139,2	138,0	138,7	138,9	136,2	135,9
Transport hors total	*16,7*	*17,9*	*24,2*	*24,9*	*24,2*	*23,1*	*22,6*	*23,1*	*24,4*	*24,4*
TOTAL national hors UTCATF	**548**	**543**	**553**	**555**	**512**	**458**	**459**	**464**	**445**	**441**
UTCATF	-21,9	-22,8	-17,2	-44,7	-37,2	-26,6	-29,1	-26,6	-25,7	-25,7
UTCATF Hors total	*2,9*	*3,0*	*3,1*	*3,1*	*3,4*	*3,4*	*3,4*	*3,4*	*3,4*	*3,4*
Emissions naturelles hors total	*0,0*	*0,0*	*0,3*	*0,0*	*0,2*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,1*	*0,1*
TOTAL national avec UTCATF	**526**	**520**	**536**	**510**	**475**	**431**	**430**	**437**	**419**	**415**
Hors total	*19,6*	*20,9*	*27,5*	*28,1*	*27,8*	*26,6*	*26,0*	*26,6*	*27,9*	*27,9*

CO_2e

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux

La hausse des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère entraine une perturbation du bilan radiatif terrestre, en bloquant une partie des rayonnements solaires qui retournent vers la surface et réchauffent les basses couches de l'atmosphère et les océans. *Lire la partie générale sur l'effet de serre en début de chapitre.*

Définition

Les émissions en CO_2e (équivalent CO_2) agrègent toutes les émissions de gaz à effet de serre (CO_2, CH_4, N_2O, PFC, HFC, SF_6, NF_3) au sens du Protocole de Kyoto, en prenant en compte leur pouvoir de réchauffement global (PRG) propre (voir le tableau dans la section *Contexte précédente* ainsi que dans le chapitre *Comprendre nos données d'émissions*). Il est donc plus difficile d'analyser l'évolution de ces émissions ainsi agrégées, néanmoins, ces émissions totales de GES restent un indicateur central pour la politique climat nationale, européenne et internationale.

Objectifs de réduction internationaux

La France, en tant que Partie à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, doit participer à son objectif ultime, à savoir « stabiliser […] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique » [art. 2 de la CCNUCC]. Les avancées des travaux scientifiques et des négociations climatiques ont, depuis, permis de définir un objectif quantifié dans le cadre de l'Accord de Paris : limiter à 2°C voire à 1,5°C le réchauffement global, et atteindre le neutralité carbone au cours de la seconde moitié du 21e s. Dans le cadre du Protocole de Kyoto, la France devait stabiliser, sur la période 2008-2012 (première période d'engagement), ses émissions de GES au niveau de 1990, soit un budget cumulé sur la période de 2819,6 Mt CO_2e. Les émissions réelles cumulées sur la période s'élevant à 2509 Mt CO_2e, cet objectif a été atteint. Dans le cadre de la 2e période du Protocole de Kyoto (2013-2020), seul un objectif collectif de l'UE a été défini : -20% par rapport à 1990. Cet objectif est détaillé, au niveau des Etats-membres, dans le cadre de la politique climat de l'UE.

Objectifs de réduction liés à l'UE

Les objectifs climatiques européens se déclinent en trois volets :

- les **objectifs visant le SEQE** (Système d'échange de quotas d'émissions ou EU-ETS, couvrant des installations industrielles et énergétiques, et l'aviation). L'objectif total pour l'UE est une baisse des émissions de -21% pour 2020 et de -43% pour 2030 (base 2005). **Cet objectif n'est pas décliné par Etat-membre**, seuls les quotas gratuits sont fixés par Etat-membre. La France peut donc acheter autant de quotas payants que souhaité, tant qu'au niveau total de l'UE le plafond n'est pas dépassé.

- les **objectifs visant les secteurs hors-SEQE** (dans le cadre de l'*ESD* : *Effort-Sharing Decision*). L'ESD fixe, par Etat-Membre, des plafonds d'émissions annuels sur la période 2013-2020. Le plafond assigné à la France pour 2018, de 366,3 Mt CO_2e, n'a pas été dépassé [émissions hors SEQE : 341,9 Mt en 2018]. Les prochains plafonds s'élèvent 360,8 Mt pour 2019 et à 355,3 Mt pour 2020.

- et enfin le **secteur UTCATF**, dans le cadre du règlement 2018/841 qui définit un objectif de puits net pour l'UTCATF, avec des flexibilités. Pour le puits forestier spécifiquement, la comptabilisation se fait au regard d'un objectif projeté (le Niveau Forestier de Référence, ou FRL) sur les périodes 2021-2025 et 2026-2030.

Objectifs nationaux : la SNBC

L'objectif fixé au niveau national par la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) se traduit par une série de budgets carbone définis en 2015 dans la Loi sur la Transition Energétique (LTE), et révisés en 2020 (SNBC-2). Le 1er budget carbone, sur la période 2015-2018, de 442 MtCO_2e/an (hors UTCATF), a été dépassé (456 MtCO_2e/an en moyenne). Le 2e budget carbone, sur la période 2019-2023, a été fixé par la SNBC-2 à 422 Mt CO_2e/an (hors UTCATF). La pré-estimation de 2019 (441 Mt CO_2e) **respecte le budget indicatif fixé pour 2019** (443 Mt) mais montre que les émissions devront encore baisser les années suivantes de près de -10Mt CO_2e en moyenne par an (soit -2,3%/an) pour que ce 2e budget carbone soit respecté sur la période. La SNBC-2 prévoit par ailleurs une accélération de l'effort après 2023.

A noter

Les valeurs de Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) utilisés dans l'inventaire sont ceux du 4e rapport du Giec, conformément aux exigences de la CCNUCC. A partir du 1er janvier 2023, la France devra prendre en compte les PRG de l'AR5 conformément aux décisions 18/CM1.1 et 1/CP.24 (adoptées à la COP 24) sur la mise en œuvre de l'Accord de Paris. 1 t de CH_4 ne vaudra plus 25 t de CO_2e mais 28 t ; 1 t de N_2O ne vaudra plus 298 t de CO_2e mais 265 t.

CO_2e

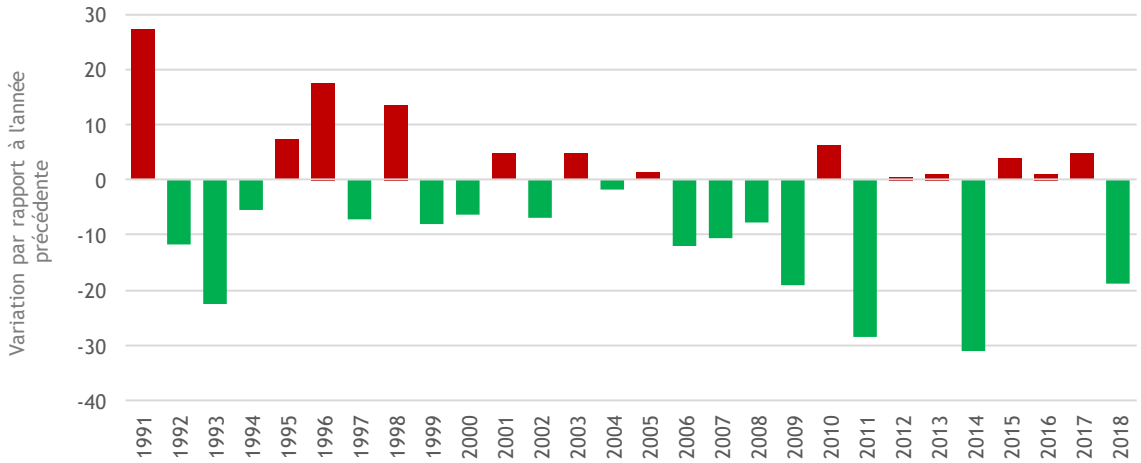
Contrairement aux éditions du rapport Secten antérieures à 2020, le périmètre utilisé (sauf mention contraire) pour les émissions de GES couvre la Métropole et l'Outre-Mer inclus dans l'UE, en cohérence avec les périmètres des objectifs. Sauf mention contraire, chaque GES individuel est exprimé en CO_2e.

Tendance générale

Analyse globale

Les émissions totales de GES en France sont analysées dans leur ensemble depuis 1990. Le maximum observé correspond à l'année 1991. Néanmoins, le véritable **pic des émissions de GES en France** est vraisemblablement **1973**, année du choc pétrolier, où l'on observe les émissions maximales de CO_2, composante principale des émissions de tous GES. On observe d'abord un plateau dans les années 1990 jusqu'en 2005, puis une diminution irrégulière jusqu'à atteindre un niveau minimum en 2014, puis une période de lente ré-augmentation des émissions depuis 2015, de moins de 1% par an (0,9% en 2015, 0,2% en 2016, 1,1% en 2017). A partir de 2018, les émissions repartent à la baisse (voir *tendance récente*). Les variations interannuelles sont hétérogènes au cours de la période estimée. Cette variation s'explique notamment par les fluctuations des conditions climatiques, la douceur ou la rigueur des hivers jouant sur les émissions de CO_2 dans les secteurs Energie (production d'électricité par des centrales au gaz voire au charbon) et Résidentiel-Tertiaire (chauffage).

Variation interannuelle des émissions de CO_2e en France (Métropole et Outre-mer UE)

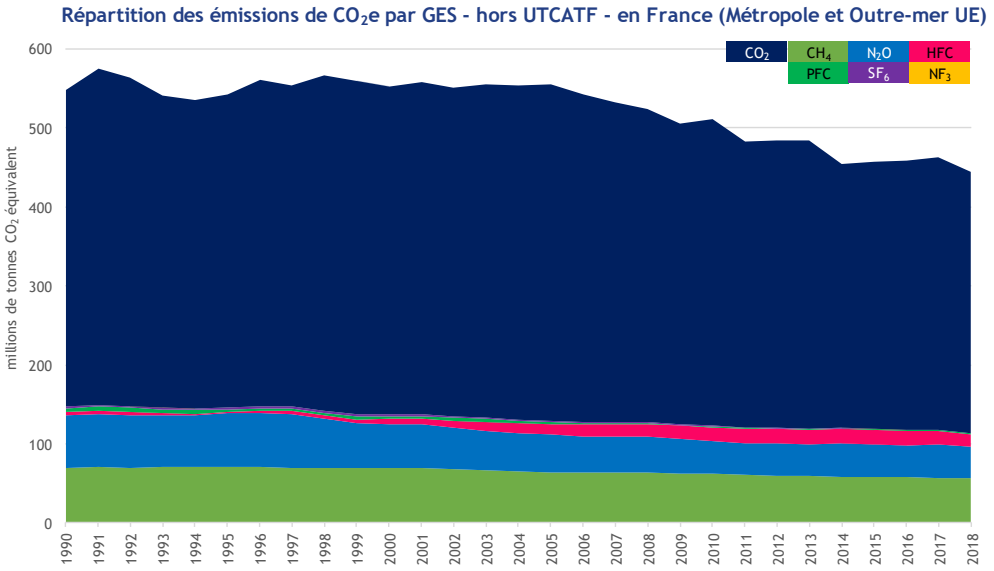


Au cours de la période 1990-2018, les variations interannuelles font apparaître des **hausses de moins en moins fortes** : autour de +5 $MtCO_2e$ pour les années 2000, 2015 et 2017, voire des quasi-stagnations (2005, 2012, 2013, 2016) contre des hausses autour de +10 $MtCO_2e$ à +20 $MtCO_2e$ pour les années 1990. Les **réductions d'émissions sont, en revanche, de plus en plus fortes**, avec des niveaux autour de – 8 $MtCO_2e$ dans les années de 1990 à 2000 et désormais des baisses de -20 à -30 Mt CO_2e pour la fin des années 2000 aux années 2010.

Poids des différents gaz à effet de serre

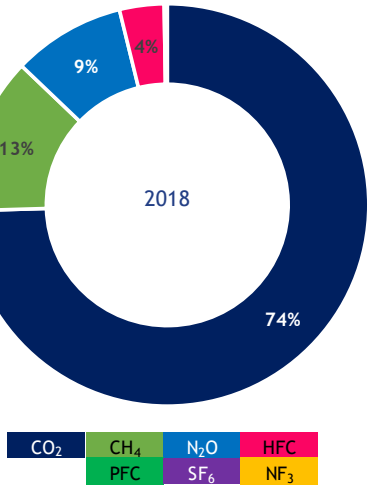
Ce sont les émissions de CO_2 qui expliquent les grandes tendances d'évolution des émissions de GES. Le graphique ci-dessous présente le poids de chaque gaz à effet de serre dans les émissions totales exprimées en CO_2e.

CO_2e



La part en % des GES contribuant aux émissions de CO_2e en 2018 est présentée dans le graphique ci-dessous.

Répartition des émissions de CO_2e par GES en France (Métropole et Outre-mer UE) hors UTCATF - en %



Tant en niveau qu'en évolution, **le CO_2 est le principal contributeur** aux émissions de GES en France métropolitaine. Les sources d'émission de CO_2 ainsi que l'analyse de leur évolution temporelle sont présentées dans la section CO_2. En résumé, l'évolution des émissions de CO_2 s'explique par :

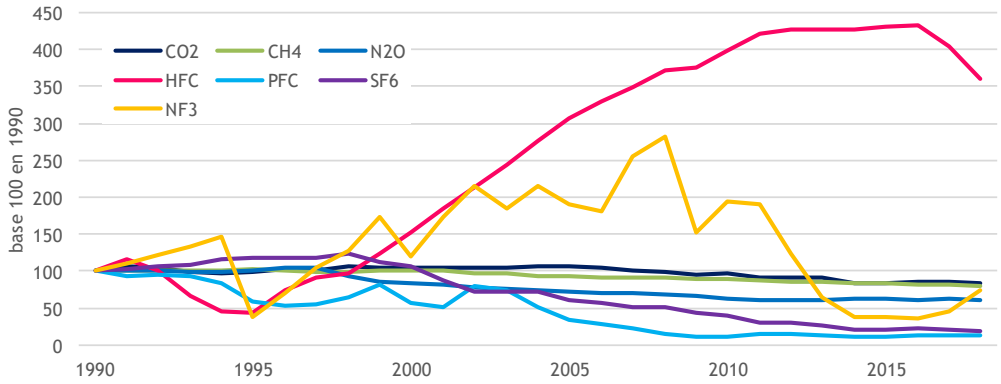
- La hausse du trafic routier sur la période, même si, depuis 2008, la part des véhicules moins consommateurs et des biocarburants augmente ;
- La hausse de la consommation énergétique dans le secteur Résidentiel-Tertiaire, avec une forte variabilité liée à la rigueur ou non des hivers ;
- La baisse de la consommation de pétrole et du charbon depuis les années 1970 au profit de l'électricité et du gaz naturel ;
- Les économies d'énergie après le choc pétrolier de 1973 ;
- Les réglementations et le contexte économique impactant la baisse des émissions industrielles ;
- La baisse de la production d'énergie fossile après les pics pétroliers de 1973 et 1979 et la mise en place du programme nucléaire qui expliquent la baisse générale des émissions du secteur Energie, les variations récentes étant dues aux variations du climat (hivers doux ou rudes).

CO_2e

Au-delà du CO_2, le CH_4 et le N_2O représentent à eux deux 22% des émissions de GES en 2018. Ces deux gaz sont très majoritairement émis par le secteur Agriculture (élevage et culture) : fermentation entérique des bovins, gestion des déjections… En 2018, les PFC ne représentent que 0,15% des émissions de CO_2e, le SF_6 0,1% et le NF_3 seulement 0,003%. Entre 1990 et les années 2000, la part des gaz autres que le CO_2 a baissé, passant de 27% en 1990 à 23% en 2006. Ensuite, avec la baisse des émissions de CO_2, les émissions hors CO_2 ont représenté une part de plus en plus importante des émissions de CO_2e, passant de 23% en 2006 à 25% en 2018.

Les évolutions des différents GES unitaires présentent des profils différents, globalement en baisse depuis 1990 sauf pour les HFC qui ont connu une période de forte hausse jusqu'en 2016.

Evolution relative des différents GES hors UTCATF en France (Métropole et Outre-mer UE) (base 100 en 1990)

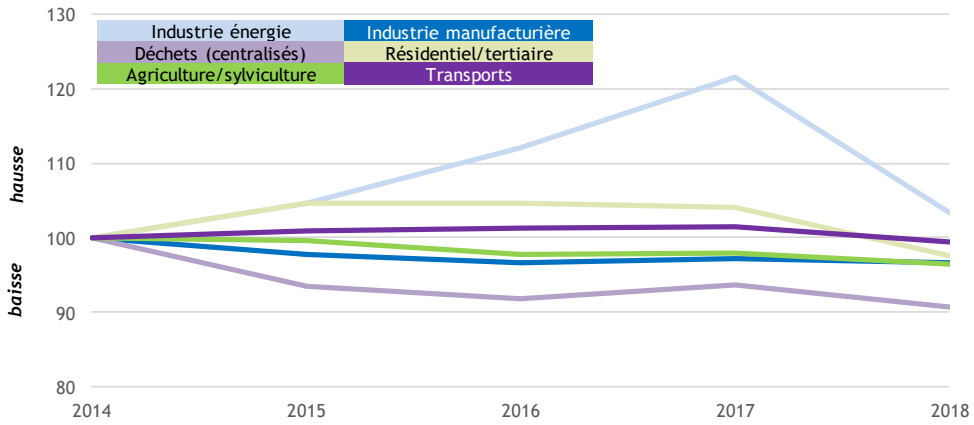


Puits de carbone et bilan net

Le secteur UTCATF est pour l'instant le seul moyen pour la France de générer des absorptions importantes de CO_2. un puits net de carbone. En 2018, ce puits net est estimé à -25,7 Mt CO_2e. Dans le même temps, les autres secteurs ont émis 445 Mt CO_2, l'UTCATF permet donc de compenser 6% des émissions des autres secteurs. Fortement à la hausse durant la période 1990-2000, le puits a tendance à diminuer ces dernières années, passant d'environ -45 Mt CO_2e au milieu des années 2000 à -25 Mt CO_2e ces dernières années. Il semble que la dynamique de la forêt française, historiquement responsable de cette croissance du puits, s'amenuise légèrement, même si elle présente toujours un puits de carbone important (*lire le chapitre UTCATF pour plus de détail*).

Évolution récente

Évolution des émissions des gaz à effet de serre en France (Métropole et Outre-mer UE) depuis 2014



La hausse de la période 2014-2017

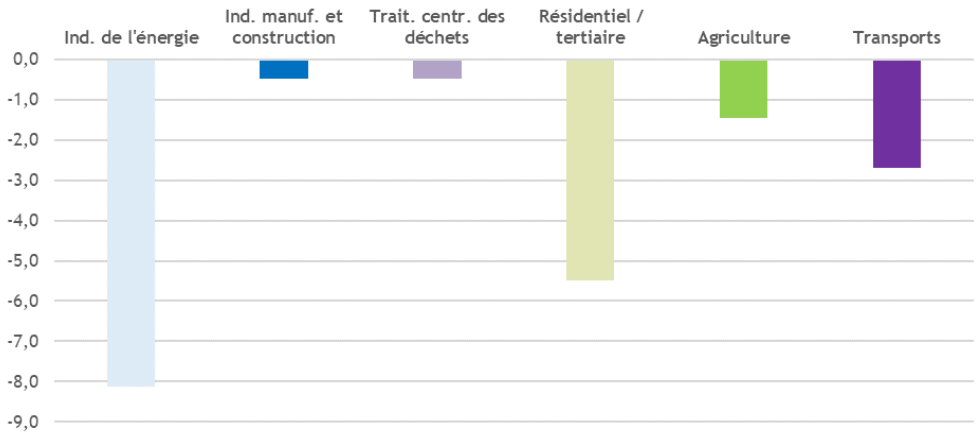
Bien que l'objectif soit de poursuivre la baisse des émissions à un rythme de plus en plus soutenu, une légère augmentation des émissions totales de GES est observée sur la période 2014-2017 (entre 0,2 et 0,9% par an). Cette hausse des émissions de GES était principalement liée :

- à la **Production d'électricité** le niveau 2014 était historiquement bas du fait d'une consommation de charbon divisée par deux par rapport à 2013 et d'un hiver particulièrement doux. Entre 2014 et 2017, les émissions ont réaugmenté du fait d'un arrêt de certaines tranches de centrales nucléaires et d'hivers moins doux pour revenir au niveau des années 2011-2013 (*voir le chapitre Energie*).
- au **secteur Résidentiel** (+4,8 Mt CO_2e en 2017 par rapport à 2014) (voir graphique ci-après). L'année 2014 était une année particulièrement douce où les besoins de chauffage du résidentiel ont été moins importants en comparaison avec les autres années (*voir le chapitre Résidentiel-Tertiaire*).
- au **transport routier,** dans une moindre mesure, avec une hausse des émissions de CO_2e des **véhicules essence** (+1,4 Mt CO_2e en 2017 par rapport à 2014) (*voir le chapitre Transports).*

En 2018

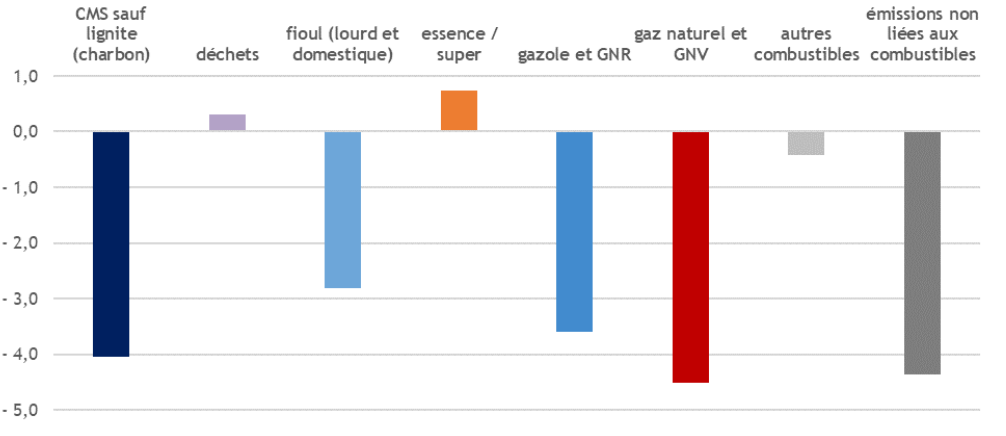
Les émissions nationales hors UTCATF ont atteint, en 2018, 445 Mt CO_2e et, en 2019, d'après notre pré-estimation provisoire, 441 Mt CO_2e. Il s'agit des niveaux les plus bas atteint depuis 1990. Les émissions ont baissé de 18,7 Mt CO2e entre 2017 et 2018 (-4%). La réduction d'émission est surtout liée au secteur de l'industrie de l'énergie (-8,1 Mt CO2e, soit 43% de la baisse), et au secteur résidentiel-tertiaire (-5,5 Mt CO_2e, soit 29% de la baisse) ; et, dans une moindre mesure, aux transports (-2,7 Mt CO_2e, 14% de la baisse) et à l'agriculture (-1,4 Mt CO_2e, 8% de la baisse).

Évolution 2017-2018 (en Mt CO2e)



La baisse pour le secteur Energie correspond en fait à une baisse des émissions liées à la **production d'électricité**. En effet, en 2017, en raison à la fois d'une indisponibilité de certains tranches nucléaires et d'un hiver particulièrement froid, les émissions liées aux centrales électriques ont été plus importantes. Pour le résidentiel-tertiaire, on observe surtout l'effet du **chauffage dans les bâtiments résidentiels**, lié aussi à un hiver 2017 moins doux que les hivers précédents. Ainsi, la variation de la consommation, de charbon, de fioul domestique et de gaz naturel, dans les centrales de production électriques et dans les chaudières domestiques, explique en grande partie la variation d'émission entre 2017 et 2018.

Évolution 2017-2018 (en Mt CO_2e) par combustible



Sur les 18,7 Mt CO_2e de réduction d'émissions entre 2017 et 2018, 14,4 Mt (77%) sont dues à des réductions d'émissions liées aux combustibles, et principalement : le gaz naturel et GNV (-4,5 Mt), le charbon (-4Mt), le gazole et GNR (-3,6 Mt CO_2e), le fioul domestique (-1,8 Mt) et le fioul lourd (-1 Mt).

Pour les **transports**, la baisse de -2,7 Mt en 2018 est liée aux **diminutions des consommations des véhicules diesel** : véhicules particuliers diesel surtout (-2,2 Mt), véhicules utilitaires légers diesel (-0,7 Mt) et poids lourds diesel (-0,6

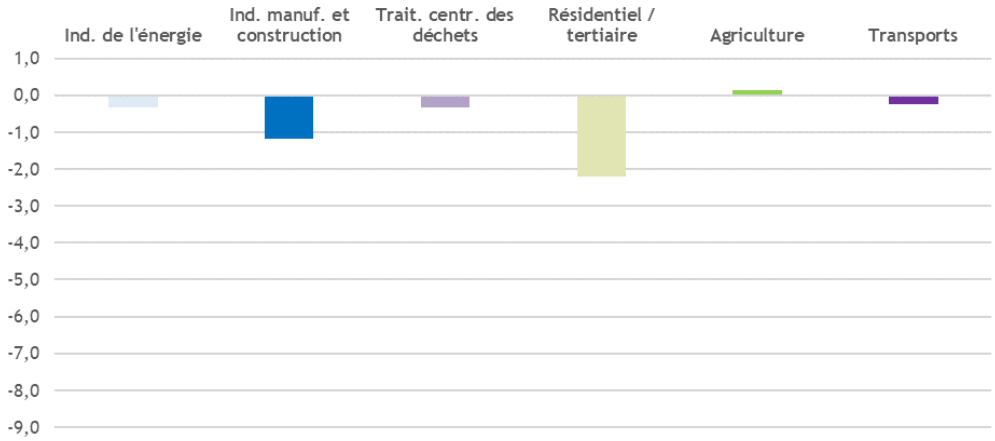
Mt). Cette baisse est en partie compensée par une hausse des consommations des véhicules particuliers essence (+0,7 Mt).

Pour **l'agriculture**, la baisse de 1,4 Mt CO_2e (-1,7%) en 2018 est davantage liée aux Cultures (-1 Mt CO_2e) qu'à l'élevage (-0,4 Mt CO_2e). Les tendances d'évolution des émissions de l'agriculture sont relativement lentes, la baisse d'émissions étant liée à des évolutions structurelles (diminution du cheptel et des quantités d'intrants azotés ; mise en place de techniques de réduction).

En 2019

L'année 2019 a été pré-estimé provisoirement à l'aide d'indicateurs. Certaines hypothèses conservatrices ont été appliquées en attendant de disposer de données complètes. Cette évolution sera donc recalculée pour la prochaine édition d'inventaire.

Évolution 2018-2019 (en Mt CO_2e) - pré-estimation



Il apparait d'après cette première estimation de l'année 2019 que :

- la réduction observée en 2018 (-4%) ne se reproduit pas dans les mêmes proportions en 2019 (-0,9%), mais permet d'atteindre un nouveau niveau historiquement bas.

- le **secteur des bâtiments résidentiels et tertiaires** devient le premier contributeur à la baisse globale des émissions (-1,8 Mt, soit 55% de la baisse globale), en raison de consommations énergétiques pour le chauffage en baisse, en partie due à un hiver doux.

- avec -0,3 Mt CO_2e en 2019, la forte baisse observée précédemment entre 2017 et 2018 pour le **secteur de l'Energie** (et en particulier de la Production d'Electricité) ne se poursuit pas en 2019. En effet, la variation 2017-2018 était surtout liée à des effets contextuels, à la fois avec l'hiver plus froid en 2017 et l'indisponibilité de certaines tranches nucléaires pour produire de l'électricité. Si les émissions liées aux centrales à charbon sont en baisse (ces centrales étant amenées à être fermées dans les prochaines années), les émissions liées aux centrales au gaz naturel, ont quant à elles augmenté.

- le secteur de **l'industrie manufacturière et de la construction** représente la 2e plus forte baisse estimée, avec -1,2 Mt CO2e en 2019, réduction encore plus forte qu'en 2018 (-0,5 Mt CO_2e). Cette diminution est en grande partie liée (-1 Mt sur les -1,2 Mt) à la métallurgie des métaux ferreux, liée à une baisse de la production d'acier, de ciment, de verre creux, et à une baisse des consommations d'énergie associées à cette production (gaz naturel, charbon). Les émissions de ce secteur sont à deux tiers liées à trois sous-secteurs seulement : la chimie (25% des émissions en 2019, en baisse quasi constante depuis 1990), les minéraux non métalliques et matériaux de construction (23%, émissions en baisse mais avec des fluctuations) et la métallurgie des métaux ferreux (20%, émissions très fluctuantes).

- pour les transports, la légère baisse pré-estimée pour 2019 (-0,2 Mt CO_2e) est bien inférieure à celle de 2018 (-2,7 Mt). Ce chiffre cache en réalité des évolutions différenciées, qui se compensent en partie : une diminution des émissions des véhicules particuliers et utilitaires légers diesel (-3,6 Mt) mais une hausse des émissions des poids lourds diesel (+1,7 Mt) et des véhicules particuliers essence (+0,7) ; et une hausse des émissions de l'aviation nationale (+0,2 Mt).

- pour les **déchets**, la baisse estimée en 2018 (-0,5 Mt) semble se poursuivre en 2019 (-0,3 Mt), par la poursuite de la diminution des quantités de déchets mis en décharge. A noter qu'une partie des déchets étant incinérée avec récupération d'énergie, les émissions liées à cette activité sont pris en compte au sein du secteur Energie.

-pour l'agriculture, l'évolution 2018-2019 n'a pas été estimée spécifiquement, dans l'attente de données spécifiques au moment du calcul des émissions. L'hypothèse conservatrice d'émissions égales à 2018 a été appliquée pour la plupart des sous-secteurs – or il est possible que les émissions de l'élevage continuent de baisser (diminution du cheptel bovin en 2019) ainsi que les émissions des cultures (diminution des livraisons d'engrais azotées). Ces dynamiques seront précisées lors de la prochaine édition de l'inventaire (rapport Secten éd. 2021).

CO2e	1990-2018	2017-2018	2018-2019 (provisoire)
Industrie de l'énergie	-41%	-15%	-1%
Industrie manufacturière et construction	-45%	-1%	-1%
Traitement centralisé des déchets	-5%	-3%	-2%
Résidentiel / tertiaire	-11%	-6%	-3%
Agriculture	-8%	-2%	0%
Agriculture hors total	*0%*	*0%*	*0%*
Transports	10%	-2%	0%
Transport hors total	*46%*	*5%*	*0%*
TOTAL national hors UTCATF	**-19%**	**-4%**	**-1%**
UTCATF	17%	-4%	0%
UTCATF Hors total	*18%*	*0%*	*0%*
Emissions naturelles hors total	*300%*	*100%*	*0%*
TOTAL national avec UTCATF	**-20%**	**-4%**	**-1%**
Hors total	*42%*	*5%*	*0%*

En 2020

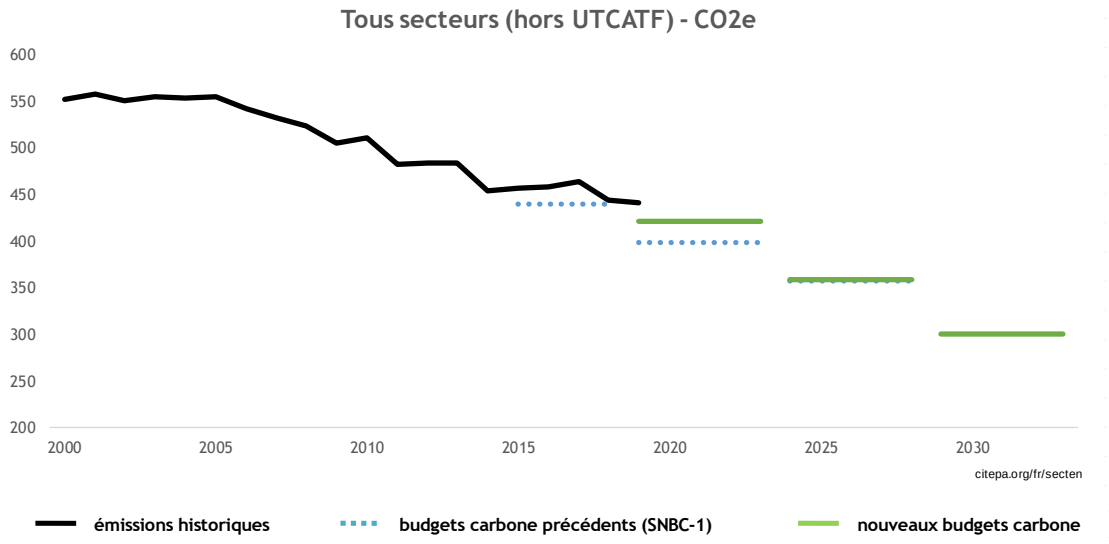
Le Citepa ne calcule pas encore de pré-estimation pour l'année en cours. Néanmoins, il est d'ores-et-déjà possible de dire que sur la première moitié de l'année 2020, les émissions de GES sont en forte baisse en France en raison des effets des mesures prises pour lutter contre la pandémie de Covid-19, en particulier le confinement de la population, ainsi qu'en raison de la crise économique associée. Pour la seconde partie de l'année, le niveau d'émission dépendra de la reprise économique, de l'évolution de la pandémie et d'éventuels effets de changements de comportements (ex : recours à la voiture individuelle). Des premières approximations ont été proposées par différents chercheurs, estimant une évolution 2019-2020 entre -5% et -15% (lire notre article sur le sujet).

Le budget carbone 2019-2023 peut-il être respecté ?

La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) de la France fixe les objectifs climat de la France. Pour différentes périodes, les émissions, en moyenne sur la période, ne doivent pas dépasser un budget carbone. Le 1er budget carbone (2015- 2018) n'avait pas été respecté. Le budget carbone pour la période 2019-2023, fixé en 2020 par la SNBC révisée, s'élève à 422 $MtCO_2e$/an. Le budget indicatif annuel pour l'année 2019 s'élève quant à lui à 443 Mt CO_2e. L'estimation provisoire des émissions 2019 s'élève à 441 Mt, ce qui respecte donc l'objectif fixé pour 2019 mais reste encore en deçà de la moyenne à atteindre sur la période 2019-2023. Les émissions devront encore baisser les années suivantes de près de -10Mt CO_2e en moyenne par an (soit -2,3%/an) pour que ce 2e budget carbone soit respecté. Si la probable baisse importante des émissions en 2020 permettrait d'aller dans ce sens, c'est surtout la question de la reprise économique et de la poursuite de cette tendance à la baisse des émissions qu'il faudra surveiller à partir de 2021.

Où en sont les émissions de gaz à effet de serre par rapport aux budgets carbone ?

en $MtCO_2e$ - périmètre France métropolitaine + Outre-mer inclus dans l'UE



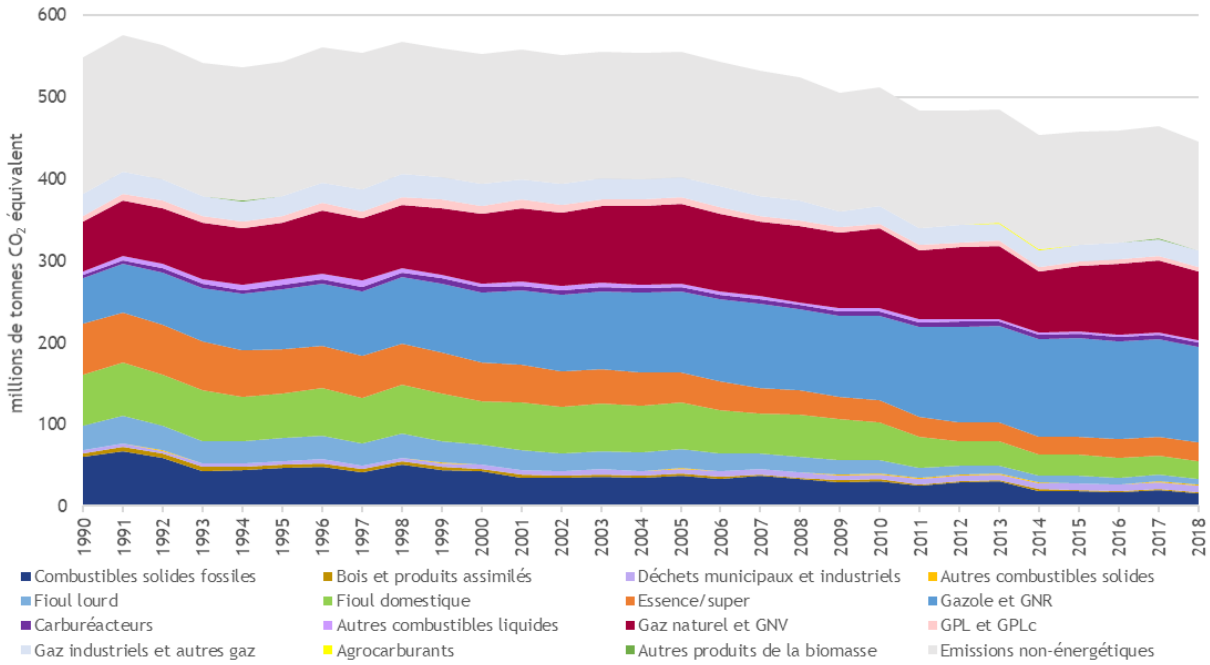
Perspectives : diviser par 7 les émissions d'ici 2050 ?

L'objectif fixé dans la Stratégie Nationale Bas-Carbone est d'atteindre la **neutralité carbone** en 2050, conformément à l'article 4 de l'Accord de Paris (voir le chapitre *Politique et Règlementation*), c'est-à-dire que les émissions soient intégralement compensées par les absorptions (puits de carbone du secteur UTCATF et technologies de captage et stockage du carbone). En 2018, les émissions hors UTCATF (émissions brutes) s'élèvent à 445 Mt CO_2e; et les absorptions de l'UTCATF s'élèvent à -26 Mt CO_2e. Autrement dit, les émissions brutes sont 17 fois plus importantes que le puits de carbone- l'UTCATF ne compense que l'équivalent de 6% des émissions – l'objectif étant d'arriver à 100% en 2050. Par ailleurs, si les émissions baissent, le puits de carbone, lui, ne montre pas une forte tendance à la hausse sur les dernières années. Etant donné les limites des puits dans le sol et la biomasse du secteur UTCATF (limites biophysiques, limites en surfaces, non-permanence) ainsi que les incertitudes concernant le déploiement à grande échelle des techniques de captage artificiel du carbone, cet objectif implique nécessairement une **réduction massive des émissions** dans tous les secteurs. Le projet de Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) révisée, publié le 6 décembre 2018, prévoit que les émissions de GES atteignent un niveau de **80 Mt CO_2e** (hors UTCATF) **en 2050**. La SNBC révisée impliquerait donc une **réduction non plus par 4** d'ici 2050 (*facteur 4*), mais **par 7** (soit **-85%**, base 1990).

En 2050, les **80 Mt CO_2e** d'émissions "résiduelles" seraient alors imputables à 60% au secteur agricole et à 20% à l'industrie. Les secteurs de l'Energie, des Transports et des bâtiments résidentiels et tertiaires sont les secteurs où l'effort de réduction seraient les plus importants à fournir pour atteindre cet objectif.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions liées aux combustibles représentent une part assez stable, autour de 70 ou 71%, des émissions totales de Gaz à effet de serre. C'est cette part liée aux combustibles qui connait les fluctuations les plus fortes et qui explique notamment la période de hausse des émissions entre 2014 et 2017. La part des émissions liées au gazole (véhicules diesel) et au gaz naturel est de plus en plus importante, et représente en 2018 64% des émissions de GES liées aux combustibles (contre seulement 30% en 1990).

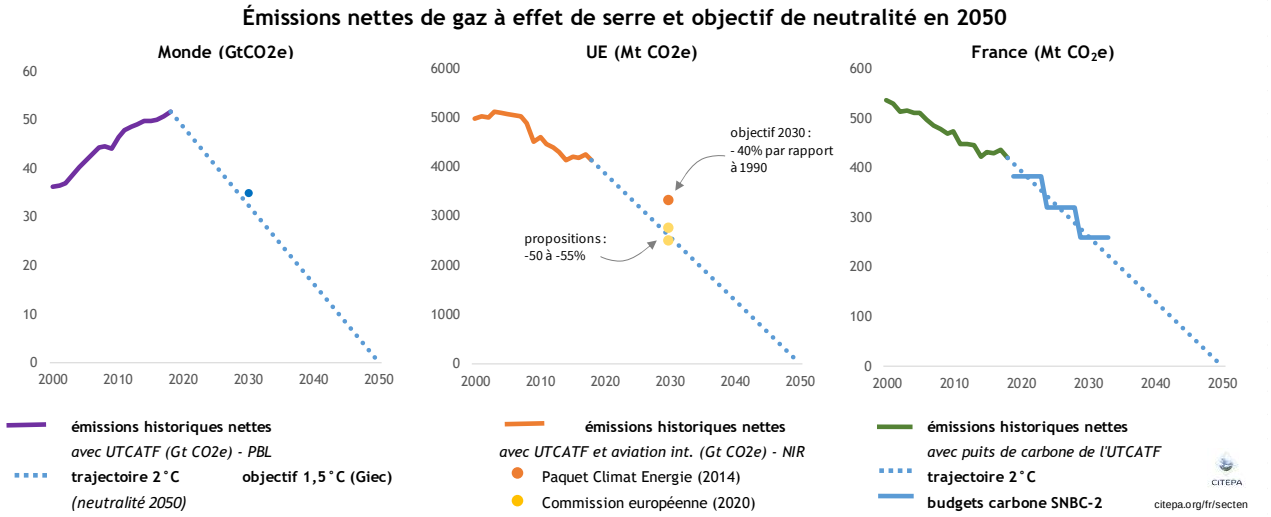


Et ailleurs ?

Selon le dernier rapport du PNUE (Gap report 2019), les émissions de GES ont augmenté de 1,5% par an au cours de la dernière décennie et n'ont connu qu'une brève stabilisation entre 2014 et 2016. En 2018, les émissions totales mondiales de GES ont atteint le niveau record de 55,3 Gt CO_2e (avec UTCATF) (contre 53,5 Gt CO_2e en 2017). Aucun signe n'indique que les émissions de GES plafonneront dans les années à venir. Chaque année de report du plafonnement signifie que les réductions devront être plus importantes et plus rapides. Si les émissions devaient plafonner en 2020, elles devraient être inférieures de 25 et 55 % à celles de 2018 en 2030 pour pouvoir limiter le réchauffement planétaire à 2°C et 1,5°C, respectivement.

Selon le rapport spécial 1.5°C du Giec, sur la base du niveau d'ambition actuel des contributions nationales (NDC), les émissions de GES atteindront entre 52 et 58 Gt CO_2e en 2030 (contre 52 Gt CO_2e en 2016). Cette trajectoire n'est pas

compatible avec un objectif +1,5°C [même avec de très fortes réductions après 2030] et conduirait à un réchauffement de +3°C d'ici 2100.



En savoir plus

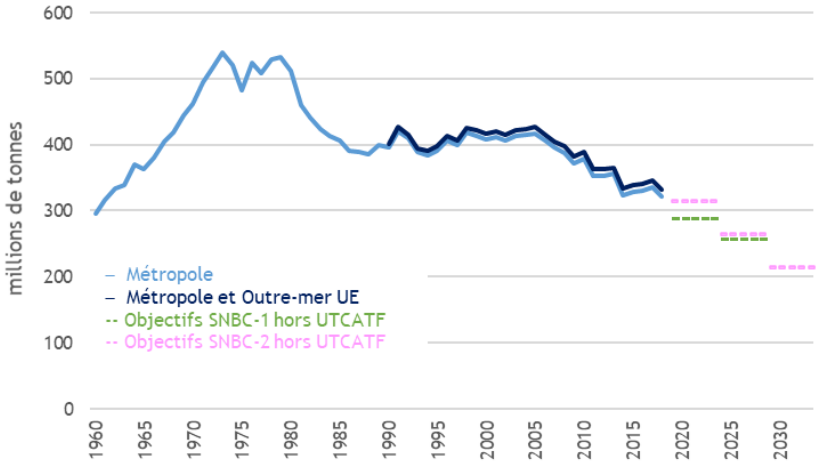
Voir les sections Climat du Chapitre *Politique et règlementation* de ce rapport

Pages du MTES consacrées à l'action climat de la France

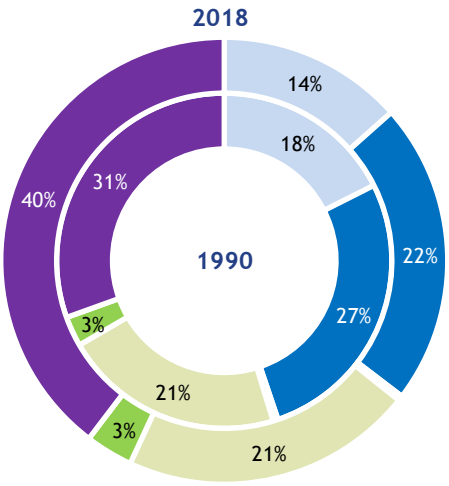
Site du Giec (en français)

Emissions de dioxyde de carbone en bref

Evolution des émissions de CO_2 en France



Répartition des émissions de CO_2 hors UTCATF en France



Industrie énergie	Industrie manufacturière
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture
Déchets (centralisés)	Transports

CO_2

Dioxyde de carbone

Type
Gaz à effet de serre

Définition
Le dioxyde de carbone (CO_2) est un gaz incolore et inodore, principal gaz à effet de serre (GES), présent à l'état naturel mais dont les concentrations dans l'atmosphère croissent fortement avec les activités humaines. Sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ 100 ans.

Composition chimique
Un atome de carbone (C) et deux atomes d'oxygène (O)

Origine
Sources anthropiques : combustion de combustibles dans la production d'électricité et de chaleur, l'industrie, les transports, le résidentiel-tertiaire et le traitement des déchets.

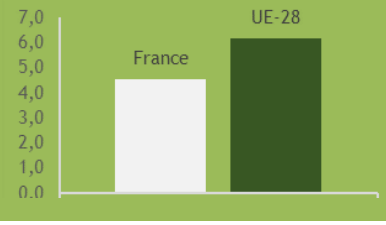
Sources naturelles : volcans, respiration des êtres vivants, feux de forêts, décomposition de la matière organique…

Puits : réservoirs naturels ou artificiels de carbone (océans, forêts, sols).

Phénomènes associés
Le CO_2 est le principal contributeur aux émissions de GES en France métropolitaine (UTCATF inclus). Outre sa contribution aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre, le CO_2 a un impact important sur l'acidification des océans. En effet, l'océan absorbe le CO_2 augmentant ainsi son acidité (baisse du pH) et menaçant un nombre important d'espèces marines.

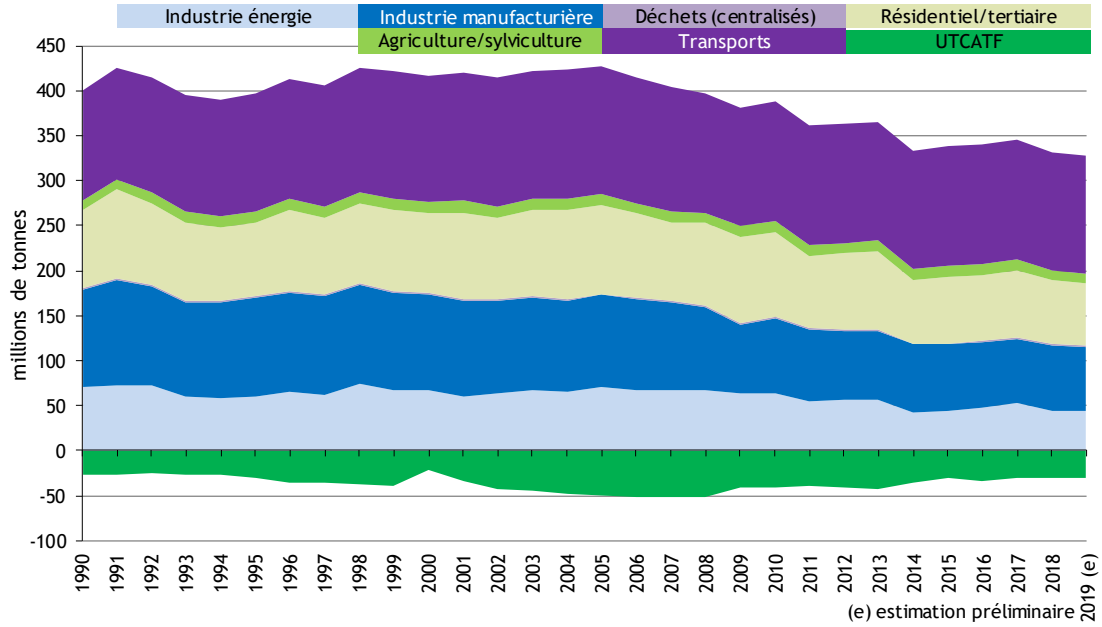
Effets
Acidification — Effet de serre
Santé (à forte dose : malaises, maux de tête et asphyxies par remplacement de l'oxygène de l'air)

Emissions hors UTCATF par habitant (kg/hab/an) en 2018

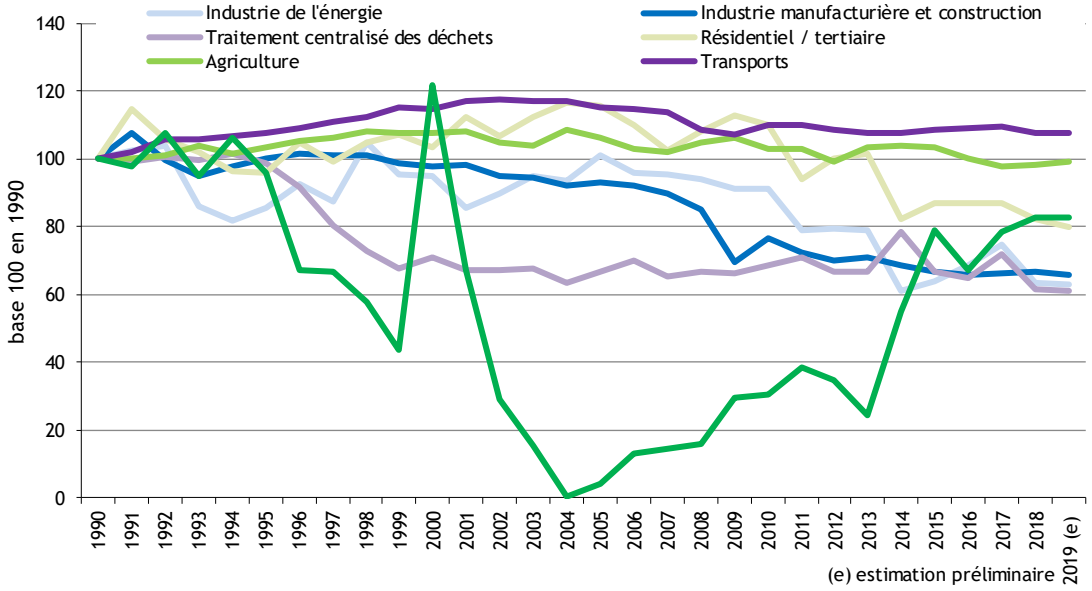


CO_2

Evolution des émissions dans l'air de CO_2 depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de CO_2 en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de CO_2 (Mt/an) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	70,4	60,2	66,8	71,3	64,1	45,0	48,2	52,6	44,6	44,2
Industrie manufacturière et construction	109,1	109,2	106,8	101,6	83,4	72,9	72,0	72,1	72,7	71,6
Traitement centralisé des déchets	1,9	1,9	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2
Résidentiel / tertiaire	85,5	82,1	88,3	98,8	94,1	74,2	74,4	74,4	70,2	68,4
Agriculture	11,6	12,0	12,5	12,3	11,9	12,0	11,6	11,3	11,4	11,5
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	122,2	131,8	140,1	141,0	134,1	132,8	133,3	133,9	131,4	131,3
Transport hors total	*16,5*	*17,7*	*23,8*	*24,5*	*23,9*	*22,8*	*22,3*	*22,8*	*24,1*	*24,2*
TOTAL national hors UTCATF	**400,8**	**397,1**	**415,8**	**426,4**	**389,1**	**338,2**	**340,7**	**345,7**	**331,5**	**328,2**
UTCATF	-26,2	-29,8	-22,2	-49,1	-41,6	-30,9	-33,4	-31,0	-30,0	-30,0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0,0*	*0,0*	*0,3*	*0,0*	*0,2*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,1*	*0,1*
TOTAL national avec UTCATF	**374,6**	**367,3**	**393,7**	**377,4**	**347,5**	**307,3**	**307,3**	**314,7**	**301,5**	**298,2**
Hors total	*16,5*	*17,7*	*24,1*	*24,6*	*24,1*	*22,9*	*22,3*	*22,9*	*24,2*	*24,3*

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux

Le CO_2 (dioxyde de carbone) est notamment émis lors de la combustion de combustibles fossiles, mais il est aussi au cœur du cycle du carbone entre biosphère et atmosphère. C'est le principal gaz à effet de serre (*voir section générale en début de chapitre*). En tant que tel, l'évolution de sa concentration dans l'atmosphère est suivie de près. Ces concentrations sont en hausse constante et atteignent aujourd'hui les niveaux les plus élevés jamais enregistrés depuis l'époque préindustrielle, avec 416 parties par million (ppm) en moyenne mensuelle atteints en mai 2020.

Objectifs de réduction

Au niveau mondial et européen, les objectifs visent tous les gaz à effet de serre, pas uniquement le CO_2 (voir section CO2e). Au niveau national, la Stratégie Nationale Bas-carbone (SNBC) décline les objectifs de réduction d'émissions par gaz à effet de serre. Ainsi, le premier budget carbone (2015-2018), fixait un objectif de 323 Mt CO_2 (hors UTCATF) Avec des émissions de 339 MtCO2e en moyenne sur 2015-2018, cet objectif n'a pas été respecté (dépassement de 5%). Le 2e budget carbone (2019-2023) fixé en 2020 par la révision de la SNBC s'élève à 315 MtCO_2 (hors UTCATF). En 2019, les émissions pré-estimées s'élèvent à 328 Mt CO_2. Elles doivent donc encore diminuer dans les années prochaines pour atteindre l'objectif fixé pour la période 2019-2023, de 315 Mt CO2 en moyenne sur la période.

Enjeux actuels

D'après le rapport spécial 1,5°C du Giec (2018), il faut réduire les émissions de CO_2 de 45% en 2030 (par rapport à 2010) et atteindre zéro émission nette vers 2050 pour limiter le réchauffement à +1,5°C. Pour l'objectif de 2°C, la réduction en 2030 doit être de 20% et l'atteinte de la neutralité vers 2075. Tous les secteurs d'activité contribuent aux émissions dans des proportions variables : la réduction des émissions de CO2 cible donc plusieurs secteurs d'activité très différents.

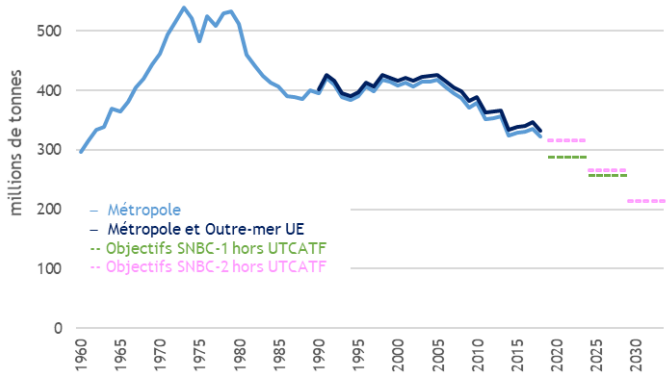
A noter

Les émissions de CO_2 sont présentées, comme les autres gaz à effet de serre, présentées au périmètre France métropolitaine et Outre-mer inclus dans l'UE. Par ailleurs, pour information, les émissions de CO2 sont aussi présentées pour la France métropolitaine uniquement, depuis 1960.

Tendance générale

Analyse globale de la tendance

Le calcul des émissions de CO_2 en métropole remonte à 1960. L'évolution générale des émissions depuis 1960 reflète surtout des évolutions relatives à l'utilisation de l'énergie en France.



Depuis 1960 (mais en fait depuis la fin de la seconde guerre mondiale) les émissions de CO_2 ont augmenté très fortement (+5%/an en moyenne), en lien avec la hausse de consommation des combustibles fossiles, jusqu'à la crise pétrolière de 1973, suivie par une période de rebond jusqu'à la seconde crise pétrolière de 1979. Ces deux dates marquent les maximum enregistrés : 539 Mt en 1973 et 533 Mt en 1979. Dans les **années 1980**, les émissions ont baissé rapidement (-3%/an), principalement par des réductions d'émissions dans le secteur Energie (mise en place du parc nucléaire) et Industrie (économies d'énergie, réglementations), malgré des émissions des transports et de l'agriculture à la hausse. Dans les **années 1990** et le début des années 2000, les émissions des secteurs de l'énergie, de l'industrie et du résidentiel-tertiaire étant plutôt stables, et les émissions du transport et de l'agriculture à la

hausse, les émissions totales ont connu une légère hausse (+1%/an dans les années 1990), jusqu'à atteindre, en **2005**, un niveau similaire à 1991 (426 Mt CO_2 en métropole et outre-mer UE). Depuis 2005, les émissions ont alterné entre des périodes de baisse rapide (-3%/an de 2006 à 2009, -7% en 2011, -9% en 2014, -4% en 2018) et des période de lente hausse (+2% en 2010, +1% en 2012-2013 et en 2015-2017). Les consommations énergétiques étant, dans une certaine mesure, liées aux conditions climatiques, les variations des émissions de CO_2 observées s'expliquent en partie par des effets climatiques, notamment pour les secteurs Energie et Résidentiel-Tertiaire. Malgré des réductions par à-coups, les émissions ont été réduites de 17% entre 1990 et 2018 et les derniers niveaux estimés correspondent aux émissions du début des années 1960. L'enjeu désormais est de parvenir à maintenir une dynamique de baisse rapide sur le temps long.

Analyse par secteur

Transport routier : les émissions du transport routier ont connu une hausse depuis 1990 qui s'explique en grande partie par l'augmentation du trafic routier. La baisse observée en 2008 fait suite à un recours accru aux agro-carburants, à la mise en place du bonus/malus qui a permis d'accélérer le renouvellement du parc automobile par des véhicules moins énergivores et à la flambée des prix du carburant au cours du premier trimestre 2008. Depuis 2009, les émissions oscillent autour de 120 Mt.

Résidentiel/tertiaire : le niveau des émissions de ce secteur est globalement en baisse depuis 1990. En 2018, le niveau atteint est le plus bas enregistré, en deçà de 2014 qui jusqu'ici était le minimum historique du fait de la douceur du climat français cette année-là.

En ce qui concerne le bois et les résidus de bois (inclus dans la catégorie biomasse), les consommations sont liées aux conditions climatiques. Ainsi, par exemple, un pic de consommation est observé en 1991 (année froide avec un indice de rigueur de 1,11) car le bois a été utilisé comme appoint.

Industrie manufacturière : les émissions de ce secteur ont globalement diminué depuis 1990. Cette baisse observée s'explique, d'une part, par les économies d'énergie réalisées suite au premier choc pétrolier survenu en 1973 (la consommation de pétrole a fortement chuté au profit de l'électricité et du gaz naturel) et, d'autre part, par les nouvelles réglementations élaborées en 1998 visant à imposer des rendements minimaux aux chaudières industrielles ainsi qu'un contrôle périodique des installations de combustion supérieures à 1 MW. Entre 2008 et 2009, les émissions ont été fortement réduites suite à la baisse de la production dans le secteur de la sidérurgie et des minéraux non métalliques pour des raisons économiques. Les émissions ont connu une légère hausse en 2010, du fait de la reprise économique, pour retomber depuis en dessous du niveau atteint en 2009.

Transformation d'énergie : les émissions de ce secteur ont globalement été réduites sur la période. Le pic a été atteint en 1979 au moment du second choc pétrolier. La baisse observée à partir de cette année-là provient essentiellement de la mise en œuvre du programme électronucléaire et, dans une moindre mesure, d'autres actions comme les économies d'énergie induisant une demande plus faible. L'année 2011 présente une baisse importante du fait d'une moindre production d'électricité d'origine thermique suite à un climat doux cette année-là. Bien que 2012 et 2013 soient des années plus froides, les émissions de ce secteur stagnent au même niveau que celles de 2011 du fait de la baisse d'activité dans le secteur du raffinage du pétrole. Enfin, la poursuite de cette baisse d'activité dans le secteur du raffinage, associée à la douceur du climat et à une moindre consommation de charbon dans le secteur de la production d'électricité (divisée par deux entre 2013 et 2014) ont fait de 2014 l'année présentant le niveau le plus bas observé depuis 1979. De 2015 à 2017, les émissions sont de nouveau à la hausse du fait d'un climat légèrement moins doux et de la disponibilité des moyens de production non carbonés (nucléaire et hydroélectrique, notamment). A partir de 2018, les émissions sont de nouveaux en baisse, s'approchant du minimum de 2014.

Agriculture/sylviculture : les émissions de ce secteur sont relativement stables depuis 1990, autour de 12 Mt.

Modes de transport hors routier : les émissions des transports hors routier ont baissé de moitié depuis 1960. Depuis les années 1990, les émissions des transports hors routier sont relativement stables.

UTCATF : le puits de CO_2 du secteur UTCATF a doublé entre 1990 et la fin des années 2000, passant d'environ -25 Mt à environ -50Mt. Ce puits connait désormais une diminution progressive, atteignant -30 Mt en 2018.

Le CO_2 étant un produit fatal de la combustion et, en l'absence à ce jour de dispositifs de captage de ce gaz sur les installations de combustion, les émissions suivent d'assez près l'évolution de la consommation d'énergie fossile. Les rejets de CO_2 liés à la combustion représentent, en 2017, 94% des émissions totales hors UTCATF. Ils ne sont que partiellement compensés par la fixation du carbone induite par l'activité de photosynthèse des plantes et par les éventuels stockages de carbone dans les sols (pris en compte dans la catégorie UTCATF), à défaut d'autres rétentions, comme la séquestration géologique du CO_2, qui pourraient être envisagées dans le futur avec la mise en place du captage et du stockage du CO_2.

Évolution récente

Lors des dernières années, les émissions totales de CO_2 ont globalement augmenté. En effet, des hausses significatives sont observées dans le secteur de la transformation de l'énergie. D'autres secteurs comme l'industrie manufacturière et les transports ont également contribué à cette augmentation, mais dans une moindre mesure. Par ailleurs, les émissions du secteur de l'agriculture et du résidentiel/tertiaire ont une tendance à baisser.

Les émissions estimées pour 2018 s'élèvent à 331,5 Mt hors UTCATF (301,5 Mt avec UTCATF), soit une **baisse de 4%** hors UTCATF par rapport à 2017 :

- Transformation d'énergie (-15%) : les éléments conjoncturels de 2017 (hiver doux, baisse de production nucléaire et hydroélectriques) ne se poursuivant pas en 2018, ce secteur retrouve un niveau plus bas

- Industrie manufacturière (+0,9%) : hausse des émissions plusieurs sous-secteurs, en particulier de la Métallurgie des métaux ferreux (+0,6 Mt) et des Minéraux non-métalliques et matériaux de construction (+0,5 Mt).

- Résidentiel / tertiaire (-6%) : baisse des consommations pour le chauffage liée à un hiver plus doux qu'en 2017

- Agriculture/sylviculture (+0,5%) : légère hausse des émissions de CO2 liée aux cultures (chaulage, urée…).

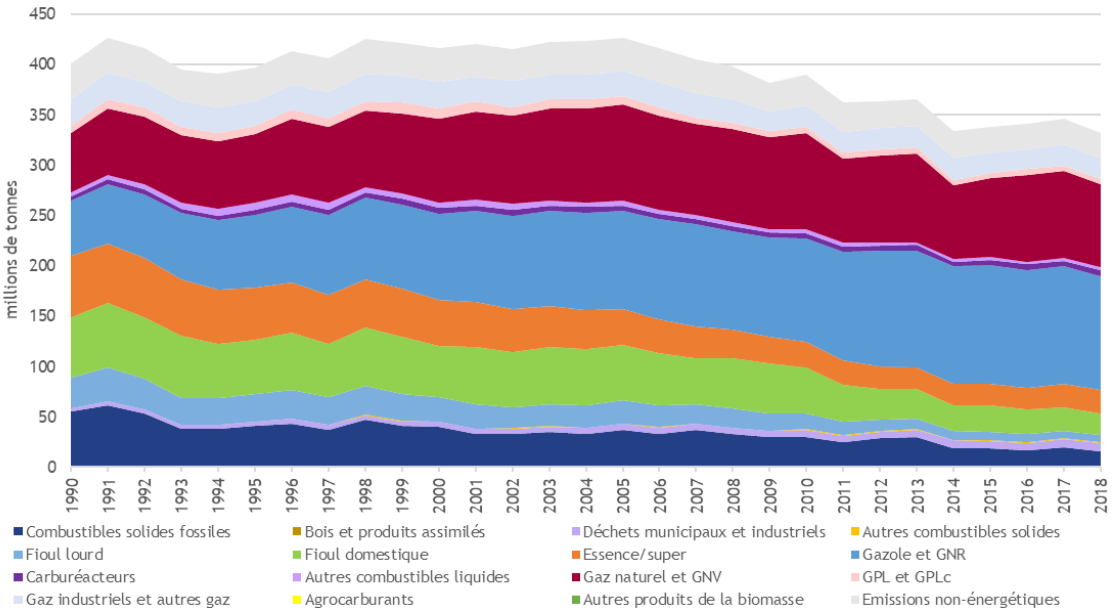
- Déchets (-15%) forte diminution de l'incinération des déchets sans récupération d'énergie (dans le même temps, l'incinération avec récupération d'énergie (comptabilisé dans le secteur Energie) a augmenté).

- Transport (-2%) : baisse des consommations des véhicules diesel (VP, VUL et PL).

Part des émissions liée aux combustibles

Dans les années 1990, les émissions de CO_2 liées aux combustibles traduisent la diversité du mix énergétique de l'époque : combustibles solides tels que le charbon, fioul domestique, essence et gaz naturel sont à des niveaux comparables (autour de 50 Mt CO_2 chacun environ). Dans les années récentes, seuls le gazole et le gaz naturel dominent. De plus, les émissions de CO_2 dues à l'utilisation énergétique de la biomasse ont fortement augmenté entre depuis 1990 pour trois raisons principales :

- la prise en compte de la consommation d'agro-carburants depuis l'année 1992,
- l'augmentation de la quantité de déchets incinérés (dont une partie est d'origine biomasse) avec récupération d'énergie,
- l'augmentation de la consommation de bois dans le secteur résidentiel et de liqueur noire dans le secteur industriel.



CO_2 de la biomasse énergie

La combustion de la biomasse (quelle qu'elle soit) émet du CO_2. Néanmoins, il existe des différences de traitement dans les inventaires selon le type de biomasse considéré. On distingue ainsi la biomasse de cycle court, par exemple les pailles des céréales, et la biomasse de cycle long, typiquement le bois (matériau ligneux).

Pour la **biomasse de cycle court**, les émissions de CO_2 ne sont pas rapportées dans les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre, car il est considéré que le cycle du carbone n'est pas fortement modifié par la combustion. En effet, lorsqu'un blé croît, il capte du carbone atmosphérique pour constituer sa propre biomasse. Si les pailles sont brûlées, le carbone est libéré par la combustion. Si elles ne sont pas brûlées, le carbone est également libéré après dégradation de la paille ou consommation par les animaux. Il serait possible de faire un bilan entre la croissance des plantes et la libération de ce carbone dans l'atmosphère par combustion ou dégradation mais le retour à l'atmosphère du carbone n'est pas fortement accéléré par la combustion. Sur un bilan annuel, il a été décidé de considérer que les quantités de carbone libérées sont équivalentes aux quantités captées pour la biomasse de cycle court. Une hypothèse de neutralité est appliquée pour la biomasse de cycle court.

Pour la **biomasse de cycle long, comme le bois**, la situation est différente car il peut y avoir un écart important sur un territoire donné entre les quantités de carbone capté par des surfaces boisées et les quantités de carbone émises (ou exportées). Lorsque les quantités de carbone captées par les surfaces boisées sont plus importantes que les quantités libérées, le stock de carbone dans la biomasse du territoire augmente et constitue ce qu'on appelle un « puits de carbone ». Inversement, des territoires peuvent déstocker du carbone accumulé depuis des décennies voire des siècles, ces territoires constituent alors des « sources de carbone ». C'est sous cet angle qu'est considéré, dans le cadre des inventaires, le carbone contenu dans la biomasse. Et c'est pour cette raison qu'à la fois les émissions et les absorptions de CO_2 biomasse sont rapportées sous le secteur UTCATF (utilisation des terres, changements d'affectation des terres et forêt). Du fait de cette prise en compte dans le secteur UTCATF, **les émissions de CO_2 biomasse ne sont pas incluses dans le secteur énergie même en cas d'une utilisation énergétique de la biomasse**. Ce n'est pas une hypothèse de neutralité qui est appliquée pour la biomasse de cycle long (celle-ci n'est pas valable sur l'horizon de temps considéré à savoir environ un siècle). C'est une allocation spécifique orientée selon le point de vue producteur de bois (forestier) et non selon le point de vue consommateur de bois.

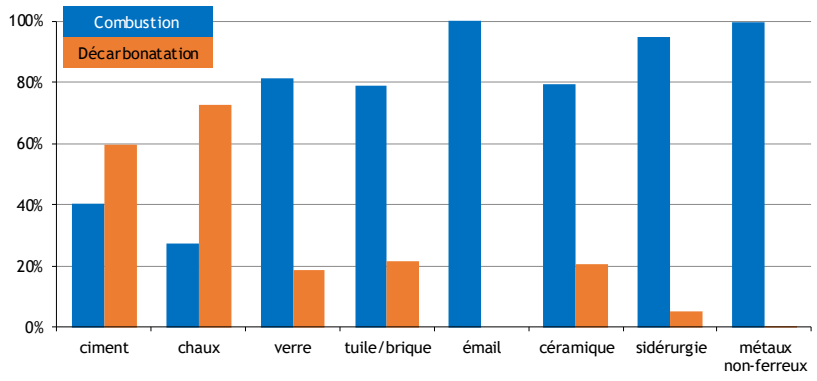
Pour information, les émissions de CO_2 liées à la combustion de biomasse à finalité énergétique sont indiquées en aparté (hors total) dans les données et le rapport Secten.

Répartition des émissions de CO_2 entre la combustion et la décarbonatation

Pour certaines activités, les émissions de CO_2 proviennent :d'une part, des émissions induites par l'utilisation de combustibles ; et d'autre part, des émissions induites par la décarbonatation. La décarbonatation correspond à la transformation du carbone contenu dans des carbonates (par exemple, le calcaire) en CO_2, sous l'effet de la chaleur. Les principaux secteurs d'activité concernés par la décarbonatation sont : la production de ciment, la production de verre, la sidérurgie (utilisation de castine), la production de chaux (aérienne et hydraulique) (sites dédiés ou en sucreries), la production de tuiles et briques. Dans les secteurs de la céramique et de la production d'émail, les émissions de CO_2 induites par la décarbonatation sont très faibles au regard de celles relatives à la combustion. En revanche, pour certains des secteurs cités précédemment, les émissions relatives à la décarbonatation peuvent représenter une part non négligeable dans les émissions totales de CO_2 du secteur concerné, comme par exemple le ciment et la chaux.

Le graphique suivant présente la répartition des émissions de CO_2 entre la combustion et la décarbonatation pour les principaux secteurs, pour l'année 2018.

Répartition des émissions de CO_2 entre combustion et décarbonatation



Et ailleurs ?

D'après l'édition 2019 du rapport du JRC (Crippa, et al. 2019), qui s'appuie sur la base de données d'émissions EDGAR et les données de l'AIE, les émissions mondiales totales de CO_2 dues aux combustibles fossiles sont élevées en 2018 à 37,9 Gt CO_2 (+ 1,9% depuis 2017). Ces émissions de CO_2 fossile représentent 68,5% des émissions mondiales totales de GES en 2018 (55,3 Gt CO_2e PNUE, Gap report 2019). Ces émissions de CO_2 fossile, après avoir connu un plateau en 2015-2016, sont reparties à la hausse depuis 2017.

Parmi les principaux émetteurs, en 2018, seuls l'UE-28 (9,1% du total mondial) et le Japon (3,2% du total) ont baissé leurs émissions (respectivement -1,9% et -1,7%). La Chine (29,7% du total mondial) a vu ses émissions augmenter de +1,5%, les Etats-Unis (13,9% du total) de +2,9%, l'Inde (6,9% du total) de +7,2% et la Russie (4,6% du total) de +3,6%. Certains pays, représentant une part plus faible du total mondial, ont connu une hausse importante de leurs émissions de CO_2 fossile en 2018 : Iran (+4,8%), Indonésie (+4,8%), Corée du Sud (+2,9%).

Selon le rapport spécial 1.5°C du Giec, il faut réduire les émissions de CO_2 entre 2010 et 2030 de 45% puis atteindre zéro émission nette vers 2050 pour limiter le réchauffement à +1,5°C. Pour le limiter à +2°C, il faut réduire les émissions de 20% entre 2010 et 2030 et atteindre zéro émission nette vers 2075.

En savoir plus

Voir les sections Climat du Chapitre *Politique et règlementation* de ce rapport

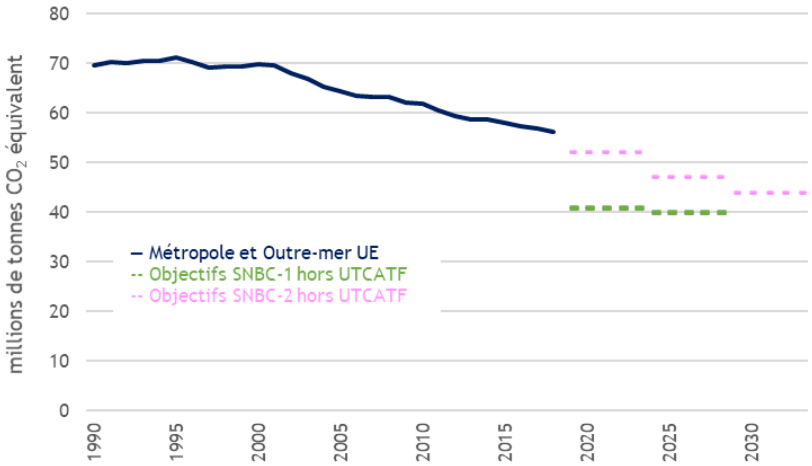
Pages du MTES consacrées à l'action climat de la France

Site du Giec (en français)

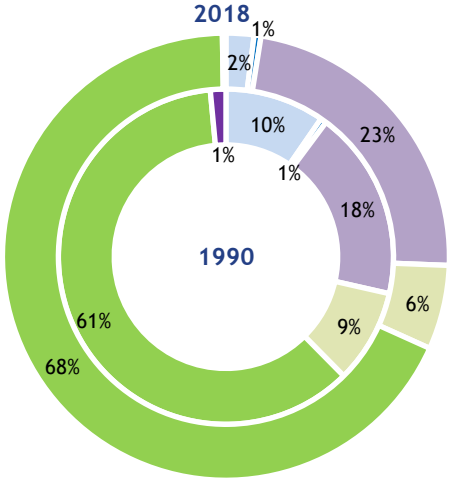
Site de l'AIE pour les émissions de CO_2 fossiles mondiales

Emissions de méthane en bref

Evolution des émissions de CH_4 hors UTCATF en France



Répartition des émissions de CH_4 hors UTCATF en France



CH_4

Méthane

Type
Gaz à effet de serre

Définition
Le méthane (CH_4) occupe une place à part parmi les composés organiques volatils (COV). Il est produit essentiellement de manière biologique. Il est incolore, inodore et non toxique.

Composition chimique
Un atome de carbone (C) et quatre atomes d'hydrogène (H).

Origine
Sources anthropiques : agriculture (fermentation entérique des ruminants et déjections animales) ; décharges, transport et distribution de gaz naturel.

Source naturelle : bactéries dans les zones humides, telles que les rizières et les marais ; volcans ; feux de forêt.

Phénomènes associés
Le méthane a un pouvoir de réchauffement global (PRG) 25 fois plus élevé que celui du CO_2 (Giec, AR4). C'est le deuxième plus important GES réglementé par le Protocole de Kyoto à contribuer au réchauffement de la planète après le dioxyde de carbone (CO_2). Contribution aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre.

Effets
Effet de serre.

Précurseur d'ozone

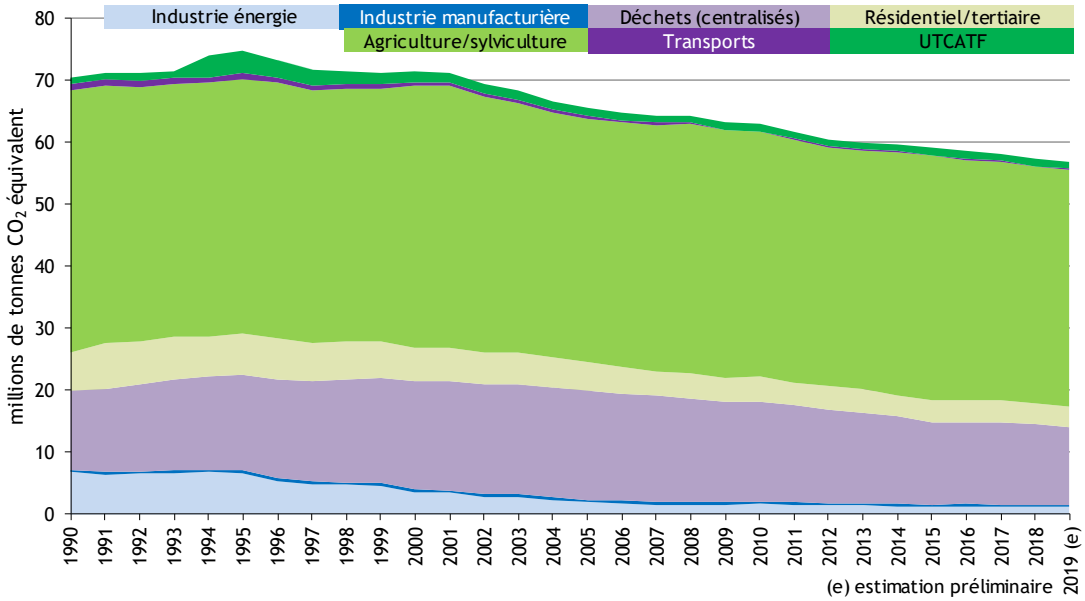
Santé (à très haute concentration, peut provoquer des asphyxies)

Emissions avec UTCATF par habitant en France : 856 kg CO_2e de CH_4 / habitant / an) en 2018.

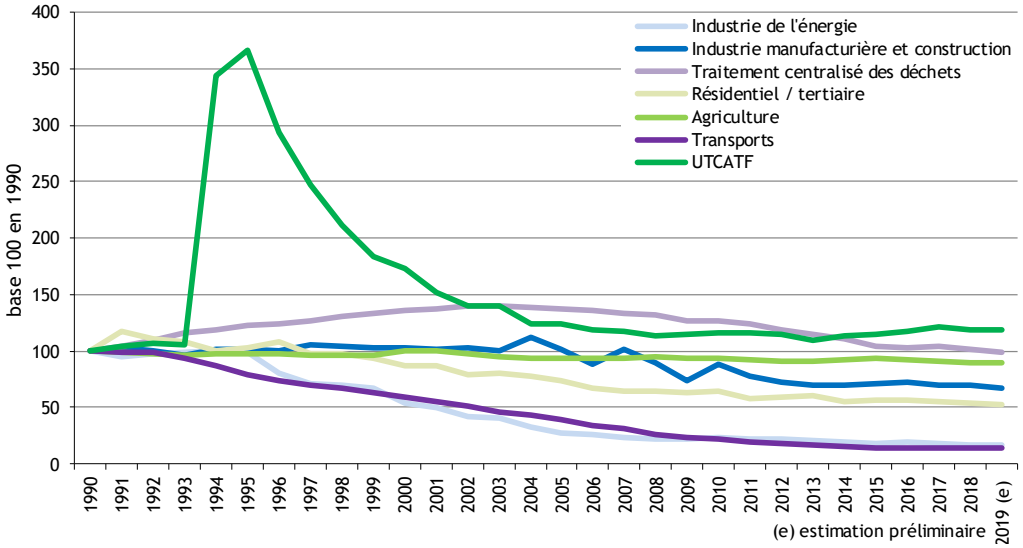
Emissions avec UTCATF par habitant dans l'UE-28 : 890 kg CO_2e de CH_4 / habitant / an) en 2018.

CH4

Evolution des émissions dans l'air de CH_4 depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de CH_4 en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de CH_4 (ktCO_2e/an) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	6 682	6 601	3 575	1 864	1 583	1 246	1 278	1 190	1 132	1 145
Industrie manufacturière et construction	403,4	407,8	416,2	411,3	357,1	284,3	289,4	280,6	279,6	270,9
Traitement centralisé des déchets	12 753	15 565	17 357	17 501	16 231	13 338	13 106	13 256	12 963	12 652
Résidentiel / tertiaire	6 295	6 455	5 511	4 639	4 020	3 528	3 572	3 509	3 423	3 314
Agriculture	42 325	41 252	42 284	39 446	39 397	39 355	38 947	38 593	38 154	38 154
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	1 041	823,9	611,1	401,4	222,6	151,2	147,8	145,4	144,5	148,7
Transport hors total	*24,8*	*20,5*	*25,4*	*23,3*	*21,0*	*15,3*	*14,7*	*15,4*	*17,1*	*15,3*
TOTAL national hors UTCATF	**69 498**	**71 105**	**69 754**	**64 263**	**61 811**	**57 902**	**57 340**	**56 974**	**56 096**	**55 684**
UTCATF	1 023	3 747	1 775	1 263	1 192	1 175	1 199	1 239	1 211	1 211
UTCATF Hors total	*2 865*	*2 956*	*3 030*	*3 108*	*3 329*	*3 389*	*3 389*	*3 389*	*3 389*	*3 389*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**70 521**	**74 852**	**71 529**	**65 526**	**63 002**	**59 077**	**58 539**	**58 213**	**57 307**	**56 895**
Hors total	*2 889*	*2 976*	*3 055*	*3 131*	*3 351*	*3 404*	*3 403*	*3 404*	*3 406*	*3 404*

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux

Le méthane est un puissant **gaz à effet de serre**, un forceur climatique à courte durée de vie ainsi qu'un précurseur d'ozone troposphérique. Il est ainsi concerné à la fois par les problématiques de changement climatique et de pollution atmosphérique. Selon l'édition 2019 du Bulletin annuel sur les GES publié par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le CH_4 est le deuxième contributeur au forçage radiatif total des GES, à hauteur de 17% en 2018, après le CO_2 (66%) et avant le N_2O (6%). En 2018, les concentrations moyennes mondiales de CH_4 dans l'atmosphère ont atteint les niveaux les plus élevés jamais enregistrés depuis l'époque préindustrielle (1750) : 1 869 parties par milliard (ppb), soit +159% depuis 1750 (722 ppb). Par rapport à d'autres gaz à effet de serre (CO_2, N_2O, HFC, PFC, SF_6, NF_3), le CH_4 a une durée de vie dans l'atmosphère courte. Ainsi, dans son 5e rapport d'évaluation (2013), le Giec l'estime à 12,4 ans, soit une légère réévaluation de son estimation de 12 ans indiquée dans son 4e rapport (2007). C'est pour cette raison que le CH_4 fait partie de la catégorie des forceurs climatiques à courte durée de vie. Quant à la valeur PRG du CH_4, elle diffère sensiblement selon que le PRG soit considéré sur 20 ans ou sur 100 ans. Sur 100 ans, le 5e rapport d'évaluation l'estime à 28 ans (contre 25 ans dans le 4e rapport). Cependant, sur 20 ans, le PRG du CH_4 est beaucoup plus important : 84 dans le 5e rapport (contre 72 dans le 4e rapport). Autrement dit, le CH_4 a un effet sur le climat beaucoup plus fort à court terme (20 ans) qu'à long terme (100 ans).

Le CH_4 impacte aussi la **qualité de l'air**, indirectement en tant que précurseur de l'ozone qui lui a des effets négatifs importants sur la santé respiratoire, et peut également impacter à la baisse les rendements agricoles en réduisant la photosynthèse. Le CH_4 figurait d'ailleurs parmi les six polluants initialement visés dans le cadre de la révision, en 2013, de la directive NEC. Cependant, sur la base des préoccupations des Etats membres, tant au niveau politique que technique, en vue de parvenir à une position commune sur ce texte au sein du Conseil Environnement de l'UE, la Présidence lettone de l'époque a retiré le CH_4 du champ d'application de la future directive NEC 2 pour éviter d'éventuels chevauchements avec la politique climat de l'UE.

Enjeux actuels

Au niveau mondial

Dans le rapport spécial 1,5°C du Giec (2018), il est souligné que pour limiter le réchauffement à +1,5°C, il faut réduire les émissions de CH_4 de 35% d'ici 2050 (par rapport à 2010). En plus de ces réductions, il faudrait également tenir compte des éventuelles émissions de carbone (CO_2 et CH_4) du futur dégel du permafrost, ainsi que des émissions de CH_4 des zones humides. Ces émissions additionnelles réduiraient les budgets carbone de 100 Gt CO_2e au cours du 21e siècle et d'une quantité supérieure au-delà du 21e siècle.

En parallèle, en 2019, les résultats d'une étude menée par une équipe de chercheurs du *National Institute of Water and Atmospheric Research* (NIWA, Nouvelle-Zélande) ont mis en avant l'évolution récente à la hausse des concentrations atmosphériques mondiales de CH_4. Selon les chercheurs, après une période de stabilisation (2000-2007), une première hausse des concentrations a été observée sur la période 2007-2014, suivie par une nouvelle forte hausse entre 2014 et 2018. Ces évolutions vont à l'encontre des prescriptions indiquées par le Giec dans son rapport spécial 1,5°C. Les chercheurs concluent que si cette tendance à la hausse se poursuit sans mise en œuvre de mesures supplémentaires visant spécifiquement le CH_4, les réductions des émissions de CO_2 et d'autres GES devront être encore plus fortes.

Au niveau européen

Dans son rapport intitulé "Perspectives pour un air propre", publié le 7 juin 2018, la Commission a indiqué que sur la base des travaux du Centre commun de recherche (JRC), elle évaluerait en 2019 le potentiel de réduction des émissions de CH_4 dans l'ensemble de l'hémisphère nord, afin de fixer des objectifs de réduction en coopération avec la Convention de la CEE-NU sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance, la Coalition pour le climat et l'air pur (CCAC) et l'Initiative mondiale CH_4 (GMI). La Commission a insisté sur l'importance d'examiner régulièrement l'impact des émissions de CH_4 sur les concentrations d'ozone dans l'UE. Elle a précisé qu'elle évaluerait plus en détail les impacts des émissions de CH_4 sur la réalisation des objectifs "qualité de l'air", qu'elle tiendrait compte des mesures de réduction et, le cas échéant, soumettrait une proposition législative, sur la base des éléments de preuves obtenus au niveau de l'UE et mondial.

Par ailleurs, la Commission a été mandatée, compte tenu du PRG élevé du CH_4 et de sa durée de vie relativement réduite dans l'atmosphère, pour analyser les implications de la mise en œuvre de politiques et de mesures de réduction de l'impact à court et à moyen terme des émissions de CH_4 sur les émissions de GES de l'UE. La Commission est ainsi chargée d'étudier des **options stratégiques** pour lutter rapidement contre les émissions de CH_4 et de présenter un **plan stratégique** de l'UE pour le CH_4, dans le cadre de la stratégie de développement bas-carbone 2050 de l'UE.

Enfin, le pacte vert pour l'Europe (*European Green Deal*) vise également le CH_4. Stratégie présentée par la Commission le 11 décembre 2019, ce pacte vert souligne que la décarbonation du secteur du gaz sera encouragée, notamment par un soutien accru au développement des gaz décarbonés, par la conception d'un marché du gaz décarboné compétitif, et par la **résolution du problème des émissions de CH_4 liées à l'énergie**. Le pacte vert insiste

également sur l'importance pour l'UE de nouer un dialogue avec les pays tiers au sujet de questions transversales en matière de climat et d'environnement, en particulier pour **agir afin de réduire les émissions de CH_4**.

Objectifs de réduction nationaux

La stratégie nationale bas carbone (SNBC) de la France se traduit par une série de budgets carbone, dont l'ambition initiale a dû être revue à la baisse en 2018. En effet, si l'on considère le budget initial 2015-2018 pour le CH_4 (périmètre Kyoto (Métropole + Outre-Mer inclus dans l'UE) hors UTCATF), celui-ci était de 42 Mt CO_2e/an. Or, la moyenne des émissions de CH_4 2015-2018 s'établit finalement autour de 57 Mt CO_2e/an.

La nouvelle ambition affichée pour la période 2019-2023 sur le CH_4 est de 52 Mt CO_2e/an (total hors UTCATF), soit une baisse de 7,3% par rapport à l'année 2018. Si l'on regarde la tendance, les émissions de CH_4, au même périmètre, ont diminué de 4,3% entre 2014 et 2018. Pour atteindre les objectifs fixés, la tendance à la baisse actuellement observée doit s'accélérer. Pour cela, parmi les principales techniques de réduction citées dans la SNBC, se retrouvent les pratiques visant le principal secteur émetteur, à savoir l'agriculture :

- Améliorer la gestion des effluents d'élevage (couverture des fosses et torchères, méthanisation) ;
- Optimiser la conduite des troupeaux pour diminuer les périodes improductives ou pour faire évoluer les produits mis sur le marché (gestion de l'état sanitaire, diminution de la mortalité à la naissance, optimisation de l'âge au premier vêlage, évolution des systèmes d'engraissement…) ;
- Limiter la fermentation entérique, via des ajustements de l'alimentation animale (apport de lin par exemple), ou via la sélection génétique.

Le budget final prévu pour le CH_4 pour la période 2029-2033 est de 44 Mt CO_2e/an (total hors UTCATF), soit une baisse d'environ 20% par rapport à 2018.

A noter

Sont exclus du total national l'ensemble du trafic international fluvial, maritime et aérien, les émissions naturelles des eaux terrestres et marais ainsi que les feux de forêt.

Tendance générale

Les émissions de méthane (CH_4) ont baissé de manière significative sur la période 1990-2018 (-13,2 Mt CO_2e au niveau du total national avec UTCATF, soit environ -20%).

Cette baisse est due en particulier aux évolutions du secteur de la transformation d'énergie (-5,5 Mt CO_2e soit -83%) avec la cessation progressive de l'exploitation des gisements de charbon en France et le développement des programmes de remplacement des tronçons les plus vétustes du réseau de transport et de distribution gazier. Aujourd'hui, les émissions de ce secteur sont faibles et majoritairement dues à la distribution de gaz.

Le secteur agricole, principale source d'émission de méthane du fait majoritairement de la fermentation entérique et des déjections animales, présente également une baisse de ses émissions, dans des proportions modestes. On peut considérer que les émissions de CH_4 du secteur agricole ont faiblement évolué sur la période (-4,2 Mt CO_2e soit -10%).

En 2018, la fermentation entérique représente presque 90% des émissions de CH_4 du secteur agricole. Il est possible de réduire ces émissions des ruminants en modifiant l'alimentation des animaux (ajout de lipides dans les rations), mais ces techniques demeurent limitées dans la mesure où les émissions de CH_4 restent intrinsèquement liées au métabolisme de ces animaux. Pour les vaches laitières, par exemple, les émissions estimées actuellement par le Citepa sont positivement corrélées au rendement laitier. D'une manière générale, les émissions de CH_4 de la fermentation entérique des ruminants peuvent assez difficilement être réduites sans diminuer le cheptel des animaux. Cette réduction peut se faire tout en maintenant la production (intensification de la production par animal) ou bien par une réduction pure et simple de la production.

En France, sur la période 1990-2018, le cheptel laitier a fortement décru (-1,76 millions de vaches laitières soit -33%) compensé par une hausse des rendements laitiers ce qui a conduit à une réduction effective des émissions de CH_4 de la fermentation entérique des vaches laitières d'environ 2,2 Mt CO_2e soit –17%. Cette évolution est à mettre en lien avec la politique agricole commune (PAC) qui a fortement impacté la structure des exploitations dans les années 90 en poussant vers une intensification supplémentaire de la production. En effet, lors de la mise en place des quotas laitiers en 1984 (supprimés depuis 2015), les exploitations laitières se sont concentrées dans le « croissant laitier français » qui va du Grand Ouest (Pays de Loire, Bretagne, Normandie) à l'Auvergne, en passant par le Nord Pas-de-Calais, la Lorraine avec ses sabots, la Franche-Comté, et la région Rhône-Alpes. La production laitière par exploitation ayant été limitée, de nombreux éleveurs se sont alors tournés vers la création d'ateliers d'engraissement ou allaitants. Sur le reste du cheptel bovin, les variations ont été plus discrètes avec des émissions légèrement à la baisse pour la fermentation entérique (-0,97 Mt CO_2e soit -5%).

En plus du cheptel bovin, le cheptel ovin a également (malgré lui) contribué à la baisse des émissions de CH_4 liées à la fermentation entérique (-1,25 Mt CO_2e soit -35%) du fait d'un très net recul des cheptels (-4,3 millions d'ovins soit -38%). Cette baisse peut s'expliquer par les crises sanitaires subies par la filière (fièvre aphteuse en Grande Bretagne en 2001, fièvre catarrhale ovine en 2008-2009), mais aussi par des facteurs économiques et climatiques (sécheresse en 2003 et en 2011 affectant les pâturages, hausse des coûts de l'alimentation, cours de l'agneau plus ou moins élevé). Cette tendance correspond à la tendance globale du recul de l'élevage en France, en particulier dans les zones de

montagne et d'élevage extensif. Les autres cheptels ont une contribution marginale à ces émissions et donc à la tendance globale observée.

Pour les émissions de CH_4 liées à la gestion des déjections, la problématique est différente car elle est moins liée au fonctionnement de l'animal qu'aux pratiques d'élevage. Les émissions de CH_4 sont liées aux conditions anaérobies (sans oxygène) auxquelles sont exposées les déjections animales. Les situations sont multiples : ainsi les émissions de CH_4 liées aux déjections lors du pâturage sont faibles tandis que des stockages prolongés dans des fosses à lisier ou en litières accumulées sont très émetteurs. Ces pratiques obéissent à des schémas organisationnels différents dans les exploitations agricoles et sont peu orientées par les questions d'émissions de CH_4. D'une manière générale, plus les exploitations seront grandes plus elles évolueront vers des systèmes lisiers potentiellement émetteurs de CH_4.

Les exploitations agricoles peuvent néanmoins mettre en œuvre des techniques de réduction dont la plus répandue est la méthanisation, qui permet non pas de limiter la production de CH_4, mais au contraire de la favoriser en vue d'un captage et d'une valorisation énergétique. En France, un plan de développement de ces installations de méthanisation est en cours (Plan Energie Méthanisation Autonomie Azote - EMAA) qui a favorisé l'émergence de nombreuses installations. Cependant, l'impact réel de ces installations doit être considéré avec attention, tous les systèmes de méthanisation ne se valent pas en termes de captage du CH_4 et les quantités de déjections effectivement méthanisées demeurent relativement faibles en comparaison des quantités totales de déjections. La méthanisation reste le principal levier évoqué pour baisser les émissions de CH_4 de l'agriculture dans les politiques actuelles.

Le CH_4 est aussi une problématique importante pour le secteur déchet du fait des émissions des décharges. Le émissions de CH_4 de ces décharges présentent un profil en cloche sur la période 1990-2018. Elles ont fortement augmenté entre 1990 et 2003 (+5,1 Mt CO_2e soit +40%) pour baisser ensuite et retrouver en 2018 le niveau qu'elles avaient en 1990. Cette évolution recouvre évidemment plusieurs dynamiques : la mise en décharge a à peu près suivi cette même courbe en cloche mais les émissions de CH_4 des décharges sont estimées à partir d'un historique de plusieurs décennies, il y a donc une inertie forte à ces émissions. La réduction des émissions observées depuis 2003 tient également beaucoup au fait que le torchage et la valorisation des émissions de CH_4 se sont fortement développés sur la période permettant de limiter les émissions de CH_4 des décharges dans l'atmosphère.

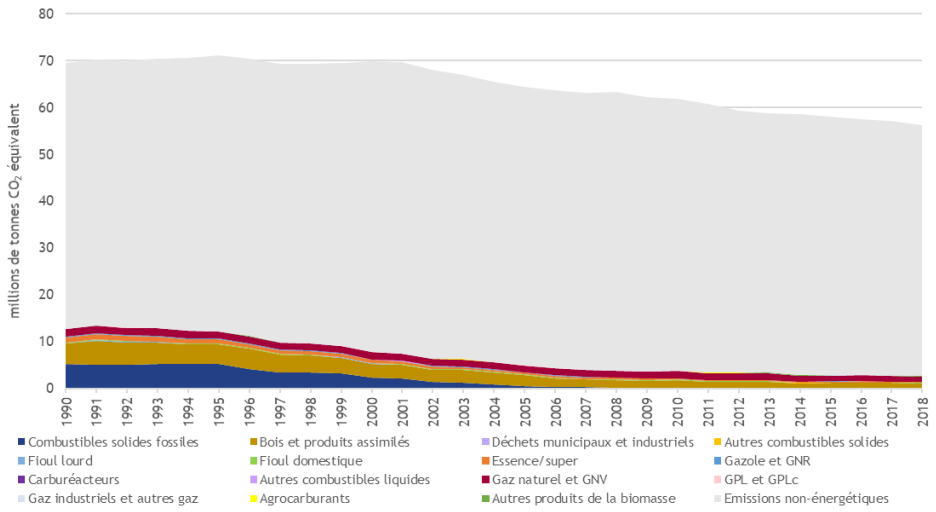
Enfin le dernier secteur réellement concerné est le secteur résidentiel/tertiaire en lien avec la consommation de bois essentiellement. La baisse des émissions de CH_4 de ce secteur (-2,9 Mt CO_2e soit -46%) est corrélée à la baisse de consommation de bois des ménages sur la période 1990-2000 (la consommation des ménages est depuis 2000 relativement stabilisée) et à l'amélioration du parc des chaudières (renouvellement avec des chaudières plus performantes). La baisse significative observée entre 1990 et 2010 semble plafonner sur les dernières années mais cette source ne représente en 2018 qu'une part assez modeste (6%) des émissions globales de CH_4 de la France.

Évolution récente

Lors des dernières années, la baisse des émissions de CH_4 de la France est principalement due à la baisse des émissions agricoles car les émissions des décharges se stabilisent depuis 2016 et les autres secteurs demeurent de faibles contributeurs aux émissions totales nationales. Néanmoins, cette tendance observée des émissions agricoles sur quelques années ne permet pas de prédire le maintien d'une baisse pour le secteur agricole. Certes, il y a une tendance globale de diminution de l'élevage en France mais il y aussi une tendance à l'expansion de certains élevages et donc des systèmes lisiers potentiellement émetteurs de CH_4. Quoi qu'il en soit, le constat demeure : pour baisser de manière supplémentaire et significative les émissions de CH_4 de la France, il faudra baisser les émissions de l'agriculture.

Part des émissions liée aux combustibles

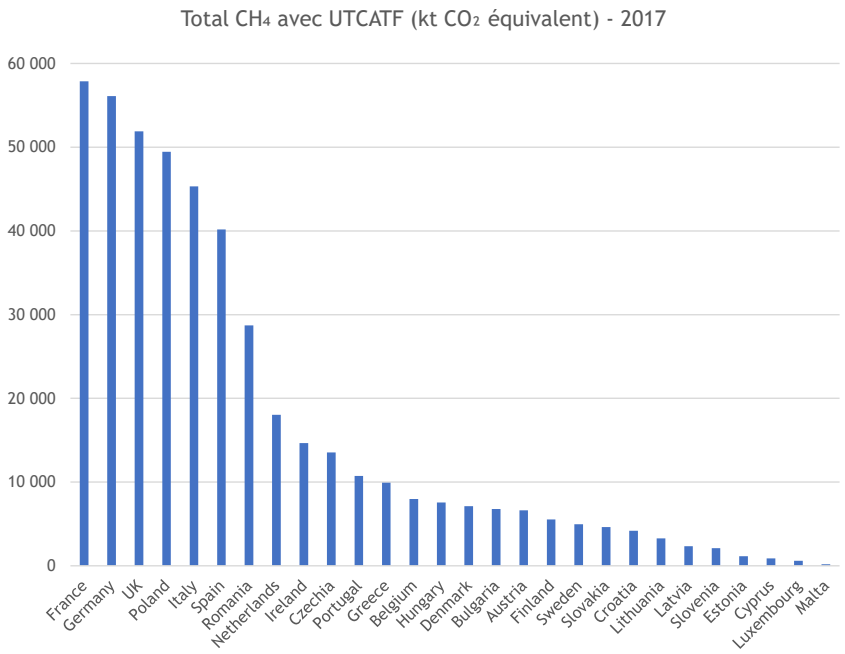
En France, les émissions de CH_4 ne sont que très peu liées aux combustibles. Cette part est dominée par l'usage du bois et de gaz naturel.



Et ailleurs ?

En 2018, les émissions de CH_4 (456 Mt CO_2e) représentaient 10,5% des émissions totales de GES dans l'UE hors UTCATF (4 235 Mt CO_2e), en baisse de 38% depuis 1990 (où leur niveau était de 740 Mt CO_2e). Les deux principales sources d'émission sont l'agriculture (72% des émissions de CH_4 dans l'UE en 2018, en particulier la fermentation entérique des ruminants [bovins principalement]) ; et les déchets (notamment le traitement anaérobie) *(source : Rapport d'inventaire de l'UE (UE27 avec R-U, + Islande) à la CCNUCC (NIR), éd. 2020)*.

D'après l'interface de visualisation des données d'émissions de GES de la CCNUCC, la France en 2017 est au 1er rang des pays émetteurs au sein de l'UE 27, en y ajoutant également le Royaume Uni et l'Islande.



A noter : ces émissions correspondent aux inventaires édition 2019. Ces estimations ont été mises à jour en 2020, mais les données ne sont pas encore disponibles sur l'interface.

Une étude réalisée par l'économiste Geoffrey Lorre à partir des données de la FAO (lien) sur la place de l'agriculture française et européenne dans le monde indique qu'en 2012, la France a produit près de 17% de la valeur agricole européenne contre seulement 14,4% pour l'Allemagne, 11,9% pour l'Italie et 11,7% l'Espagne. Quatre autres pays produisent une part non négligeable de la valeur agricole : la Pologne 7,8%, le Royaume-Uni 6,8%, les Pays-Bas 5,8% et la Roumanie 3,3%. Sur le graphique précédent, ce sont bien ces pays agricoles qui ressortent en tête de liste pour les émissions de CH_4.

En savoir plus

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (2018). Stratégie Nationale Bas-Carbone. Lien.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – Giec (2018). Réchauffement planétaire de 1,5°C – Résumé à l'intention des décideurs. Lien.

Agence Internationale de l'Energie (2020). Outil de suivi des émissions de CH_4 (*Methane tracker*). Lien.

HMIEL B. et al (2020). Article publié le 19 février 2020 dans la revue scientifique *Nature* : "*Preindustrial CH_4 indicates greater anthropogenic fossil CH_4 emissions*". Lien.

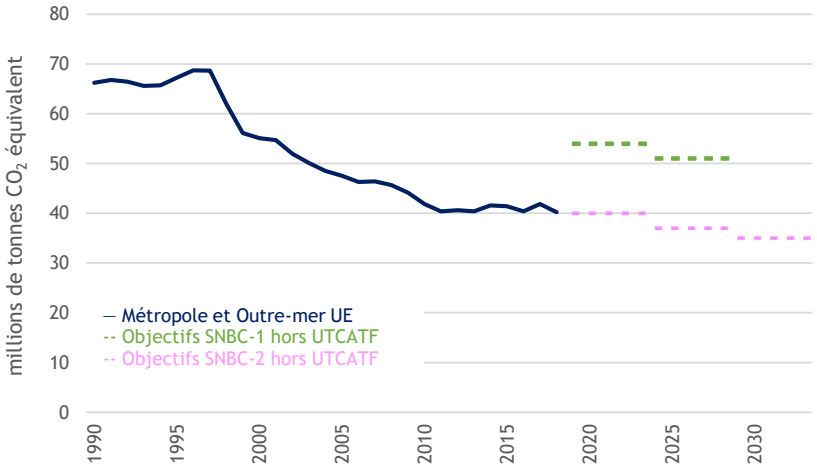
Centre commun de recherche (Joint Research Centre, JRC) (2020). *Arctic permafrost thawing – impacts on high-latitude emissions of carbon dioxide and methane*. Lien.

Centre commun de recherche (Joint Research Centre, JRC) (2018). *Global trends of methane emissions and their impacts on ozone concentrations*. Lien.

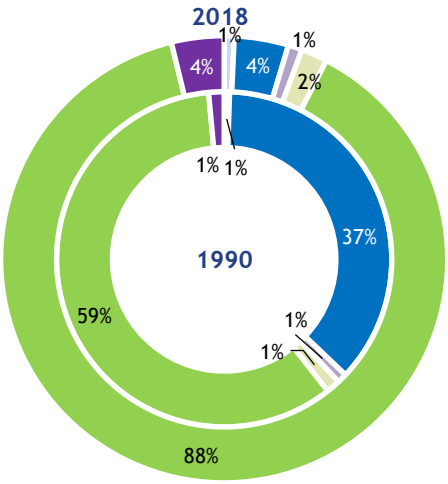
CCNUCC. Interface de visualisation des émissions de GES. Lien. https://di.unfccc.int/time_series.

Emissions de protoxyde d'azote en bref

Evolution des émissions de N_2O hors UTCATF en France



Répartition des émissions de N_2O hors UTCATF en France



Industrie énergie	Industrie manufacturière
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture
Déchets (centralisés)	Transports

N_2O

Protoxyde d'azote

Type
Gaz à effet de serre

Définition
Le protoxyde d'azote (N_2O), également appelé oxyde nitreux ou gaz hilarant, est un composé oxygéné de l'azote. Il est produit naturellement par les écosystèmes, mais aussi par les activités humaines agricoles et industrielles. Il n'est pas inclus dans les inventaires d'émissions des oxydes d'azote (NOx).

Composition chimique
Deux atomes d'azote (N) et un atome d'oxygène (O).

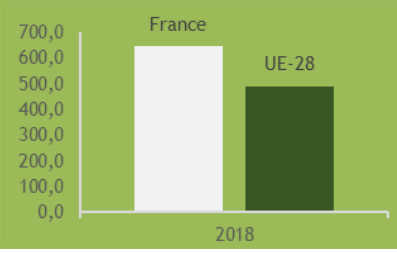
Origine
Sources anthropiques : principalement apports d'engrais azotés minéraux et organiques sur les sols cultivés liés aux phénomènes de nitrification /déni-trification ; gestion des déjections animales. Trafic routier avec les véhicules équipés de pots catalytiques ; quelques procédés industriels (fabrication d'acide adipique, d'acide glyoxylique et d'acide nitrique).

Source naturelle : transformation de l'azote réactif par les microorganismes du sol.

Phénomènes associés
Le N_2O est un puissant gaz à effet de serre. Contributeur aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre, son pouvoir de réchauffement global (PRG) est de 298. Non réglementé dans le Protocole de Montréal il est cependant une substance appauvrissant la couche d'ozone, d'ODP (Ozone Depletion Potential) estimé à 0,017.

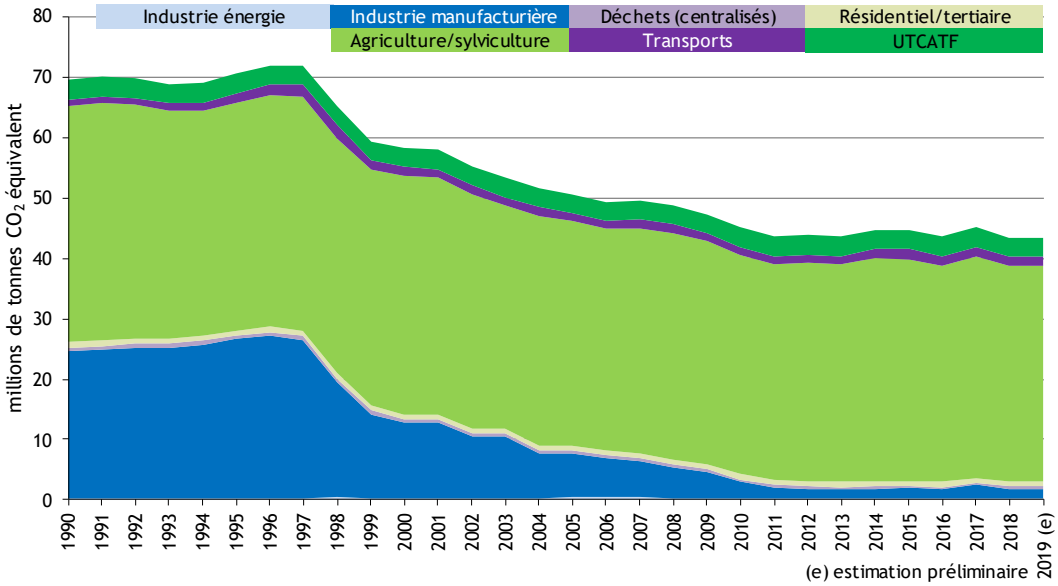
Effets
Effet de serre
Appauvrissement couche d'ozone

Emissions avec UTCATF par habitant
Kg CO2e/hab/an

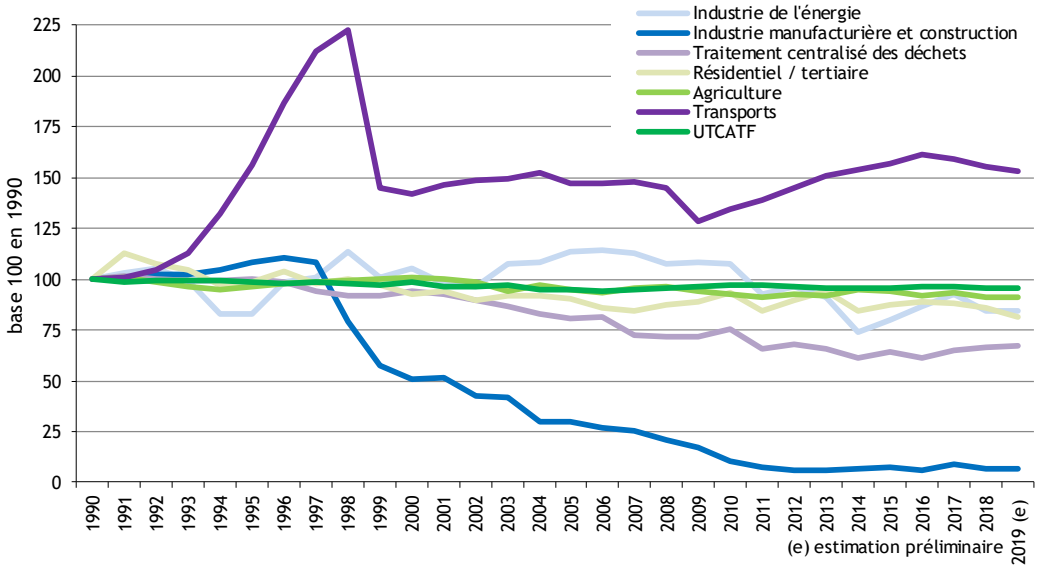


N_2O

Evolution des émissions dans l'air de N_2O depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



volution des émissions dans l'air de N_2O en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de N_2O ($ktCO_2e$/an) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	345,5	285,3	365,2	391,4	372,3	275,6	300,3	320,3	291,3	291,6
Industrie manufacturière et construction	24 238	26 305	12 328	7 312	2 609	1 727	1 476	2 127	1 577	1 572
Traitement centralisé des déchets	612,4	612,1	578,2	494,9	463,8	393,0	375,6	400,0	407,0	413,1
Résidentiel / tertiaire	890,4	878,2	822,5	806,0	832,0	775,4	794,2	783,1	765,5	726,4
Agriculture	39 153	37 600	39 567	37 089	36 251	36 709	35 830	36 673	35 614	35 629
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	983	1 534	1 397	1 447	1 322	1 545	1 590	1 567	1 528	1 508
Transport hors total	*131,8*	*142,6*	*191,7*	*198,0*	*193,5*	*186,2*	*181,8*	*186,2*	*196,4*	*197,3*
TOTAL national hors UTCATF	**66 223**	**67 214**	**55 058**	**47 540**	**41 850**	**41 425**	**40 366**	**41 871**	**40 183**	**40 141**
UTCATF	3 260	3 221	3 222	3 093	3 167	3 127	3 135	3 152	3 127	3 127
UTCATF Hors total	*32,2*	*32,8*	*33,0*	*33,6*	*36,0*	*36,6*	*36,6*	*36,6*	*36,6*	*36,6*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**69 482**	**70 436**	**58 280**	**50 633**	**45 016**	**44 552**	**43 501**	**45 023**	**43 310**	**43 268**
Hors total	*163,9*	*175,4*	*224,8*	*231,6*	*229,5*	*222,8*	*218,4*	*222,8*	*233,0*	*233,9*

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux et mécanismes de formation

Le protoxyde d'azote (N_2O) est un puissant gaz à effet de serre qui subsiste longtemps dans l'atmosphère (121 ans selon le 5ème rapport du Giec). Son PRG sur 100 ans a été révisé à la baisse dans le 5e rapport du Giec : il est estimé à 265 (contre 298 dans le 4ème rapport). Selon l'édition 2019 du Bulletin annuel sur les GES publié par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le N_2O est le troisième contributeur au forçage radiatif total des GES, à hauteur de 6% en 2018, après le CO_2 (66%) et le CH_4 (17%).

Dans un rapport du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) publié en 2013, intitulé « *N_2O: Its Role in Climate Change and Ozone Layer Depletion*», il est indiqué que le N_2O, non réglementé dans le Protocole de Montréal, est désormais le principal contributeur à l'appauvrissement de la couche d'ozone, principalement du fait de la réduction des émissions des autres substances, étant elles soumises à réglementation. Le PNUE souligne qu'à l'époque de l'adoption du protocole de Montréal, le N_2O était déjà en quatrième position parmi les substances contribuant à l'amincissement de la couche d'ozone.

Une des sources majeures des émissions de N_2O est liée aux phénomènes microbiens **dans les sols cultivés** en lien avec l'utilisation d'engrais azotés minéraux et la gestion des déjections animales.

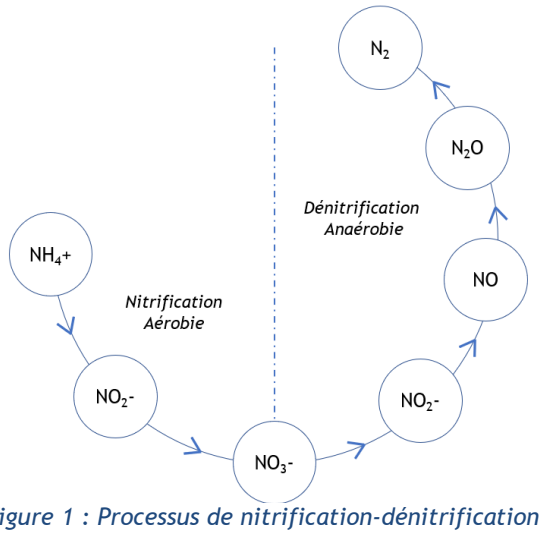


Figure 1 : Processus de nitrification-dénitrification

Les deux principaux processus microbiens à l'origine de la production et de la consommation de N_2O sont la nitrification et la dénitrification :

- la nitrification est l'oxydation biologique de l'ammonium (NH_4+) en nitrite (NO_2-) puis en nitrate (NO_3-). Cette réaction est favorisée en milieu aérobie et son rendement en N_2O est faible ;

- la dénitrification est un processus respiratoire au cours duquel les formes solubles de l'azote (nitrate NO_3-, nitrite NO_2-) sont réduites en composés gazeux (oxyde nitrique NO, protoxyde d'azote N_2O et azote gazeux N_2). La dénitrification se produit surtout en milieu anaérobie. Son rendement en N_2O est élevé car ce gaz est un produit intermédiaire de la transformation. Si le processus de dénitrification est incomplet, du N_2O peut être libéré dans l'atmosphère.

D'autres sources sont également identifiées, telles que certains procédés industriels (fabrication de glyoxal, d'acides adipique, glyoxylique et nitrique) ou encore certains équipements de combustion (stationnaires et mobiles). Au niveau du transport, l'introduction progressive des pots catalytiques sur les voitures peut aussi conduire à la formation de N_2O.

Enjeux actuels

Dans le rapport spécial 1,5°C du Giec (2018), il est souligné que pour limiter le réchauffement à +1,5°C, il faut réduire les émissions de N_2O agricoles de 6% d'ici 2050 (par rapport à 2010). Le Giec indique par ailleurs que la forte demande en bioénergie peut augmenter les émissions de N_2O dans certaines trajectoires axées sur l'objectif de 1,5 °C. Il est donc essentiel d'adopter des méthodes de gestion appropriées.

Les enjeux liés aux émissions de N_2O doivent être pensés dans le contexte plus large du cycle de l'azote. L'azote est un nutriment majeur, tant au niveau de la production d'aliments, de fibres ou encore de biocombustibles. Il se présente sous des formes variées, certaines non réactives (N_2), et d'autres, comme le N_2O, réactives, souvent perdues sous forme de pollution de l'air ou de l'eau. Depuis plusieurs années, différentes initiatives voient le jour pour favoriser une gestion intégrée de l'azote, en optimisant son efficacité d'utilisation, jugée faible à l'heure actuelle si l'on considère la chaîne complète de la fertilisation à la consommation humaine et aux déchets.

En particulier, dans le cadre de la Convention CEE-NU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, un groupe dédié à l'azote (*Task Force on Reactive Nitrogen - TFRN*) a été mandaté pour produire un document d'orientation sur la gestion intégrée durable de l'azote. Par ailleurs, un système international de gestion de l'azote (INMS) a été créé, réunissant la communauté scientifique, le secteur privé et la société civile. L'objectif de ce projet est de rassembler et synthétiser des données probantes pouvant soutenir l'élaboration de politiques internationales pour améliorer la gestion mondiale de l'azote. Ce groupe a d'ailleurs participé, en collaboration entre autres avec le PNUE, au lancement fin 2019 d'une campagne mondiale sur la gestion durable de l'azote. Lors de cet évènement, le chanteur et auteur-compositeur Ricky Kej et son groupe ont interprété The Nitrogen Song, une nouvelle manière de sensibiliser le grand public aux enjeux liés à l'azote.

Ce principe de gestion intégrée des nutriments est également inclus dans le pacte vert pour l'Europe (*European Green Deal*), au sein de la stratégie nommée « Farm to Fork ». On peut y lire que la Commission agira pour réduire les pertes d'éléments nutritifs (dont l'azote) d'au moins 50%, tout en veillant à ce qu'il n'y ait pas de détérioration de la fertilité des sols. L'utilisation de fertilisants devra également être réduite d'au moins 20% d'ici 2030. Pour cela, il sera nécessaire d'élaborer avec les États membres des plans d'action, visant entre autres à promouvoir les techniques de fertilisation de précision et des pratiques agricoles plus durables, en particulier dans les zones sensibles d'élevage.

Objectifs de réduction nationaux

La stratégie nationale bas carbone (SNBC) de la France se traduit par une série de budgets carbone, dont l'ambition initiale pour le N_2O a été renforcée en 2018. En effet, si l'on considère le budget initial 2015-2018 pour le N_2O (périmètre Kyoto (Métropole + Outre-Mer inclus dans l'UE) hors UTCATF), celui-ci était de 57 Mt CO_2e/an. Or, la moyenne des émissions de N_2O entre 2015 et 2018 s'est établie autour de 41 Mt CO_2e/an.

La nouvelle ambition affichée pour la période 2019-2023 sur le N_2O est de 40 Mt CO_2e/an (total hors UTCATF), soit une baisse de 0,5% par rapport à l'année 2018. Bien que les émissions de N_2O semblent se stabiliser depuis 2010, si l'on s'intéresse à la tendance calculée entre 2014 et 2018, on constate que les émissions de N_2O, au même périmètre, ont diminué de 3,4%. Ainsi, le respect de cette nouvelle ambition 2019-2023 semble atteignable, d'autant plus si les bonnes pratiques proposées dans la SNBC se développent. Ces dernières visent en priorité le secteur agricole. Il s'agit :

- D'optimiser le cycle de l'azote pour réduire au maximum les excédents azotés, en développant l'implantation de légumineuses, en valorisant au mieux l'azote présent dans les déjections animales, en adaptant les apports aux besoins des cultures, en sélectionnant des variétés adaptées à un bas niveau d'intrants ou encore en améliorant les conditions du sol pour diminuer les émissions de N_2O (pH, par exemple) ;
- De réduire les excédents d'apports protéiques dans les rations animales ;
- D'améliorer l'autonomie en protéines végétales.

Le budget final prévu pour le N_2O pour la période 2029-2033 est de 35 Mt CO_2e/an (total hors UTCATF), soit une baisse d'environ 13% par rapport à 2018.

A noter

Sont exclus du total national l'ensemble du trafic international fluvial, maritime et aérien ainsi que les feux de forêt.

Tendance générale

Le principal secteur contributeur aux émissions de N_2O est l'agriculture. Ces émissions proviennent surtout des sols agricoles suite aux apports azotés de fertilisants minéraux et organiques.

Néanmoins, la tendance des émissions est avant tout marquée par la chute drastique des émissions industrielles de N_2O entre 1997 et 2011. En effet, certaines industries très émettrices de N_2O dans les années 90 (fabrication d'acide adipique, d'acide nitrique et d'acide glyoxylique) ont modifié leurs procédés et mis en place des systèmes de traitement très efficaces. En 2018, l'industrie ne représente plus qu'une part très modeste des émissions de N_2O (1,6 MtCO_2e soit 3,9%), l'essentiel des émissions provenant désormais de l'agriculture (35,6 MtCO_2e soit 89%).

Ces émissions agricoles présentent une tendance à la baisse sur toute la période 1990-2018 (-3,5 MtCO_2e soit -9%). Entre 2011 et 2014, elles ont légèrement augmenté avant de repartir à la baisse et d'atteindre, en 2018, le niveau le plus bas rencontré sur la période. Cette dynamique globale de baisse observée en agriculture est à mettre au crédit d'une fertilisation minérale également à la baisse en lien avec la prise de conscience des enjeux environnementaux associés à l'azote (en particulier pour lutter contre la pollution de l'eau par les nitrates d'origine agricole, en lien avec la mise en place de la Directive Nitrates). Cette baisse correspond à une meilleure utilisation de l'azote, les rendements agricoles n'ayant pas été affectés par cette réduction de la fertilisation.

Depuis 2011, la fertilisation azotée minérale est stable voire augmente légèrement ce qui s'explique par différents éléments : la remise en cultures des terres laissées en jachère obligatoire avant 2008, l'atteinte de niveaux de fertilisation minérale proches des préconisations et sans doute, sur les dernières années, une attention redoublée sur

la teneur en protéines des céréales. En effet, la teneur en protéines des céréales est (en partie) liée à la quantité d'azote disponible et la filière aval d'utilisation des céréales impose désormais des critères exigeants. Les agriculteurs préfèrent donc assurer la fertilisation azotée sur les céréales. Malheureusement, il est difficile de prévoir une fertilisation azotée fortement à la baisse dans les années futures.

Pour limiter les émissions de N_2O liées à cette fertilisation, peu de solutions techniques sont actuellement disponibles. Les émissions de N_2O des sols sont très dépendantes des conditions pédoclimatiques (les plus fortes émissions ayant lieu, après les épandages d'azote, après des épisodes pluvieux) et la variabilité interannuelle des émissions est par conséquent très forte (même si non reflétée dans les inventaires actuels). Il existe des techniques qui ne requièrent pas de baisser la fertilisation, mais elles sont encore du domaine de la recherche (modification du pH du sol, ensemencement bactérien, etc.) du fait de l'incertitude associée à l'estimation de ces émissions. La principale piste étudiée en France actuellement concerne l'effet du chaulage qui tend à faire baisser ces émissions de N_2O.

Dans le même temps, sur l'ensemble de la période, les évolutions observées en élevage (baisse du cheptel bovin notamment) impactent les émissions de N_2O. Il est difficile d'en faire un bilan complet car cet impact est réparti sur plusieurs sources dans l'inventaire : cela inclut les émissions liées aux fertilisants organiques, à la pâture, aux bâtiments d'élevage et au stockage des déjections. L'ensemble de ces émissions de N_2O étant plutôt à la baisse sur la période 1990-2018.

D'autres secteurs influent à la marge les émissions de N_2O :

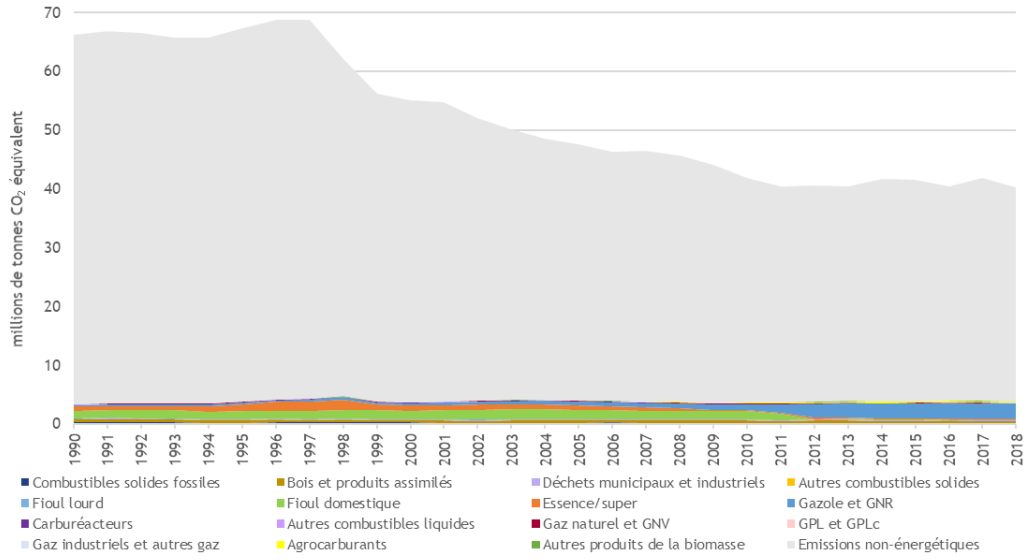
- le traitement des déchets, du fait du rejet des eaux usées domestiques et industrielles traitées ;
- le transport routier, dont les émissions sont en augmentation suite à l'introduction progressive des pots catalytiques. La baisse observée en 2009 s'explique par la diminution du taux de soufre dans tous les carburants (passage de 50 ppm à 10 ppm, impact principalement visible pour les véhicules particuliers essence) qui influence les émissions de N_2O. Depuis 2010, la reprise du trafic explique l'augmentation des émissions.

Évolution récente

Lors des dernières années, et depuis 2010, on peut considérer que les émissions de N_2O sont stables pour tous les secteurs sans réelle perspective d'amélioration de la situation. C'est clairement le secteur agricole qui apparait le plus concerné par cet enjeu : il importe donc de trouver des solutions pour baisser ces émissions mais force est de constater que les moyens de réduction sont loin d'être évidents à mettre en place. Ces progrès pourront aller de pair avec la compréhension des mécanismes d'émissions qui pourront mettre en avant des différences marquées entre les pratiques et les situations, ce qui n'est actuellement pas suffisamment le cas pour promouvoir des actions efficaces.

Part des émissions liée aux combustibles

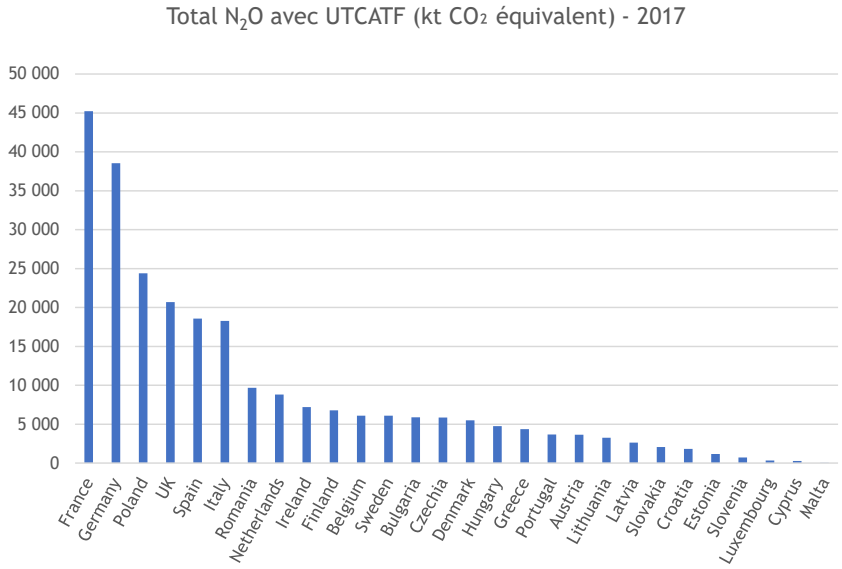
En France, les émissions de N_2O ne sont que très peu liées aux combustibles. Sur les dernières années, il s'agit surtout d'émissions liées à l'usage de gazole (véhicules diesel).



Et ailleurs ?

D'après le 5e rapport d'évaluation du Giec, les émissions anthropiques mondiales de N_2O sont passées de 2,1 $GtCO_2e$ en 1970 ; 2,8 $GtCO_2e$ en 1990 à 3,0 $GtCO_2e$ en 2010. Elles représentent une part de moins en moins importante des émissions totales (passant de 7,9% en 1970 à 6,2% en 2010), et ce en raison de la hausse de la part due au CO_2 fossile.

D'après l'interface de visualisation des données d'émissions de GES de la CCNUCC, la France en 2017 est au 1er rang des pays émetteurs de N_2O au sein de l'UE 27, en y ajoutant également le Royaume Uni et l'Islande.



A noter : ces émissions correspondent aux inventaires édition 2019. Ces estimations ont été mises à jour en 2020, mais les données ne sont pas encore disponibles sur l'interface.

Une étude réalisée par l'économiste Geoffrey Lorre à partir des données de la FAO (*lien*) sur la place de l'agriculture française et européenne dans le monde indique qu'en 2012, la France a produit près de 17% de la valeur agricole européenne contre seulement 14,4% pour l'Allemagne, 11,9% pour l'Italie et 11,7% l'Espagne. Quatre autres pays produisent une part non négligeable de la valeur agricole : la Pologne 7,8%, le Royaume-Uni 6,8%, les Pays-Bas 5,8% et la Roumanie 3,3%. Sur le graphique précédent, ce sont bien ces pays agricoles qui ressortent en tête de liste pour les émissions de N_2O.

En savoir plus

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – Giec (2018). Réchauffement planétaire de 1,5°C – Résumé à l'intention des décideurs. Lien.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) (2013). N_2O: Its Role in Climate Change and Ozone Layer Depletion. Lien.

Nitrogen song, Ricky Kej - INMS. Lien.

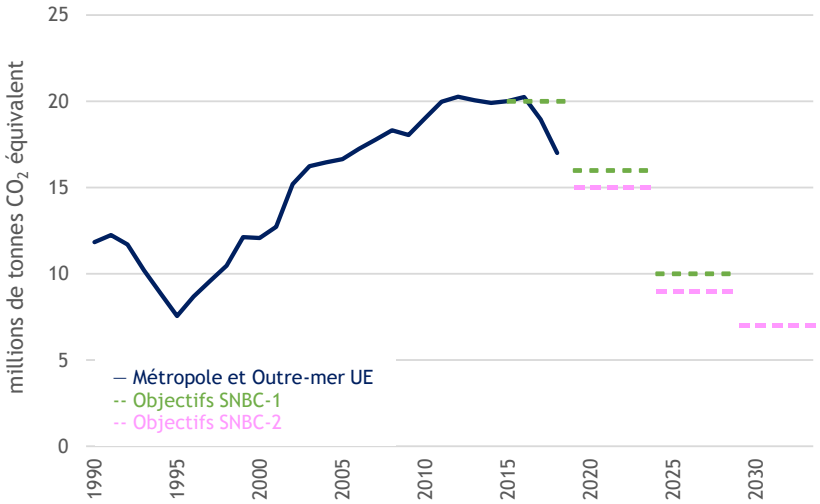
Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (2018). Stratégie Nationale Bas-Carbone. Lien.

Commission Européenne. European Green Deal – Farm to Fork Strategy. Lien.

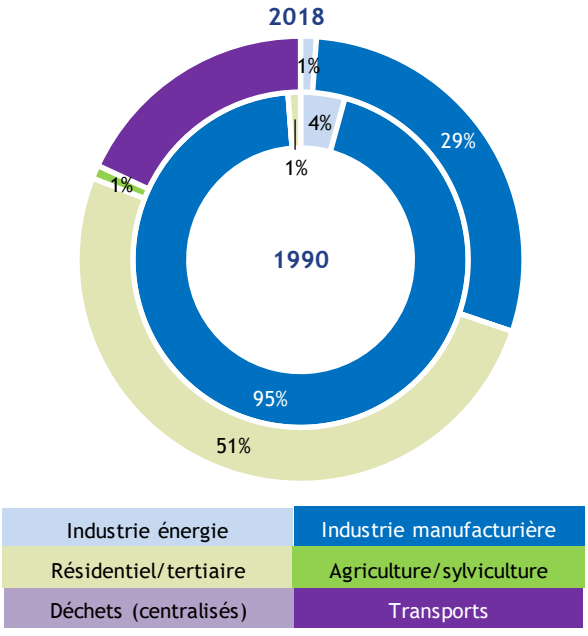
CCNUCC. Interface de visualisation des émissions de GES. Lien. https://di.unfccc.int/time_series.

Emissions de gaz fluorés en bref

Evolution des émissions de gaz fluorés en France



Répartition des émissions de gaz fluorés en France



Gaz fluorés

Type

Gaz à effet de serre

Définition

Les gaz fluorés englobent plusieurs familles de gaz à effet de serre. Dans le cadre de l'inventaire national, seuls sont pris en compte les gaz fluorés du « panier Kyoto » : les HFC (HydroFluoroCarbures), les PFC (PerFluoroCarbures), le SF_6 (l'hexafluorure de Soufre) et le NF_3(Trifluorure d'azote).

Les CFC (ChloroFluoroCarbures) et les HCFC (Hydro-ChloroFluoroCarbures), du fait de la présence d'atomes de Chlore, sont des gaz appauvrissant la couche d'ozone dont l'utilisation est régie par le Protocole de Montréal. Les HFC constituent la famille des gaz fluorés la plus utilisée actuellement, ils sont principalement utilisés dans les équipements du froid et de la climatisation.

Composition chimique

Composés organiques avec au moins un atome de fluor.

Origine

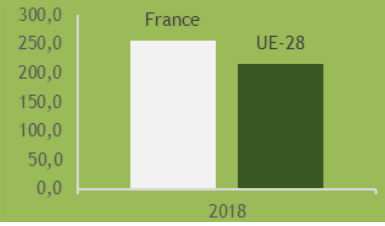
Sources anthropiques : réfrigération et climatisation ; fabrication des mousses d'isolation ; aérosols ; protection incendie, semi-conducteurs, équipements électriques, agroalimentaire, résidentiel, chimie, climatisation automobile, micro-électronique. etc.

Source naturelle : aucune.

Phénomènes associés

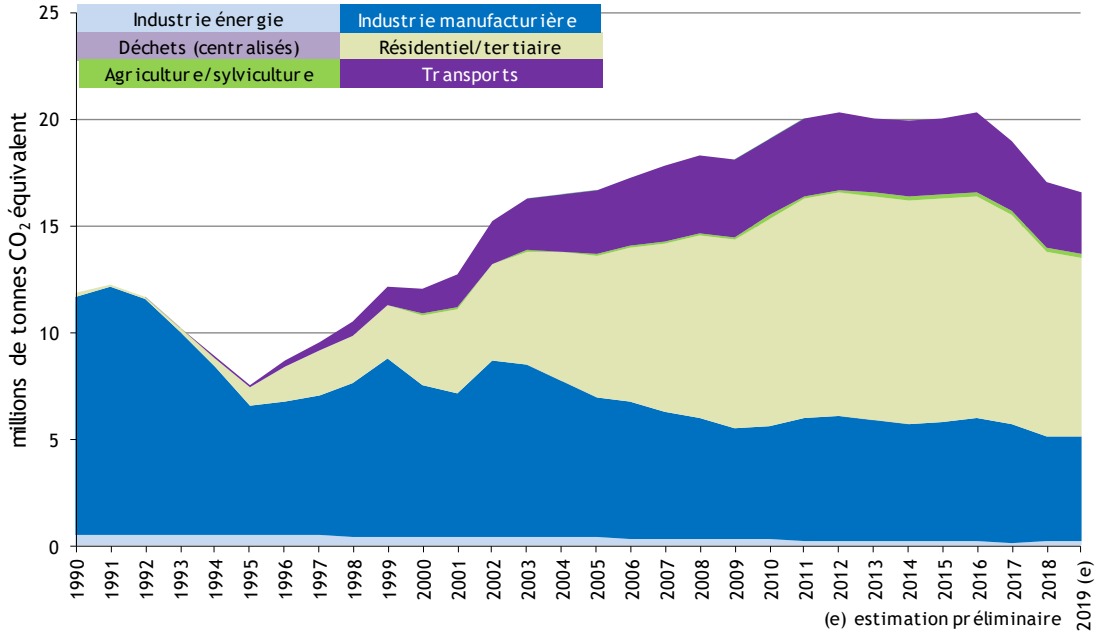
Les gaz fluorés sont de puissants gaz à l'effet de serre et contribuent aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre. Leur pouvoir de réchauffement global (PRG) varie selon les molécules composant les gaz, entre 1 et 22 800 (GIEC AR4).

Emissions par habitant kgCO2e/hab/an

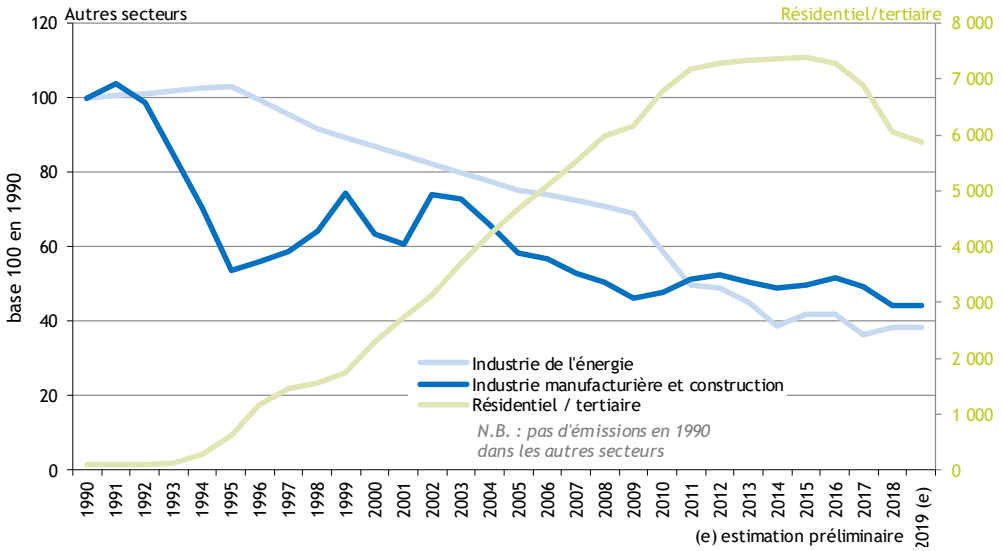


Gaz fluorés

Evolution des émissions dans l'air des gaz fluorés depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air des gaz fluorés en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de GF-total (ktCO $_2$ e/an) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	505,9	521,9	439,2	380,7	297,7	210,7	212,3	184,0	194,5	194,5
Industrie manufacturière et construction	11 188	6 009	7 115	6 538	5 342	5 545	5 771	5 507	4 940	4 936
Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Résidentiel / tertiaire	142,5	870	3 275	6 654	9 689	10 531	10 406	9 821	8 630	8 369
Agriculture	0	0	22,3	82,8	154,8	177,9	176,3	178,5	165,6	165,6
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0	155,4	1 223	2 991	3 546	3 550	3 688	3 262	3 072	2 928
Transport hors total	*0*	*41,1*	*123,7*	*127,2*	*119,2*	*100,1*	*98,6*	*98,1*	*53,5*	*53,5*
TOTAL national hors UTCATF	**11 836**	**7 556**	**12 074**	**16 646**	**19 030**	**20 014**	**20 254**	**18 953**	**17 002**	**16 592**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**11 836**	**7 556**	**12 074**	**16 646**	**19 030**	**20 014**	**20 254**	**18 953**	**17 002**	**16 592**
Hors total	*0*	*41,1*	*123,7*	*127,2*	*119,2*	*100,1*	*98,6*	*98,1*	*53,5*	*53,5*

Gaz fluorés

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux

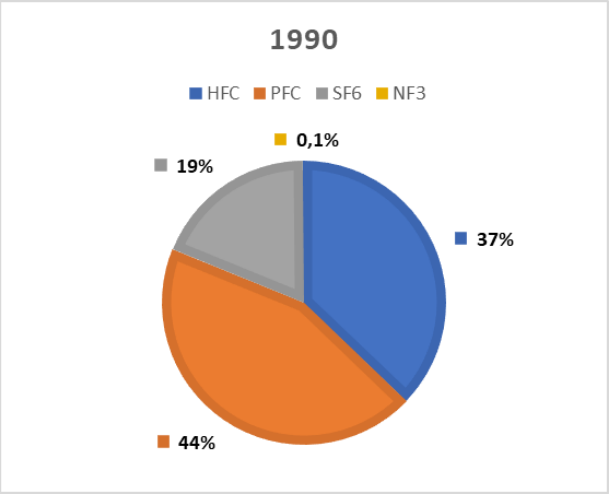
Les gaz fluorés sont caractérisés par un fort impact sur l'effet de serre. Leur PRG (Potentiel de Réchauffement Global) varie entre 1 et 22 800 (pour le SF_6) selon les valeurs du 4ème rapport du GIEC. Même s'ils ne représentent que 4,1% des émissions de GES en 2018, les émissions de gaz fluorés sont en forte croissante depuis les années 90 et sont de ce fait, des substances fortement réglementées.

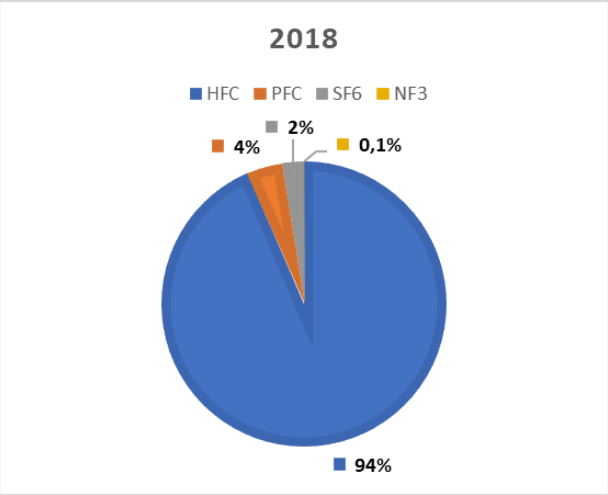
Objectifs de réduction

Les gaz fluorés constituent un secteur visé par la SNBC. Le premier pallier de 20 millions de tonnes CO2 eq. de la SNBC1 a été atteint sur 2015-2018. L'objectif SNBC2 est ambitieux pour 2019-2023 avec un niveau de 25% inférieur au premier pallier. Il pourrait être atteint assez rapidement si les progrès observés dans ce secteur se maintiennent.

Enjeux actuels

Les gaz fluorés font partie des substances très réglementées du fait de leur usage croissant et de la forte augmentation de leurs émissions depuis 1990. Les émissions de HFC constituent aujourd'hui plus de 90 % des émissions de gaz fluorés et sont particulièrement visées, notamment par le règlement (EU) 517/2014.





A noter

Les HFC ont remplacé progressivement les CFC et HCFC mais ces derniers ne font pas partie des gaz fluorés considérés par le protocole de Kyoto et les déclarations d'inventaires. Si l'on analysait les émissions totales de gaz fluorés incluant les CFC et HCFC depuis 1990, c'est bien une décroissance qu'on observerait, les HFC ayant un PRG en moyenne inférieur à celui des CFC, les taux d'émissions et les filières de récupération en fin de vie des équipements ayant été considérablement améliorés par ailleurs.

Tendance générale

Les émissions de gaz fluorés sont en forte croissance depuis les années 1995. La réduction observée entre 1990 et 1995 dans le secteur « industrie manufacturière » provient de l'industrie chimique qui a mis en place des traitements permettant de réduire les émissions de HFC-23 au cours de la production du HCFC-22 (sous-produit). La forte augmentation des émissions de gaz fluorés est principalement liée à celles des HFC due au fait du remplacement des CFC et HCFC par les HFC notamment dans les secteurs du froid, de la climatisation et des aérosols, ainsi qu'à la croissance du parc d'installations (climatisation automobile, climatisation à air).

Évolution récente

La baisse observée depuis 2016 vient principalement de la réduction des émissions de HFC liées d'une part au secteur de la climatisation automobile dans lequel la réglementation européenne a imposé l'utilisation progressive d'un fluide frigorigène de PRG<150 en remplacement du R-134a (PRG = 1430) ; D'autre part, au règlement européen (UE) N° 517/2014 dit « F-Gas 2 » ayant introduit une réduction progressive des quantités de HFC disponibles sur le marché européen ainsi que des interdictions sectorielles d'usage de HFC au-delà d'un certain seuil. La réduction des émissions au cours de la vie des équipements par l'amélioration des pratiques de maintenance et de démantèlement des équipements ont également permis de réduire les taux d'émission. Le secteur du résidentiel a subi la plus forte augmentation : ce secteur inclut la climatisation des bâtiments mais également les systèmes de réfrigération du froid commercial et de l'agroalimentaire.

Et ailleurs ?

D'après le 5e rapport d'évaluation du Giec (2014, fig. SPM.2), les émissions anthropiques mondiales de gaz fluorés sont passées de 0,1 GtCO2e en 1970 ; 0,3 GtCO2e en 1990 à 0,98 GtCO2e en 2010. Elles représentent une part certes faible mais de plus en plus importante aux émissions totales (passant de 0,4% en 1970 à 2% en 2010).

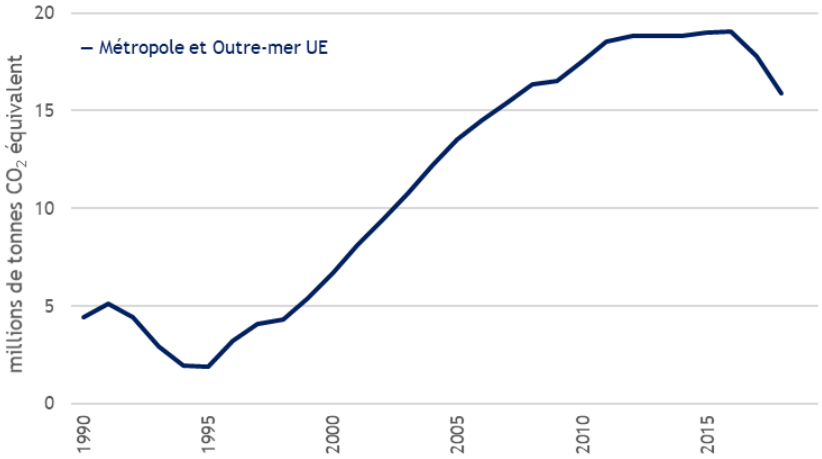
En savoir plus

The large contribution of projected HFC emissions to future climate forcing. Guus J. M. Veldersa, David W. Faheyb, John S. Danielb, Mack McFarlandc, and Stephen O. Andersend. https://www.pnas.org/content/106/27/10949

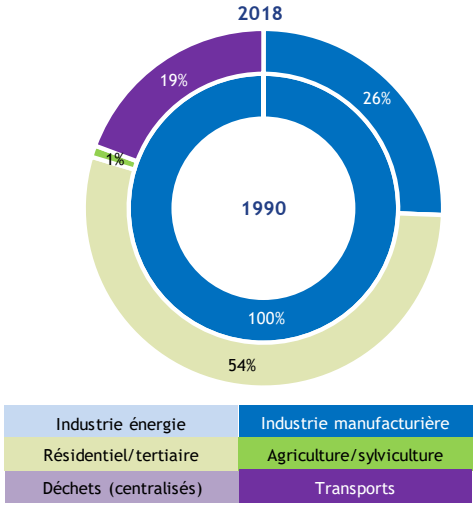
Journée Défi Climat, MTES 6 Juin, 2017, Stéphanie Barrault, Citepa : Vers une réduction facteur 4 des émissions CO2 à l'horizon 2050 pour le secteur des Gaz fluorés.

Emissions de substance en bref

Evolution des émissions de HFC en France



Répartition des émissions de HFC en France



HFC

Hydrofluorocarbures

Type

Gaz à effet de serre

Définition

Les hydrofluorocarbures (HFC) sont des composés organiques halogénés gazeux utilisés en remplacement des CFC et HCFC, substances appauvrissant la couche d'ozone. Ils sont largement utilisés en tant que réfrigérants dans les systèmes de production de froid et de climatisation. Ils sont aussi utilisés dans les extincteurs d'incendie, dans les aérosols et en tant qu'agents d'expansion des mousses d'isolation.

Composition chimique

Composés d'atomes de carbone (six au plus), de fluor et d'hydrogène.

Origine

Sources anthropiques : réfrigération et climatisation ; fabrication des mousses ; aérosols ; protection incendie, agroalimentaire, résidentiel, chimie, climatisation automobile.

Source naturelle : aucune.

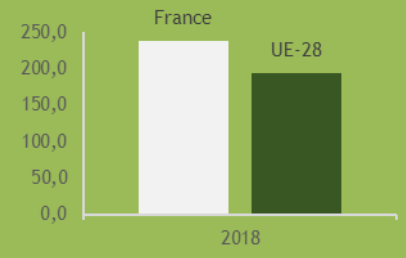
Phénomènes associés

Les HFC sont de puissants gaz à l'effet de serre et contribuent aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre. Leur pouvoir de réchauffement global (PRG) varie selon les molécules composant les gaz, ci-dessous les valeurs des PRG des principaux HFC (GIEC AR4).

HFC	HFC-134a	HFC-143a	HFC-125	HFC-32
PRG	1 430	4 470	3 500	675

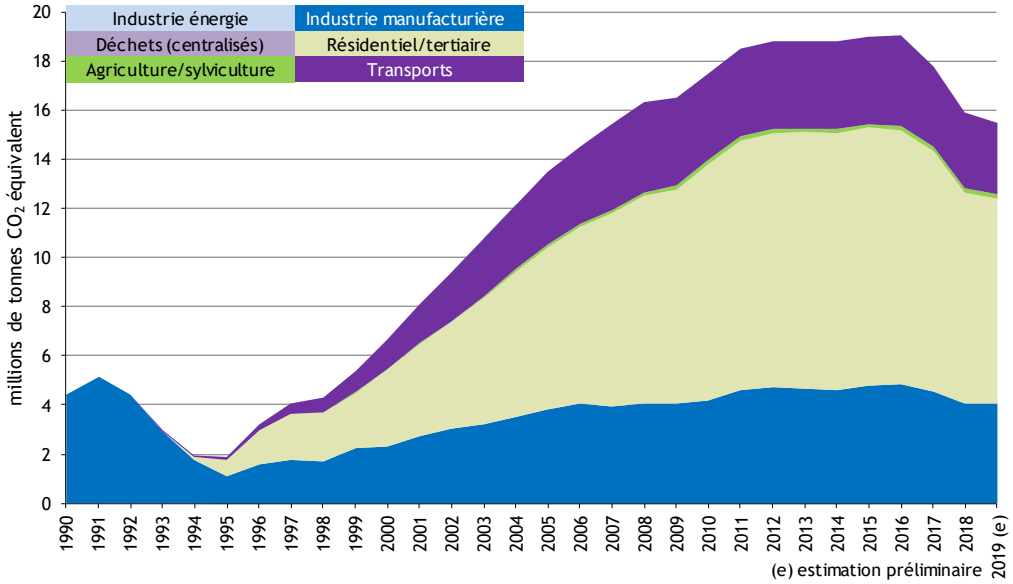
Emissions par habitant

Kg CO2e/hab/an

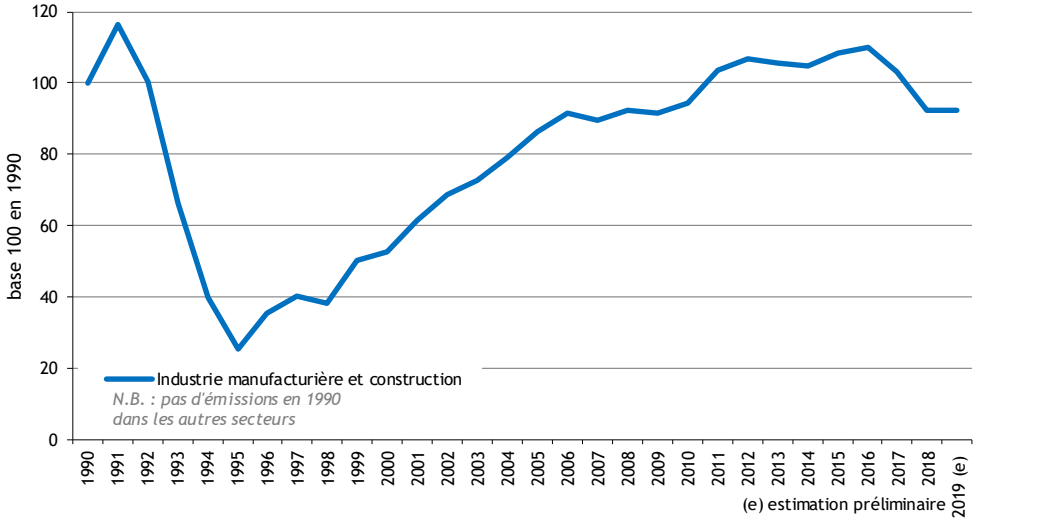


HFC

Evolution des émissions dans l'air de HFC depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de HFC en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de HFC (ktCO 2 e/an) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	0	0,2	4,3	9,1	9,6	7,3	6,7	6,1	4,7	4,7
Industrie manufacturière et construction	4 402	1 108	2 307	3 801	4 149	4 770	4 840	4 540	4 067	4 063
Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Résidentiel / tertiaire	0	629	3126	6616	9645	10498	10367	9787	8590	8330
Agriculture	0	0	22,3	82,8	154,8	177,9	176,3	178,5	165,6	165,6
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0	155,4	1222,8	2991,3	3546,3	3550,1	3688,3	3262,1	3072,4	2927,9
Transport hors total	*0*	*41,1*	*123,7*	*127,2*	*119,2*	*100,1*	*98,6*	*98,1*	*53,5*	*53,5*
TOTAL national hors UTCATF	**4 402**	**1 893**	**6 682**	**13 500**	**17 505**	**19 003**	**19 078**	**17 774**	**15 900**	**15 491**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**4 402**	**1 893**	**6 682**	**13 500**	**17 505**	**19 003**	**19 078**	**17 774**	**15 900**	**15 491**
Hors total	*0*	*41,1*	*123,7*	*127,2*	*119,2*	*100,1*	*98,6*	*98,1*	*53,5*	*53,5*

HFC

Analyse

Enjeux

Impact sur l'effet de serre

Les HFC sont des gaz à effet de serre majoritairement utilisés dans les secteurs du froid et de la climatisation mais aussi dans les mousses d'isolation, les aérosols et les équipements d'extinction d'incendie. Leur impact sur le réchauffement climatique est caractérisé par un indice, le PRG (Potentiel de Réchauffement Global), comparant leur effet par rapport à celui du CO_2 (PRG=1).

Si les PRG des HFC sont compris dans une gamme de 1 à 14 800 (HFC-23), la majorité des réfrigérants ont des PRG inférieurs à 4 000. Dans les graphes de cette partie, les émissions sont présentées en tonnes de CO_2 équivalentes.

Objectifs de réduction

Les secteurs utilisateurs de HFC ont été fortement marqués par la réglementation européenne (EU) N° 517/2014, entrée en vigueur au 1er Janvier 2015. Ce règlement prévoit une réduction progressive des quantités CO_2 équivalentes de HFC autorisées à être mises sur le marché, des interdictions sectorielles d'usage et une restriction d'utilisation des HFC pour la maintenance des installations de réfrigération aux fluides frigorigènes de PRG < 2 500 à compter de 2020. L'objectif de cette réglementation, en termes d'émissions, est de réduire en 2030 les émissions de gaz fluorés de 60 % par rapport au niveau 2005.

En France, la Stratégie Nationale Bas-Carbone vise la réduction des émissions de gaz fluorés en général (*voir section Gaz fluorés*)

Enjeux actuels

Le règlement (EU) n° 517/2014 réduit les quantités de HFC disponibles sur le marché européen. Des alternatives à l'usage des HFC à fort PRG ont progressivement été développées afin de répondre aux besoins en réfrigération et climatisation tout en respectant le « phasedown » imposé par la règlementation européenne. L'enjeu est alors de réduire le GWP tout en garantissant une bonne efficacité énergétique. Certaines de ces alternatives sont inflammables, voire fortement inflammables comme le sont les hydrocarbures. L'enjeu est alors d'adapter les normes et règlements nationaux de façon à en permettre l'usage tout en garantissant la sécurité des détenteurs, installateurs et opérateurs de ces équipements.

Tendance générale

Au début des années 90, les émissions de HFC n'étaient liées qu'à l'industrie chimique, dans le cadre de la production de gaz fluorés (incluse ici dans le secteur « industrie manufacturière »). Le HFC-23 était alors émis au cours de la production du HCFC-22 (sous-produit). Les réductions opérées dès 1992 par la mise en place de traitements ont permis une première baisse des émissions totales de HFC en France jusqu'en 1995.

Dans ce même secteur, à partir du début des années 2000, une nouvelle source d'émission est apparue liée à l'utilisation des HFC comme agent propulseur des mousses (polyuréthane, polystyrène expansé, etc.) en substitution des HCFC interdits du fait de leur impact sur la couche d'ozone. Ces HFC sont également émis dans le résidentiel/tertiaire mais en quantités très faibles.

Les HFC ont progressivement remplacé les CFC et HCFC dans les équipements de réfrigération et de climatisation à partir de 1992-1993.

En climatisation automobile le CFC-12 a rapidement été remplacé par le HFC-134a sur le marché neuf des véhicules particuliers. Depuis les années 2000, avec le renouvellement progressif du parc de véhicules et la pénétration croissante de la climatisation sur le marché, les émissions de HFC de ce secteur (sous-secteur Transports) représentent une part très significative des émissions de HFC des secteurs utilisateurs. Cependant, la directive MAC (842/2006) a imposé l'utilisation d'un fluide frigorigène de PRG < 150 dans tous les véhicules particuliers mis sur le marché européen depuis le 1er janvier 2017. Le R-1234yf (PRG = 4) remplace désormais le R-134a (PRG 1 430). Les émissions du secteur des autres modes de transport (hors routier) proviennent essentiellement du transport aérien (utilisation d'aérosols techniques).

Les émissions du secteur appelé « résidentiel/tertiaire » incluent à la fois les émissions liées à la climatisation fixe mais également celles dues à l'utilisation d'installations frigorifiques en froid commercial (supermarchés, hypermarchés, petits commerces) et en froid industriel (agro-alimentaire et procédés industriels). Les principales applications émettrices sont la réfrigération commerciale, fortement utilisatrice du HFC-404A (PRG 3900) et la climatisation dont le parc d'équipements est en croissance continue.

L'interdiction d'usage des HCFC dans les équipements neufs date des années 2000 (2003 pour les derniers équipements de climatisation autorisés à être mis sur le marché). La réglementation ozone (CE 2037/2000) interdit l'utilisation de HCFC neufs pour la maintenance des équipements depuis 2010 (et de HCFC régénéré depuis 2015). Les dernières installations aux HCFC ont donc été converties ou renouvelées pour des équipements utilisant des HFCs dans les années 2010-2015, ce qui explique la forte croissance des émissions du résidentiel dans ces années-là.

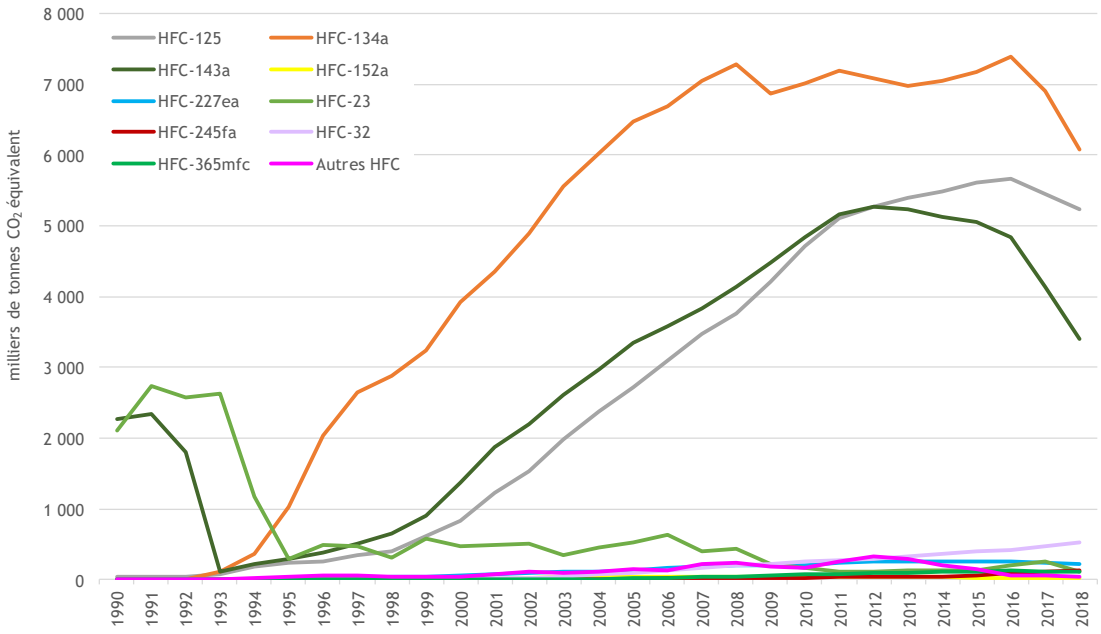
Évolution récente

La réglementation européenne a conduit au développement de nouveaux fluides frigorigènes de PRG moindres pour remplacer les HFC à fort PRG, a accéléré l'utilisation de HFC à plus bas PRG tels que le R-32 ou les HFO. Elle a également provoqué une plus large utilisation de fluides non fluorés tels que le CO_2 en froid commercial, l'ammoniac en froid industriel ou les hydrocarbures en petit froid commercial et en climatisation résidentielle. Parallèlement, cette réglementation a conduit à une forte hausse des prix des HFC et à une pénurie de certains fluides, favorisant ainsi la nécessité de récupération et de surveillance des fuites. L'ensemble de ces éléments a conduit à une stabilisation des émissions malgré une croissance du parc d'équipements dans certains secteurs, et devrait permettre de réduire plus significativement les émissions de HFC du secteur résidentiel-tertiaire dans les années à venir.

Enfin, en climatisation automobile, si la transition du R-134a vers le R-1234yf a été plus lente que prévue, tous les circuits de climatisation des voitures particulières mises sur le marché européen utilisent désormais un fluide frigorigène de PRG = 4. Les émissions CO_2 équivalentes de ce secteur devraient donc progressivement décroître, le temps de renouvellement du parc automobile. A noter que l'obligation ne concerne pas les véhicules destinés à l'exportation ni les véhicules utilitaires légers.

Spéciation

Evolution des émissions de HFC selon les différentes molécules en France (Métropole et Outre-mer UE)

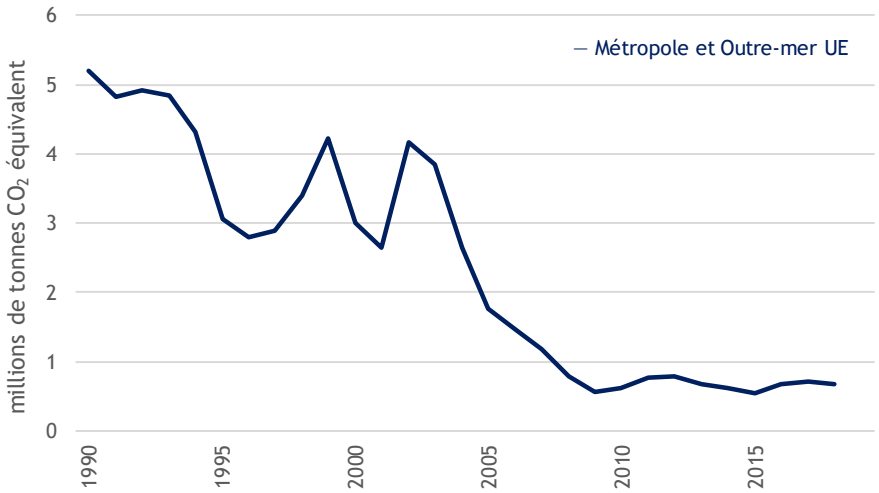


Et ailleurs ?

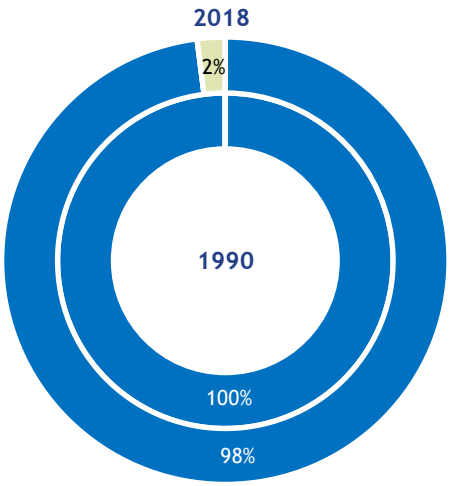
Dans un article scientifique publié le 21 janvier 2020 dans la revue *Nature*, un groupe de chercheurs internationaux sous la direction de l'université de Bristol (Royaume-Uni) met en avant une contradiction : alors que les actions de réduction ambitieuses mises en place depuis 2015 par les deux premiers pays producteurs de HCFC-22 ($CHClF_2$) (Chine et Inde) devaient entraîner une baisse des émissions de HFC-23 (CHF_3), sous-produit issu de la production du HCFC-22, selon les estimations des chercheurs, les émissions mondiales de HFC-23 ont augmenté en 2018 pour atteindre le niveau maximal jamais atteint (15,9 kt contre des valeurs comprises autour de 10 à 13 kt/an dans les années 2000). Lire notre résumé détaillé de cet article

Emissions de substance en bref

Evolution des émissions de PFC en France



Répartition des émissions de PFC en France (Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE)



Industrie énergie	Industrie manufacturière
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture
Déchets (centralisés)	Transports

PFC

Perfluorocarbures

Type
Gaz à effet de serre

Définition
Les PFC sont des composés halogénés gazeux synthétisés exclusivement par voie chimique.

Composition chimique
Composés d'atomes de carbone et de fluor.

Origine
Source anthropique : utilisation des PFC en industrie manufacturière lors des étapes de production des semi-conducteurs. Ils sont produits lors de l'électrolyse de l'aluminium et de la production de l'acide trifluoroacétique.

Source naturelle : aucune.

Phénomènes associés
Les PFC participent à l'effet de serre et contribuent aux conséquences multiples de son augmentation. Le pouvoir de réchauffement global (PRG) varie selon les différents types de gaz ; les valeurs utilisées dans l'inventaire national (Giec AR4) sont données ci-dessous pour les principaux PFC.

PFC-14 = 7 390

PFC-116 = 12 200

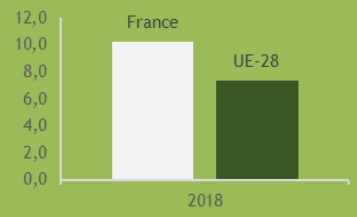
C_6F_{14} = 9 300

Effets

Santé

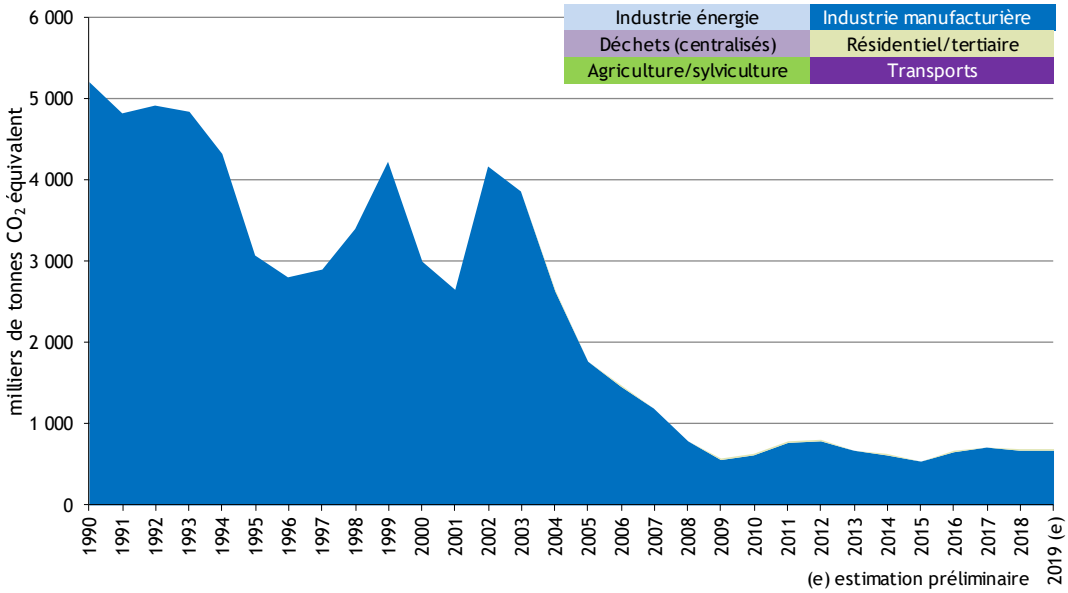
Effet de serre

Emissions par habitant
kgCO2e/hab/an

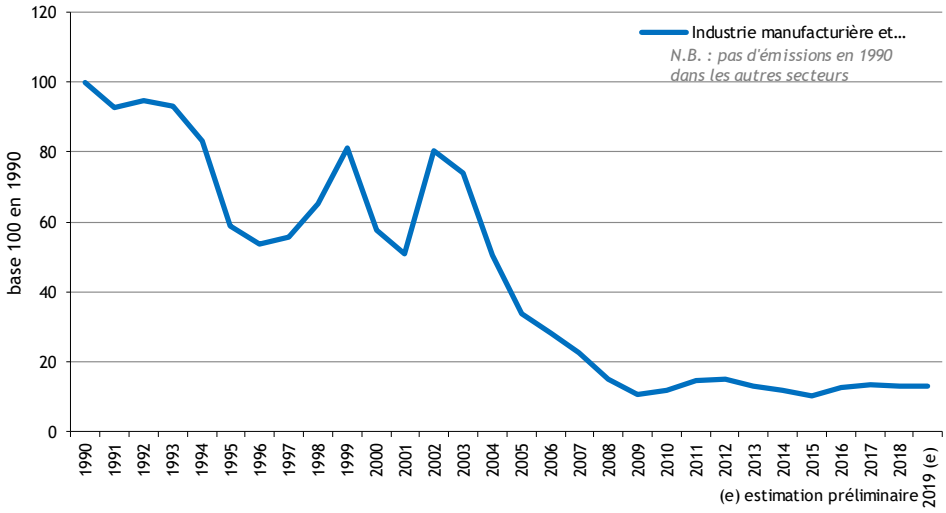


PFC

Evolution des émissions dans l'air de PFC depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de PFC en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de PFC (ktCO_2e/an) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrie manufacturière et construction	5 202	3 065	2 994	1 758	610	530	652	698	666	666
Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Résidentiel / tertiaire	0	0	3,7	2,5	7,1	6,2	13,7	9,3	13,8	13,8
Agriculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transport hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national hors UTCATF	**5 202**	**3 065**	**2 997**	**1 760**	**617**	**537**	**666**	**708**	**680**	**680**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**5 202**	**3 065**	**2 997**	**1 760**	**617**	**537**	**666**	**708**	**680**	**680**
Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

Analyse

Tendance générale

Dans les graphes de cette partie, les émissions sont présentées en tonnes de CO_2 équivalentes.

Parmi les différents secteurs considérés dans SECTEN, en 1990, le seul contributeur aux émissions de PFC en France métropolitaine était l'industrie manufacturière. Dans ce secteur, les principales activités contribuant aux émissions de PFC sont les suivantes :

- la production d'aluminium de première fusion (PFC générés au cours du procédé),
- la production de trifluoroacétique (TFA) et de gaz fluorés,
- la fabrication de semi-conducteurs et de panneaux photovoltaïques (utilisation de PFC),
- l'utilisation de PFC en tant que solvant.

En 1990, la production d'aluminium (sous-secteur métallurgie des métaux non-ferreux) représentait plus des deux tiers des émissions totales nationales de PFC.

Après avoir fortement régressé entre 1990 et 1996 à la suite des progrès réalisés dans l'industrie de la production d'aluminium de première fusion au niveau du contrôle de l'effet d'anode et de la mise en place d'un incinérateur sur un site de production de gaz fluorés, les émissions ont connu de fortes fluctuations au cours des années suivantes, traduisant, d'une part, une progression sensible de la production d'aluminium associée à une maîtrise non optimale des rejets et, d'autre part, un développement de l'industrie des semi-conducteurs (inclus dans le sous-secteur « biens d'équipements »).

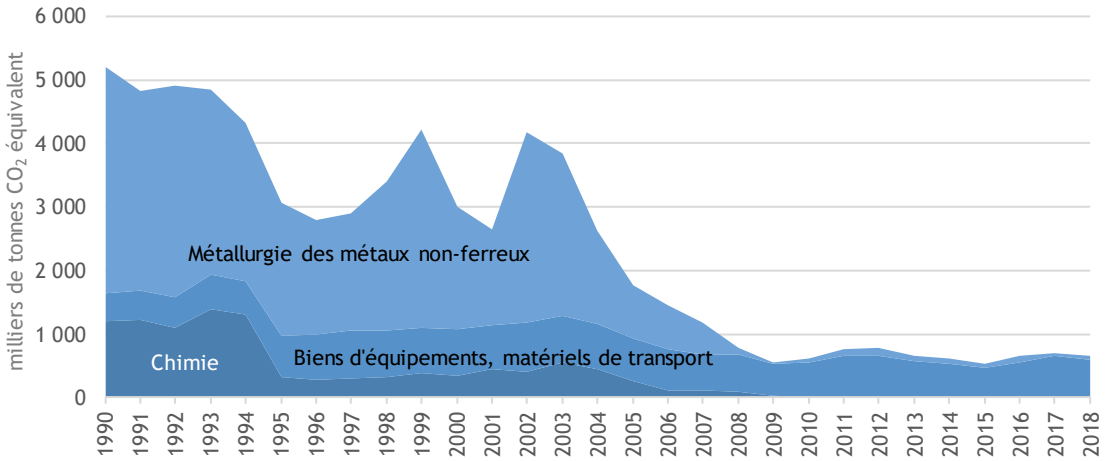
Un retour à une situation maîtrisée pour l'aluminium en 2000 et 2001 a conduit à des niveaux d'émission plus faibles, malgré des difficultés résiduelles expliquant les résultats de 2002 et 2003.

La baisse observée depuis 2004 s'explique principalement par l'effet cumulé de la fermeture de deux sites de production d'aluminium, l'un en 2003 et l'autre en 2008, avec cependant une production nationale stable à laquelle s'ajoute l'amélioration des performances sur un autre site producteur d'aluminium, à partir de 2005.

Depuis 2000, les PFC ont fait leur apparition dans le secteur du résidentiel/tertiaire. Les émissions proviennent des applications médicales et cosmétiques. La part des émissions de PFC dans le résidentiel/tertiaire est toutefois très faible en comparaison des émissions du secteur de l'industrie manufacturière.

Le profil des émissions de PFC de ces dernières années a beaucoup évolué par rapport à 1990. En effet, alors que la production d'aluminium était le principal contributeur aux émissions de PFC avec plus de deux tiers des émissions totales nationales en 1990, il ne représente aujourd'hui qu'environ 10% des émissions totales de PFC en France. Les émissions de PFC proviennent désormais en majorité de l'utilisation de solvants (sous-secteur biens d'équipements) pour près d'un tiers alors que ce secteur était inexistant en 1990.

Répartition des émissions de PFC par sous-secteur de l'industrie manufacturière
en kt CO_2e



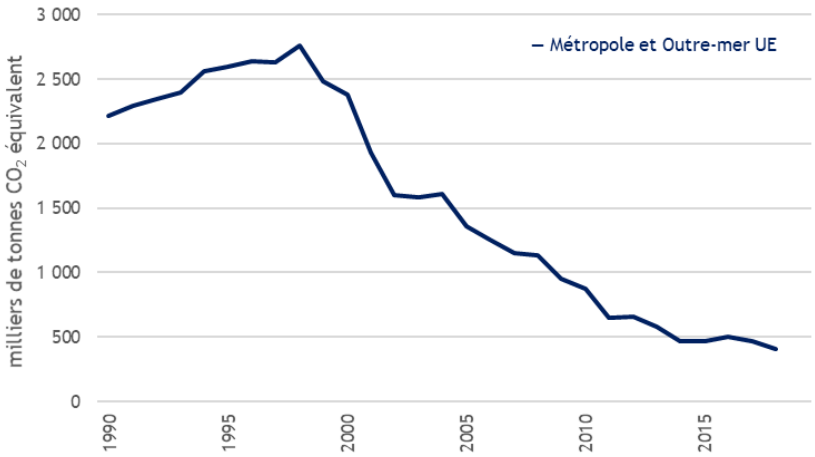
Évolution récente

Sur la période 1990 – 2018, les émissions sont en nette diminution, de plus d'un facteur 7 en équivalent CO_2. A la différence des HFC, les PRG des différents PFC émis se situent dans une fourchette étroite, de 7 390 à 12 200.

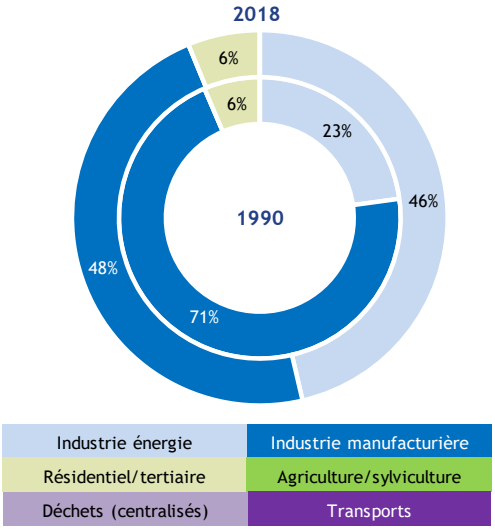
Ces dernières années, les émissions de PFC se sont stabilisées et se situent en-dessous de 1000 kt CO_2e depuis 2008. Il convient de souligner que les PFC sont peu impactés par les réglementations gaz fluorés. Ils ne sont pas concernés par la réduction des quantités autorisées à être mises sur le marché (*phasedown*) prévue par le règlement (EU) n° 517/2014 et les interdictions sectorielles concernant le secteur protection incendie ne les impactent pas puisqu'en France, seuls le HFC-23 et le HFC-227ea sont utilisés pour cette applications. Par conséquent, une forte évolution à la baisse des émissions n'est pas attendue ces prochaines années, comme en témoigne la stagnation des émissions ces trois dernières années.

Emissions de SF_6 en bref

Evolution des émissions de SF_6 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Répartition des émissions de SF_6 en France (Métropole et Outre-mer UE)



SF_6

Hexafluorure de soufre

Type
Gaz à effet de serre

Définition
Synthétisé exclusivement par voie chimique, l'hexafluorure de soufre (SF_6) est un gaz dont les propriétés thermiques et chimiques conduisent à un usage dans un certain nombre d'applications techniques : agent diélectrique et de coupure dans les équipements électriques, gaz protecteur pour les fonderies de magnésium.

Composition chimique
Six atomes de fluor (F) et un atome de soufre (S).

Origine
Sources anthropiques : production d'électricité, biens d'équipement et matériels de transport (composés électriques et électroniques).

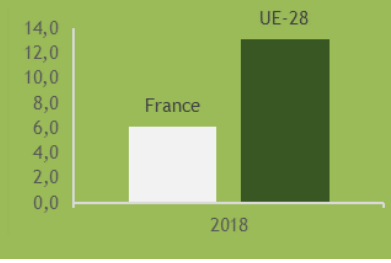
Source naturelle : aucune.

Phénomènes associés
Le SF_6 a un pouvoir de réchauffement global (PRG) de 22 800, c'est à-dire 22 800 fois plus élevé que celui du CO_2 (Giec, AR4, valeur utilisée dans l'inventaire national). Il contribue aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre.

Effets
Effet de serre

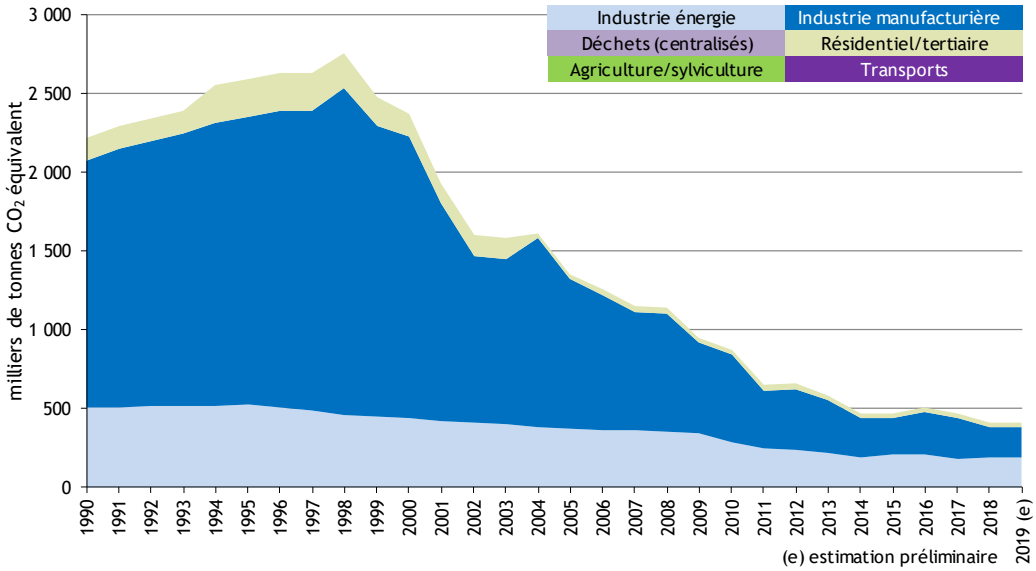
Santé (asphyxiant à forte concentration)

Emissions par habitant
kgCO2e/hab/an

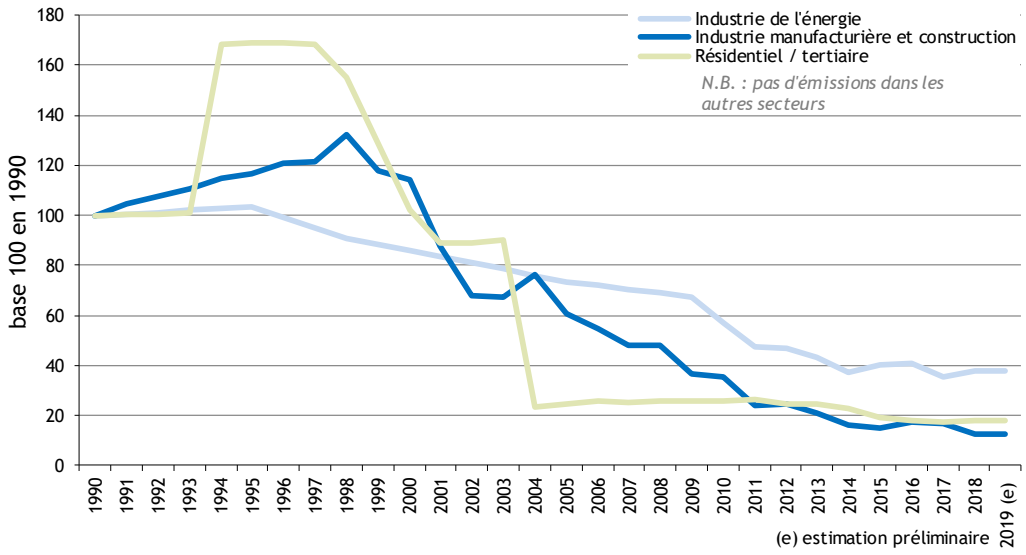


SF_6

Evolution des émissions dans l'air de SF_6 depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de SF_6 en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de SF_6 ($ktCO_2e$/an) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	505,9	521,7	435,0	371,6	288,1	203,5	205,6	178,0	189,8	189,8
Industrie manufacturière et construction	1 567	1 829	1 793	948	550	238	273	261	194	194
Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Résidentiel / tertiaire	142,5	240,7	145,7	35,2	37,0	26,9	25,4	24,8	25,4	25,4
Agriculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transport hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national hors UTCATF	2 215	2 592	2 374	1 355	875	468	504	464	409	409
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	2 215	2 592	2 374	1 355	875	468	504	464	409	409
Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

Analyse

Tendance générale

Les émissions de SF_6 sont principalement engendrées par la production de magnésium, la fabrication et l'utilisation des équipements électriques haute tension, la fabrication de câbles et les accélérateurs de particules.

Ainsi, parmi les différents secteurs considérés dans SECTEN, seuls trois contribuent aux émissions de SF_6 en France métropolitaine qui sont, par ordre d'importance :

- l'industrie manufacturière (production de magnésium),
- la transformation d'énergie (utilisation des équipements électriques),
- le résidentiel/tertiaire (faible contribution liée principalement à la distribution d'énergie).

Entre 1990 et 2018, les émissions ont diminué d'un facteur 5. Cette baisse est observée sur l'ensemble des principaux secteurs émetteurs mais elle est la plus marquée dans le secteur de l'industrie manufacturière. En revanche, la baisse des émissions est moins significative pour le secteur de l'industrie de l'énergie qui représente, par conséquent, une part plus importante des émissions de SF_6 depuis 2018 qu'elle ne l'était en 1990.

Sur la période 1990-2018, les émissions de l'industrie manufacturière ont donc fortement baissé. Cette évolution est notamment liée :

▫ aux réductions de consommation de SF_6 dans l'industrie du magnésium. Le seul site de 1ère fusion a fermé ses portes en 2002 mais a été reconverti pour recycler le magnésium et a consommé à nouveau du SF_6 à partir de 2003 jusqu'en 2006,

▫ aux fluctuations de l'activité de fabrication de disjoncteurs/transformateurs haute et moyenne tension électrique ainsi qu'aux contrôles des émissions de SF_6 suite notamment à un engagement des industriels à réduire leurs émissions dès 2000,

▫ enfin, aux réductions de consommation de SF_6 des fabricants de câbles électriques après la mise en place de systèmes de récupération sur certains sites.

Pour le secteur de l'industrie de l'énergie, la légère baisse à partir de 1995 s'explique par l'amélioration de l'étanchéité des appareils (disjoncteurs et interrupteurs haute tension contenant du SF_6) et des procédures de maintenance, malgré l'augmentation du parc. Depuis 1998, l'amélioration des équipements chargés en SF_6 a permis de réduire les émissions, notamment grâce à un accord volontaire signé en 2004 pour limiter les émissions lors de la construction, la durée et la fin de vie des équipements.

La forte baisse constatée dans le secteur résidentiel/tertiaire à partir de 2004 résulte de l'arrêt de l'utilisation d'un accélérateur de particules qui consommait du SF_6 en grande quantité

Évolution récente

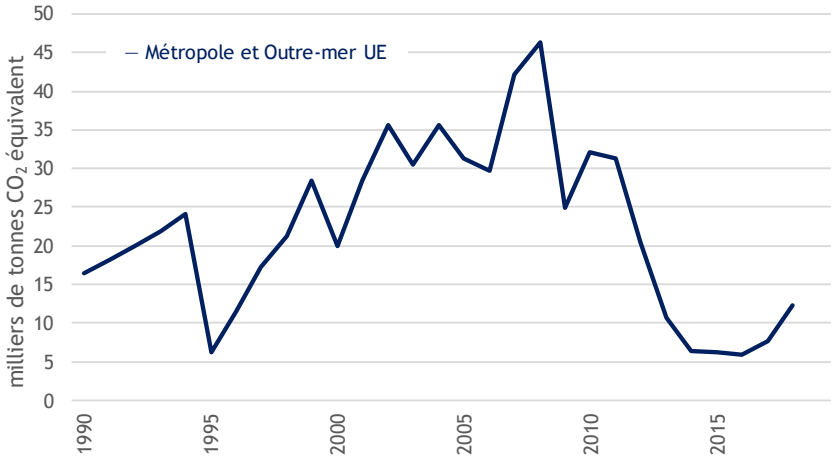
La baisse des émissions nationales se poursuit de 2010 à 2014 et s'explique, d'une part, par une moindre production d'équipements électriques et une diminution des fuites de SF_6 du parc d'appareils électriques français et, d'autre part, par la réduction des émissions de SF_6 issues des fonderies de magnésium et des industries de fabrication de câbles. Depuis, les émissions sont relativement stables. On peut noter, en 2015 et 2016, une légère hausse des émissions, engendrée notamment par des fuites plus importantes au niveau des équipements électriques (vieillissement du parc et conditions climatiques défavorables).

Ces dernières années, les fonderies tendent à remplacer le SF_6 par des gaz de substitution (HFC-134a, NaCl, SO_2 …) pour répondre aux exigences européennes d'une interdiction d'utilisation de ce gaz dès le 1er janvier 2018 (règlement (EU) n° 517/2014 relatif aux gaz à effet de serre fluorés).

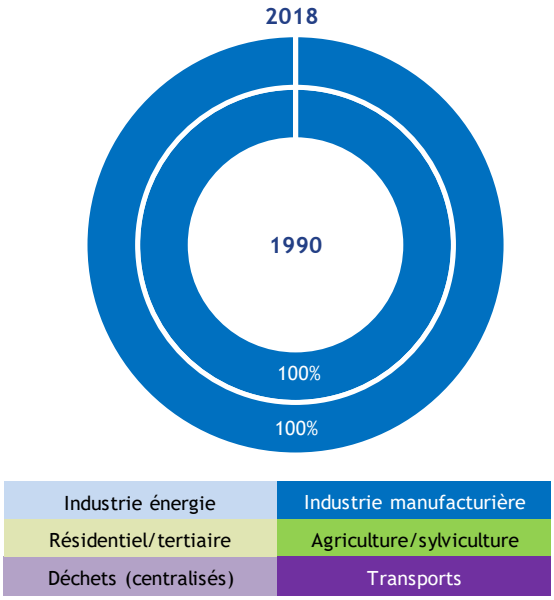
Même si le SF_6 utilisé dans les équipements électriques n'est pas concerné par la restriction de mise sur le marché de gaz fluorés prévue dans le règlement (EU) n° 517/2014, des recherches d'alternatives à l'utilisation du SF_6 dans les équipements électriques sont en cours et des projets pilotes devraient aboutir dans les prochaines années.

Emissions de NF_3 en bref

Evolution des émissions de NF_3 en France



Répartition des émissions de NF_3 en France



NF_3

Trifluorure d'azote

Type
Gaz à effet de serre

Définition
Le trifluorure d'azote (NF_3) est un composé inorganique. C'est un gaz inodore, incolore et non inflammable.

Le NF_3 est un polluant comptabilisé parmi les GES dans le cadre du Protocole de Kyoto depuis la conférence de Doha : il constitue le 7ème gaz du « panier Kyoto » sur la seconde période 2013-2020.

Composition chimique
Trois atomes de fluor (F) et un atome d'azote (N).

Origine
Source anthropique : fabrication de composants électroniques (semi-conducteurs, panneaux solaires de nouvelle génération, téléviseurs à écran plat, écrans tactiles, processeurs électroniques).

Source naturelle : aucune.

Phénomènes associés
Le NF_3 a un pouvoir de réchauffement global (PRG) de 17 200, c'est-à-dire 17 200 fois supérieur à celui du CO_2 (Giec, AR4, valeur utilisée dans l'inventaire national).

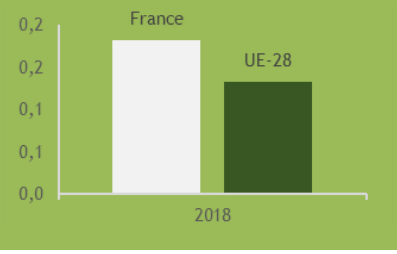
Contribution aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre.

Effets

Effet de serre

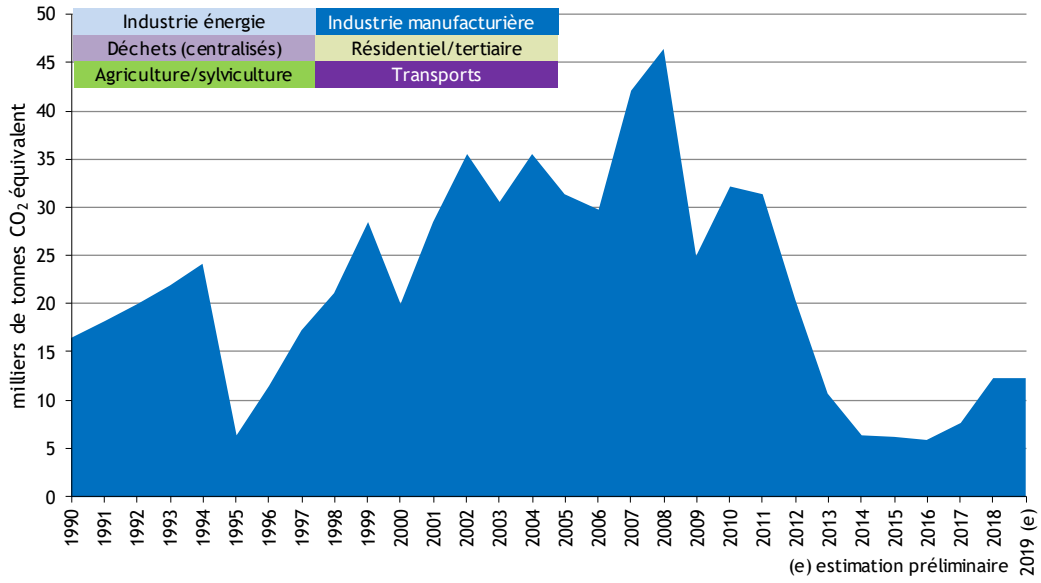
Santé (toxique)

Emissions par habitant (kgCO2e/hab/an

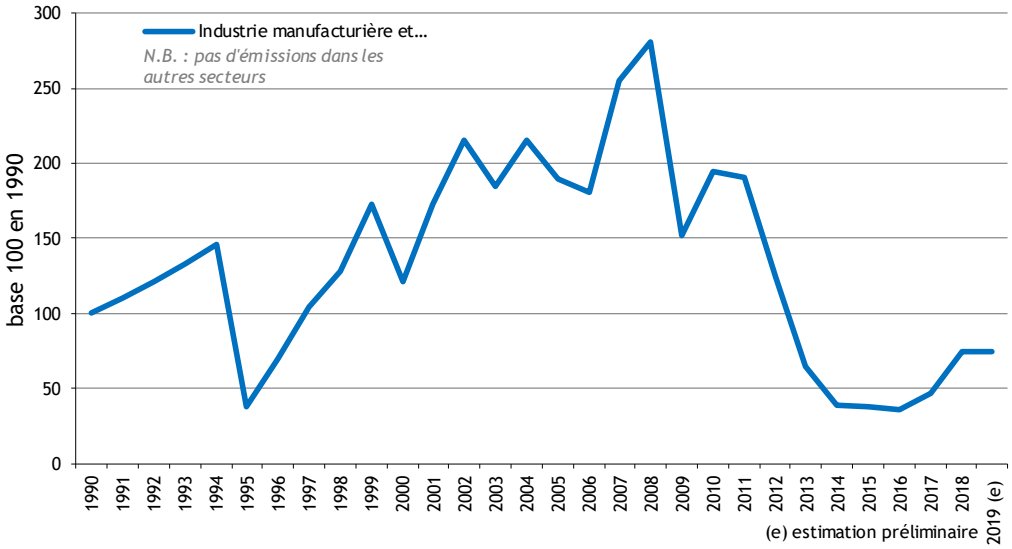


NF_3

Evolution des émissions dans l'air de NF_3 depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de NF_3 en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de NF_3 ($ktCO_2e/an$) *Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrie manufacturière et construction	16,5	6,3	19,9	31,3	32,1	6,2	5,8	7,6	12,3	12,3
Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Résidentiel / tertiaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transport hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national hors UTCATF	**16,5**	**6,3**	**19,9**	**31,3**	**32,1**	**6,2**	**5,8**	**7,6**	**12,3**	**12,3**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**16,5**	**6,3**	**19,9**	**31,3**	**32,1**	**6,2**	**5,8**	**7,6**	**12,3**	**12,3**
Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

NF_3

Analyse

Tendance générale

En France, le NF_3 est intégralement utilisé dans la fabrication de semi-conducteurs. La totalité des émissions de NF_3 est donc attribuée à l'industrie manufacturière.

Sur la période 1990-2018, les émissions de NF_3 présentent des variations interannuelles relativement importantes avec des pics comme en 2008 où le maximum est atteint. Cette variation constatée est liée :

- d'une part, aux fluctuations annuelles des quantités de NF_3 achetées et utilisées par les différentes usines pour la gravure des microprocesseurs et le nettoyage des chambres CVD (Chemical Vapour Deposition) ;
- d'autre part, à la mise en place de techniques de réduction des émissions et à l'amélioration de leur rendement.

Jusqu'en 1994, aucune technologie de contrôle des émissions (par destruction ou captage/récupération) n'était présente dans les différentes usines, expliquant une augmentation progressive des émissions proportionnelle au niveau des consommations.

A partir de 1995, des technologies de réduction ont été mises en place progressivement sur certains sites, expliquant la diminution des émissions cette même année. Parallèlement, les consommations de NF_3 n'ont cessé d'augmenter jusqu'en 2008, année du pic d'émissions de NF_3 en France. Les variations observées d'une année à l'autre sur les émissions proviennent des quantités de NF_3 consommées et de l'efficacité des techniques de réduction mises en place au sein des sites de production. Ainsi, un site industriel présentant une efficacité de traitement élevée aura pour effet de diminuer les émissions de NF_3. Les variations des émissions sur cette période proviennent donc des variations de consommations de NF_3 au sein des différents sites de production en France et pouvant eux-mêmes présenter des procédés de traitement différent.

Les émissions de NF_3 ont fortement diminué depuis 2012 avec la mise en place d'un procédé de traitement en sortie des équipements sur un site de fabrication et la fermeture d'un autre site.

Évolution récente

Ces dernières années, du fait de la généralisation de l'usage des techniques de réduction, les émissions de NF_3 ont un niveau à peu près similaire à celui de 1995, historiquement le plus bas, alors que l'industrie des semi-conducteurs a des consommations beaucoup plus importantes que dans les années 90. Toutefois, il est constaté une augmentation des émissions de NF_3 en 2017 et 2018, engendrées par la hausse importante des consommations de NF3 dans ce secteur ces mêmes années. A noter que les gaz fluorés utilisés dans l'industrie de la fabrication de semi-conducteurs ne sont pas à concernés par la restriction de mise sur le marché de gaz fluorés exigée par le règlement (EU) n° 517/2014 et qu'il n'y a, par conséquent, pas de raison apparente que les émissions diminuent dans les prochaines années

Références utilisées dans le chapitre

CITEPA 2019 – rapport CCNUCC – Rapport National d'Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto. Mars 2019

Crippa, M. et al. (2019). Fossil CO2 emissions of all world countries. 2019 Report, JRC, 251 p.

GIEC, 2014 : Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].

IPCC-AR5-ch8-2014 - Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Acidification, eutrophisation et pollution photochimique

Rédaction

Benjamin CUNIASSE

Etienne FEUTREN

Thamara VIEIRA DA ROCHA

Nadine ALLEMAND

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

AEPP : de quels phénomènes s'agit-il ? **132**

Dioxyde de soufre (SO_2) **137**

Oxydes d'azote (NO_X) **141**

Ammoniac (NH_3) **145**

Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) **153**

Monoxyde de carbone (CO) **159**

Emissions de SO_2, NO_X et NH_3 en acide équivalent (Aeq) **163**

AEPP : de quels phénomènes s'agit-il ?

Acidification et eutrophisation

La **pollution acide** est liée aux émissions de SO_2, NOx mais aussi celles de NH_3 des activités humaines qui retombent en partie à proximité des sources mais aussi à des centaines, voire des milliers de kilomètres (la durée de vie du SO_2 dans l'atmosphère est de l'ordre de 2 à 5 jours) de leurs sources émettrices. L'**eutrophisation** est principalement liée aux dépôts d'azote provenant des émissions de NOx et de NH_3.

Ces polluants se transforment et retombent sous forme de retombées sèches ou humides. SO_2 et NOx se transforment respectivement en sulfates et en nitrates ainsi qu'en acide sulfurique et en acide nitrique selon les conditions. Le NH_3, émis principalement par les activités agricoles, se transforme aussi en ammonium. Il contribue également à l'acidification des milieux. Son potentiel d'acidification est équivalent à celui des NOx.

Les retombées d'azote issues des émissions de NOx et NH_3 conduisent à enrichir les milieux et à en modifier les équilibres chimiques.

L'acidification de l'atmosphère est connue depuis très longtemps dans les zones urbaines et/ou industrielles sous le nom bien connu de "smog acide" (ou smog londonien). Ce type de smog tend à disparaître depuis quelques dizaines d'années de l'atmosphère des grandes zones urbaines européennes (mais il caractérise encore l'atmosphère de beaucoup de zones urbaines de pays en voie de développement).

Les phénomènes de pollution acide à grande échelle ont été mis en évidence par l'acidification des eaux des lacs scandinaves et canadiens dans les années 70. Le pH des eaux est devenu acide, entraînant des modifications importantes de la faune piscicole par exemple. Certaines pluies avaient un pH compris entre 3 et 4 alors que l'acidité naturelle de l'eau de pluie est de 5,6.

Ces polluants sont transportés à grande distance. La France impacte les pays voisins sur un domaine plus ou moins étendu mais elle est impactée aussi par les pays voisins.

Pour caractériser la sensibilité des milieux, la notion de **charges critiques** a été définie. Les charges critiques sont déterminées sur la base de critères géologiques, pédologiques, hydrologiques, écologiques. Pour ce qui concerne les dépôts acides, la charge critique est définie ainsi : « Dépôt de composés acidifiants le plus élevé qui ne puisse causer de dysfonctionnement chimique des sols susceptible d'entraîner des altérations à long terme sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes ».

Les **retombées acides** ont les effets suivants :

Acidification des lacs : grâce à l'étude de certains fossiles (certains animaux aquatiques sont caractéristiques d'une plage de pH), il a été établi que le pH des lacs est resté constant jusque vers 1950. Il s'est abaissé brusquement après. L'acidification de l'eau perturbe la faune piscicole et peut même la détruire complètement en cas de pH faible.

Dépérissement des forêts : le dépérissement des forêts atteint aussi bien les conifères que les arbres à feuilles caduques. Les nombreuses recherches réalisées sur le dépérissement des forêts ont montré qu'il y avait en fait synergie entre plusieurs phénomènes. Effets des sécheresses (ces effets sont renforcés par la présence de SO_2 et de l'ozone) ; dépôts acides secs ou humides qui provoquent un lessivage des éléments nutritifs des sols ; action directe de SO_2 ou NOx sur la physiologie des plantes.

La charge critique pour les dépôts acides est donc la valeur des retombées qu'il ne faut pas dépasser pour maintenir la capacité de neutralisation des sols, permettant le maintien des paramètres vitaux pour la faune ou la flore. Ces paramètres peuvent être le pH des sols, des eaux de surface, les teneurs en calcium et en aluminium en solution, la combinaison de ces paramètres...

Les effets des dépôts acides variant géographiquement en fonction de la sensibilité des écosystèmes, la charge critique est déterminée pour chaque milieu.

Les **dépôts d'azote** dans un écosystème en modifient progressivement la composition floristique et diminuent la biodiversité en raison de l'eutrophisation. Les espèces nitrophiles, par exemple, se développent aux dépens des espèces qui préfèrent les sols moins riches. La biodiversité s'en trouve diminuée.

L'établissement de la Convention sur le transport de la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (LRTAP) en 1979, de ses Protocoles limitant les émissions de SO_2, NOx, COV, PM et NH_3 (Notamment Protocole de Göteborg multi-polluants, multi-effets de 1999 et 2012) et des directives européennes limitant aussi les émissions de ces même polluants (directive européenne 2001/81/CE sur les plafonds d'émissions de polluants) ont permis des réductions significatifs des impacts sur les écosystèmes. Il est à noter que la mise au point du Protocole de Göteborg (1999, 2012) et des directives 2001/81 et 2284 /2016, est basée sur des objectifs de réduction des impacts des polluants sur la santé et les écosystèmes. Les plafonds d'émissions sont déterminés pour chaque pays, avec pour objectif, parmi d'autres, de réduire les niveaux de dépassement des charges critiques.

En termes d'impacts sur les écosystèmes, les progrès sont réels comme en témoigne les figures 1 et 2 suivantes (Maas 2016).

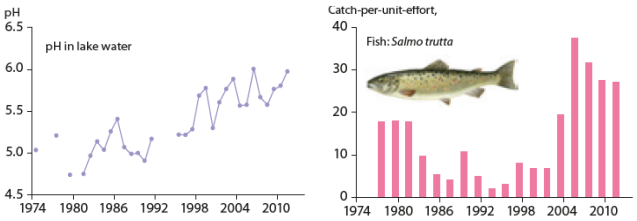


Figure 1 : Récupération de l'acidification au lac Saudlandsvatn, en Norvège. Les dépôts de soufre ayant diminué, le pH de l'eau du lac a augmenté et les populations d'une espèce sensible ont commencé à se reconstituer (CLRTAP 2016)

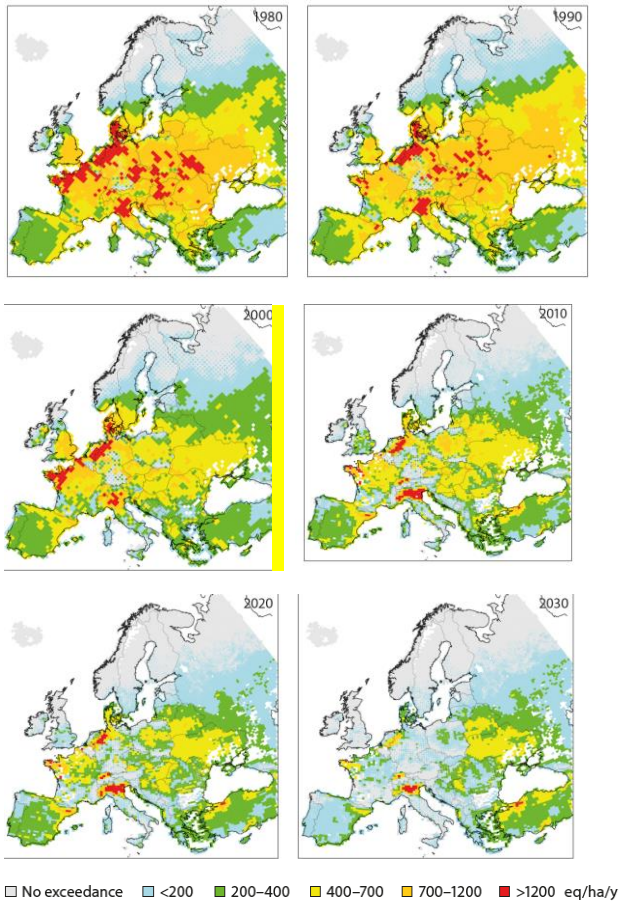


Figure 1 : Dépassement moyen cumulé des charges critiques calculées pour l'eutrophisation de 1980 à 2020 en vertu du Protocole de Göteborg amendé de 2012 (scénario GP-CLE) et en 2030 sous un scénario de réduction maximale réalisable (MAAS 2016).

Pollution photochimique

La pollution photochimique (ou pollution photo-oxydante) est un ensemble de phénomènes complexes conduisant à la formation d'ozone (O_3) et d'autres composés oxydants (tels que peroxyde d'hydrogène, aldéhydes, peroxy acétyl nitrate (PAN)) à partir de polluants primaires (appelés précurseurs) : oxydes d'azote (NOx), composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), monoxyde de carbone (CO) et méthane (CH_4), et d'énergie apportée par le rayonnement ultra-violet (UV) solaire. Cette pollution atmosphérique riche en ozone, appelée aussi « smog », se rencontre dans la basse couche de l'atmosphère, ou troposphère (0 à 8-10 km d'altitude). La durée de vie de l'ozone dans la troposphère est de quelques semaines mais cette durée de vie est plus courte au niveau de la couche limite (partie de l'atmosphère sensible à la présence de la surface terrestre (continentale ou océanique). Son épaisseur varie de quelques centaines de m (la nuit) à 2 à 3 km (le jour)).

L'ozone et les oxydants photochimiques sont des polluants secondaires. Les réactions chimiques mises en jeu sont complexes mais peuvent être représentées de façon simplifiée. Elles mettent en jeu en atmosphère polluée, le NO_2 et des COV, polluants primaires ou précurseurs.

Le NO_2 est dissocié sous l'action du rayonnement UV, à des longueurs d'ondes $\lambda < 430$ nm :

$$NO_2 + h\,v \longrightarrow NO + O \quad [a]$$

L'oxygène atomique ainsi créé réagit avec l'oxygène moléculaire pour former l'ozone , molécule constituée de 3 atomes d'oxygène :

$$O + O_2 \longrightarrow O_3 \quad [b]$$

L'ozone réagit avec le monoxyde d'azote pour redonner NO_2 :

$$O_3 + NO \longrightarrow NO_2 + O_2 \quad [c]$$

Le NO est qualifié de « puits d'ozone » puisqu'il contribue à limiter la concentration d'ozone en le consommant. Les concentrations d'ozone dépendent du rapport entre concentrations de NO_2 et concentrations de NO. Sans présence de COV, l'ozone est peu abondant.

En présence de COV, un ensemble complexe de réactions se met en route et conduit à l'accumulation d'ozone. Ces réactions enrichissent le réservoir atmosphérique en NO_2 en consommant du NO [selon la réaction f décrite ci-dessous] qui ne peut plus jouer son rôle de puits d'ozone [réaction c]. Il y a production de NO_2 sans destruction d'ozone. La décomposition des COV est déclenchée par le radical OH (radical hydroxyle) qui est très réactif et présent de façon naturelle dans l'atmosphère.

$$RH + OH \longrightarrow R + H_2O \quad [d]$$

(RH est une représentation simplifiée d'un COV, R représentant une molécule organique associée à l'hydrogène)

$$R + O2 \longrightarrow RO_2 \quad [e]$$

$$RO_2 + NO \longrightarrow NO_2 + RO \quad [f]$$

Ces réactions génèrent de nombreuses espèces organiques gazeuses et notamment des composés organiques nitrés tel que le péroxyacétylnitrate (PAN).

Les conditions météorologiques favorisant l'apparition de fortes concentrations d'ozone sont notamment :

- une température élevée de l'air,
- une faible teneur en humidité de l'air,
- une longue durée d'ensoleillement,
- une forte irradiation,
- une faible vitesse synoptique du vent (vents à grande échelle par opposition aux vents locaux).

La pollution photochimique est un phénomène caractéristique des situations estivales anticycloniques.

Une des caractéristiques importantes de la chimie atmosphérique est son caractère non linéaire. Cela signifie que la production d'ozone n'est pas proportionnelle aux teneurs en précurseurs. Selon l'abondance relative des divers composés, ce sont les réactions de formation ou de destruction qui sont favorisées.

C'est ce qui explique que, de façon surprenante, les concentrations d'ozone mesurées loin des sources des précurseurs (une agglomération par exemple) sont plus élevées que celles mesurées près des sources émettrices elles-mêmes. Ainsi, les zones suburbaines et rurales sont plus touchées que les zones urbaines par les phénomènes de pointes de concentrations en ozone. En effet, sur une ville par exemple, les émissions de NO (liées au trafic notamment) sont élevées. L'ozone susceptible de se former est rapidement détruit par le NO présent en forte concentration. Si le nuage de polluants formé sur la ville se déplace à la campagne, où les émissions de NO sont moindres, les concentrations d'ozone augmentent puisque l'ozone n'est plus consommé.

De façon générale, les stratégies de réduction devraient se concentrer sur les précurseurs les moins présents (COV et NOx) présentant un caractère limitant dans la chimie (Seigneur 2018). Pour aller plus loin, cette dernière référence présente, de façon assez synthétique, cette chimie de l'atmosphère.

En France et en Europe, les concentrations de fonds en ozone n'ont pas diminué significativement malgré la baisse des émissions des précurseurs NOx et COVNM. Les niveaux de concentrations observés lors des épisodes de fortes concentrations en ozone ont par contre, diminué sous l'impact de ces réductions. Cette évolution est présentée en figure 3.

Sous l'impact de l'augmentation des températures qui favorise la formation d'ozone troposphérique et l'impact du transport des polluants à grande échelle, la réduction des concentrations d'ozone de fonds passe aujourd'hui par une action de réduction des émissions de NOx et de CH_4 à grande échelle (Amann, 2018), (Maas, 2016).

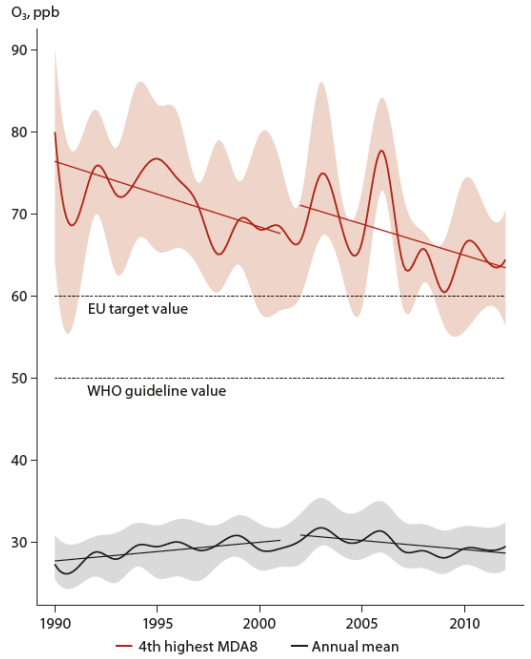


Figure 3 : évolution des pics de concentration d'ozone (4ème plus haut niveau quotidien des concentrations en ozone moyennes sur 8 heures) et les concentrations moyennes annuelles sur les 54 stations de surveillance EMEP avec une couverture de données satisfaisante. Les lignes indiquent la médiane et les zones ombrées les 25 et 75 percentiles. Les lignes de tendance sont indicatives pour les périodes 1990-2002 et 2002-2012 (Maas 2016).

Ozone troposphérique et effet de serre

L'ozone troposphérique est impliqué dans l'effet de serre. Il est le troisième 3e gaz à effet de serre en termes de PRG après le CO_2 et le CH_4 selon le 5e rapport d'évaluation du GIEC [IPCC- AR5-2014]. Son forçage radiatif est de 0,40 $W.m^2$ [IPCC- AR5-2014]. Ce gaz n'est pas encore pris en compte dans les engagements de réduction des gaz à effet de serre mis en place au niveau international dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). Or, pour les scientifiques, l'augmentation des concentrations de fond en ozone milite pour des actions de réduction au niveau global (Amann 2018). L'augmentation des températures liées au changement climatique favorisent les réactions conduisant à l'ozone troposphérique. En raison de l'impact de l'ozone sur la santé et les écosystèmes (voir ci-après) et donc sur le puits de carbone, l'augmentation de ces concentrations dans la troposphère, pourrait conduire à une amplification de l'effet de serre. Les scientifiques recommandent donc de ne plus se satisfaire des actions régionales de réduction des émissions des précurseurs NOx et COVNM mais bien de mettre en place des actions au niveau global et d'agir pour réduire les émissions de CH_4 (Mass, 2016).

Impact de la nature des COV sur la formation d'ozone

Tous les COVNM n'ont pas la même réactivité dans l'atmosphère. La notion de "réactivité photochimique" a été construite pour donner une image du pouvoir de production d'ozone de chaque COVNM. Plus celle-ci est élevée, plus le COVNM participe aux mécanismes, mais la relation est loin d'être linéaire.

Une méthode récente pour caractériser la réactivité photochimique, est basée sur l'estimation de la contribution réelle de chaque COVNM à la formation d'ozone dans une zone géographique déterminée, en prenant en compte les caractéristiques du milieu réactionnel (composition de l'air ambiant, caractéristiques des émissions). Cette méthode, extrêmement complexe, repose sur l'utilisation des modèles de chimie atmosphérique très sophistiqués.

Le Potentiel de Création de l'Ozone Photochimique d'un COVNM, PCOP [ou POCP en anglais] a été développé par la direction de la qualité de l'air au sein du Ministère britannique de l'Environnement par R.G. Derwent (Derwent 1998) en utilisant un modèle photochimique. Le modèle a été utilisé pour trois trajectoires supposées représentatives de situations générales en Europe lors d'épisodes de pollution photochimique mais ne représentent pas un épisode particulier de pollution. Les contributions de chacun des COVNM initiaux dans la formation d'ozone sont obtenues en faisant tourner le modèle sur chaque trajectoire (une fois avec l'ensemble des composés et au tant de fois que de COV à étudier avec l'ensemble des COVNM sauf l'un d'entre eux dont l'émission est considérée comme nulle). Il ressort notamment que l'éthylène est un composé très actif dans les processus photochimiques. Dans l'environnement, il est l'un des COVNM dont les concentrations commencent à être bien connues et sont parmi les plus fortes. Il sert de COVNM de référence. Son indice PCOP est fixé à 100.

Le PCOP d'un composé i est défini par la formule suivante :

$$PCOPi = \frac{\text{Evolution de la concentration d'ozone avec le COVNMi}}{\text{Evolution de la concentration d'ozone avec l'éthylène}} \times 100$$

Echelle de classification :

Pouvoir élevé : PCOP > 80

Pouvoir moyen : PCOP 40 à 60

Pouvoir faible : PCOP 10 à 35

Pouvoir très faible : PCOP <10

La réactivité des COVNM est la suivante :

Aromatiques > Alcènes > Aldéhydes > Alcanes.

Toutefois, il est nécessaire de garder en mémoire que la valeur du PCOP d'un COVNM (ou tout autre indice) dépend du modèle utilisé, de la valeur de tous les paramètres rentrant dans le modèle, des conditions climatiques modélisées, du lieu de constat de la concentration d'ozone et du temps entre l'émission et le constat de la concentration d'ozone. L'exploitation directe d'un indice PCOP n'est pas possible. Il faut se rappeler que cet indice varie dans le temps et dans l'espace (Ainsi des composés initialement peu réactifs peuvent avoir un rôle prépondérant quand les COVNM les plus réactifs ont réagi).

Aux Etats-Unis, le paramètre MIR (Maximum Increment Reactivity) est utilisé pour caractériser le potentiel de création d'O_3.

De façon générale en Europe, la réduction des émissions de COV est requise, quel que soit leur potentiel de création d'ozone. La réactivité des espèces chimiques est essentielle dans la modélisation Impact des SO_2, NOx, COV et NH_3 dans l'effet de serre et de mieux en mieux documentée.

Impacts de l'ozone sur la santé humaine et les végétaux

L'ozone troposphérique a un impact sur la santé humaine. Il entraîne une irritation des voies respiratoires et des yeux, une baisse des performances physiques et une détérioration de la fonction pulmonaire. Dans l'Union européenne, le nombre de décès prématurés en 2015, dus à l'exposition aux $PM_{2,5}$, au NO_2 et à l'ozone est estimé respectivement à 391 000, 76 000 et 16 400 selon l'Agence de l'environnement européenne (AEE, 2018). Pour la France, ces morts prématurées sont respectivement estimées à 35 800, 9 700 et 1 800 en 2015.

L'ozone perturbe l'activité photosynthétique des plantes et altère leur résistance. L'ozone attaque les plantes par leurs stomates. Les plantes absorbent moins d'ozone par temps sec que par temps humide. En effet, les stomates se referment par temps sec pour protéger la plante de la sècheresse et la protège de ce fait de l'ozone. Les plantes sont plus ou moins sensibles à l'ozone. Ce dernier provoque des dégâts visibles sur le feuillage (jaunissement par exemple) et entraîne des déficits en croissance. Des études montrent que la productivité des cultures diminue avec la présence d'ozone, figure 4.

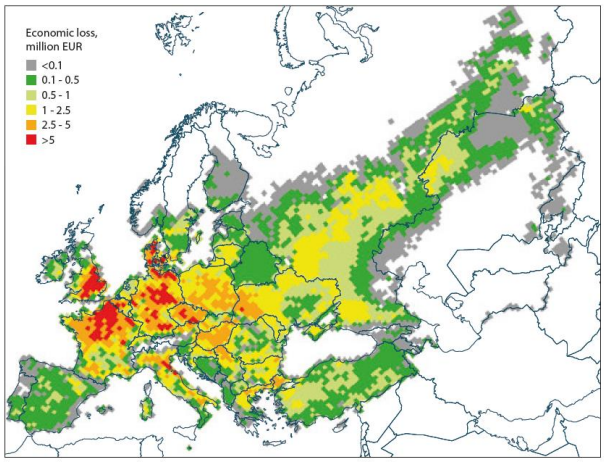


Figure 4 : pertes de rendement du blé (millions d'euros par réseau selon grille 50 à 50 km2), en utilisant une espèce de blé (Rain-fed-wheet) (valeur de production pour 2000, (www.fao.org/nr/gaez/en/), le calcul l'ozone moyen flux pour les cultures (http://emep.int/mscw/index_mscw.html), et les prix moyens du blé pour la période 2007 à 2011).

L'ozone et les polluants photochimiques accentuent également le pouvoir acidifiant des oxydes de soufre et d'azote, en accélérant l'oxydation de ces composés en sulfates et nitrates. La pollution oxydante et la pollution acide agissent de façon combinée sur la végétation et contribuent aux troubles des forêts.

L'ozone réduit également la capacité de stockage de carbone par les plantes.

Impact des SO_2, NOx, COV et NH_3 dans l'effet de serre

Les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre comptabilisent les 7 gaz à effet de serre direct mais aussi le SO_2,les NOx, le CO et les COVNM comptabilisés comme des gaz à effet de serre indirect (CCNUCC 2019). Ces quatre gaz ont une action indirecte sur l'effet de serre en tant que polluants primaires intervenant dans la formation de polluants secondaires comme l'ozone ou les aérosols. Ils n'entrent pas dans le "panier" de Kyoto.

- Le CO et les COV, s'oxydent en CO_2 et contribuent à la formation d'ozone. Ils ont tous deux un forçage radiatif positif contribuant donc au réchauffement.
- Les NOx conduisent à la formation d'ozone (forçage positif), mais aussi à la formation de particules de nitrate et oxydent le CH_4 (forçage négatif). Au global ils ont un forçage négatif.
- Le SO_2 a un effet refroidissant, en produisant des sulfates (forçage négatif).
- Le NH_3 présente lui aussi un forçage négatif en produisant des nitrates t des ions ammonium.

La figure 5 suivante présente les coefficients de forçage des diverses espèces chimiques (IPCC- AR5-2014). Il est à noter que l'on ne trouve pas directement l'ozone puisqu'il est émis indirectement, mais sa contribution apparait indirectement par l'intermédiaire de ses précurseurs.

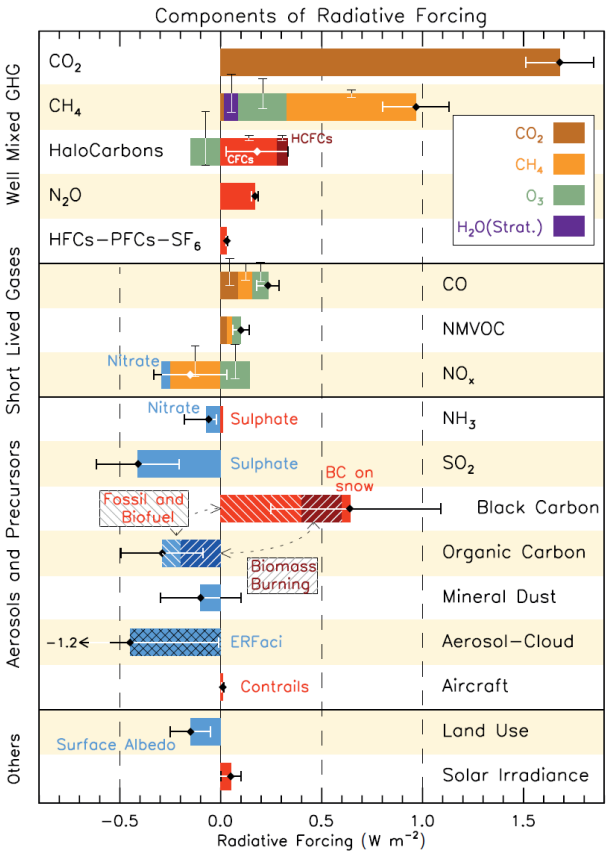


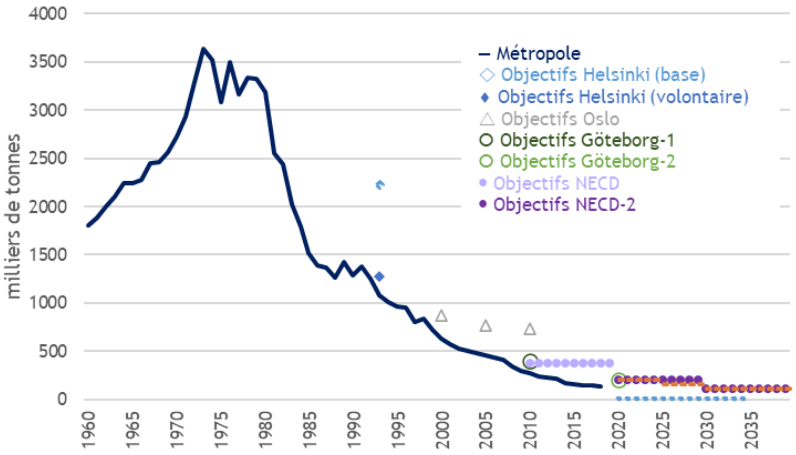
Figure 5 : Forçage radiatif des composés (IPCC- AR5-2014)

Références

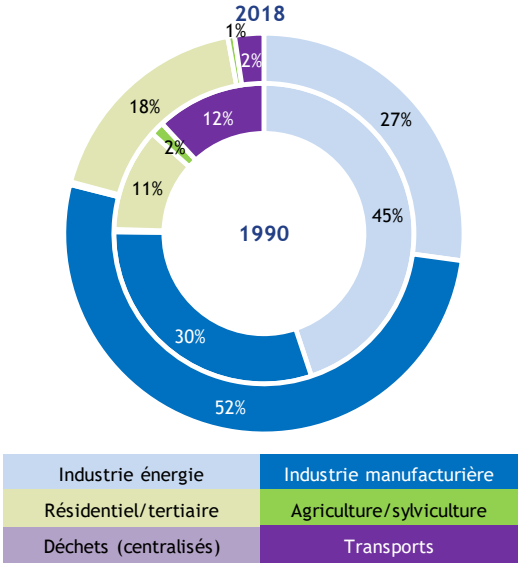
Voir en fin de chapitre.

Emissions de SO_2 en bref

Evolution des émissions de SO_2 en France



Répartition des émissions de SO_2 en France



SO_2

Dioxyde de soufre

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le dioxyde de soufre (SO_2) est un gaz incolore, toxique avec une odeur pénétrante et fortement irritante pour les yeux et les voies respiratoires.

Le SO_2 est essentiellement issu des processus de combustion des combustibles fossiles soufrés et certains procédés industriels.

Composition chimique
Deux atomes d'oxygène et un atome de soufre.

Origine
Sources anthropiques : utilisation de combustibles fossiles riches en soufre (charbon, lignite, coke de pétrole, fioul lourd, fioul domestique, gazole, etc.) ; procédés industriels (production de H_2SO_4, production de pâte à papier, raffinage du pétrole, etc.).

Source naturelle : volcans, solfatares.

Phénomènes associés
Le SO_2 participe à l'acidification de l'air, peut former un brouillard et des aérosols d'acide sulfurique et de sulfates. Il est un précurseur de particules secondaires.

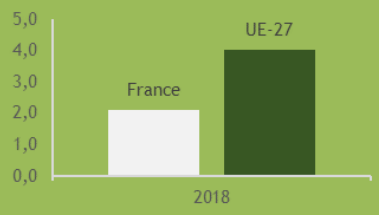
C'est un gaz à effet de serre indirect avec un effet refroidissant par sa composante sulfate.

Effets
Acidification

Effet de serre : effet refroidissant (forçage radiatif négatif)

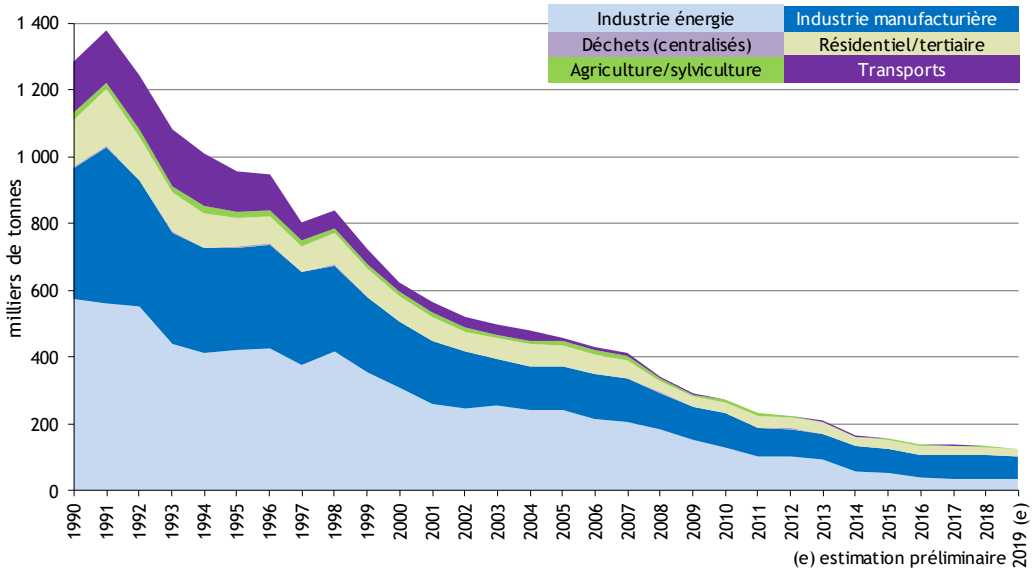
Santé

Emissions par habitant
kg/hab/an en 2018

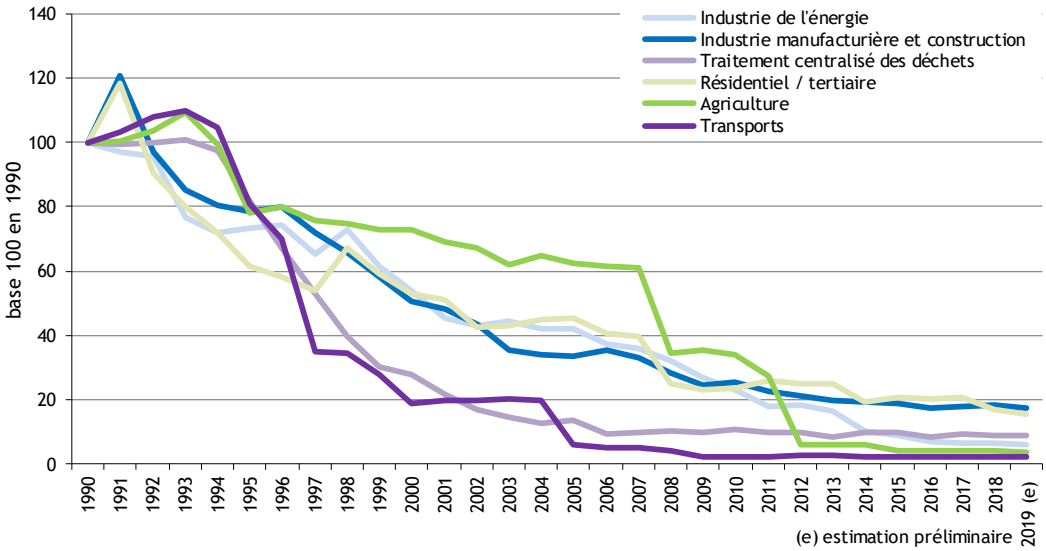


SO_2

Evolution des émissions dans l'air de SO_2 depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de SO_2 en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de SO_2 (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	645	947	1 185	1 539	1 755	700	576	423	310	242	132	51	39	36	37	35
Industrie manufacturière et construction	711	846	942	1 049	957	482	389	306	196	131	99	73	68	69	70	67
Traitement centralisé des déchets	0,8	1,1	1,5	2,1	2,6	2,6	3,4	2,8	0,9	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Résidentiel / tertiaire	291,7	293,9	432,0	325,8	286,7	198,5	143,2	87,8	76,0	64,5	33,8	29,7	29,2	29,8	24,4	22,0
Agriculture	12,8	19,7	33,3	32,2	30,8	17,2	19,2	15,0	14,0	12,0	6,5	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	140,6	133,2	127,5	138,0	152,6	115,6	152,7	123,6	28,9	8,8	3,1	3,5	3,1	3,1	3,2	3,0
Transport hors total	*106,6*	*136,5*	*259,7*	*331,0*	*252,7*	*122,0*	*147,1*	*119,5*	*151,7*	*152,9*	*92,4*	*91,7*	*84,2*	*92,6*	*105,9*	*94,0*
TOTAL national hors UTCATF	**1 802**	**2 241**	**2 721**	**3 086**	**3 185**	**1 516**	**1 283**	**958**	**626**	**458**	**275**	**159**	**140**	**140**	**136**	**127**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0,2*	*0,8*	*0,5*	*0,3*	*0,2*	*0,5*	*0,8*	*0,3*	*0,2*	*0,2*	*0,1*	*0,2*	*0,2*	*0,3*	*0,1*	*0,1*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**1 802**	**2 241**	**2 721**	**3 086**	**3 185**	**1 516**	**1 283**	**958**	**626**	**458**	**275**	**159**	**140**	**140**	**136**	**127**
Hors total	*106,8*	*137,3*	*260,2*	*331,3*	*253,0*	*122,6*	*147,9*	*119,8*	*152,0*	*153,1*	*92,6*	*91,9*	*84,4*	*92,9*	*106,0*	*94,0*

SO_2

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux

Les émissions de SO_2 participent à la pollution acide. Elles entrainent des dépôts de sulfates et d'acides sulfuriques qui perturbent les écosystèmes (*voir section générale « AEPP : de quels phénomènes s'agit-il ? »*).

Objectifs de réduction

Le SO_2 est visé depuis la fin des années 1980 par différents objectifs :

- Protocole d'Helsinki de 1985 sur les SO_2 dans le cadre de la CLRTAP (Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance) avec un objectif volontaire plus contraignant ;

- Protocole d'Oslo de 1994 sur les SO_2 dans le cadre de la CLRTAP (Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance) ;

- **Protocole de Göteborg de 1999**, multi-polluants, multi-effets, entré en vigueur en 2007, dans le cadre de la CLRTAP ;

- **Amendement de 2012 au Protocole de Göteborg de 1999**, non encore ratifié par la France au 30 juin 2019 mais rentrant en application en 2019

- **Directive NEC** (2001/81/EC) sur les plafonds d'émissions nationaux (National Emission Ceilings Directive)

- **Directive NEC-2** (2016/2284) sur la réduction des émissions de certains polluants

- **PREPA** : Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques de 2017 (décret n°2017-949) prévu par la LTECV (Loi 2015-992 relative à la transition énergétique pour la croissance verte).

Le Protocole de Göteborg amendé fixe un engagement de réduction des émissions de SO_2 de 55% en 2020 par rapport à 2005 pour la France. Cet engagement est repris dans la directive (UE) 2016/2284, dite Directive Plafonds d'émissions (NEC-National Emission Ceilings en anglais) et ajoute des engagements de réduction après 2020, notamment une réduction de 77% en 2030.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 14,3 %.

A noter

Les émissions de SO_2 hors du total national restent importantes et sont principalement dues au secteur maritime international. L'annexe VI révisée de la convention MARPOL a imposé au 1er janvier 2020 une teneur en soufre maximale pour les combustibles utilisés dans le secteur maritime à 0,5% (contre 3,5 % avant cette date) ce qui va contribuer à diminuer considérablement les émissions de ce secteur.

Tendance générale

Depuis 1990, la baisse des émissions de SO_2 dans les différents secteurs s'explique par :

- la diminution des consommations d'énergie fossile du fait de la mise en œuvre du programme électronucléaire et du développement des énergies renouvelables ;
- la mise en place d'actions d'économie d'énergie ;
- les progrès réalisés par les industriels par l'usage de combustibles moins soufrés et l'amélioration du rendement énergétique des installations.

Sont venues s'ajouter à ces réductions, diverses dispositions réglementaires sur la teneur en soufre des combustibles et carburants, renforçant la baisse constatée.

Cette tendance de fond, orientée à la baisse, devrait perdurer au cours des prochaines années grâce à la poursuite de la mise en œuvre de réglementations visant à sévériser les valeurs limites d'émission des installations industrielles dans le cadre de la directive sur les émissions industrielles (directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, dite IED) ainsi que les valeurs limites d'émission des autres installations de combustion, notamment entre 1MW et 50 MW dans le cadre des arrêtés français sur la combustion.

Il est important de souligner que malgré cette tendance générale à la baisse, certaines années voient leurs émissions de SO_2 augmenter. Ces années constituent des épiphénomènes liés à la conjoncture climatique, du fait d'années plus froides (par exemple, une forte vague de froid ayant nécessité de recourir davantage aux énergies fossiles en 1998) et/ou à la conjoncture technique (par exemple, une moindre disponibilité du nucléaire en 1991).

A l'inverse, une douceur exceptionnelle du climat, comme en 2011 et 2014, ou encore la crise économique, en 2008, accentuent la baisse des émissions observées. Ceci montre la sensibilité des émissions aux aléas climatiques, notamment pour les secteurs de la transformation d'énergie et du résidentiel/tertiaire, et aux aléas économiques, essentiellement pour les industries.

Dans l'agriculture/sylviculture, les émissions de SO_2 proviennent de la combustion dans les engins mobiles. La baisse observée depuis 2011 s'explique par l'obligation de consommer du gazole non routier moins soufré en remplacement du fioul domestique.

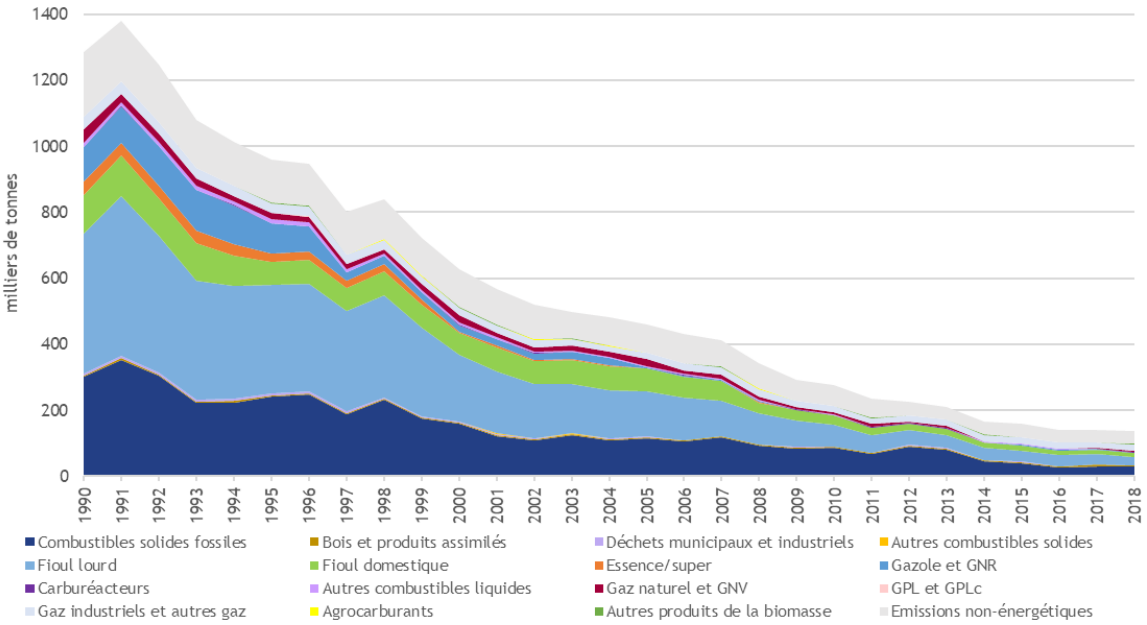
Évolution récente

Pour la plupart des secteurs, l'évolution des émissions de SO_2 de ces dernières années est soit en légère baisse soit constante. Des baisses significatives sont tout de même observées dans les secteurs de la transformation de l'énergie, traduisant notamment l'abandon progressif du charbon dans la production d'électricité, et de l'industrie manufacturière du fait de l'évolution du mix énergétique avec une part plus importante pour les combustibles moins soufrés (gaz naturel notamment).

Ces objectifs de réduction **sont déjà atteints** ces dernières années puisque les émissions françaises sont passées en dessous du seuil de -55%/2005 en 2014 et -77%/2005 en 2016.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions de SO_2 sont davantage issues de procédés énergétiques (liées à des combustibles) et évoluent entre 70 et 90 % des émissions totales. Depuis 1990, le dioxyde de soufre est principalement émis par les CMS ainsi que par les fiouls lourds et domestiques dont les émissions ont diminué de 92 % entre 1990 et 2018.

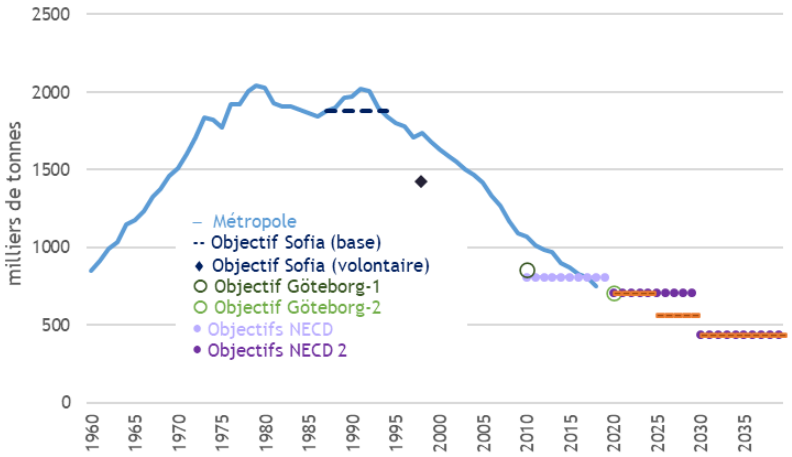


Et ailleurs ?

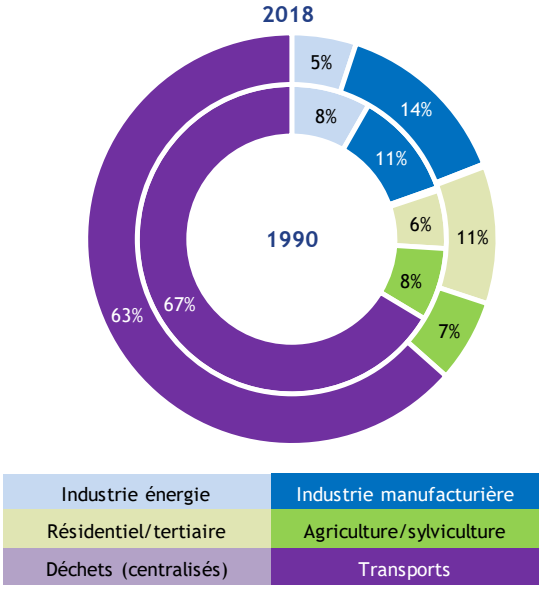
A titre de comparaison, les émissions de SO_2 en France sont estimées en 2018 à 2,1 g par habitant et par an contre 4,0 g dans l'Union Européenne (UE-27+Islande) en moyenne (table CRF UE éd. 2020).

Emissions de NO_X en bref

Evolution des émissions de NO_X en France



Répartition des émissions de NO_X en France



NO_X

Oxydes d'azote

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Les oxydes d'azote comprennent le NO_2 (dioxyde d'azote) et le NO (monoxyde d'azote).

Composition chimique
Un atome d'azote et un ou deux atomes d'oxygène.

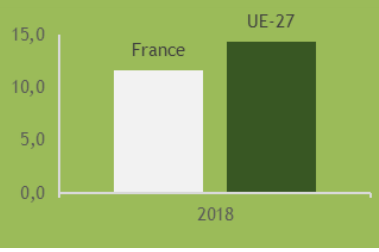
Origine
Sources anthropiques : combustion de tout combustibles fossiles ou biomasse dans le transport routier, les installations de combustion dans la production d'électricité, le chauffage urbain, l'industrie, le résidentiel et le tertiaire ; quelques procédés industriels (production d'acide nitrique, fabrication d'engrais, traitement de surfaces, etc.).

Sources naturelles : volcans, éclairs, feux de forêts.

Phénomènes associés
Les NOx contribuent à l'acidification, à l'excès de retombées azotées (eutrophisation), à la formation de particules secondaires et interviennent dans la formation des oxydants photochimiques (ozone troposphérique). Ils sont un gaz.

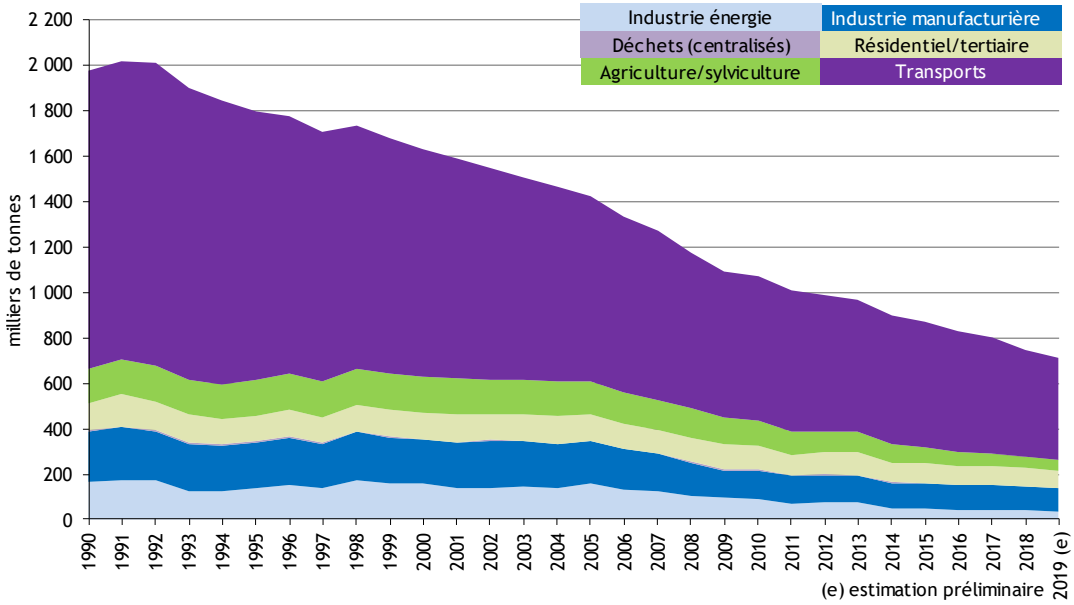
Effets
Effet de serre, forçage radiatif négatif (refroidissant)
Précurseur d'ozone
Acidification
Eutrophisation
Santé (pour le NO_2)

Emissions par habitant
(kg/hab/an) en 2018

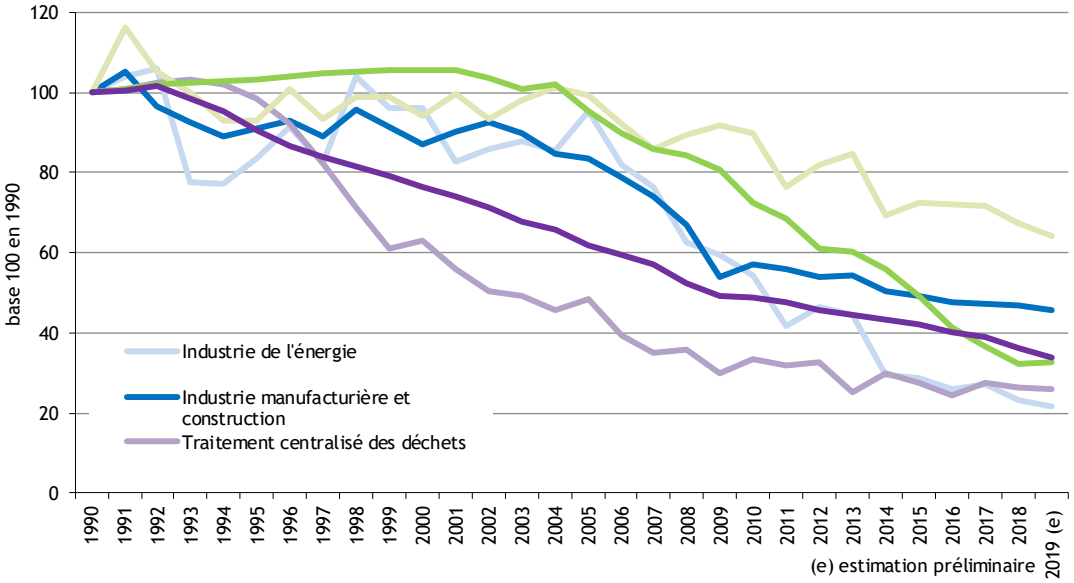


NO_X

Evolution des émissions dans l'air de NOx depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de NOx en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de NOx (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	168,6	230,5	251,4	278,6	358,6	214,0	163,3	136,6	157,2	156,0	88,7	47,1	42,6	44,2	37,9	35,3
Industrie manufacturière et construction	270,6	358,1	398,3	382,7	352,5	268,7	223,2	203,3	194,3	186,5	127,3	110,2	106,6	105,6	104,8	101,9
Traitement centralisé des déchets	1,3	1,7	2,4	3,4	4,4	4,6	6,0	5,9	3,8	2,9	2,0	1,7	1,5	1,7	1,6	1,6
Résidentiel / tertiaire	54,7	69,5	120,7	122,1	120,6	116,1	120,0	111,5	113,1	119,0	107,8	87,0	86,4	86,0	80,9	76,9
Agriculture	49,7	77,4	125,3	127,4	141,8	140,0	150,5	155,6	159,2	143,7	108,9	74,2	62,1	55,0	48,6	49,1
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*76,7*	*80,0*	*82,4*	*76,8*	*79,3*	*73,6*	*70,2*	*71,4*	*71,4*	*71,3*	*70,3*	*70,3*
Transports	304	436	614	855	1 048	1 117	1 310	1 186	1 002	812	638	550	528	511	475	445
Transport hors total	*127,2*	*158,2*	*298,6*	*370,7*	*320,8*	*201,2*	*220,5*	*205,4*	*273,4*	*257,5*	*235,3*	*177,5*	*169,6*	*178,2*	*197,7*	*180,2*
TOTAL national hors UTCATF	**849**	**1 173**	**1 512**	**1 769**	**2 026**	**1 861**	**1 973**	**1 799**	**1 629**	**1 420**	**1 072**	**870**	**827**	**804**	**749**	**710**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*9,4*	*13,2*	*13,4*	*11,3*	*10,9*	*14,0*	*21,0*	*19,0*	*19,6*	*16,2*	*15,9*	*16,4*	*17,0*	*18,0*	*17,3*	*17,3*
Emissions naturelles hors total	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,5*	*0,7*	*0,7*	*0,6*	*0,4*	*0,5*	*0,4*	*0,4*	*0,8*	*0,8*
TOTAL national avec UTCATF	**849**	**1 173**	**1 512**	**1 769**	**2 026**	**1 861**	**1 973**	**1 799**	**1 629**	**1 420**	**1 072**	**870**	**827**	**804**	**749**	**710**
Hors total	*137,1*	*172,0*	*312,5*	*382,5*	*409,0*	*295,8*	*324,5*	*301,9*	*373,0*	*347,9*	*321,7*	*265,8*	*258,5*	*267,8*	*286,0*	*268,5*

NO_X

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux et sanitaires

Les émissions de NO_X entraînent l'acidification de l'atmosphère et des retombées acides (acidification des lacs, dépérissement des forêts) ainsi que des dépôts d'azote (nitrates), à l'origine du phénomène d'eutrophisation. Les NOx sont aussi des précurseurs d'ozone. Ils ont aussi un impact complexe sur l'effet de serre : les NOx conduisent à la formation d'ozone (forçage positif), mais aussi à la formation de particules de nitrate et oxydent le CH_4 (forçage négatif).

Les NOx sont nocifs pour la santé humaine, particulièrement le NO_2 qui pénètre profondément dans les poumons où il fragilise la muqueuse face aux agressions infectieuses. Irritant les bronches, il augmente la fréquence et la gravité des crises chez les asthmatiques et il altère le développement de la capacité pulmonaire des jeunes enfants. Par ailleurs, le NO passe dans les alvéoles pulmonaires et se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés.

Objectifs de réduction

Le NOx est visé depuis la fin des années 1980 par différents objectifs :

- **Protocole de Sofia de 1988** sur les NOx dans le cadre de la CLRTAP (Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance) ;
- **Protocole de Göteborg de 1999**, multi-polluants, entré en vigueur en 2007, dans le cadre de la CLRTAP ;
- **Amendement de 2012 au Protocole de Göteborg de 1999**, non encore ratifié par la France au 30 juin 2019 mais rentrant en application en 2019
- **Directive NEC** (2001/81/EC) sur les plafonds d'émissions nationaux (National Emission Ceilings Directive)
- **Directive NEC-2** (2016/2284) sur la réduction des émissions de certains polluants
- **PREPA** : Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques de 2017 (décret n°2017-949) prévu par la LTECV (Loi 2015-992 relative à la transition énergétique pour la croissance verte).

Dépassement des normes de concentrations

Malgré une diminution générale des émissions de NOx, localement, les concentrations dans l'air restent préoccupantes. Ainsi, le 24 octobre 2019, la France a été condamnée par la Cour de Justice de l'UE (CJUE) pour non-respect de la directive 2008/50/CE relative à la qualité de l'air ambiant, et plus spécifiquement pour "dépassement de manière systématique et persistent" des valeurs limites de concentration (VLC) pour le dioxyde d'azote (NO2).

A noter

Les NOx de l'agriculture, à l'exception de ceux émis par le brûlage de résidus de récolte, n'ont pas été pris en compte dans l'élaboration des objectifs de réduction réglementaires. Par souci de cohérence entre ces objectifs et les totaux nationaux, ces émissions sont exclues du total national, et rapportées en « hors total ».

Tendance générale

Depuis 1966, le principal secteur émetteur de NOx est celui du transport routier. Les émissions qui y sont associées sont en baisse depuis 1993, malgré l'accroissement du parc et de la circulation. Cette réduction globale des émissions du secteur des transports est à mettre en parallèle avec la mise en place, depuis 1970, des normes européennes d'émission. Ces réglementations fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants, et intègrent les rejets de NOx pour les véhicules neufs mis en service. Cette baisse est principalement liée au renouvellement du parc de véhicules, à l'équipement progressif des véhicules en pots catalytiques et au développement d'autres technologies de réduction. Ainsi, les progrès réalisés au sein du secteur parviennent à contrebalancer l'intensification du trafic. Les émissions des autres secteurs connaissent également une évolution à la baisse, expliquée par :

- une meilleure performance énergétique des installations industrielles ;
- la mise en place du programme électronucléaire et le développement d'énergies renouvelables ;
- le renouvellement du parc des engins mobiles non routiers de l'agriculture/sylviculture et de l'industrie (particulièrement dans le sous-secteur du BTP) ;
- la mise en place dans l'industrie et les installations de combustion de systèmes de traitement primaires et secondaires conformément à la directive GIC et à d'autres réglementations (petites et moyennes installations de combustion, arrêté du 2 février 1998 modifié, directive 2010/75/UE dite « IED »).

Concernant le secteur de l'agriculture/sylviculture, il est important de noter qu'une part importante des émissions de NOx, celles provenant de l'élevage et de l'épandage d'engrais azotés, est comptabilisée hors total national, conformément au périmètre des plafonds nationaux (Protocole de Göteborg et directive NEC).

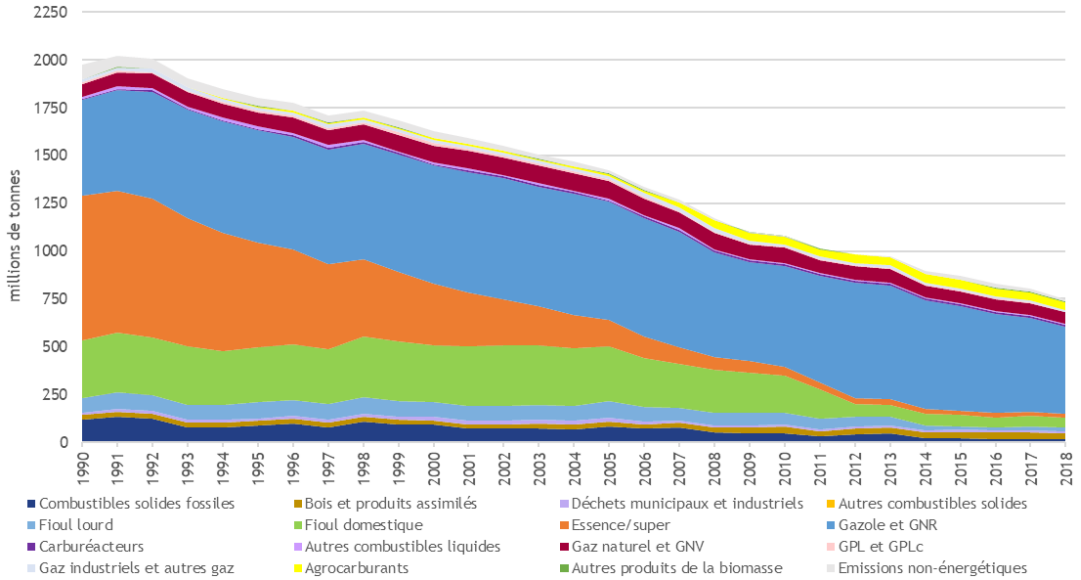
Évolution récente

Si la tendance générale des émissions de NOx est à la baisse depuis plusieurs années, pour le secteur résidentiel/tertiaire, certaines années, comme 2012 et 2013, sont marquées par une augmentation des émissions. Cela s'explique par un indice de rigueur climatique plus élevé, par rapport à d'autres années marquées par un climat plus doux, comme 2011 et 2014. Ceci souligne la sensibilité des émissions aux aléas climatiques. La tendance à la baisse des émissions de NOx dans le secteur des transports devrait se poursuivre au cours des prochaines années grâce à la mise en œuvre de normes de plus en plus strictes concernant les rejets de polluants.

Le plafond 2010 de 810 kt fixé par la **directive NEC** (plafonds d'émissions nationaux, *voir chapitre Politique et Règlementation*) a été atteint en 2017. Le Protocole de Göteborg amendé fixe un engagement de réduction des émissions de NOx de 50% en 2020 par rapport à 2005, c'est-à-dire un plafond calculé de 710 kt. La **directive NEC-2** (*voir chapitre Politique et Règlementation)* prévoit des engagements de réduction des émissions de NOx de 50% en 2020 par rapport à 2005 (c'est-à-dire un plafond calculé de 710 kt) et de 69% en 2030 par rapport à 2005 (c'est-à-dire un plafond calculé de 440 kt). Le niveau pré-estimé pour 2019, de 710 kt, montre que l'objectif 2020 peut être atteint.

Part des émissions liée aux combustibles

Depuis 2011 en France, les émissions de NOX sont majoritairement issues de la combustion du gazole (sans y inclure la part du biogazole). La contribution de ce combustible au total national a augmenté ainsi jusqu'à atteindre 65 % en 2014, pour en partir en baisse. Cela s'explique en partie par l'activité du transport routier, avec un parc de véhicules massivement diésélisé.



Et ailleurs ?

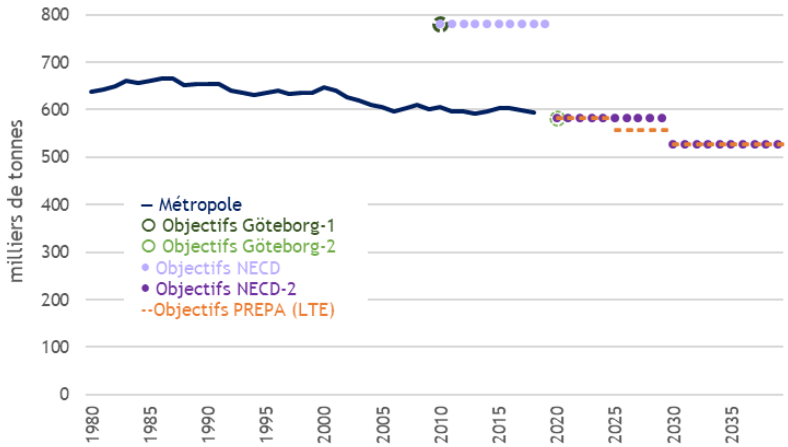
D'après le rapport d'inventaire d'émissions de polluants de l'UE-28 (IIR éd. 2019, réalisé dans le cadre de la CEE-NU), les émissions totales de NOx dans l'UE-28 sont passé de 18 007 kt en 1990 à 7532 kt NOx en 2017. Les Etats-membres qui ont le plus contribué aux émissions en 2017 sont l'Allemagne (16%), le Royaume-Uni (12%), la France (11%2017) et la Pologne (11%). Dans l'UE-28, les émissions de NOx ont baissé de 58% entre 1990 et 2017 (contre 59% en France).

Aux **Etats-Unis**, (IIR des Etats-Unis, éd. 2019) les émissions de NOX ont fortement diminué entre 2002 et 2017, passant de 21 623 kt à 9 668 kt (-55%).

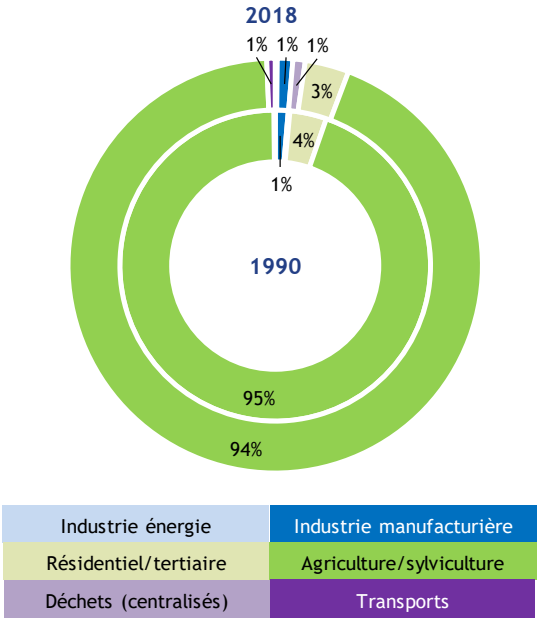
En Chine, d'après les estimations de Zhao et al. (2013), les émissions de NOX ont fortement augmenté jusqu'en 2010, passant de 11 Mt en 1995 à 26,1 Mt en 2010. Cependant, depuis 2010, les mesures de contrôle des émissions de NO_X et la mise en œuvre, dès 2013, du plan quinquennal « Clean Air Action » a permis une réduction de la majorité des émissions de polluants. Les émissions de NO_X ont ainsi baissé de −17 % entre 2010 et 2017. Cette diminution a été notamment permise par la dénitrification des fumées dans les centrales énergétiques par réduction catalytique sélective et l'arrêt de petites chaudières industrielles. (Zheng, B. et al., 2018).

Emissions de NH_3 en bref

Evolution des émissions de NH_3 en France



Répartition des émissions de NH_3 en France



NH_3

Ammoniac

Type
Polluant atmosphérique

Définition
L'ammoniac (NH_3) est un composé présent à l'état naturel dans l'environnement. Il peut également être produit industriellement par le procédé d'Haber-Bosch, à partir de N_2 et de H_2. C'est un gaz incolore, reconnaissable à sa forte odeur, très irritant pour le système respiratoire, la peau et les yeux.

Composition chimique
Un atome d'azote (N) et trois atomes d'hydrogène (H) composent l'ammoniac, existant à l'état liquide ou gazeux.

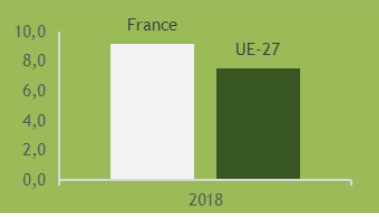
Origine
Sources anthropiques : agriculture (effluents d'élevage, engrais azotés minéraux) ; voitures équipées d'un catalyseur, usage d'ammoniac et urée dans les procédés de dénitrification, quelques procédés industriels.

Source naturelle : décomposition de matières organiques par des microorganismes dans le sol.

Phénomènes associés
L'ammoniac est un précurseur de particules secondaires : il réagit avec les composés acides tels que les oxydes d'azote ou de soufre (émis par d'autres secteurs d'activité anthropiques) pour former par nucléation des particules très fines ($PM_{2,5}$) de nitrate ou de sulfate d'ammonium. Ceci renforce donc l'impact de l'ammoniac sur la santé. Il contribue à l'acidification et à l'eutrophisation des milieux (excès de dépôts d'azote).

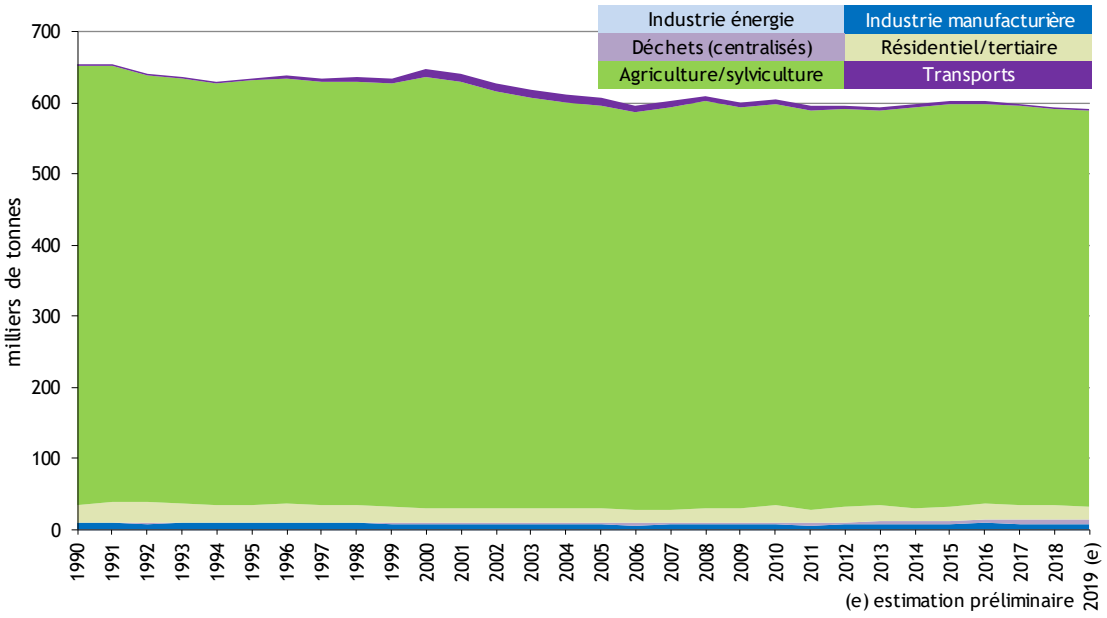
Effets
Acidification, Eutrophisation
Santé

Emissions par habitant
kg/hab/an en 2018.

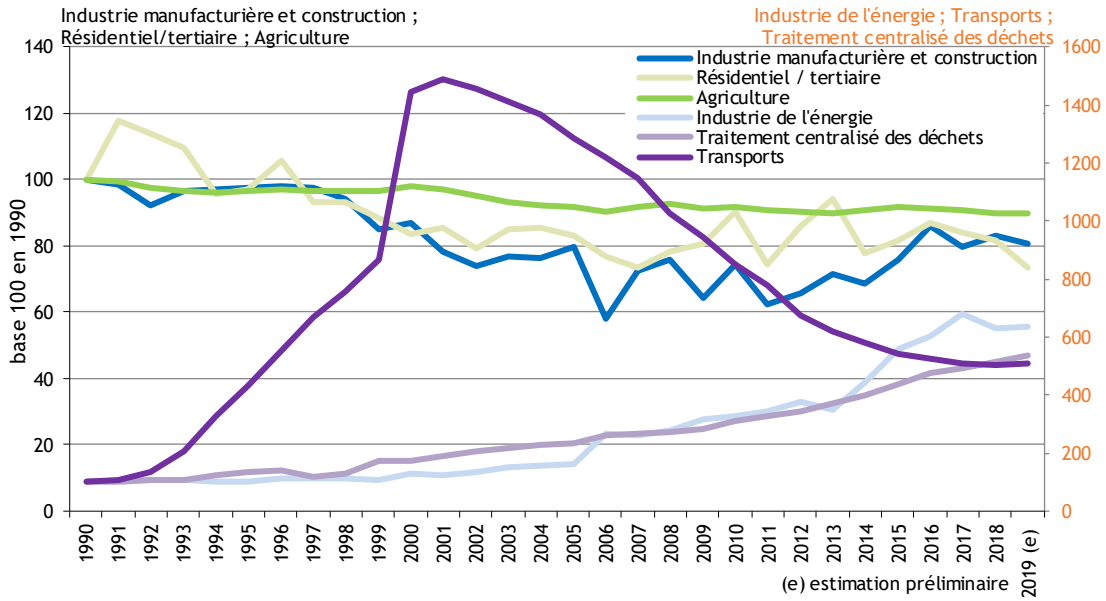


NH_3

Evolution des émissions dans l'air de NH_3 depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de NH_3 en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de NH_3 (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0
Industrie manufacturière et construction	9,1	8,6	8,7	8,4	7,5	6,9	6,4	6,6	7,4	6,9	7,2	7,0
Traitement centralisé des déchets	0,9	1,0	1,1	1,5	1,9	2,6	3,4	4,9	5,3	5,5	5,7	5,9
Résidentiel / tertiaire	22,2	27,0	25,0	24,2	20,9	20,8	22,6	20,5	21,8	21,0	20,4	18,3
Agriculture	605,6	623,3	617,7	596,8	605,2	565,7	565,8	566,3	563,2	560,4	556,0	556,0
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0,6	0,7	0,8	3,4	11,2	10,0	6,6	4,2	4,1	4,0	3,9	4,0
Transport hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national hors UTCATF	**638,6**	**660,6**	**653,4**	**634,5**	**646,9**	**606,3**	**605,4**	**603,3**	**602,7**	**598,8**	**594,2**	**592,2**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0,2*	*0,5*	*0,8*	*0,3*	*0,2*	*0,2*	*0,1*	*0,2*	*0,2*	*0,3*	*0,1*	*0,1*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**638,6**	**660,6**	**653,4**	**634,5**	**646,9**	**606,3**	**605,4**	**603,3**	**602,7**	**598,8**	**594,2**	**592,2**
Hors total	*0,2*	*0,5*	*0,8*	*0,3*	*0,2*	*0,2*	*0,1*	*0,2*	*0,2*	*0,3*	*0,1*	*0,1*

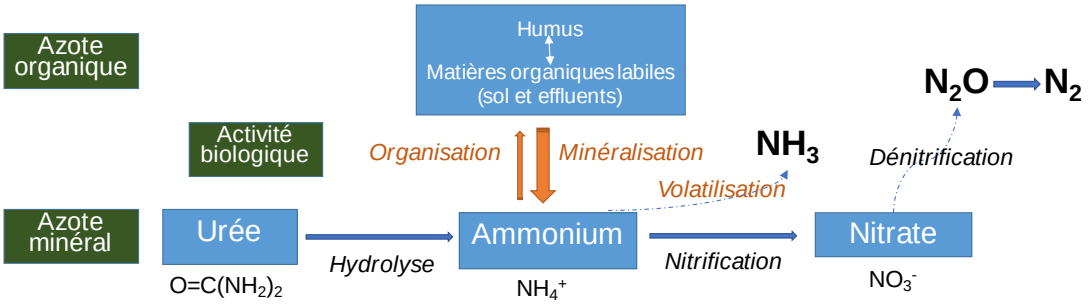
NH_3

Analyse

Enjeux

Un phénomène agricole

Les émissions d'ammoniac sont presque exclusivement d'origine agricole. La volatilisation de l'ammoniac en agriculture est un processus de surface. Elle correspond à l'émission dans l'air d'ammoniac gazeux (NH_3) issu de l'ion ammonium (NH_4^+), contenu dans le produit émetteur, ou dans la solution du sol.



Cette volatilisation a lieu généralement suite aux apports d'engrais azotés organiques (déjections animales, boues, composts...), et minéraux, contenant de l'azote uréique (précurseur de l'ammonium) ou ammoniacal (NH_4+).

Les principaux facteurs influençant la volatilisation de l'ammoniac sont la quantité d'azote ammoniacal contenue dans le produit, la surface de contact entre le produit et l'air, le pH du produit, les conditions pédoclimatiques et météorologiques (température, vent, précipitation, pH du sol) au moment de l'apport ou encore la capacité d'absorption par la culture.

Si l'on considère la fertilisation azotée d'une parcelle, cette pollution est particulièrement préjudiciable pour l'agriculteur car l'azote perdu par volatilisation est autant d'azote qui ne sera pas utilisé pour la croissance des plantes, entrainant une baisse de l'efficacité des apports de produits azotés. Minimiser les pertes ammoniacales est donc une stratégie gagnant-gagnant pour l'agriculteur.

Enjeux environnementaux et sanitaires

De manière générale, la qualité de l'air est un enjeu majeur pour la santé : sa dégradation est responsable de 48 000 décès prématurés par an (Santé publique France, 2016) et son coût annuel pour la société française a été évalué à environ 100 milliards d'euros (Sénat, 2015). Les polluants atmosphériques sont également responsables d'une dégradation de la santé des animaux, des espaces naturels et des agrosystèmes.

Le NH_3 présente un enjeu majeur pour l'environnement car les substances qui résultent de ses transformations chimiques (nitrate d'ammonium par exemple) sont impliquées à la fois dans l'acidification et l'eutrophisation des milieux en raison de dépôts excessifs en milieu naturel, et dans la dégradation de la qualité de l'air. Une fois émis dans l'atmosphère, le NH_3 peut se combiner avec les oxydes d'azote issus des activités industrielles et du trafic routier pour former des particules fines ($PM_{2,5}$) dites secondaires, qui peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires et pénétrer dans le sang, causant asthme, allergies, maladies respiratoires ou cardiovasculaire, cancers. Voilà pourquoi le NH_3 est généralement pointé du doigt lors des épisodes de pics de particules printaniers. Par exemple, les observations atmosphériques du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) ont montré que les $PM_{2,5}$ de type nitrate d'ammonium lors de l'épisode de pollution aux particules fines en Ile-de-France en mars 2014, s'étaient formées dans l'atmosphère à partir de NH_3 émis par les activités agricoles et d'oxyde d'azote émis notamment par le transport routier.

En ce début d'année 2020, le NH_3 et le secteur agricole sont revenus sur le devant de la scène lors de la gestion de la pandémie de Covid-19, avec l'évaluation des impacts directs et indirects des mesures de confinement sur les émissions de polluants atmosphériques. En effet, un épisode de pollution aux particules fines a été observé les 28-29 mars 2020, notamment dans les régions Ile-de-France et Grand Est. Différentes raisons peuvent expliquer cet épisode de pollution : la poursuite d'activités émettrices localement (chauffage au bois dans le secteur résidentiel-tertiaire, épandages en agriculture), le transport par le vent de particules venant de sources plus lointaines (autres pays), ou de sources naturelles. Il est important de garder à l'esprit que de tels épisodes sont le résultat de processus complexes, dont il est parfois difficile de tirer des conclusions.

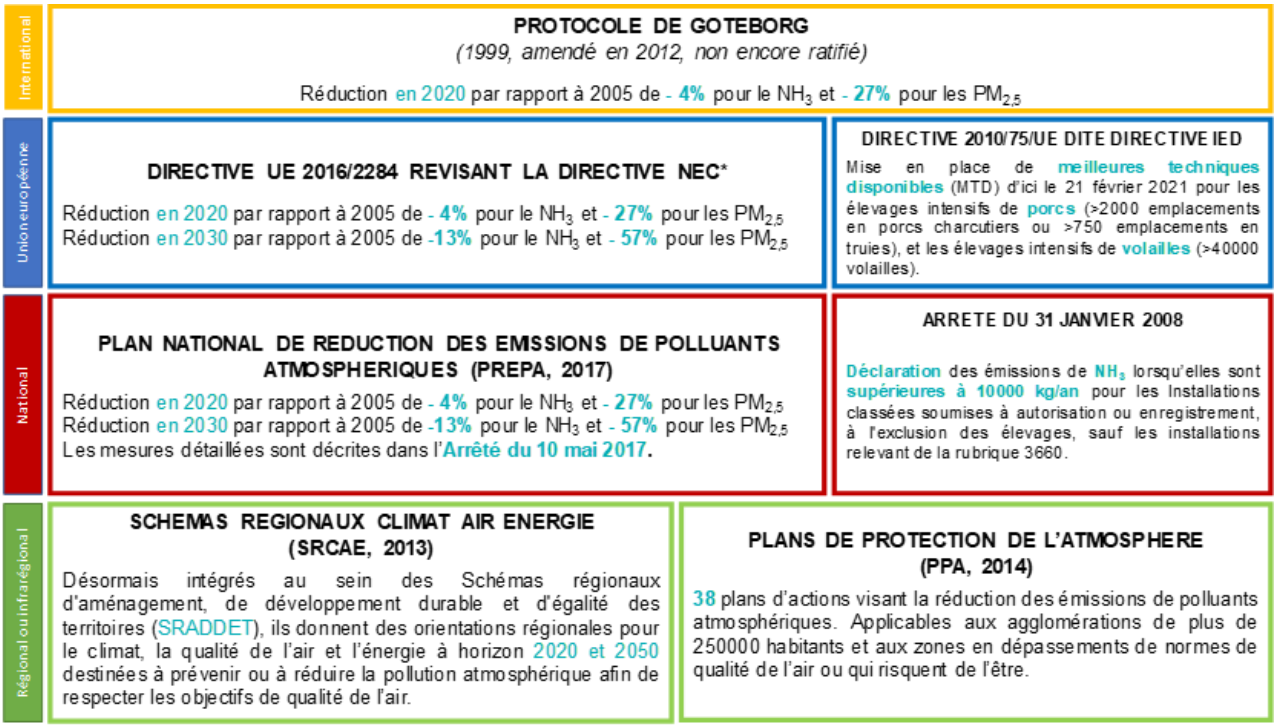
Réglementations et objectifs de réduction

Différentes réglementations visant la qualité de l'air ont été mises en place aux niveaux international, européen, national, régional ou infrarégional. Parmi ces réglementations, certaines fixent des engagements de réduction d'émissions de NH_3 ou des plafonds d'émissions à ne pas dépasser.

Le premier objectif de réduction des émissions de NH_3 a été fixé par le protocole de Göteborg pour l'année 2010. Ce plafond, fixé à 780 kt NH_3, a été largement respecté, les émissions n'ayant jamais atteint ce niveau sur la période inventoriée. Amendé en 2012, le protocole propose de nouveaux objectifs plus ambitieux, avec un engagement de réduction des émissions de NH_3 de 4% en 2020 par rapport à 2005, c'est-à-dire un plafond calculé de 582 kt.

Cet objectif est repris au niveau européen dans la directive NEC (National Emission Ceilings), dont la révision en 2016 (Directive UE 2016/2284) a ajouté un objectif de réduction d'émissions de NH_3 à horizon 2030, fixé à 13% par rapport à 2005 pour la France (soit un plafond calculé de 527 kt).

Enfin cet objectif a été inclus au niveau national dans le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PRÉPA) adopté par le gouvernement français en 2017. Un objectif intermédiaire a été ajouté dans le PRÉPA pour 2025, correspondant à un plafond de 558 kt NH_3.



*National Emission Ceilings

Figure 1 : Réglementations visant le NH_3 à différentes échelles

En 2018, les émissions nationales de NH_3 sont estimées, hors UTCATF, à 594 kt. Des réductions supplémentaires sont nécessaires pour atteindre l'objectif 2020 : il faudra une baisse de 12 kt entre 2018 et 2020, représentant une baisse de 2,05% entre ces deux années. Si l'on s'intéresse à la tendance entre 2016 et 2018, elle est de l'ordre de -1,4% : il s'agit donc d'accélérer le rythme de diminution des émissions de NH_3.

Pour rappel, le principal secteur émetteur de NH_3 est le secteur agricole, représentant 93% des émissions en 2018. Les émissions étant très stables sur la période, il est difficile d'anticiper l'atteinte ou non des objectifs. Différentes pistes sont cependant mentionnées dans le PRÉPA : utilisation d'engrais moins émissifs, utilisation de matériels d'épandage moins émissifs (pendillards, injecteurs, enfouissement post-épandage rapide), contrôle de l'interdiction des épandages aériens, financement de projets pilotes et mobilisation des financements (exemple des projets AGR'AIR). Un accompagnement du secteur agricole est également prévu dans le plan pour la diffusion des bonnes pratiques avec, entre autres, la diffusion en 2019 d'un guide des bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air composé de 14 fiches pratiques à destination des agriculteurs et des conseillers agricoles.

Une gestion intégrée de l'azote

Tout comme les autres composés azotés, les enjeux liés aux émissions de NH_3 doivent être pensés dans le contexte plus large du cycle de l'azote, pour éviter tout transfert de pollution. L'azote est un nutriment majeur, tant au niveau de la production d'aliments, de fibres ou encore de biocombustibles. Il se présente sous des formes variées, certaines

non réactives (N_2), et d'autres, comme le NH_3, réactives, souvent perdues sous forme de pollution de l'air ou de l'eau. Depuis plusieurs années, différentes initiatives voient le jour pour favoriser une gestion intégrée de l'azote, en optimisant son efficacité d'utilisation, jugée faible à l'heure actuelle si l'on considère la chaîne complète de la fertilisation à la consommation humaine et aux déchets.

En particulier, dans le cadre de la Convention CEE-NU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, un groupe dédié à l'azote (*Task Force on Reactive Nitrogen - TFRN*) a été créé pour développer des informations techniques et scientifiques afin d'élaborer des stratégies à l'échelle de la CEE-NU pour encourager la coordination des politiques de pollution de l'air sur l'azote dans le contexte du cycle de l'azote. Parmi les publications phares de la TFRN, citons le document « *Option for Ammonia Mitigation* » dédié aux pratiques pour réduire le NH_3 en agriculture. Plus récemment, ce groupe a été mandaté pour produire un document d'orientation sur la gestion intégrée durable de l'azote.

Ce principe de gestion intégrée des nutriments est également inclus dans le pacte vert pour l'Europe (*European Green Deal*), au sein de la stratégie nommée « Farm to Fork ». On peut y lire que la Commission agira pour réduire les pertes d'éléments nutritifs (dont l'azote) d'au moins 50%, tout en veillant à ce qu'il n'y ait pas de détérioration de la fertilité des sols. Cette diminution entrainerait alors une réduction du recours aux engrais d'au moins 20% d'ici 2030. Le document ne précise en revanche pas l'année prise en compte pour le niveau de référence ni les types d'engrais visés (minéraux et/ou organiques). La Commission précise qu'il sera nécessaire d'élaborer avec les États membres des plans d'action, visant entre autres à promouvoir les techniques de fertilisation de précision et des pratiques agricoles plus durables, en particulier dans les zones sensibles d'élevage.

A noter

Sont exclues du total national les émissions liées aux feux de forêt.

Tendance générale

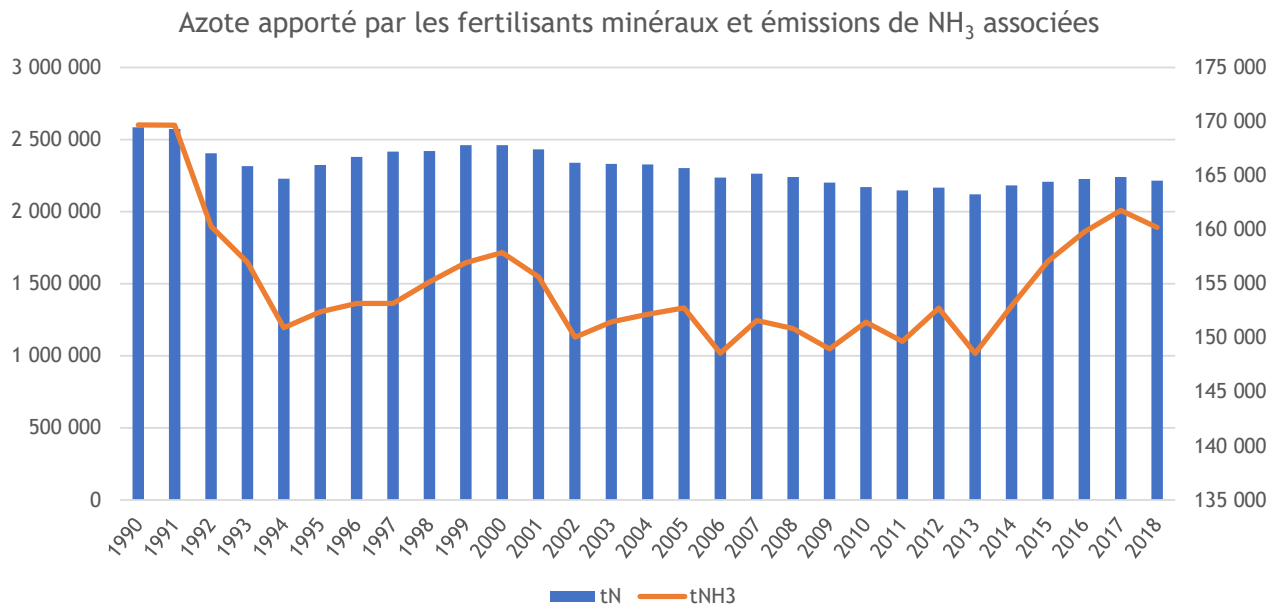
Globalement, les émissions de NH_3 ont diminué de 9% entre 1990 et 2006 : elles sont passées d'environ 653 kt NH_3 en 1990 à 596 kt NH_3 en 2006. Depuis 2006, les émissions se stabilisent et oscillent entre 594 kt et 610 kt. Bien que ces émissions semblent graviter autour d'un point d'équilibre, il faut souligner qu'elles sont en baisse depuis 2015.

La majeure partie des émissions de NH_3 provient du secteur de l'agriculture/sylviculture : il représente, en 2018, 94% du total national. Au sein du secteur, en 2018, les principaux postes contribuant aux émissions sont en premier lieu l'apport d'engrais et d'amendements minéraux (29% des émissions du secteur), suivi de la gestion des déjections bovines au bâtiment et au stockage (26% des émissions du secteur), puis de l'apport d'engrais et d'amendements organiques (21% des émissions du secteur). Les émissions restantes se répartissent entre la pâture et la gestion des déjections des animaux hors bovins au bâtiment et au stockage.

La tendance générale est principalement dirigée par les évolutions du cheptel bovin, en particulier les vaches laitières, et par la quantité d'engrais azotés minéraux épandus.

La gestion des déjections bovines au bâtiment et au stockage est le premier poste contribuant à la baisse sur la période : les émissions de NH_3 ont diminué de 14 % entre 1990 et 2018, soit -23,8 kt, principalement du fait d'une baisse du cheptel bovin.

Vient ensuite la fertilisation azotée minérale, dont les émissions ont diminué de 9,5 kt entre 1990 et 2018, soit 6% de baisse. Pour ce poste, les variations d'émissions de NH_3 interannuelles proches (entre l'année n et l'année n+1) s'expliquent en partie par les fluctuations des livraisons d'engrais. Il est difficile de donner une règle générale mais, de manière simplifiée, les livraisons annuelles augmentent lorsque les prix des produits agricoles sont forts car les agriculteurs souhaitent maximiser leur rendement. Inversement, si les prix des produits agricoles sont bas, les agriculteurs ont plutôt tendance à limiter leurs dépenses et donc les achats de fertilisants. Les évolutions en termes d'émissions sur ce poste sont également liées aux variations du mix des engrais utilisés. En effet, la forme des engrais influe fortement sur les émissions : l'utilisation d'engrais sous forme d'urée a progressé ces dernières années, cette forme étant globalement plus émettrice que les ammonitrates par exemple, les émissions s'en trouvent impactées à la hausse.



Concernant les autres postes agricoles, des réductions notables se retrouvent également chez les porcins, notamment du fait de la progression de l'alimentation biphase et du traitement des effluents par nitrification-dénitrification, et enfin au niveau des volailles, avec la disparition progressive jusqu'en 2006 des systèmes en fosse profondes chez les poules pondeuses (systèmes très émetteurs) et l'ajustement de l'alimentation aux besoins en azote enduisant une baisse de l'azote excrété pour certaines catégories de volailles.

Enfin, parmi les autres secteurs émetteurs de NH_3, on retrouve le transport routier, qui, malgré sa faible contribution, a connu une hausse entre 1993 et 2001 suite à l'introduction des premiers véhicules catalysés en 1993. La baisse observée depuis 2002 s'explique par l'introduction dans le parc roulant (véhicules particuliers et utilitaires légers) de véhicules de type Euro 3 et Euro 4, moins émetteurs. Cette baisse devrait cependant s'atténuer du fait de la mise en place de systèmes SCR (Selective Catalytic Reduction) sur les véhicules lourds et légers.

Évolution récente

Depuis 2006, les émissions de NH_3 au niveau national sont très stables. L'année 2018 correspond cependant au niveau le plus bas atteint sur la période, avec 594 kt NH_3. Cette tendance se retrouve également au niveau du secteur agricole, majoritaire dans les émissions nationales. Si l'on s'intéresse aux principaux postes contributeurs, on constate que la constance de la trajectoire depuis 2006 est la résultante d'évolutions différentes par poste.

Pour l'apport d'engrais et d'amendements minéraux, les émissions ont augmenté de 5% entre 2005 et 2018, tandis que la quantité totale d'azote minéral apportée a diminué de 3,8%. L'évolution à la hausse des émissions est ici entrainée par la progression de l'urée dans le mix des engrais azotés utilisés. Cette tendance à la hausse constatée depuis 2013 semble ralentir en 2017, avec même une légère baisse des émissions en 2018.

Les émissions liées à la gestion des déjections bovines au bâtiment et au stockage ont quant à elles légèrement diminué entre 2005 et 2018 (-3%) suivant l'évolution du cheptel bovin (-5% sur la même période).

Enfin, les émissions liées à l'apport d'engrais et d'amendements organiques ont très légèrement diminué entre 2005 et 2018 (-0,6%). Cette tendance s'explique par une baisse de l'azote épandu issu des déjections produites en France, en lien avec le recul des cheptels et le développement des stations de nitrification-dénitrification. Elle s'accompagne d'une baisse des émissions de NH_3 par unité d'azote épandue, avec l'utilisation plus importante par les agriculteurs de matériels d'épandage moins émissifs. Cependant, cette baisse est en grande partie compensée par une hausse des imports de déjections en provenance des pays frontaliers à la métropole (Belgique, Luxembourg, Pays-Bas, Italie principalement) ainsi que des émissions de NH_3 qui y sont associées.

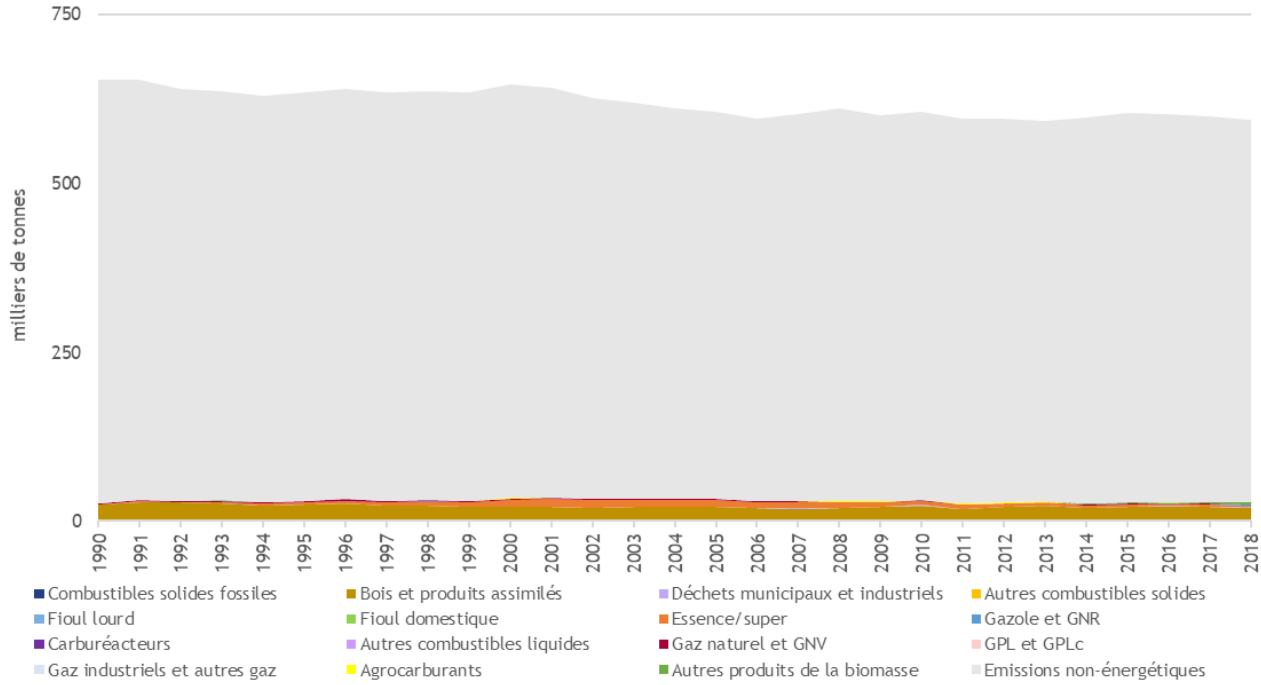
La profession agricole entreprend des efforts de réduction des émissions. Des progrès ont déjà été accomplis par le secteur, par exemple au niveau de l'alimentation animale avec l'ajustement des apports protéiques dans les rations, au niveau du bâtiment avec la mise en place de laveurs d'air, au niveau du stockage par la couverture de fosse et au niveau de l'épandage avec l'utilisation de matériels moins émissifs. Sur ce dernier point, il est indiqué dans le PRÉPA qu'un plan d'actions devrait être mis en place pour assurer l'utilisation de matériels moins émissifs (pendillards, injecteurs) ou l'enfouissement des effluents, dans des délais adaptés, en distinguant les différents types d'effluents

et leurs caractéristiques, ainsi que la nature et la taille des élevages, dans la perspective de supprimer l'utilisation des matériels les plus émissifs d'ici 2025. Ce plan devrait bientôt voir le jour.

Selon les techniques à mettre en place, les coûts associés peuvent être très importants. De tels investissements peuvent à l'heure actuelle être soutenus par le biais de plans de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE). En revanche, dans la Politique Agricole Commune actuelle (2014-2020), il n'existe pas de mesures financières ciblant exclusivement la réduction des émissions de NH_3 et l'amélioration de la qualité de l'air.

Part des émissions liée aux combustibles

En France, les émissions de NH_3 ne sont que très peu liées aux combustibles.

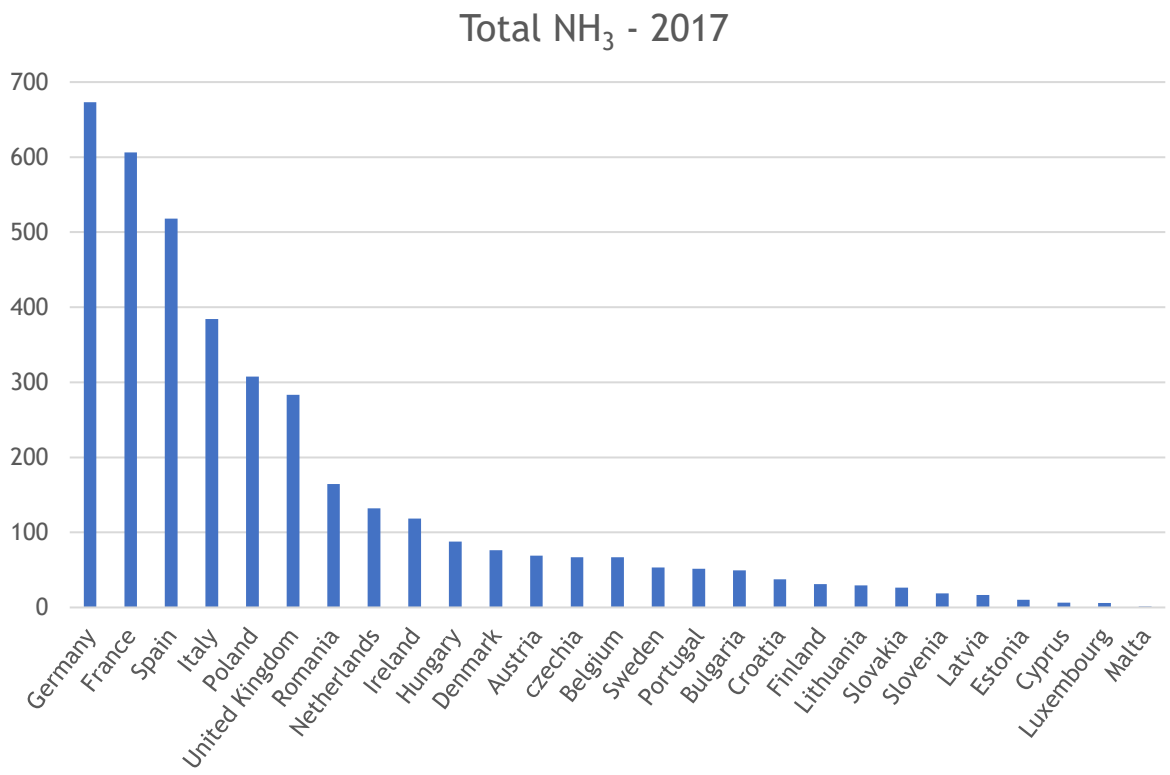


Et ailleurs ?

L'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE) a publié, le 28 juin 2019, une note d'analyse sur la mise en œuvre de la directive NEC fixant les plafonds d'émission nationaux pour chaque Etat membre pour les quatre polluants visés (SO_2, NOx, COVNM, NH_3). La note comporte les données d'émission pour la période 2010-2017, ainsi qu'une évaluation des projections d'émissions pour 2020 et 2030. Les messages clés concernant le NH_3 mentionnés dans cette note sont les suivants :

- En 2017, l'année la plus récente pour laquelle des données ont été communiquées, les émissions totales de NH_3 étaient inférieures au plafond fixé pour l'UE dans son ensemble.
- Pour la quatrième année consécutive, les émissions de NH_3 ont augmenté : +0,4% entre 2016 et 2017, +2,5% entre 2014 et 2017. Ces augmentations sont dues au manque de réduction des émissions dans le secteur agricole.
- Six États membres ont dépassé leurs plafonds nationaux pour au moins un polluant en 2017 ; tous n'étaient pas conformes à leur plafond NH_3, tandis que l'un d'entre eux dépassait son plafond pour les COVNM.
- Pour respecter les engagements de réduction de 2020 pour le NH_3, des réductions supplémentaires de 2,3% sont nécessaires. Pour 2030, ces réductions supplémentaires seraient de l'ordre de 15%.
- Seize États membres ne se considèrent pas en bonne voie pour respecter leurs engagements de réduction pour 2020 pour un ou plusieurs polluants, et vingt États membres ne sont pas en voie de respecter un ou plusieurs engagements de réduction des émissions à l'horizon 2030 sur la base de leurs politiques actuelles.

Ci-dessous les données d'émission de NH_3 des pays concernés pour l'année 2017 présentées sur le site de l'AEE :



A noter : ces émissions correspondent aux inventaires édition 2019. Ces estimations ont été mises à jour en 2020, mais les données ne sont pas encore disponibles sur l'interface.

Cette problématique de stabilité des émissions de NH_3 se rencontre également en dehors de l'Europe, avec notamment l'exemple de la Chine qui, depuis 2010, a mis en place des mesures de contrôle des émissions et surtout a mis en œuvre, dès 2013, un plan quinquennal « Clean Air Action », ce qui a permis une réduction de la majorité des émissions de polluants. Cependant, aucune mesure spécifique n'est prévu pour le NH_3, qui voit ses émissions quasiment stagner entre 2010 et 2017 (+1 %) (Zheng, B. et al., 2018).

En savoir plus

Directive (EU) 2016/2284 du Parlement Européen et du Conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques, modifiant la directive 2003/35/CE et abrogeant la directive 2001/81/CE. Lien.

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. Arrêté du 10 mai 2017 établissant le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PRÉPA). Lien.

ADEME, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, Citepa (2019). Guide des bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air. Lien.

Task Force on Reactive Nitrogen – TFRN (2014). Option for Ammonia Mitigation. Lien.

Commission Européenne. European Green Deal – Farm to Fork Strategy. Lien.

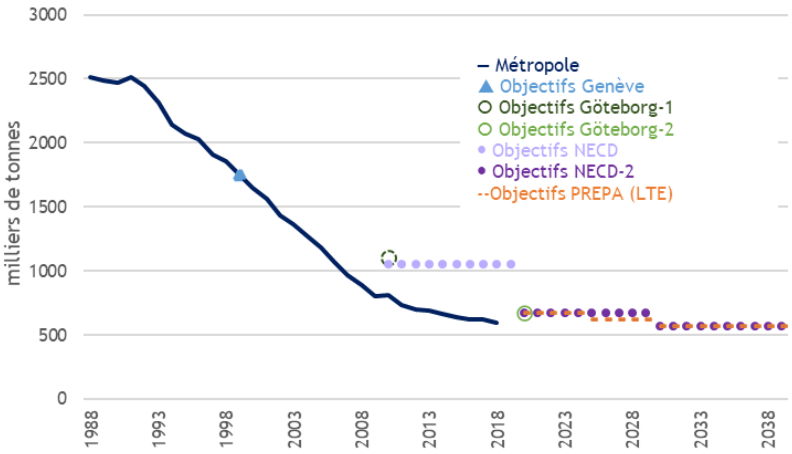
Agence Européenne pour l'Environnement – AEE (2019). NEC Directive reporting status. Lien.

Agence Européenne pour l'Environnement – AEE (2019). National Emission Ceilings Directive emissions data viewer 1990-2017. Lien.

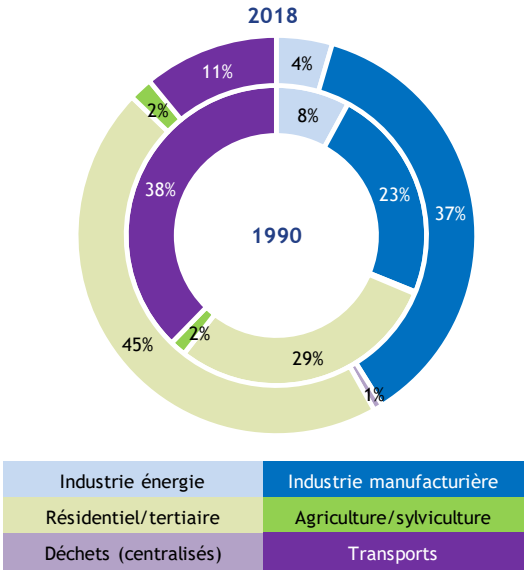
B. Zheng, D. Tong, M. Li, F. Liu, C. Hong, G. Geng, H. Li, X. Li, L. Peng, J. Qi, L. Yan, Y. Zhang, H. Zhao, Y. Zheng, K. He, Q. Zhang Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions Atmos. Chem. Phys., 18 (2018), pp. 14095-14111. Lien.

Emissions de COVNM en bref

Evolution des émissions de COVNM en France



Répartition des émissions de COVNM en France



COVNM

Composés organiques volatils non méthaniques

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Les COVNM sont des espèces organiques gazeuses issues des phénomènes de combustion, d'évaporation, de réactions chimiques ou biologiques...
La notation COVNM est utilisée afin de distinguer le méthane (gaz à effet de serre (CH_4)) des autres COV.

Composition chimique
Contiennent au moins un atome de carbone associé à des atomes d'hydrogène, oxygène, azote, soufre, halogènes, phosphore, silicium.

Origine
Sources anthropiques : procédés industriels impliquant des solvants (chimie de base, chimie fine, dégraissage des métaux, application de peintures, encres, colles, etc.); raffinage de pétrole, production de boissons alcoolisées et de pain ; installations de combustion industrielles et équipements de combustion domestiques au bois ; distribution des carburants ; usages domestiques de solvants.

Sources naturelles : COV biotiques issus des forêts, prairies et cultures.

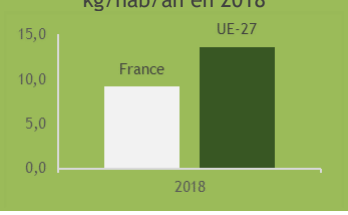
Phénomènes associés
Les COVNM réagissent avec les NOx, sous l'effet du rayonnement solaire, pour former de l'ozone troposphérique. Ce sont aussi des précurseurs d'aérosols secondaires.

Effets
Précurseur d'ozone

Effet de serre

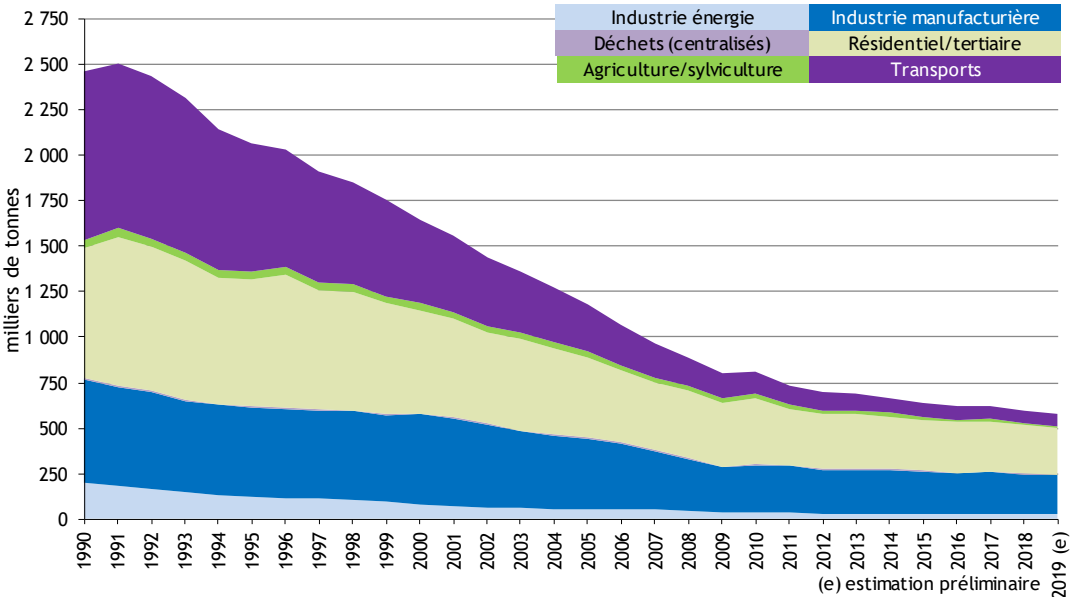
Santé (difficultés respiratoires, irritations oculaires, certains COV sont cancérigènes...)

Emissions par habitant
kg/hab/an en 2018

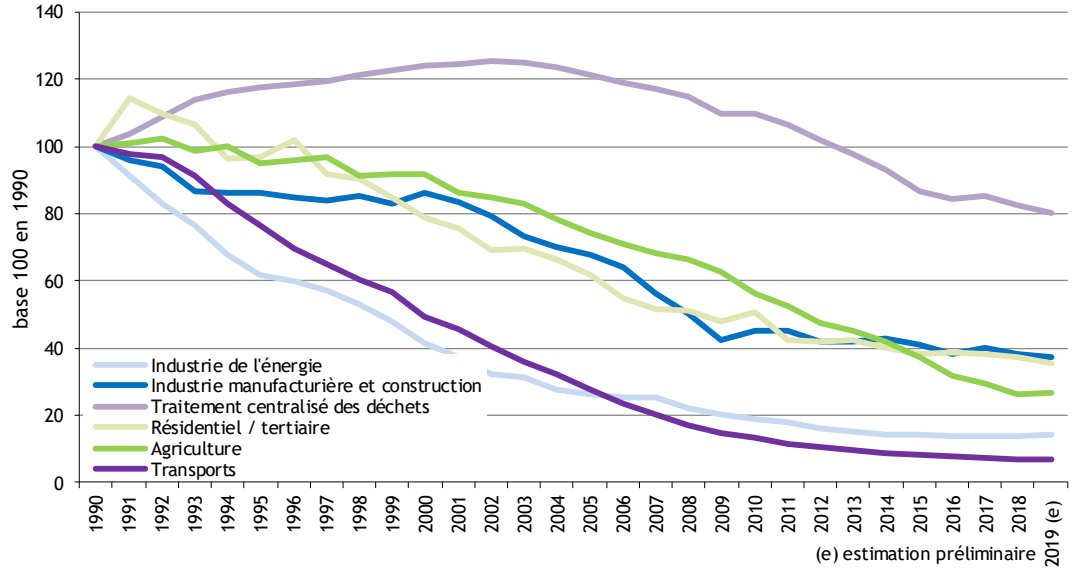


COVNM

Evolution des émissions dans l'air de COVNM depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de COVNM en base 100 en 1990 en France (Métropole)

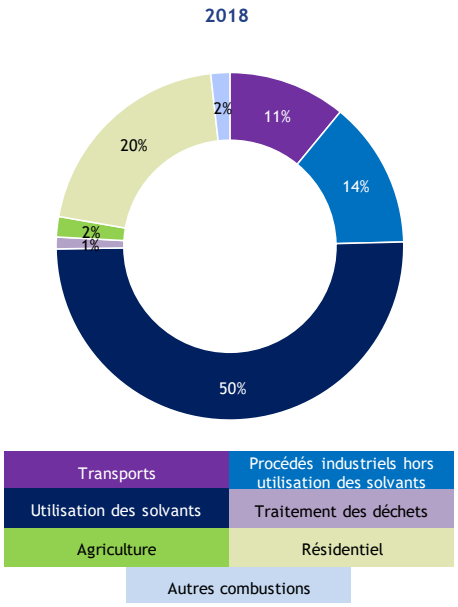


Emissions de COVNM (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1988	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	247,9	195,6	121,1	81,5	51,1	36,6	27,6	27,4	27,1	26,9	27,5
Industrie manufacturière et construction	568,5	572,2	494,1	494,0	387,1	259,5	234,0	219,9	230,1	217,9	212,8
Traitement centralisé des déchets	4,9	5,4	6,4	6,7	6,6	5,9	4,7	4,6	4,6	4,5	4,3
Résidentiel / tertiaire	676,0	720,2	697,7	566,6	444,9	365,9	274,9	280,2	276,8	269,5	256,6
Agriculture	45,5	43,1	40,9	39,6	32,0	24,1	16,1	13,8	12,6	11,3	11,6
Agriculture hors total	*122,9*	*354,9*	*362,3*	*352,5*	*344,7*	*332,2*	*344,1*	*341,1*	*343,2*	*340,8*	*340,8*
Transports	970,9	930,0	709,8	460,4	256,7	122,2	77,2	72,1	69,0	65,1	63,4
Transport hors total	*7,1*	*8,0*	*7,4*	*10,0*	*9,5*	*8,9*	*7,1*	*6,9*	*7,2*	*7,9*	*7,3*
TOTAL national hors UTCATF	**2 514**	**2 466**	**2 070**	**1 649**	**1 178**	**814**	**634**	**618**	**620**	**595**	**576**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0,8*	*9,1*	*3,0*	*2,8*	*2,6*	*1,4*	*2,5*	*2,0*	*3,2*	*0,8*	*0,8*
Emissions naturelles hors total	*1 219*	*1 204*	*1 257*	*1 232*	*1 329*	*1 193*	*1 357*	*1 308*	*1 372*	*1 372*	*1 372*
TOTAL national avec UTCATF	**2 514**	**2 466**	**2 070**	**1 649**	**1 178**	**814**	**634**	**618**	**620**	**595**	**576**
Hors total	*1 350*	*1 576*	*1 629*	*1 598*	*1 686*	*1 535*	*1 711*	*1 658*	*1 726*	*1 722*	*1 721*

COVNM

Analyse

Enjeux



Sources principales

Que cela soit au sein du secteur résidentiel/tertiaire ou du secteur industriel, une source significative d'émissions anthropiques de Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) est l'utilisation de solvants (peintures, colles, etc.). Cependant, c'est la combustion du bois dans les petits équipements domestiques qui place le secteur résidentiel/tertiaire en tête des principaux secteurs émetteurs. Des sources naturelles (biogéniques) de COVNM sont aussi comptabilisées en hors-total (voir plus bas).

Si l'on distingue spécifiquement l'utilisation de solvant, on constate qu'il s'agit de la source principale d'émissions de COVNM en France (50% en 2018).

Effets environnementaux et sanitaires

Les COVNM réagissent avec les NOx, sous l'effet du rayonnement solaire, pour former de l'ozone troposphérique. Ce sont aussi des précurseurs d'aérosols secondaires. Ils ont aussi des effets sanitaires : difficultés respiratoires, irritations oculaires, certains COV sont cancérigènes…

Objectifs de réduction

La première directive NEC (*National Emission Ceilings* communément appelée NECD) de 2001 (2001/81/CE), avait repris les plafonds du Protocole de Göteborg en en sévérisant d'ailleurs certains. La Commission européenne a présenté un nouveau programme « Clean Air for Europe » le 13 décembre 2013, ainsi qu'une proposition de révision de la directive NEC, devant les progrès à réaliser pour limiter les impacts de la pollution sur les écosystèmes et la santé humaine. Ce texte a été adopté le 14 décembre 2016 en tant que directive (UE) 2016/2284 concernant la réduction des émission nationales de certains polluants atmosphériques. Cette dernière fixe les engagements de réduction d'émissions pour chaque Etat membre et pour cinq polluants : SO_2, NO_x, COVNM, $PM_{2.5}$ et NH_3 à l'horizon 2020 et 2030 par rapport à l'année de référence 2005. Ainsi les objectifs fixés pour la France, concernant ses émissions de COVNM, sont une réduction de 43% pour 2020 et de 52% pour 2030 par rapport à l'année 2005.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ».Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 25% en 2018.

A noter

Des émissions de COVNM biotiques de l'agriculture et des forêts sont présentées hors total national, conformément aux règles de comptabilisation de la CEE-NU/NEC. Ces émissions "hors bilan" contribuent aussi aux réactions photochimiques dans l'atmosphère conduisant en particulier, à la formation d'ozone troposphérique. Voir aussi le chapitre « Emissions naturelles » de ce rapport.

Enfin il est important de rappeler que les cultures sont fortement émettrices de COVNM de même que l'élevage mais les quantités n'apparaissent pas sur ce graphique car elles sont actuellement comptabilisées hors total national

Tendance générale

La baisse des émissions de COVNM a commencé dès 1992, sans interruption jusqu'en 2010 avec les diminutions annuelles les plus fortes observées entre 2005 et 2009, plus de 10% en 2009. Grâce à ces résultats, la France respecte déjà l'objectif qui lui a été fixé par la directive (UE) 2016/2284, sur une diminution des émissions de COVNM de 43% entre 2005 et 2020.

Globalement, la baisse des émissions, de 76%, constatée entre 1990 et 2018 s'explique par une réduction dans chacun des secteurs d'activité détaillés ci-dessous :

Transport routier (-94% entre 1990 et 2018) : la baisse constatée est liée, d'une part, à l'équipement des véhicules essence en pots catalytiques depuis 1993, qui deviennent de plus en plus performants, auquel s'ajoute la gestion des évaporations de ces véhicules équipés de filtre à charbon actif dans les réservoirs, et, d'autre part, à la part croissante de véhicules diesel moins émetteurs de COVNM.

Résidentiel/tertiaire (-63% entre 1990 et 2018) : les produits contenant des solvants sont substitués par des produits à plus faible teneur ou sans solvant. Des progrès sont également accomplis dans le domaine de la combustion de la biomasse du fait du renouvellement du parc par des appareils plus performants et moins émetteurs.

Industrie manufacturière (-62% entre 1990 et 2018) : d'importants progrès ont été réalisés dans de nombreux secteurs pour réduire les émissions à la source et diverses techniques de réduction ont été mises en œuvre sur certains procédés, conformément à la réglementation en vigueur.

Transformation d'énergie (-86% entre 1990 et 2018) : des améliorations ont été obtenues en matière de stockage et de distribution des hydrocarbures et l'ensemble des mines de charbon a fermé, la dernière datant de 2004.

Agriculture et sylviculture (-74% entre 1990 et 2018) : les émissions de COVNM en agriculture sont en grande majorité produites par les engins, moteurs et chaudières. La réduction des émissions s'explique par le renouvellement du parc des engins agricoles dont les normes d'émissions à l'échappement ont été sévérisées au cours du temps.

Évolution récente

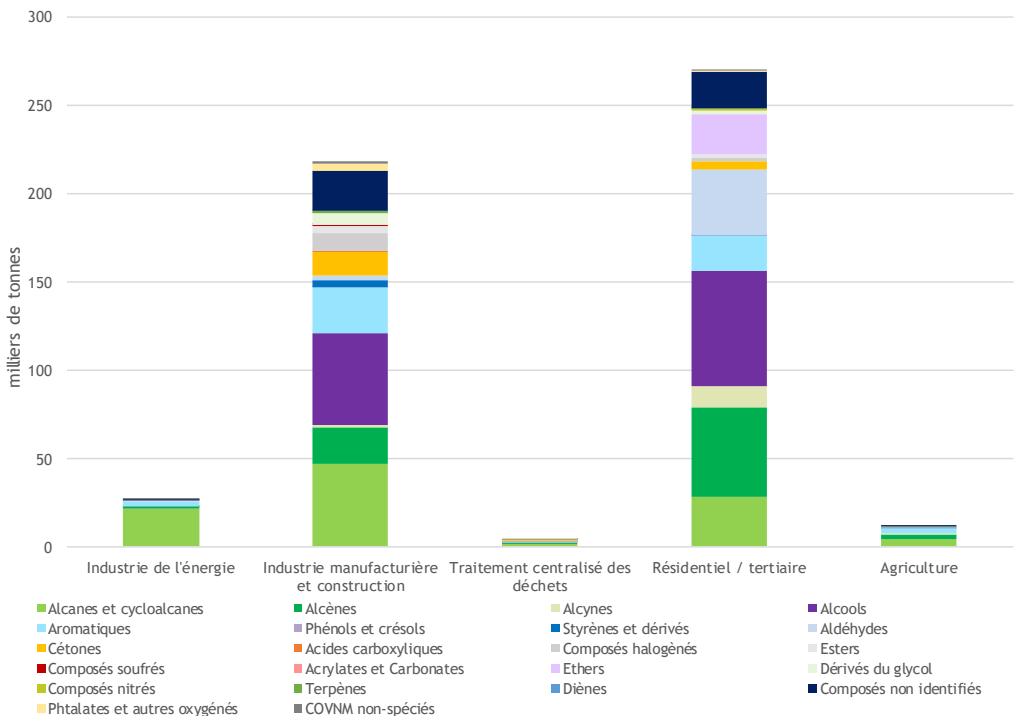
Bien que les émissions de COVNM soient en forte baisse depuis 1990, cette tendance s'est fortement ralentie depuis 2009. Entre 2016 et 2017, les émissions étaient légèrement reparties à la hausse (+0,4%), principalement en raison d'une hausse de 4,6% dans le secteur de l'industrie manufacturière. Ce ralentissement s'explique notamment par le fait que la plupart des réglementations ont atteint un niveau élevé de pénétration (dans le transport, l'industrie et le résidentiel/tertiaire notamment).

Néanmoins, entre 2017 et 2018, les émissions de COVNM de tous les secteurs inclus dans le total national sont reparties à la baisse (-5% dans l'industrie manufacturière, -3% dans le résidentiel-tertiaire). Les émissions liées à l'agriculture continuent de baisser fortement (-11%) mais ce secteur ne représente qu'une très faible part des émissions totales de COVNM et influence très peu la tendance globale. D'après les pré-estimations provisoires des émissions de 2019, cette baisse se poursuivrait.

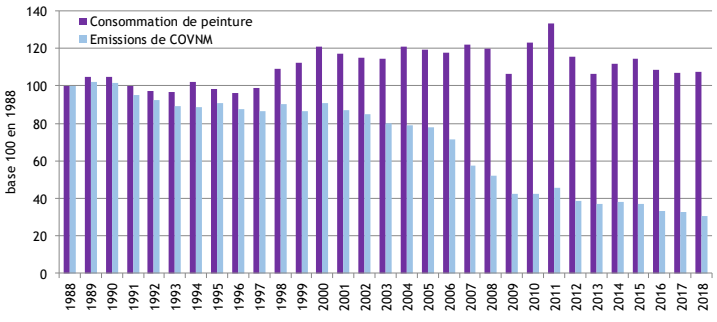
Spéciation / Analyse solvants

Le fichier « Emissions par substance », onglet COVNM, présente le détail des émissions de COVNM par usages de peintures, vernis et autres solvants. Les graphiques ci-après présentent, pour l'année 2018, la répartition des émissions de COVNM en 21 familles de composés organiques pour les grands secteurs émetteurs. La spéciation des COVNM est réalisée à partir de profils de répartition des émissions déterminées par catégorie de COVNM pour un grand nombre d'activités émettrices. La quasi-totalité des émissions de COVNM en France métropolitaine est ainsi couverte par un profil.

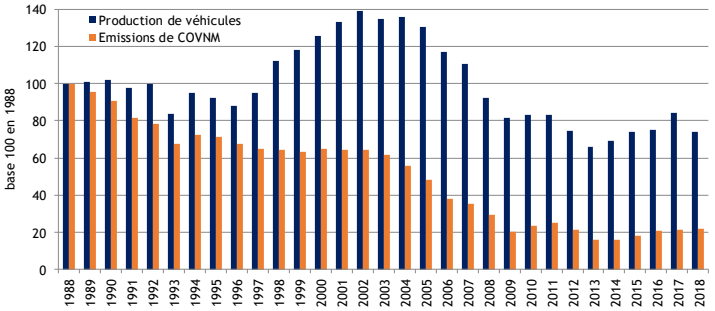
Répartition des émissions par famille et par secteur en France en 2018 (Métropole)



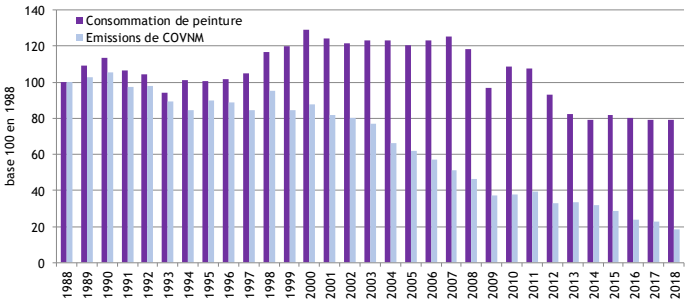
Usage de peintures et vernis toutes sources confondues en France (Métropole)



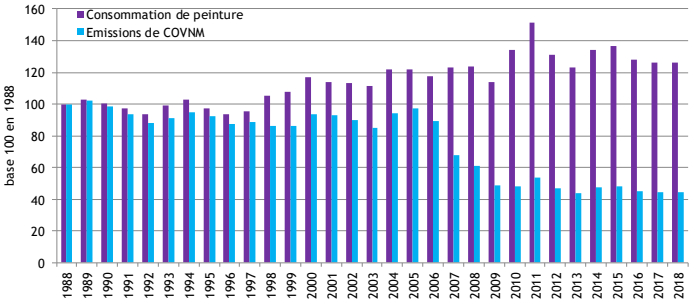
Usage de peintures et vernis dans les véhicules routiers en France (Métropole)



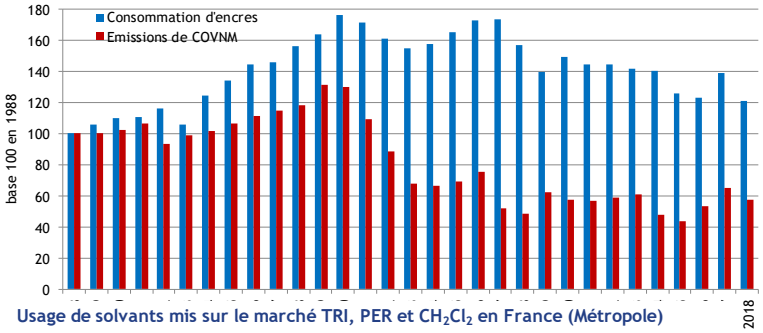
Usage de peintures et vernis dans l'industrie (dont automobile) en France (Métropole)



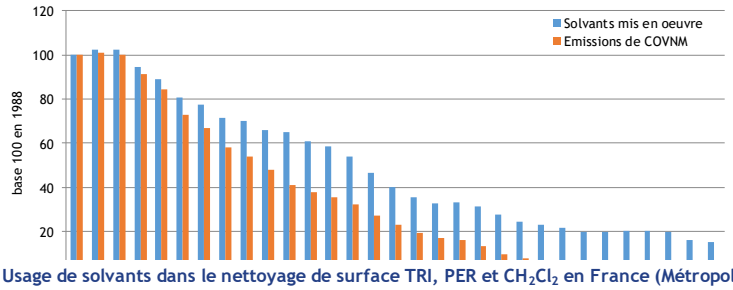
Usage de peintures et vernis dans le bâtiment et grand public en France (Métropole)



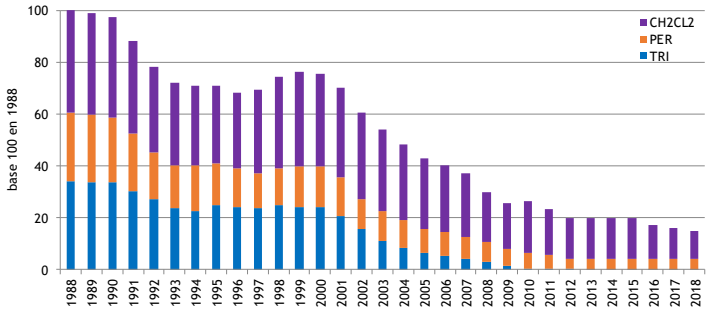
Usage de solvants dans l'imprimerie en France (Métropole)



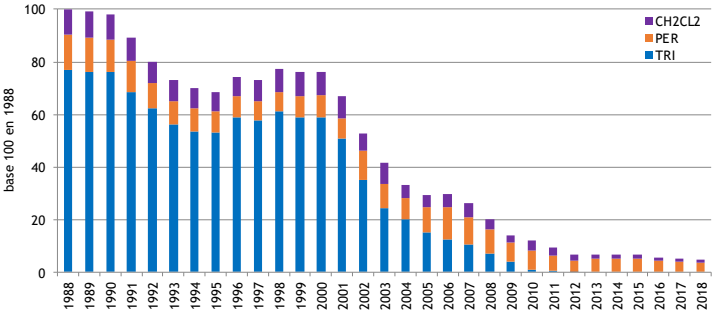
Usage de solvants chlorés et non-chlorés dans le nettoyage de surface en France (Métropole)



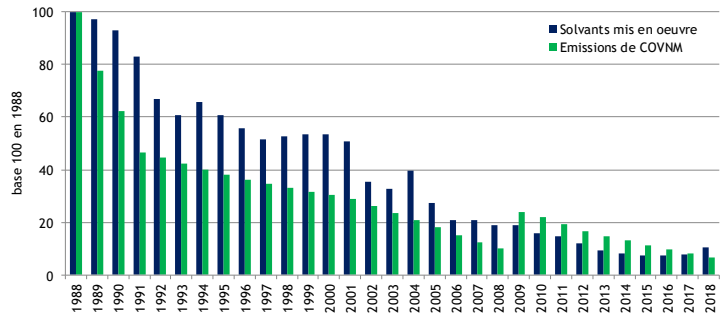
Usage de solvants mis sur le marché TRI, PER et CH_2Cl_2 en France (Métropole)



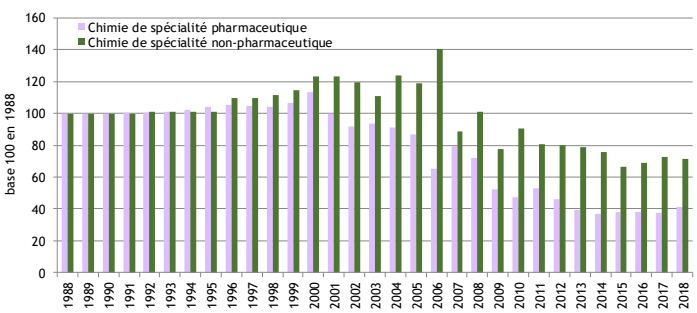
Usage de solvants dans le nettoyage de surface TRI, PER et CH_2Cl_2 en France (Métropole)



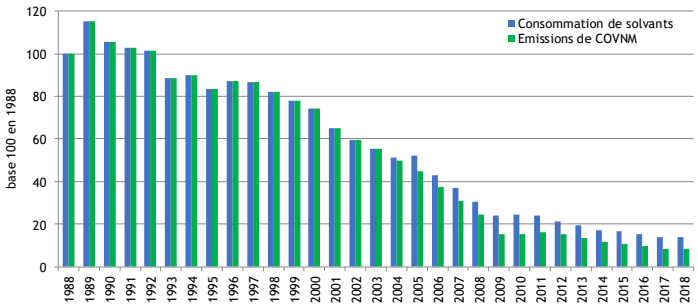
Usage de solvants dans le nettoyage à sec en France (Métropole)



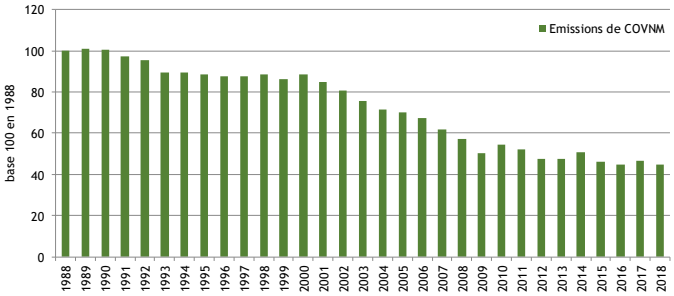
Emissions de COVNM liées à l'usage de solvants dans la chimie de spécialité en France (Métropole)



Usage de solvants dans la production de pneumatiques en France (Métropole)

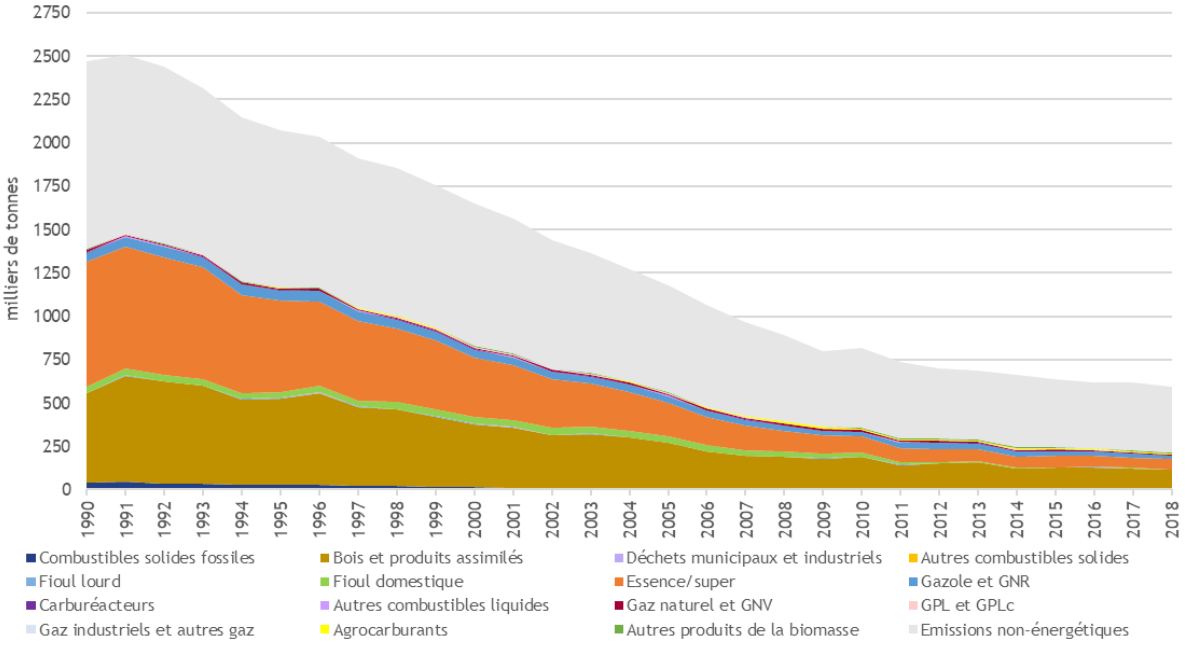


Emissions de COVNM liées à l'usage des solvants (toutes sources confondues) en France (Métropole)



Part des émissions liée aux combustibles

En 2018, 63% des émissions totales de COVNM ne sont pas liées aux combustibles. Sur les 37% restant, c'est le bois qui représente la plus grande part (19% des émissions totales).

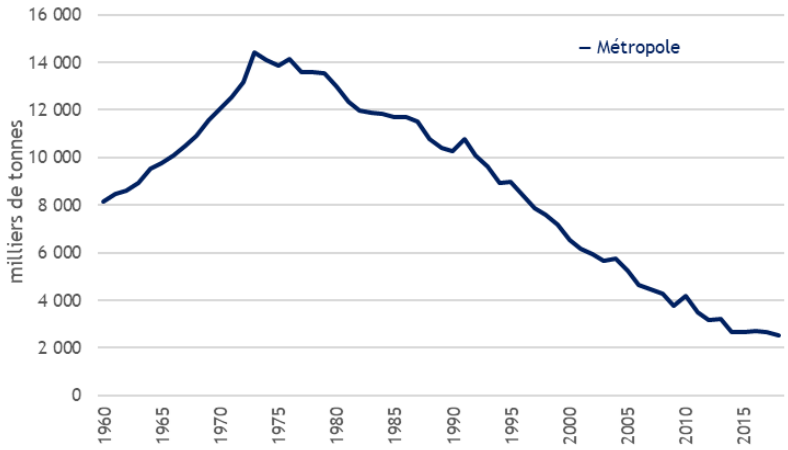


Et ailleurs ?

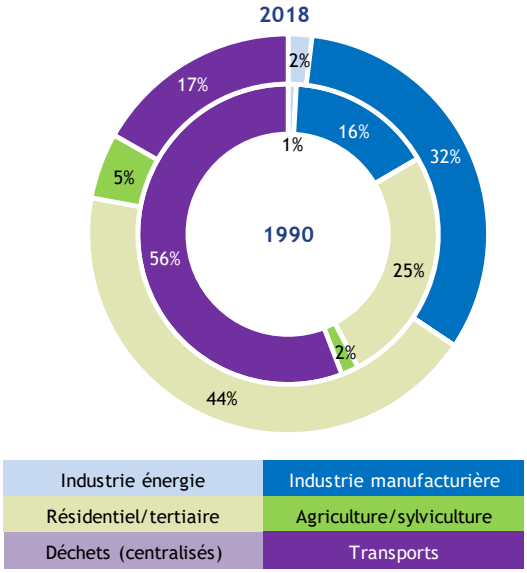
En Chine, même si, depuis 2010, les mesures de contrôle des émissions et surtout la mise en œuvre, dès 2013, du plan quinquennal « Clean Air Action » a permis une réduction de la majorité des émissions de polluants, ce n'est pas le cas pour les COVNM qui ne sont pas visés par des mesures spécifiques de réduction. Ainsi, les émissions de COVNM en Chine ont augmenté de +11 % entre 2010 et 2017 (Zheng, B. et al., 2018).

En bref

Evolution des émissions de CO en France



Répartition des émissions de CO en France



CO

Monoxyde de carbone

Type
Polluant atmosphérique et gaz à effet de serre indirect

Définition
Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore et inodore essentiellement formé de manière anthropique. A forte concentration en milieu confiné, il peut être mortel.

Composition chimique
Un atome d'oxygène et un atome de carbone.

Origine
Sources anthropiques : formation de CO lors de combustions incomplètes de tout combustible fossile ou non (gaz, charbon, fioul ou bois) dans le trafic routier (gaz d'échappement) et le chauffage résidentiel (bois notamment) ; procédés industriels (métallurgique).

Source naturelle : aucune.

Phénomènes associés
Le CO participe à la formation d'ozone troposphérique. Son oxydation aboutit aussi à la formation de CO_2, principal gaz à effet de serre.

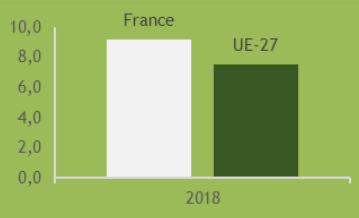
Effets
Précurseur d'ozone

Acidification

Effet de serre

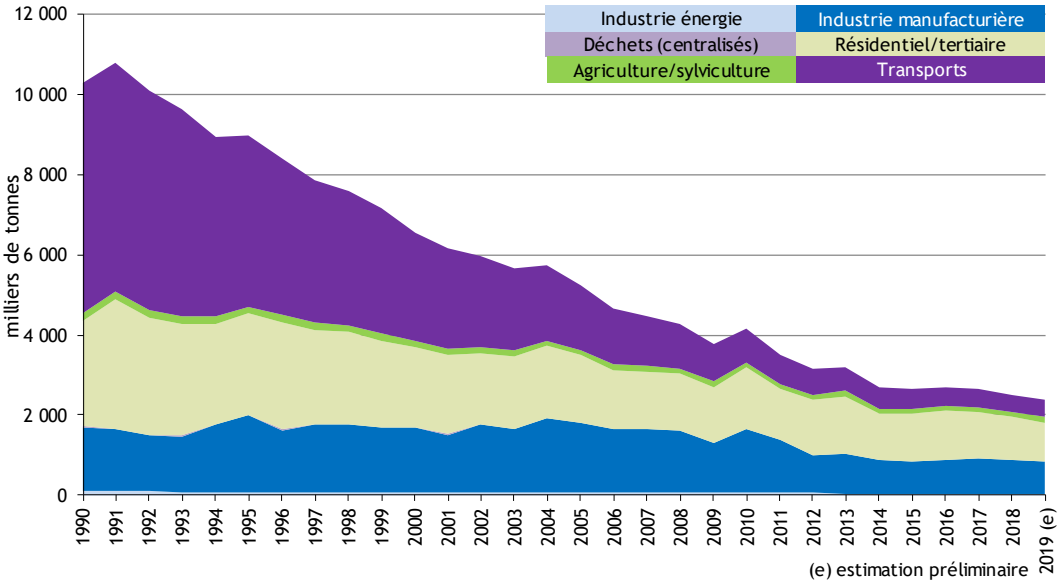
Santé (intoxications causant maux de têtes et vertiges, nausées voire un effet asphyxiant mortel. Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang.)

Emissions par habitant
kg/hab/an en 2018

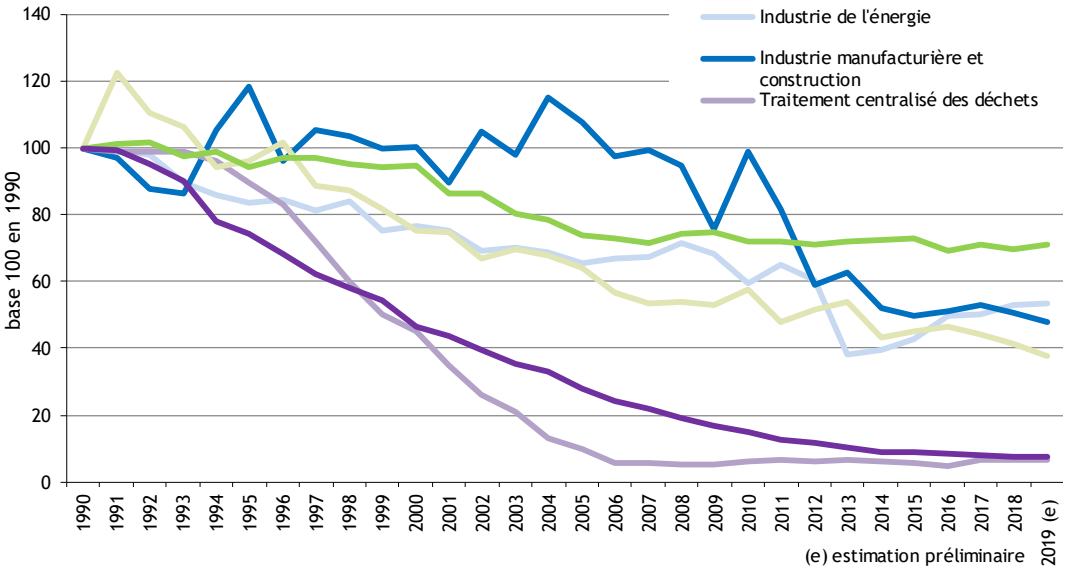


CO

Evolution des émissions dans l'air de CO depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de CO en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de CO (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	134,1	145,8	159,2	142,7	143,2	107,7	91,6	76,4	70,1	60,0	54,5	39,2	45,5	46,0	48,4	49,1
Industrie manufacturière et construction	2 418	2 658	3 095	3 433	2 843	1 905	1 615	1 914	1 619	1 740	1 599	803	822	857	816	775
Traitement centralisé des déchets	1,3	1,7	2,2	2,7	3,2	3,4	4,0	3,6	1,8	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
Résidentiel / tertiaire	2 341	2 319	2 331	2 427	2 273	2 719	2 641	2 539	1 990	1 693	1 520	1 187	1 232	1 167	1 094	996
Agriculture	794,8	702,4	484,6	246,6	252,9	206,6	192,1	181,4	182,1	141,8	138,2	140,3	132,6	136,8	133,9	136,0
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	2 470	3 948	5 981	7 603	7 465	6 765	5 743	4 254	2 670	1 607	863	500	471	449	421	417
Transport hors total	*12,3*	*16,0*	*29,9*	*36,3*	*30,7*	*19,5*	*21,6*	*19,9*	*26,3*	*24,8*	*22,9*	*17,7*	*17,1*	*17,9*	*19,8*	*18,2*
TOTAL national hors UTCATF	**8 158**	**9 775**	**12 054**	**13 855**	**12 981**	**11 706**	**10 287**	**8 968**	**6 532**	**5 242**	**4 176**	**2 671**	**2 703**	**2 655**	**2 514**	**2 373**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*330,3*	*467,3*	*471,8*	*397,3*	*384,1*	*494,8*	*750,4*	*675,8*	*698,9*	*577,6*	*565,1*	*584,3*	*607,4*	*641,9*	*616,3*	*616,3*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**8 158**	**9 775**	**12 054**	**13 855**	**12 981**	**11 706**	**10 287**	**8 968**	**6 532**	**5 242**	**4 176**	**2 671**	**2 703**	**2 655**	**2 514**	**2 373**
Hors total	*342,6*	*483,3*	*501,8*	*433,6*	*414,8*	*514,3*	*771,9*	*695,6*	*725,2*	*602,4*	*588,0*	*602,1*	*624,4*	*659,7*	*636,1*	*634,5*

CO

Analyse

Enjeux

Effets sanitaires

Le monoxyde de carbone, résultat de la combustion incomplète, est un gaz toxique pouvant causer des intoxications mortelles chez l'Homme (environ 100 décès par an en France (Ministère des Solidarité et de la Santé)).

Objectifs de réduction

Aucun objectif de réduction ou limite d'émission de monoxyde de carbone ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 49 %.

A noter

La part hors total des émissions de CO provient en majorité (entre 95 et 97 % sur la période 1990-2018) de la comptabilisation « hors-total national » du secteur UTCATF. Cette comptabilisation inclue notamment les émissions de polluants liées aux feux de forêt (pour plus de précision sur cette comptabilisation, consulter le chapitre consacré à l'UTCATF). La part hors total représente une proportion relative croissante du total national, évoluant entre 6 % en 1991 et 25 % en 2018.

Tendance générale

Selon les décennies, la répartition des émissions de monoxyde de carbone (CO) fluctue entre secteurs mais celles-ci ont globalement augmenté entre 1960 et 1973, et sont en baisse depuis.

Ces variations s'expliquent par les évolutions dans 3 secteurs :

- L'industrie manufacturière et plus précisément le secteur sidérurgique (fonte, acier, aggloméré) a subi de fortes variations de la production, ainsi que des fluctuations selon les années de la valorisation des gaz sidérurgiques, paramètre jouant directement sur le facteur d'émission du CO.
- Le transport routier doit ses évolutions au développement de normes environnementales pour les véhicules routiers au début des années 1970, suivi par la mise en place de pots catalytiques à compter de 1993 pour les véhicules essence et 1997 pour les véhicules diesel.
- Le résidentiel-tertiaire contribue aux émissions de CO du fait principalement de la combustion du bois dans le résidentiel, et notamment dans les foyers ouverts.

Ainsi, sur l'ensemble de la période, la plupart des secteurs d'activité connait une baisse des émissions, sauf pour les autres modes de transport du fait de l'augmentation du trafic intérieur (plaisance) dont les émissions sont cependant en baisse depuis le pic de 2004 et la mise en place de normes d'émission.

Évolution récente

Ces dernières années, une baisse progressive et substantielle des émissions au niveau national est observée, du fait d'évènements spécifiques.

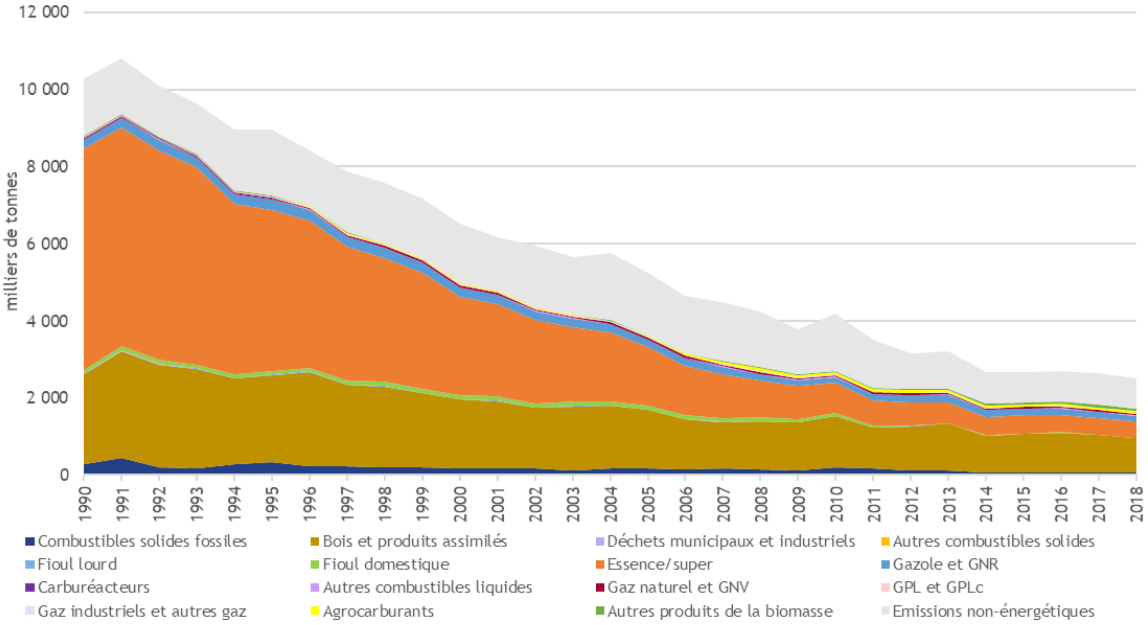
En 2004, l'augmentation des émissions est liée en grande partie à une forte quantité de gaz de haut-fourneau produite et consommée, dont la part non valorisée est plus importante que les autres années. La crise économique de 2008 a fortement impacté le secteur sidérurgique dont les émissions en baisse sont particulièrement observables en 2009. En 2010, c'est suite à la reprise de l'activité sidérurgique que le secteur retrouve son niveau d'émissions avant crise. En 2012, la forte baisse des émissions observée au sein du secteur industriel s'explique par la fermeture, fin 2011, du site sidérurgique de Florange et par une meilleure valorisation du gaz de haut-fourneau en sidérurgie.

Le sous-secteur du résidentiel est devenu le plus gros contributeur aux émissions de CO depuis quelques années. En cause, la combustion du bois dans les appareils de chauffage et notamment les foyers ouverts. Des augmentations d'émissions sont observées directement en lien avec l'augmentation de la consommation de bois dans le secteur.

La volonté du gouvernement de réduire la part des véhicules diesel dans le parc automobile français (actée dans la loi de transition énergétique pour la croissance verte) pour limiter les émissions de CO_2 et de particules pourrait avoir un effet inverse sur les émissions de CO.

Part des émissions liée aux combustibles

L'introduction des pots catalytiques sur les véhicules à essence en 1993 a permis de très fortement réduire la part des émissions de CO provenant de la combustion de l'essence (moins de 20% sur au cours des dernières années), alors que ce combustible était le principal contributeur dans les années 1990. Aujourd'hui, les émissions proviennent essentiellement (pour environ deux tiers) de la combustion du bois (36% en 2018) et des usages non-énergétiques (32% en 2018).



Et ailleurs ?

A titre de comparaison, les émissions de CO en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 38,8 g par habitant et par an contre 37,7 g dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020). L'écart et les émissions se sont toutefois réduits par rapport à 1990 (181 g/hab/an pour la France, 134 g/hab/an pour l'UE-27).

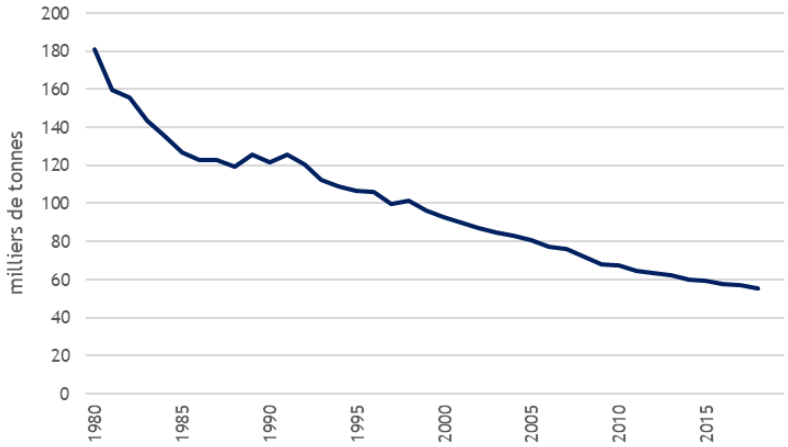
En Chine, depuis 2010, les mesures de contrôle des émissions et surtout la mise en œuvre, dès 2013, du plan quinquennal « Clean Air Action » a permis une réduction de la majorité des émissions de polluants. Les émissions de CO ont ainsi baissé de 27 % entre 2010 et 2017. (Zheng, B. et al., 2018)

En savoir plus

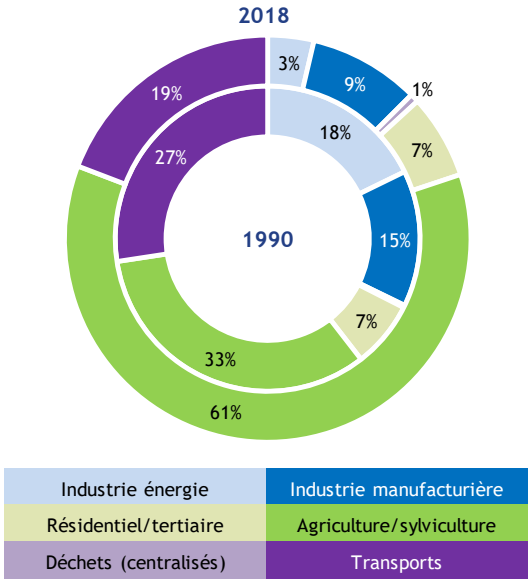
B. Zheng, D. Tong, M. Li, F. Liu, C. Hong, G. Geng, H. Li, X. Li, L. Peng, J. Qi, L. Yan, Y. Zhang, H. Zhao, Y. Zheng, K. He, Q. Zhang Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions Atmos. Chem. Phys., 18 (2018), pp. 14095-14111

Emissions de SO_2, NO_X et NH_3 en acide équivalent en bref

Evolution des émissions de SO_2, NO_X et NH_3 en acide équivalent en France



Répartition des émissions de SO_2, NO_X et NH_3 en acide équivalent en France



Aeq

Acide équivalent

Définition
Aeq : indicateur acide équivalent calculé sur la base de la part en masse des ions H+

soit : 0,0313 pour SO_2, 0,0217 pour NOx et 0,0588 pour NH_3.

Composition chimique
Voir chaque substance

Origine
Voir chaque substance

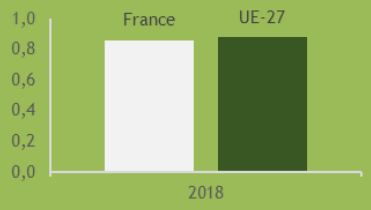
Type
indicateur

Phénomènes associés
Ces polluants se transforment et retombent sous forme de retombées sèches ou humides. SO_2 et NOx se transforment respectivement en sulfates et en nitrates ainsi qu'en acide sulfurique et en acide nitrique selon les conditions. Le NH_3, émis principalement par les activités agricoles, se transforme aussi en ammonium

Effets
Précurseur d'ozone

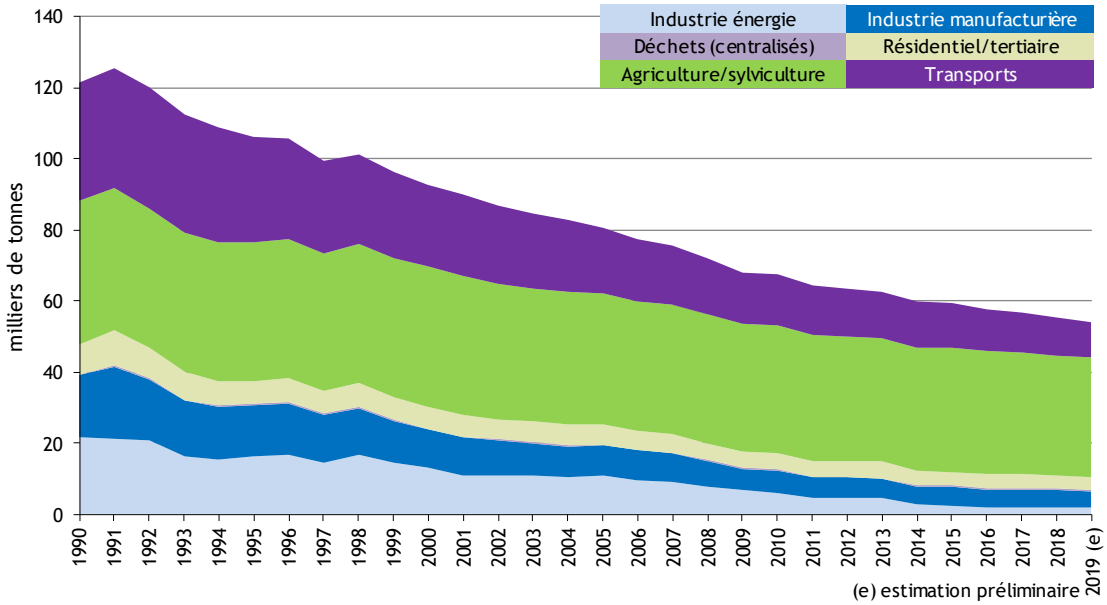
Acidification

Emissions par habitant
kg/hab/an en 2018

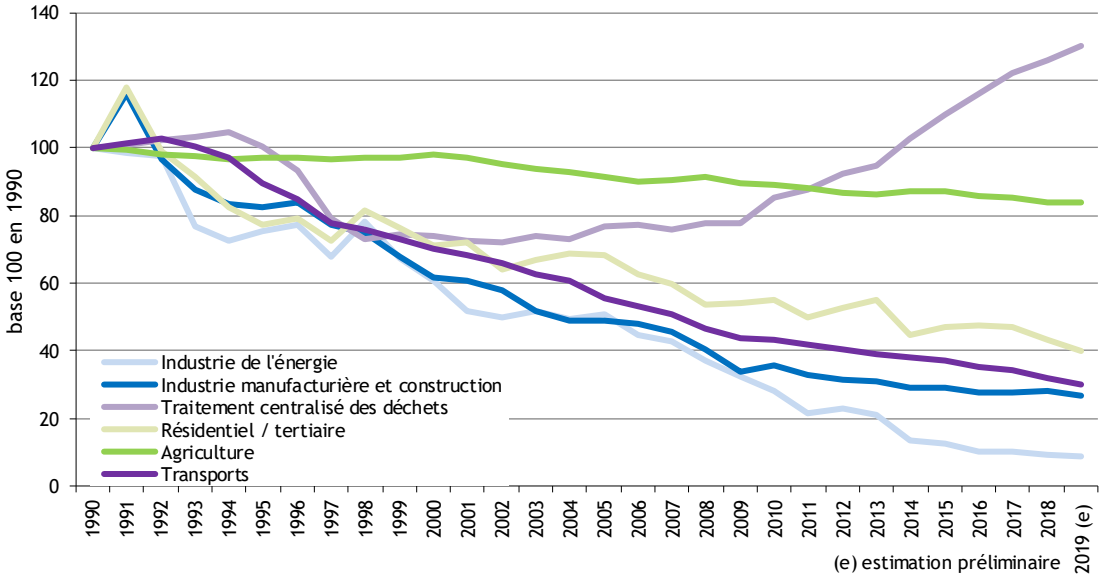


SO_2, NO_X et NH_3 en aeq.

Evolution des émissions dans l'air de Aeq depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Aeq en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Aeq (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	62,7	26,6	21,6	16,2	13,1	11,0	6,1	2,7	2,2	2,2	2,0	1,9
Industrie manufacturière et construction	38,1	21,4	17,5	14,5	10,8	8,5	6,3	5,1	4,9	4,9	4,9	4,7
Traitement centralisé des déchets	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Résidentiel / tertiaire	12,9	10,3	8,6	6,6	6,1	5,8	4,7	4,0	4,1	4,0	3,7	3,4
Agriculture	39,6	40,2	40,2	38,9	39,5	36,8	35,8	34,9	34,5	34,2	33,8	33,8
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	27,6	27,9	33,3	29,8	23,3	18,5	14,3	12,3	11,8	11,4	10,6	10,0
Transport hors total	*14,9*	*8,2*	*9,4*	*8,2*	*10,7*	*10,4*	*8,0*	*6,7*	*6,3*	*6,8*	*7,6*	*6,9*
TOTAL national hors UTCATF	**181,2**	**126,7**	**121,4**	**106,3**	**93,0**	**80,8**	**67,5**	**59,3**	**57,8**	**57,0**	**55,4**	**54,2**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0,3*	*0,4*	*0,5*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,4*
Emissions naturelles hors total	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,02*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,02*	*0,02*
TOTAL national avec UTCATF	**181,2**	**126,7**	**121,4**	**106,3**	**93,0**	**80,8**	**67,5**	**59,3**	**57,8**	**57,0**	**55,4**	**54,2**
Hors total	*15,1*	*8,6*	*9,9*	*8,6*	*11,1*	*10,8*	*8,4*	*7,1*	*6,7*	*7,2*	*8,0*	*7,2*

Références utilisées dans le chapitre

AEE 2018 – Agence de l'environnement européenne - Air quality in Europe – 2018 report. N°12. ISBN 978-92-9213-989-6

Agence américaine de protection de l'environnement. Nitrogen Oxides (NOx): Why and How They Are Controlled. Novembre 1999. Disponible sur : https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/fnoxdoc.pdf

Amann 2018 – Amann M. - Ozone strategies in the context of other policy objectives - Workshop on 'Air quality policy implementation related to ozone' Madrid, November 21-22, 2018.

Citepa 2020 – rapport CCNUCC – Rapport National d'Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto. Mars 2020

Derwent, 1998 - Derwent, R. ; Jenkin, M. ; Saunders, S. ; Pillings, M. : Photochemical creation potentials for organic compounds in northwest Europe calculated with a master chemical mechanism - Atmospheric environment. Volume 32. n°15 – pp. 2429-2441 – 1998.

Maas 2016 - Maas, R., P. Grennfelt (eds), 2016. Towards Cleaner Air. Scientific Assessment Report 2016. EMEP Steering Body and Working Group on Effects of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution

IPCC- AR5-2014 - Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
Seigneur 2018 - Seigneur Ch. – Pollution atmosphérique – Concepts, théorie et applications - BELIN éducation - ISBN 978 -2-410-00855-5.

B. Zheng, D. Tong, M. Li, F. Liu, C. Hong, G. Geng, H. Li, X. Li, L. Peng, J. Qi, L. Yan, Y. Zhang, H. Zhao, Y. Zheng, K. He, Q. Zhang Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions Atmos. Chem. Phys., 18 (2018), pp. 14095-14111

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Métaux lourds

Rédaction | **Benjamin CUNIASSE**
Tara GLASS

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Définition **168**
Arsenic (As) **171**
Cadmium (Cd) **175**
Chrome (Cr) **179**
Cuivre (Cu) **183**
Mercure (Hg) **187**
Nickel (Ni) **191**
Plomb (Pb) **195**
Sélénium (Se) **199**
Zinc (Zn) **203**

Définition

Le terme métal lourd n'a pas de définition scientifique (Seigneur, 2018). On considère généralement que ce sont des éléments métalliques dont la masse volumique est supérieure à 5 g/cm^3. Les métaux pour lesquels des mesures de contrôle et de réduction des émissions dans l'ensemble des compartiments air, eau, sols ont été mises en place aux niveaux international, européen et national, regroupent un ensemble de composés métalliques reconnus pour leurs effets toxiques. La Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (Convention LRTAP) a été la première convention à suivre les métaux dans l'environnement et à mettre en place un Protocole international visant à réduire les émissions de trois métaux lourds (cadmium (Cd), mercure (Hg), plomb (Pb)), (Aarhus 2012). Le rapportage des émissions dans l'atmosphère par les Parties est obligatoire pour ces trois métaux, et le rapportage de nombreux autres métaux est encouragé. La France rapporte l'ensemble des métaux concernés par la Convention LRTAP soit :

- arsenic (As),
- cadmium (Cd),
- chrome (Cr),
- cuivre (Cu),
- manganèse (Mg),
- mercure (Hg),
- nickel (Ni),
- plomb (Pb),
- sélénium (Se),
- zinc (Zn).

Ainsi, parmi les métaux suivis en termes d'inventaires des émissions dans l'atmosphère, certains correspondent à la définition de « métal lourd » et d'autres non. Ainsi, le zinc ne peut être qualifié de métal lourd. Il fait partie des métaux contrôlés pour sa toxicité. L'arsenic n'est pas un métal mais un métalloïde (ayant des caractéristiques d'un métal mais aussi des caractéristiques opposées), reconnu très toxique.

Sources

Ces métaux sont présents à l'état de trace de façon naturelle dans les sols, selon leurs caractéristiques géologiques (concentration pédo-géochimique naturelle). Des processus de retombées naturelles d'origine volcanique par exemple, influencent aussi les concentrations. Les activités humaines (qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles) influencent par ailleurs les concentrations par dépôts des poussières sur les sols et les eaux. L'érosion des sols contribue à remettre en suspension des métaux sous-forme particulaire ou gazeuse.

Effets sur la santé

Les métaux ont, de façon générale, des effets toxiques sur les êtres vivants, plus ou moins importants. Certains sont cependant des éléments indispensables pour les êtres vivants comme le cuivre, le sélénium, le zinc. Le cadmium, le mercure et le plomb n'ont pas de telles fonctions et sont toxiques à très faibles doses. Au-delà d'une certaine concentration, la plupart des métaux deviennent toxiques. Certains métaux peuvent être cancérigènes (arsenic par exemple) et dégrader les systèmes immunitaires et reproductifs (mercure par exemple). Il est à noter que les impacts santé sont différents selon la forme chimique sous laquelle le métal se retrouve dans l'environnement. L'impact dépend de leurs concentrations, de leur biodisponibilité et de leur capacité à entrer dans la chaîne alimentaire.

Les références suivantes donnent de bonnes synthèses sur la toxicologie des divers métaux et leurs composés organiques ou inorganiques :

- Le portail substances chimiques de l'INERIS fournit des grandeurs caractéristiques sur les substances chimiques dans les domaines suivants : Ecotoxicologie, Toxicologie, Données Technico-économiques. Par exemple pour le mercure : https://substances.ineris.fr/fr/substance/1183
- L'INERIS met aussi à disposition un certain nombre de fiches, dans lesquelles il est possible de trouver les substances considérées ci-dessus. https://substances.ineris.fr/fr/page/21#fictox.
- L'Organisation Mondiale de la Santé est également une source essentielle, pour certains composés : http://www.euro.who.int/fr/publications/abstracts/health-risks-of-heavy-metals-from-long-range-transboundary-air-pollution-2007
- L'INRS et les fiches toxicologiques : http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html

Effets sur l'environnement

Les métaux ne se dégradent pas mais ils sont présents dans l'environnement sous diverses formes chimiques. Certains peuvent atteindre la chaîne alimentaire, se concentrer, comme le mercure par exemple, et conduire à des voies de contamination par ingestion outre l'inhalation.

Métaux réglementés en termes d'émissions dans l'atmosphère

En raison de leur toxicité, les métaux lourds sont réglementés mais il n'existe pas de liste homogène tous milieux confondus (notamment dans l'eau et l'air).

Au niveau international, les métaux les plus toxiques sont réglementés : mercure (Hg), plomb (Pb) et cadmium (Cd).

- Sur le plan international, la Convention de Minamata est un traité international visant à protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets néfastes du mercure. La Convention rassemble 128 Parties. La

Convention de Minamata est entrée en vigueur le 16 août 2017. En juin 2019, 110 Parties l'ont ratifiée (Minamata 2019). La France est Partie prenante de cette Convention.

- Dans le cadre de la Convention LRTAP, sous l'égide de la Commission Économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-NU ou UNECE en anglais), le Protocole sur les métaux lourds (ou Protocole d'Aarhus) a été adopté en 1998. Il cible le cadmium, le plomb et le mercure. Les Parties doivent réduire leurs émissions de ces trois métaux en dessous de leurs niveaux de 1990. Le Protocole vise à réduire les émissions provenant de sources industrielles (industrie sidérurgique, industrie des non ferreux, etc.), de la combustion de combustibles (production d'électricité, transport routier) et d'incinération des déchets. Il fixe des valeurs limites pour les émissions provenant de sources fixes et identifie les meilleures techniques disponibles (MTD ou BAT en anglais) pour ces sources. Il introduit également des mesures pour réduire les émissions de métaux provenant de produits (batteries, appareils de mesure (thermomètres, manomètres, baromètres), lampes fluorescentes, amalgames dentaires, pesticides et peintures, etc.)). Le Protocole a été amendé en 2012 pour introduire de nouvelles prescriptions mais les amendements ne sont pas encore en vigueur (AARHUS, 2012).

D'autres Conventions internationales ciblent également les métaux lourds, notamment le mercure, mais dans le compartiment eau : la Convention d'Helsinki de 1992, visant la protection de la mer Baltique, la Convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord de 1992.

En France, les arrêtés relatifs aux installations classées pour l'environnement, tels que l'arrêté du 2 février 1998 modifié et les arrêtés relatifs aux installations de combustion limitent les émissions de nombreux métaux en fixant des Valeurs Limites d'Emissions (VLE) à ne pas dépasser. Les métaux suivants sont concernés : antimoine (Sb), arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), étain (Sn), manganèse (Mg), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se), tellure (Te), thallium (Tl), vanadium (V) et zinc (Zn) (Arrêté 1998).

Les inventaires d'émissions nationaux réalisés pour satisfaire les exigences de rapportage de la CEE-NU et de la Commission européenne.

Suivi des métaux dans l'air ambiant

Les métaux lourds réglementés en termes de qualité de l'air et faisant l'objet d'un suivi en termes de concentrations dans l'air ambiant, selon la directive 2004/107/CE modifiée, sont les suivants : le mercure, le plomb, le cadmium et l'arsenic.
Les autres métaux, peuvent faire l'objet de surveillance locale près des sites industriels ou de campagnes de mesures ponctuelles.
Des mesures de concentrations de métaux sont aussi réalisées par l'observatoire national de Mesure et d'Evaluation en zone rurale de la pollution Atmosphérique à longue distance. Cinq stations de fonds rurales mesurent les quatre métaux ci-dessus. Les données sont reportées chaque année à AirBase (the European Air quality dataBase), à l'EMEP et sont visualisables sur le site EBAS (http://ebas.nilu.no/) (MERA 2019). La référence (AAS 2016), présente la mesure de métaux réalisée dans la zone EMEP.

Concentrations observées dans l'environnement

Les problèmes de pollution de l'air causés par les métaux As, Cd, Pb et Ni, en termes d'air ambiant, sont très localisés. L'Agence de l'Environnement Européenne (AEE 2018) ne relève que peu de concentrations au-dessus des valeurs cibles. Ainsi pour l'arsenic, sur les 678 stations dans 28 pays, des dépassements de la valeur cible (6 ng/m^3) sont mesurés dans sept stations, à la fois sur des sites industriels et en sites urbains de fonds (cinq sites en Belgique et deux en Pologne). Pour le cadmium, sur 698 stations, des dépassements de la valeur cible (5 ng/m^3) sont observés sur trois stations, en zones suburbaines et industrielles (deux sites en Belgique,) ou en site de fond urbain (un site en Slovénie). Pour le Ni, sur 679 stations, des dépassements de la valeur cible de 20 ng/m^3 sont observés sur 2 stations au Royaume-Uni, un en Norvège, un en France et un en Italie. À l'exception d'une station de fond urbaine au Royaume-Uni, les quatre autres stations sont des stations industrielles.

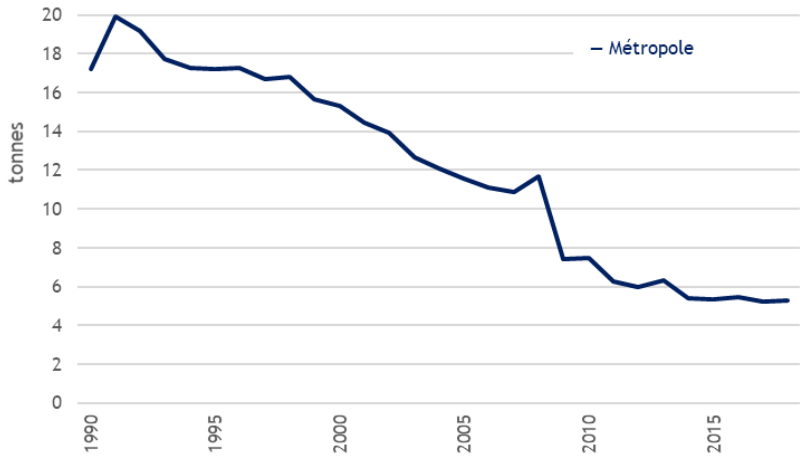
La figure suivante présente les concentrations d'Arsenic mesurées en Europe.

Figure 1 : concentrations d'Arsenic mesurées en 2016 en Europe (AEE 2018)

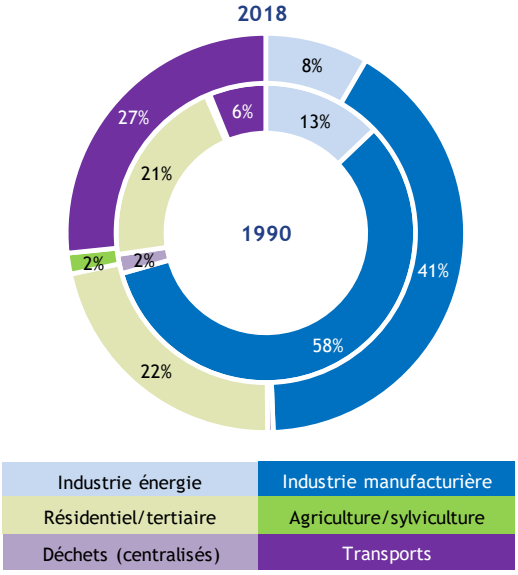
Selon les travaux EMEP, le transport des métaux lourds à longue distance est démontré. Ainsi 60 à 100 % des émissions de Pb et de Cd des pays sont déposés à l'extérieur du pays. Pour le mercure, c'est entre 80 et 100 %. En France, 50% des dépôts de plomb, par exemple, sont d'origine extérieure au territoire (AAS 2016).

Emissions d'Arsenic en bref

Evolution des émissions d'arsenic en France



Répartition des émissions d'arsenic en France



As

Arsenic

Type
Polluant atmosphérique.

Définition
L'arsenic (As) est un métalloïde présent à l'état naturel dans l'écorce terrestre sous la forme notamment d'arsénopyrite (Fe S As). Selon l'INERIS, sa concentration moyenne dans l'écorce terrestre est de 2 mg/kg. Il se retrouve dans les combustibles minéraux solides, le fioul lourd, la biomasse et certaines matières premières.

Il a été classé cancérigène groupe 1 par le CIRC et est très irritant pour le système respiratoire et la peau. Pour sa toxicité et son écotoxicité, se reporter aux publications de l'INERIS (portail des substances chimiques).

Origine
Sources anthropiques : combustion de combustibles fossiles solides, de fioul lourd et de carburants ; production de verre ; métallurgie des métaux ferreux et non ferreux

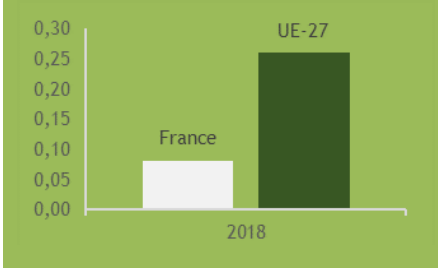
Sources naturelles : érosion des sols ; activité volcanique ; feux de forêt.

Phénomènes associés
L'arsenic est persistant dans l'environnement mais faiblement bioaccumulable. Il est très toxique (toxicité chronique) pour le milieu aquatique, classé H410, et présente aussi une toxicité aigüe pour ce même milieu (classé H400).

Effets
Santé,

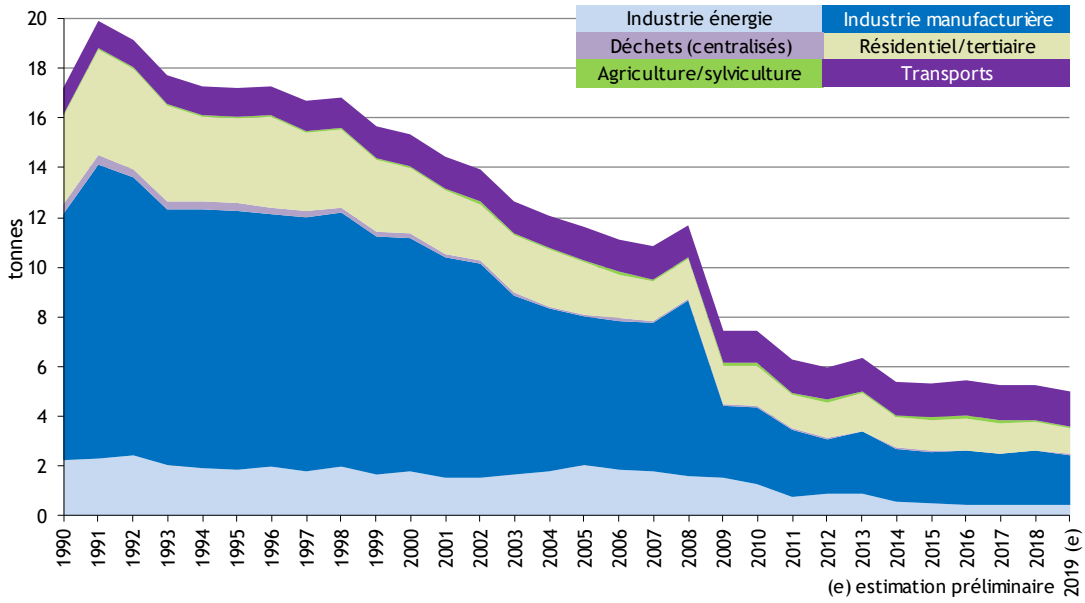
Classé cancérigène pour l'homme groupe I, selon le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, et en anglais International Agency for Research on Cancer (IARC)).

Emissions par habitant (kg/hab)

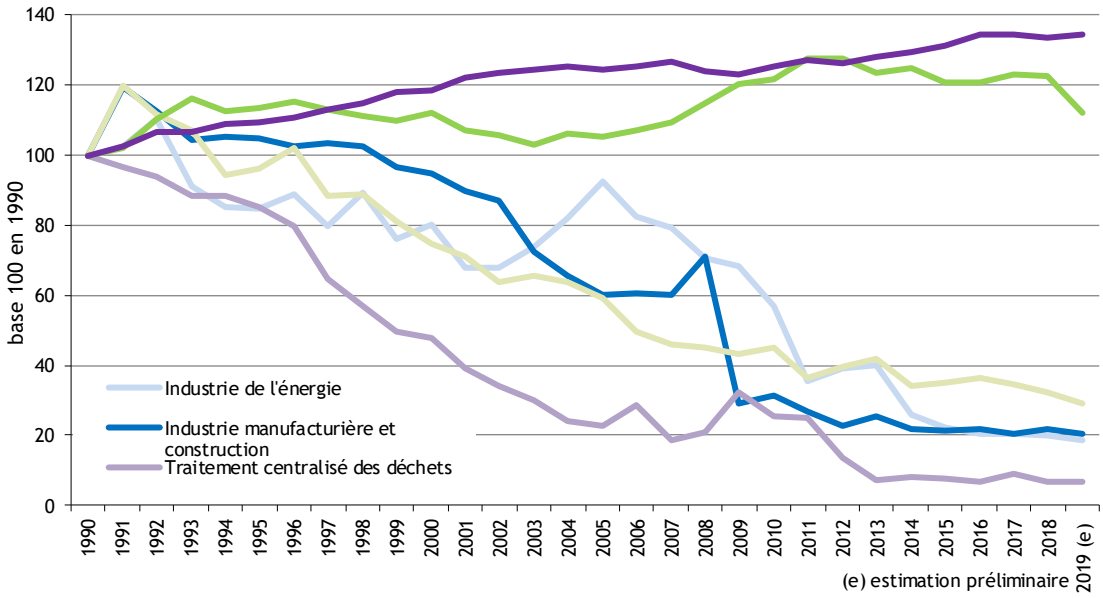


Arsenic

Evolution des émissions dans l'air de As depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de As en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de As (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	2,2	1,9	1,8	2,0	1,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Industrie manufacturière et construction	9,9	10,4	9,4	6,0	3,1	2,1	2,2	2,0	2,2	2,0
Traitement centralisé des déchets	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Résidentiel / tertiaire	3,6	3,4	2,7	2,1	1,6	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0
Agriculture	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Transport hors total	*0,4*	*0,3*	*0,5*	*0,5*	*0,4*	*0,3*	*0,3*	*0,3*	*0,3*	*0,3*
TOTAL national hors UTCATF	**17,2**	**17,2**	**15,3**	**11,6**	**7,5**	**5,3**	**5,4**	**5,2**	**5,3**	**5,0**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**17,2**	**17,2**	**15,3**	**11,6**	**7,5**	**5,3**	**5,4**	**5,2**	**5,3**	**5,0**
Hors total	*0,4*	*0,3*	*0,5*	*0,5*	*0,4*	*0,3*	*0,3*	*0,3*	*0,3*	*0,3*

Arsenic

Analyse

Enjeux

Sources principales

Tous les secteurs contribuent aux émissions d'arsenic (As) mais dans des proportions variables. Historiquement, le principal secteur contributeur est l'industrie manufacturière, dont le principal sous-secteur est celui des minéraux non-métalliques et matériaux de construction. Les émissions de ce polluant dans l'atmosphère proviennent :

- de la présence de traces de ce métal dans les combustibles minéraux solides, le fioul lourd, le bois-énergie ainsi que dans les carburants,
- de la présence de ce métal dans certaines matières premières utilisées, par exemple dans la production de certains verres et de métaux ferreux ou non ferreux,
- enfin, de l'usure des routes, de l'abrasion des pneus et des freins.

Objectifs de réduction

Aucun objectif de réduction ou limite d'émission d'arsenic ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ».

Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 71 %

A noter

La part hors total des émissions d'arsenic provient uniquement du transport maritime international et représente une proportion relative croissante des émissions du total national évoluant entre 2 % en 1990 et 6 % en 2018 et culminant à 7% en 2011.

Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) d'arsenic n'est calculée.

Tendance générale

Sur la période 1990-2018, les émissions ont baissé de près de 69% avec toutefois un pic en 1991 (20 t).

Dans le secteur de l'industrie manufacturière, la forte baisse des émissions est liée principalement à la mise en place dans les aciéries électriques de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux. Toutefois, la hausse des émissions du secteur entre 2007 et 2008 résulte d'un dysfonctionnement en 2008 des épurateurs d'un site de production de verre creux. Depuis 2009, la baisse des émissions s'explique principalement par l'installation d'électrofiltres sur de nombreux fours de production de verre creux. Également, la crise financière de 2008, qui a entrainé une baisse de l'activité industrielle, est un des facteurs responsables de la baisse des émissions.

Dans le secteur du résidentiel/tertiaire, la forte diminution des émissions est induite par la baisse de la consommation de combustibles minéraux solides.

Évolution récente

Entre 2007 et 2018, les émissions d'arsenic (As) ont baissé d'environ 51%.

Dans le secteur de la transformation d'énergie, la baisse fait suite à la fermeture de certaines centrales thermiques fonctionnant au charbon. En 2011, les émissions ont encore diminué du fait de l'effet cumulé d'une moindre

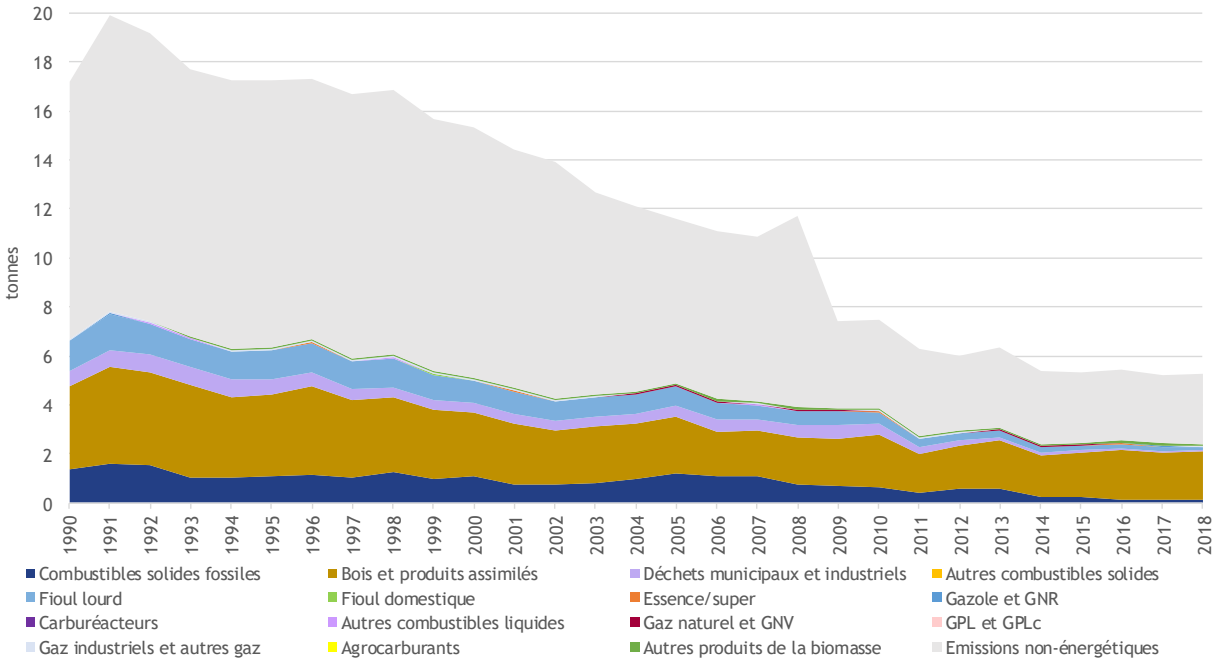
consommation de charbon au bénéfice du gaz naturel et d'un climat doux. En 2012 et 2013, la baisse d'activité du secteur du raffinage compense la reprise de la consommation de combustibles pour la production d'électricité, liée à des années plus froides que 2011. En 2014 et 2015, la baisse des émissions constatée est principalement expliquée par la douceur du climat ces années-là. Depuis 2014, les émissions d'As sont plutôt stables, en légère baisse.

Les émissions d'As ont baissé dans tous les secteurs sauf en agriculture, où les émissions ont légèrement augmenté. Cependant, ce secteur reste un contributeur très marginal. Les émissions d'As dans ce secteur proviennent notamment de la combustion dans les engins mobiles, moteurs et chaudières, qui ont vu leurs consommations augmenter depuis 1990.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions d'arsenic se répartissent de façon équilibrée entre émissions énergétiques (liées à des combustibles) et émissions non énergétiques. Depuis 1990, le bois et produits assimilés, les CMS, le fioul lourd et les déchets municipaux et industriels sont les principaux combustibles responsables des émissions énergétiques d'arsenic de la France. La contribution des CMS, du fioul lourd et des déchets à ces émissions a diminué progressivement depuis 1990. Celle du bois en revanche a diminué de façon moins rapide et constitue donc, ces dernières années, la grande majorité des émissions énergétiques d'arsenic.

Répartition des émissions de As par combustible en France (Métropole)

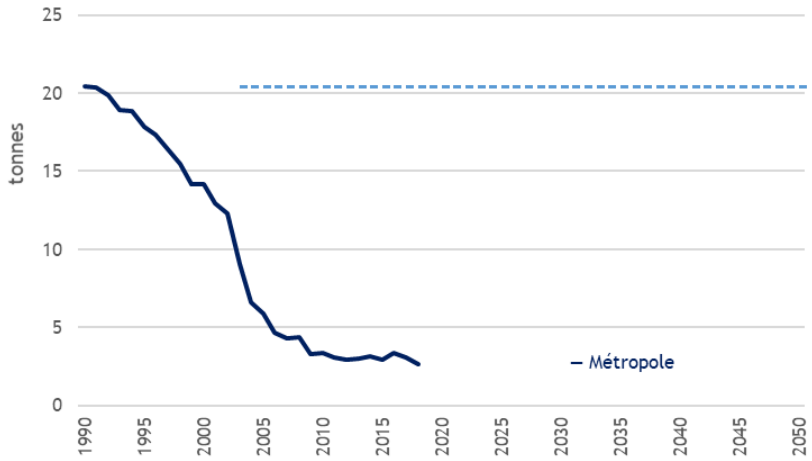


Et ailleurs ?

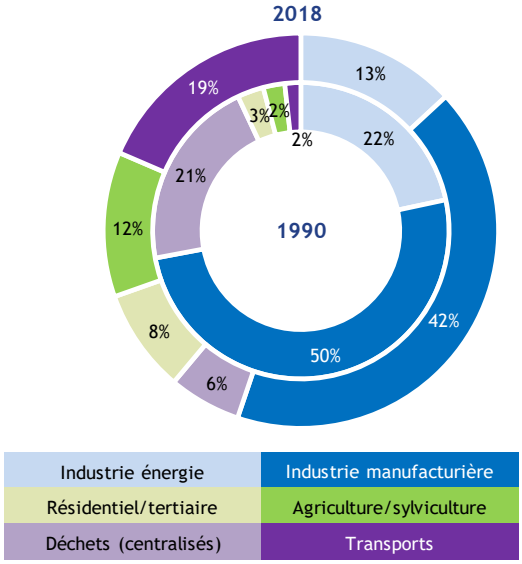
A titre de comparaison, les émissions d'arsenic en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 81 mg par habitant et par an contre 260 mg dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

Emissions de cadmium en bref

Evolution des émissions de cadmium en France



Répartition des émissions de cadmium en France



Cd

Cadmium

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le cadmium (Cd) est un métal présent à l'état naturel dans la croûte terrestre. Il est présent à l'état de traces dans les combustibles fossiles solides, le fioul lourd et la biomasse.

C'est un métal toxique, très irritant pour le système respiratoire, classé cancérigène, mutagène et reprotoxique. Pour sa toxicité et son écotoxicité se reporter aux publications de l'Ineris.

Origine
Sources anthropiques : production de zinc ; combustion de combustibles fossiles solides, de fioul lourd et de biomasse ; incinération de déchets

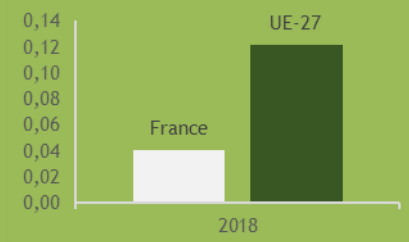
Sources naturelles : éruption volcanique ; entraînement de particules provenant du sol, feux de forêts

Phénomènes associés
Le cadmium en poudre présente une toxicité chronique pour le milieu aquatique (classé H410) mais aussi une toxicité aigüe (classé H400).

Effets
Santé.

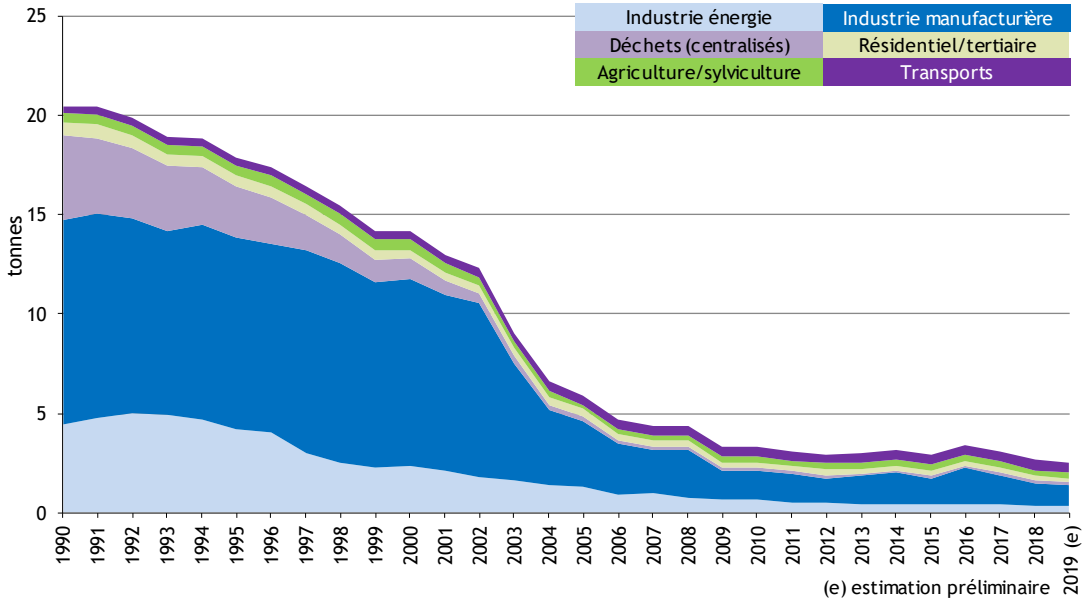
Le cadmium en poudre est classé cancérigène groupe 2B (H350) (Substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé), mutagène groupe 2 (H341) et reprotoxique groupe 2 (H361fd).

Emissions par habitant (g/hab)

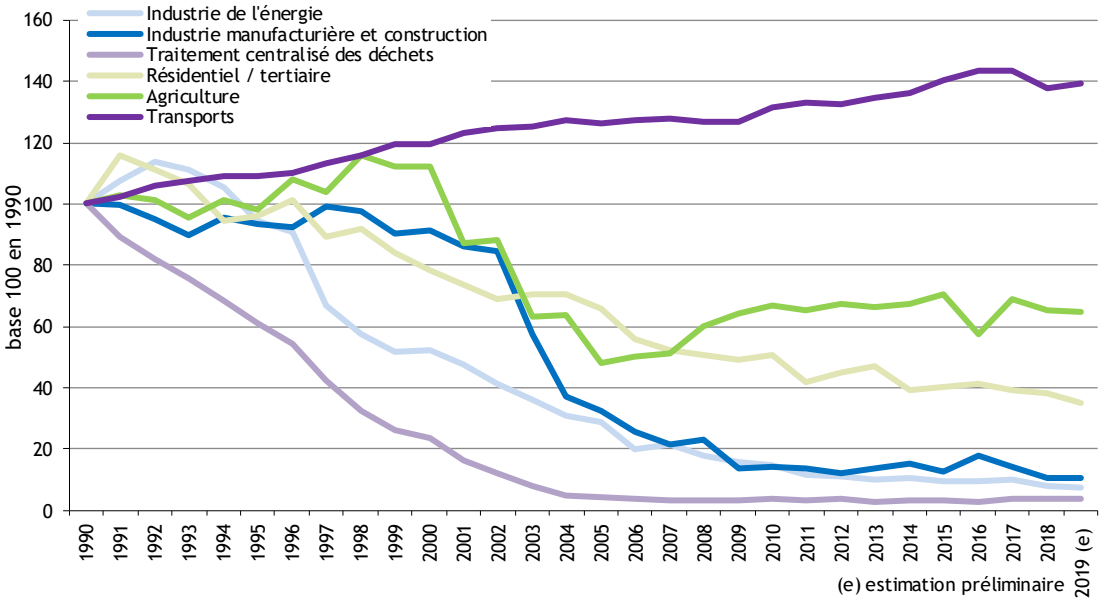


Cadmium

Evolution des émissions dans l'air de Cd depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Cd en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Cd (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	4,4	4,2	2,3	1,3	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Industrie manufacturière et construction	10,3	9,6	9,4	3,4	1,4	1,3	1,8	1,4	1,1	1,1
Traitement centralisé des déchets	4,3	2,6	1,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Résidentiel / tertiaire	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Agriculture	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Transport hors total	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*
TOTAL national hors UTCATF	**20,4**	**17,9**	**14,2**	**5,9**	**3,3**	**2,9**	**3,4**	**3,1**	**2,6**	**2,6**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**20,4**	**17,9**	**14,2**	**5,9**	**3,3**	**2,9**	**3,4**	**3,1**	**2,6**	**2,6**
Hors total	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*

Cadmium

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux/sanitaires

Le Plan national santé environnement pour la période 2015-2019 (PNSE 3) fait de la prévention aux risques liés à l'exposition aux métaux lourds tels que le cadmium une de ses priorités. Il est en effet souligné que le cadmium, métal lourd ubiquitaire, présente de grands enjeux. L'exposition prolongée au cadmium par voie orale induit des atteintes rénales, une fragilité osseuse, des troubles de la reproduction, ainsi qu'un risque accru de cancer ayant donné lieu à un classement comme « cancérogène 27 pour l'homme » (groupe 1) par le CIRC et dans la catégorie 1B (cancérogène chez l'animal) par l'Union Européenne.

Objectifs de réduction

Le Protocole d'Aarhus sur les métaux lourds (adopté en 1998 et amendé en 2012) impose à la France de ne pas dépasser le niveau d'émission de cadmium atteint en 1990 soit 20,4 tonnes émise par an. La France respecte cet objectif depuis 1990 puisque ses émissions de cadmium sont globalement en baisse depuis cette année de référence.

Aucun autre objectif plus contraignant ne doit être respecté par la France.

Sources principales

Tous les secteurs contribuent aux émissions de cadmium (Cd) mais l'industrie manufacturière est prédominante.

Les principales sources d'émission sont :

- la combustion des combustibles minéraux solides, du fioul lourd mais également de la biomasse,
- l'incinération (ordures ménagères avec récupération d'énergie et incinération des boues),
- la sidérurgie,
- la métallurgie des métaux non ferreux,
- la production de minéraux non-métalliques et de matériaux de construction,
- la combustion des autres combustibles et d'une partie des huiles moteur, ainsi que l'abrasion des pneus et freins pour le secteur routier.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 45 %.

A noter

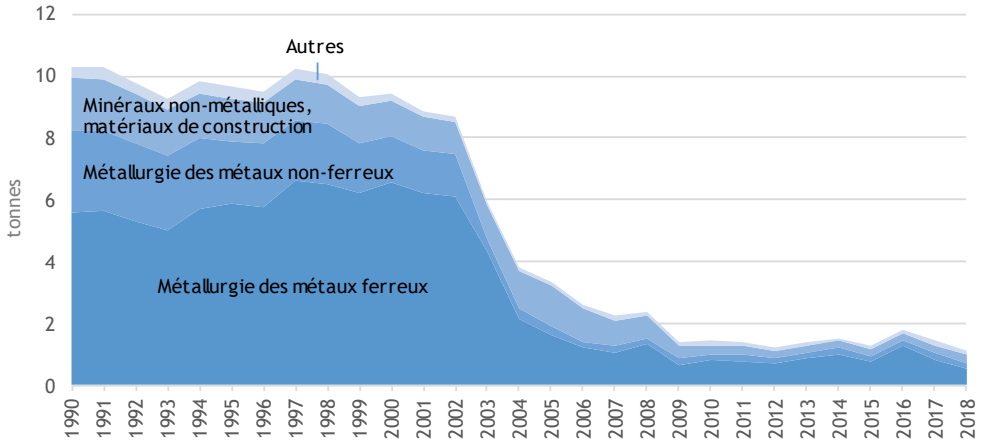
La part hors total des émissions de cadmium provient uniquement du transport maritime international et représente une proportion relative croissante des émissions du total national, évoluant entre 1 % en 1990 et 3 % en 2018 et culminant à 4% en 2011.

Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) de cadmium n'est calculée.

Tendance générale

Les émissions de cadmium ont baissé de 87% entre 1990 et 2018. La baisse des émissions sur la période 1990-2018 s'observe dans tous les secteurs. Elle s'explique par les progrès réalisés dans les secteurs industriels, en particulier la sidérurgie et la métallurgie des métaux non ferreux, et dans le traitement des fumées des usines d'incinération. La baisse la plus importante des émissions a eu lieu entre 2000 et 2005 (-58%).

Répartition des émissions de Cd du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



Évolution récente

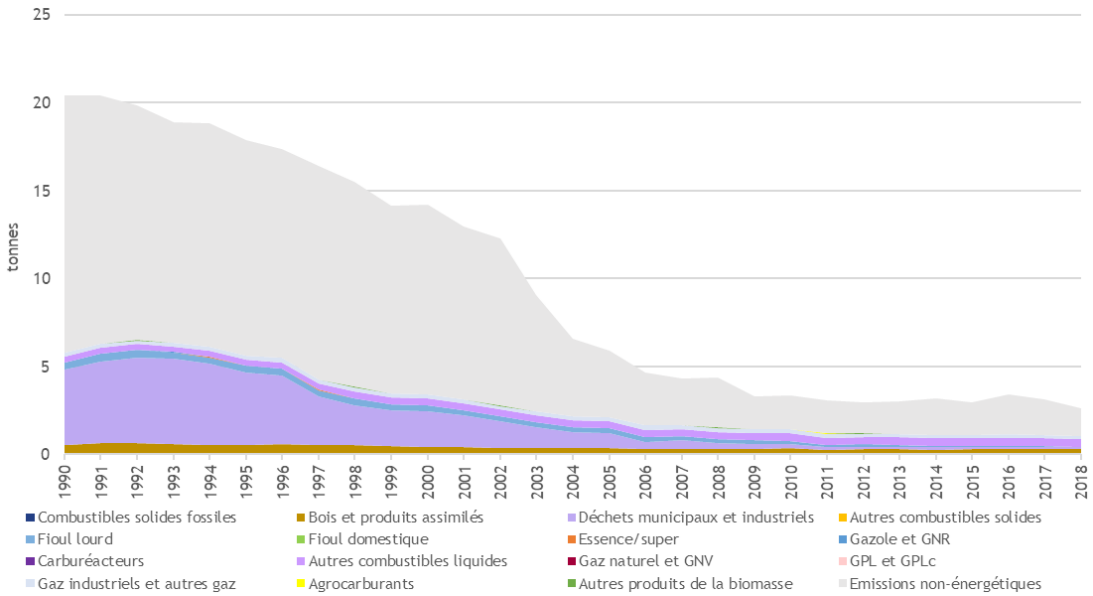
Plus récemment, entre 2008 et 2009, le secteur de l'industrie manufacturière a connu une forte réduction de ses émissions du fait :

- d'une meilleure gestion du minerai de fer (contenant moins de métaux lourds) pour fabriquer l'aggloméré dans le procédé sidérurgique,
- de la mise en place de dépoussiéreurs en 2009 sur plusieurs fours du secteur verrier (verre creux),
- et enfin, de la crise économique, qui a entrainé un ralentissement de l'activité.

Depuis, les émissions de cadmium, dominées par le secteur de l'industrie manufacturière, sont restées relativement stables.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions énergétiques de cadmium représentent entre 23 et 44 % des émissions totales de ce polluant selon l'année considérée. A l'instar des émissions non-énergétiques, celles-ci diminuent depuis 1990, notamment la part de ces émissions liée aux déchets municipaux et industriels qui accuse une diminution de 97 % sur la période considérée. Celle-ci était prépondérante en 1990, représentant alors 74 % des émissions énergétiques contre 10 % seulement en 2018.

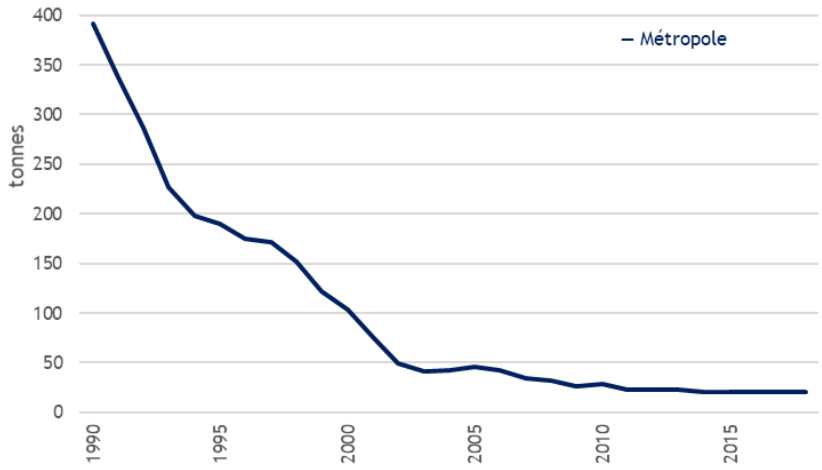


Et ailleurs ?

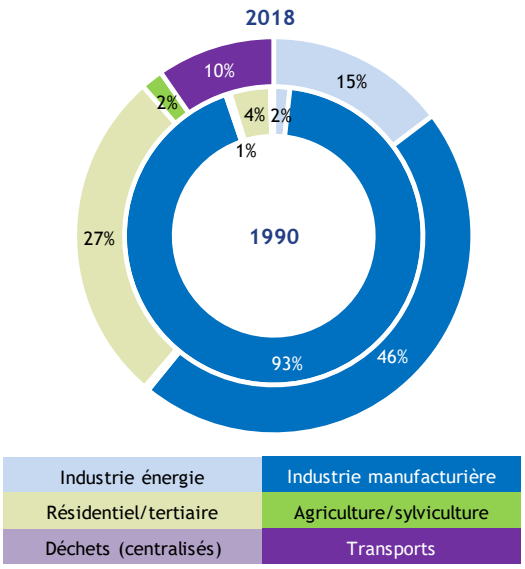
A titre de comparaison, les émissions de cadmium en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 41 mg par habitant et par an contre 121 mg dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

Emissions de chrome en bref

Evolution des émissions de chrome en France



Répartition des émissions de chrome en France



Cr

Chrome

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le chrome (Cr) n'existe pas à l'état natif mais seulement sous forme de minerai tel que la chromite. C'est un composé présent en petites quantités à l'état naturel dans les roches et les sols. Sa forme naturelle est plutôt trivalente (chrome III). La forme hexavalente (chrome VI) est principalement liée aux activités humaines. On le retrouve en trace dans les combustibles fossiles solides, le fioul lourd et la biomasse.

Le chrome hexavalent est classé cancérigène groupe 1 mais les autres formes ne le sont pas. Pour sa toxicité et son écotoxicité se reporter aux publications de l'Ineris (portail des substances chimiques.

Origine
Sources anthropiques : fonderies de fonte ; aciéries électriques ; combustion de combustibles fossiles solides, de fioul lourd, de biomasse et de carburants ; production de verre

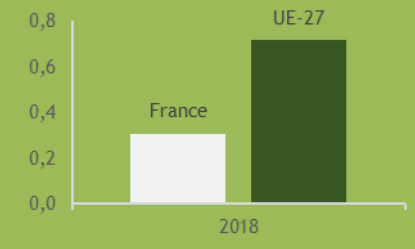
Sources naturelles : entraînement dans l'atmosphère par mise en suspension de poussières, volcanisme, feux de forêts

Phénomènes associés
Le chrome s'accumule peu dans la chaîne alimentaire.

Effets
Santé.

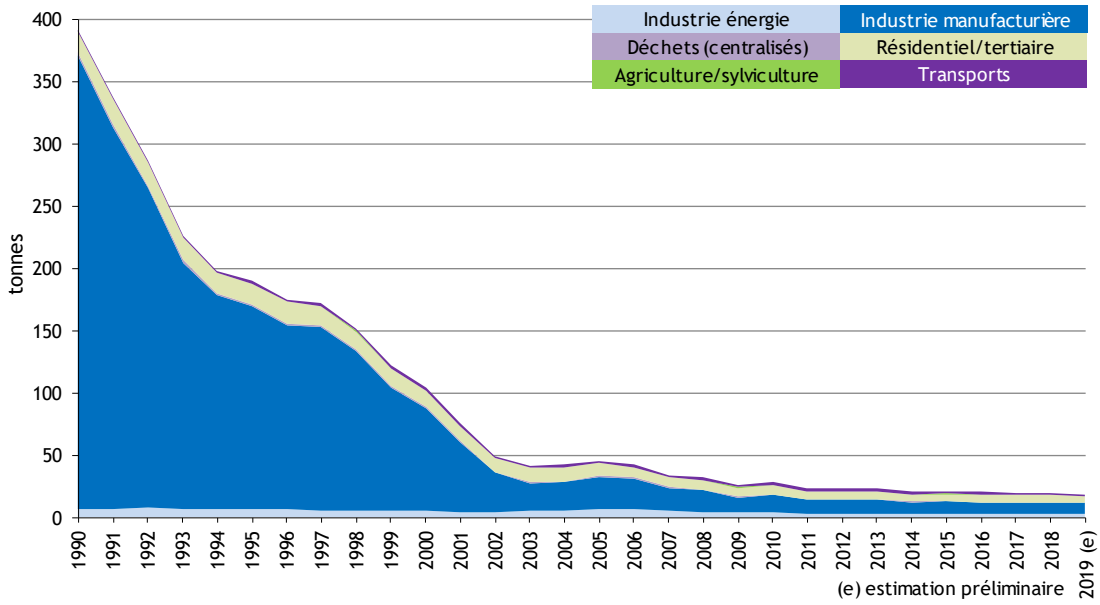
Les composes du chrome VI sont classé cancérigène catégorie I selon le CIRC. Les composés du chrome III ne le sont pas.

Emissions par habitant (g/hab)

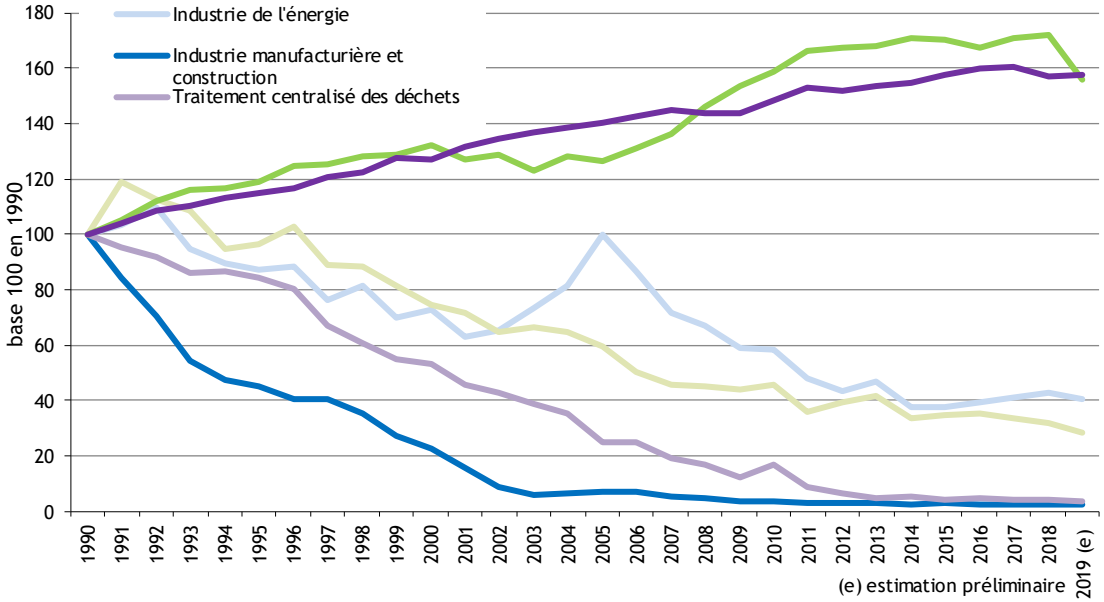


Chrome

Evolution des émissions dans l'air de Cr depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Cr en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Cr (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	6,9	6,0	5,0	6,9	4,0	2,6	2,7	2,8	2,9	2,8
Industrie manufacturière et construction	364,5	163,8	83,0	25,9	13,9	10,1	9,4	9,1	9,2	8,6
Traitement centralisé des déchets	2,0	1,7	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Résidentiel / tertiaire	17,1	16,5	12,7	10,2	7,8	5,9	6,1	5,7	5,4	4,9
Agriculture	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	1,9	1,9
Transport hors total	*0,8*	*0,7*	*0,9*	*0,9*	*0,8*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,6*	*0,5*
TOTAL national hors UTCATF	**391,9**	**189,6**	**103,6**	**45,5**	**28,2**	**20,9**	**20,6**	**20,1**	**19,9**	**18,6**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**391,9**	**189,6**	**103,6**	**45,5**	**28,2**	**20,9**	**20,6**	**20,1**	**19,9**	**18,6**
Hors total	*0,8*	*0,7*	*0,9*	*0,9*	*0,8*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,6*	*0,5*

Chrome

Analyse

Enjeux

Sources principales

Tous les secteurs contribuent aux émissions de chrome, mais les émissions proviennent historiquement très majoritairement de l'industrie manufacturière et plus précisément de la métallurgie des métaux ferreux.

Les émissions de chrome (Cr) ont pour principale origine les traces de ce métal dans les combustibles (combustibles minéraux solides, fioul lourd, biomasse et carburant) émises lors de la combustion. Pour le transport routier, en plus de la combustion des carburants, les émissions proviennent, d'une part, de la combustion d'une partie des huiles moteur dans tous les types de véhicules et, d'autre part, de l'abrasion des pneus et des freins.

Dans le secteur de l'industrie manufacturière, les émissions sont issues principalement du sous-secteur de la production des métaux ferreux, en particulier des aciéries électriques et des fonderies de fonte, et du sous-secteur des minéraux non métalliques et matériaux de construction, en particulier du fait de certaines installations de production de verre.

Objectifs de réduction

Aucun objectif de réduction ou limite d'émission de chrome ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ».

Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 48 %.

A noter

La part hors total des émissions de chrome provient uniquement du transport maritime international et représente une proportion relative croissante des émissions du total national évoluant entre 0,2 % en 1990 et 3,1 % en 2018 et culminant à 3,7 % en 2011.

Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) de chrome n'est calculée.

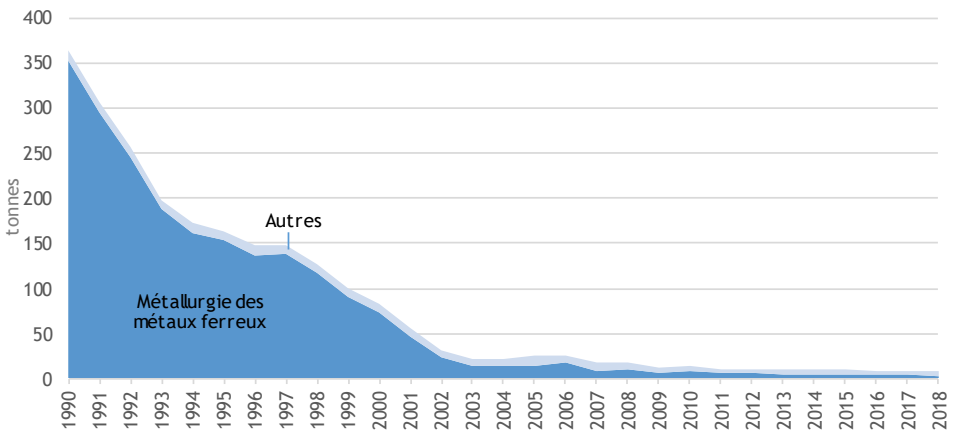
Tendance générale

La forte baisse des émissions observée dans le secteur de l'industrie manufacturière depuis 1990 s'explique principalement par la mise en place dans les aciéries électriques, de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux. L'importance relative d'autres secteurs (Résidentiel/tertiaire et Industrie de l'énergie) a augmenté progressivement avec la baisse du niveau des émissions globales.

Dans le secteur du résidentiel/tertiaire, la forte diminution des émissions est induite par le renouvellement du parc des installations individuelles fonctionnant au bois par des équipements plus performants.

Globalement, les émissions de chrome ont été divisées environ par 20 entre 1990 et 2018.

Répartition des émissions de Cr du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)

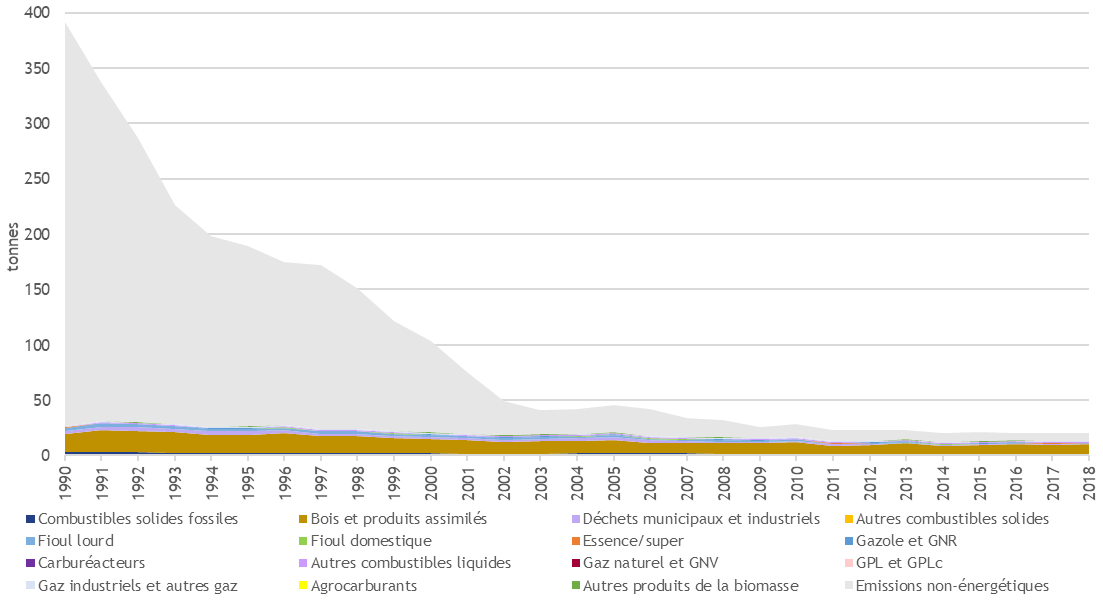


Évolution récente

Depuis 2002, les émissions de chrome sont inférieures à 50 t/an. Les niveaux des émissions de chrome (Cr) depuis 2014 sont les plus bas observés sur l'ensemble de la période (1990-2018), de l'ordre de 20 t/an, en légère baisse.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions énergétiques de chrome représentent une part relative croissante des émissions totales de ce polluant évoluant entre 7 % en 1990 et 67 % en 2018. A l'instar des émissions non-énergétiques, celles-ci diminuent depuis 1990, notamment la part de ces émissions liée aux CMS, bois et fioul lourd, qui accuse une diminution de 54 % sur la période considérée.



Et ailleurs ?

A titre de comparaison, les émissions de chrome en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 308 mg par habitant et par an contre 717 mg dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

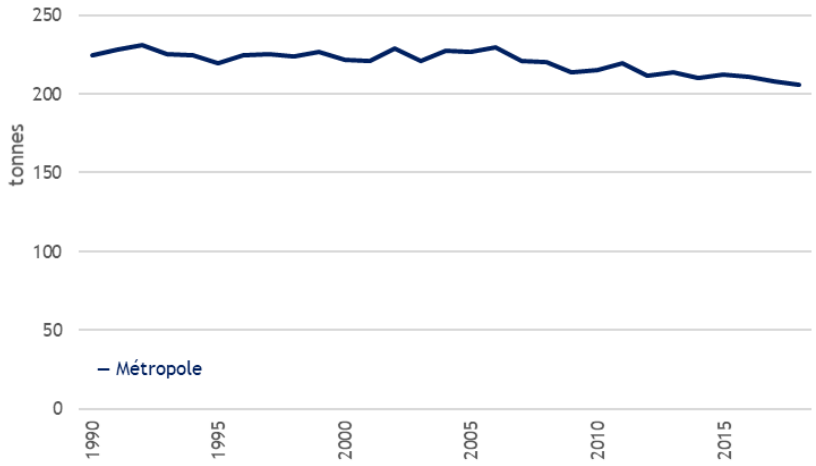
En savoir plus

Portail des substances chimiques de l'INERIS : https://substances.ineris.fr/fr/substance/668.

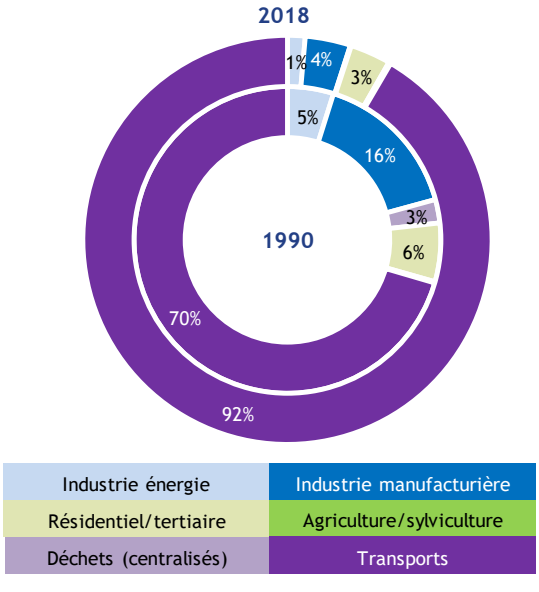
INERIS 2005a. Bisson M. et autres. Chrome et ses dérivés.

Emissions de cuivre en bref

Evolution des émissions de cuivre en France



Répartition des émissions de cuivre en France



Cu

Cuivre

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le cuivre (Cu) est un métal présent à l'état naturel dans l'écorce terrestre à l'état pur et dans de nombreux minerais. Il se trouve à l'état de traces dans des combustibles fossiles solides et dans la biomasse.

Le cuivre est un oligo-élément essentiel. La toxicité chronique du cuivre par voie orale affecte le foie, les reins et l'estomac. Pour sa toxicité et son écotoxicité se reporter aux publications de l'INERIS (portail des substances chimiques).

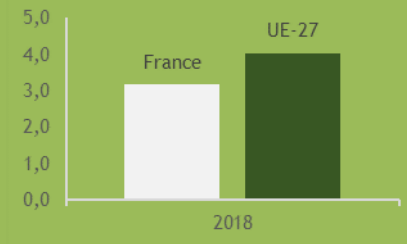
Origine
Sources anthropiques : usure des plaquettes de frein et des pneumatiques ainsi qu'abrasion des routes (transport routier) ; usure des caténaires (transport ferroviaire) ; combustion de combustibles minéraux solides, de carburants et de biomasse ; métallurgie de métaux ferreux (aciérie électriques).

Sources naturelles : érosion des roches ; activité volcanique ; feux de forêts ; aérosols marins.

Phénomènes associés
Le sulfate de cuivre et le chlorure de cuivre sont très toxiques pour les organismes aquatiques.

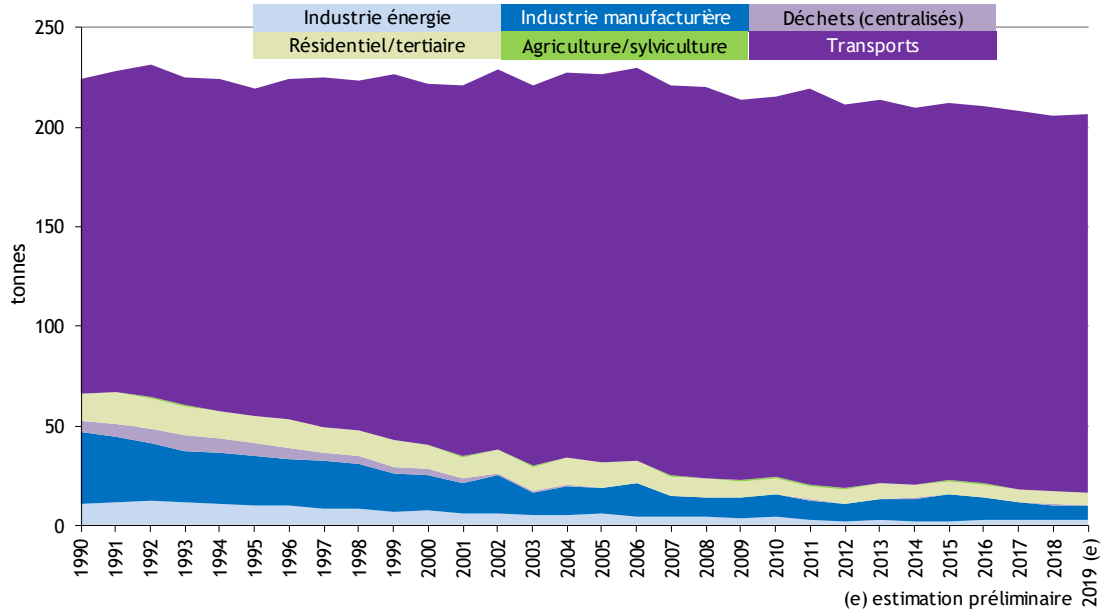
Effets
Santé. La toxicité dépend des formes chimiques.

Emissions par habitant (g/hab)

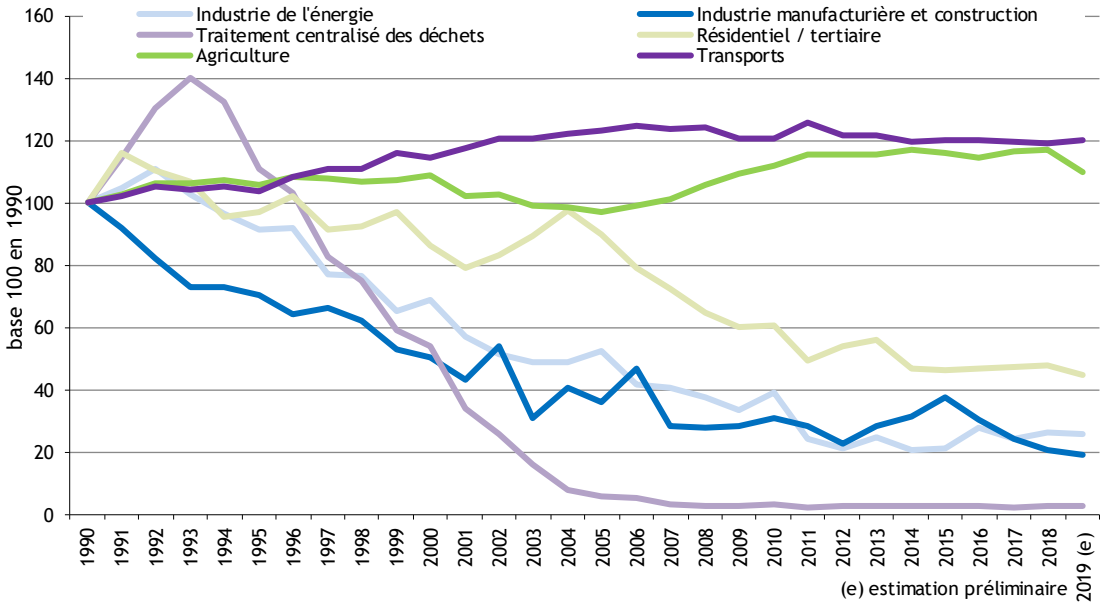


Cuivre

Evolution des émissions dans l'air de Cu depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Cu en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Cu (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	10,9	10,0	7,5	5,7	4,3	2,3	3,0	2,7	2,9	2,8
Industrie manufacturière et construction	35,7	25,0	17,9	12,9	11,0	13,4	10,8	8,6	7,4	6,9
Traitement centralisé des déchets	5,6	6,1	3,0	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Résidentiel / tertiaire	13,9	13,4	11,9	12,4	8,4	6,4	6,5	6,6	6,6	6,2
Agriculture	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	158,2	164,5	181,0	194,9	190,9	189,7	190,0	189,6	188,5	190,3
Transport hors total	*0,6*	*0,5*	*0,7*	*0,7*	*0,6*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,5*	*0,4*
TOTAL national hors UTCATF	**224,5**	**219,3**	**221,7**	**226,5**	**215,1**	**212,3**	**210,9**	**207,8**	**205,8**	**206,7**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**224,5**	**219,3**	**221,7**	**226,5**	**215,1**	**212,3**	**210,9**	**207,8**	**205,8**	**206,7**
Hors total	*0,6*	*0,5*	*0,7*	*0,7*	*0,6*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,5*	*0,4*

Cuivre

Analyse

Enjeux

Sources principales

Les émissions de cuivre dues au transport routier sont imputables, en très grande partie, à l'usure des plaquettes de freins. La combustion des carburants et d'une partie des huiles moteur dans tous les types de véhicules ainsi que l'abrasion des routes et l'usure des pneumatiques contribuent également aux émissions, mais de manière très marginale.

Pour les autres transports, les émissions de cuivre proviennent majoritairement du transport ferroviaire et en particulier de l'usure des caténaires.

Objectifs de réduction

Aucun objectif de réduction ou limite d'émission de cuivre ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ».

Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 296 % .

A noter

La part hors total des émissions de cuivre provient uniquement du transport maritime international et représente une proportion relative des émissions du total national évoluant entre 0,2 % et 0,3 % selon l'année considérée.

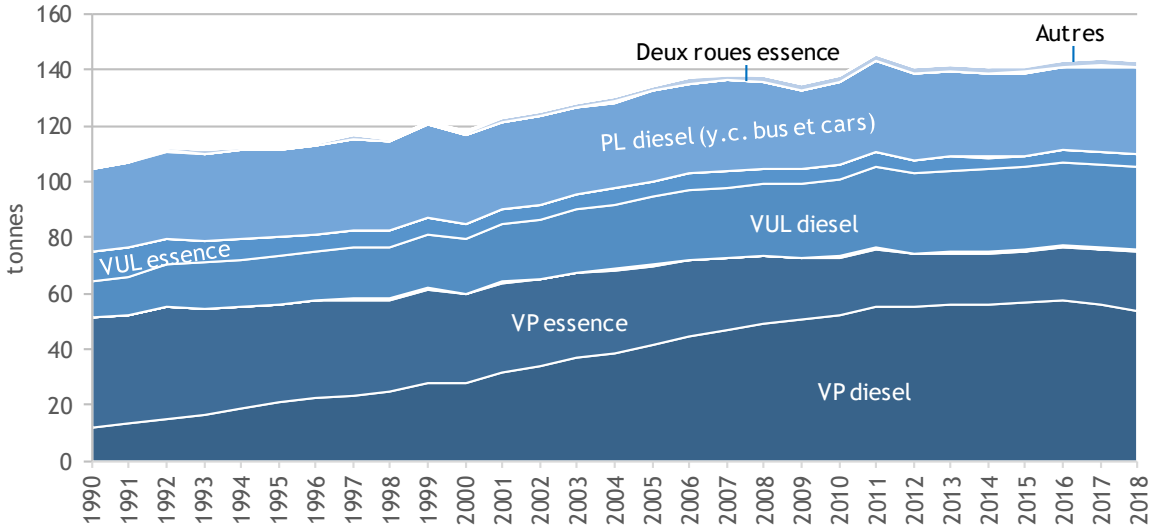
Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) de cuivre n'est calculée.

Tendance générale

Les émissions de cuivre (Cu) en France métropolitaine ont une légère tendance à la baisse sur la période 1990-2018.

Tous les secteurs contribuent de façon disparate aux émissions de cuivre. Cependant, deux secteurs prédominent : d'une part, le transport routier (69% des émissions nationales en 2018) et, d'autre part, les autres transports (22% du total national en 2018).

Evolution des émissions dans l'air de Cu du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



La hausse observée depuis 1990 dans les secteurs relatifs aux transports est due à l'accroissement du trafic routier. En revanche, plusieurs secteurs ont vu leurs émissions décroître sur la période 1990-2018 :

- l'industrie manufacturière, principalement du fait du sous-secteur des métaux ferreux et, en particulier, des aciéries électriques à la suite de la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux.
- la transformation de l'énergie, à la suite de la mise en conformité progressive des usines d'incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie (mise en place de dépoussiéreurs),
- le résidentiel/tertiaire, essentiellement du fait de l'amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois.

Les baisses observées dans les secteurs de la transformation de l'énergie et du résidentiel/tertiaire sont liées à une meilleure efficacité des dépoussiéreurs dans les centrales thermiques et à la combinaison entre la moindre consommation de bois (hivers doux) et le renouvellement du parc d'appareils de combustion du bois avec des appareils plus performants.

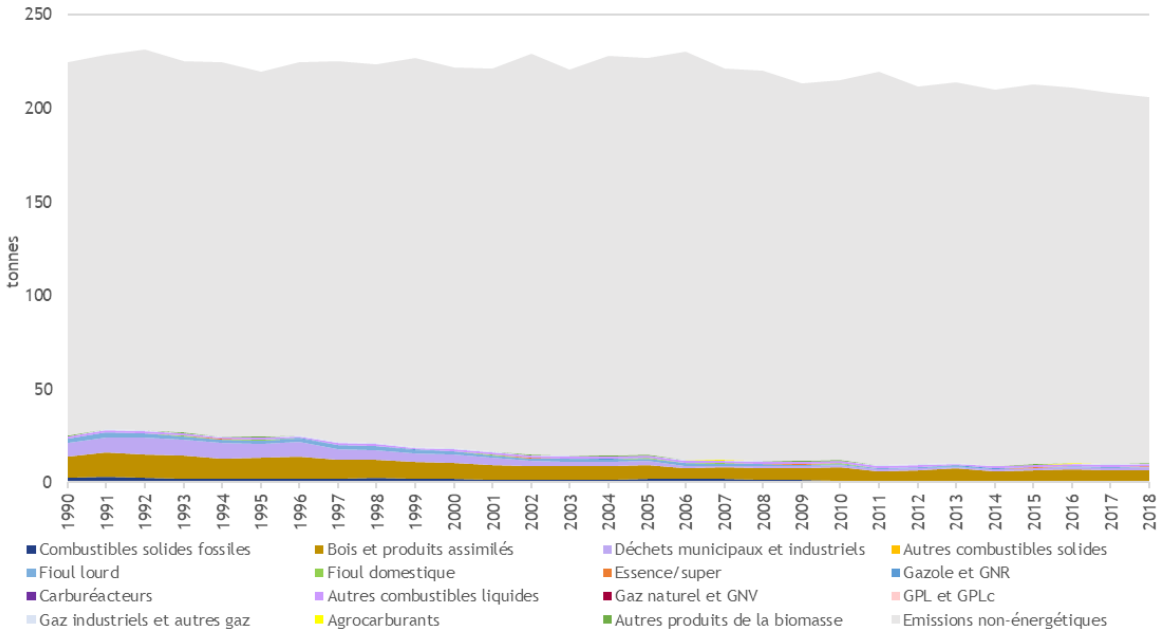
Évolution récente

Depuis 2015, il n'est pas observé de fluctuations majeures des émissions de Cu. Le secteur des transports, principal contributeur, voit ses émissions stagner depuis le début des années 2010.

Dans le secteur de l'industrie, les émissions sont relativement stables depuis 2007, en légère baisse.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions énergétiques de cuivre représentent une très faible part des émissions totales de ce polluant évoluant entre 11 % en 1990 et 5 % en 2018. Contrairement aux émissions non-énergétiques, celles-ci diminuent depuis 1990, notamment la part prépondérante de ces émissions liée aux CMS, bois, déchets municipaux et fioul lourd qui accuse une diminution de 63 % sur la période considérée.

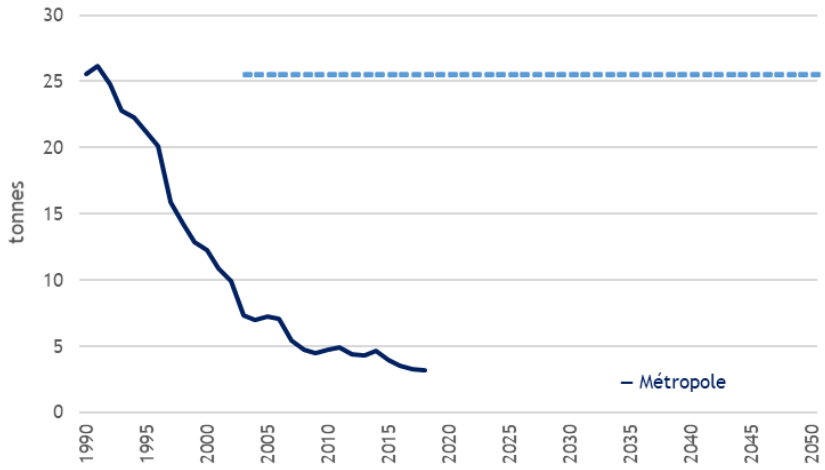


Et ailleurs ?

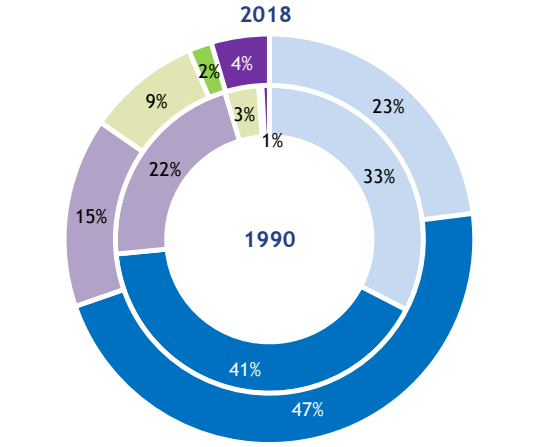
A titre de comparaison, les émissions de cuivre en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 3,2 g par habitant et par an contre 4 g dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

Emissions de mercure en bref

Evolution des émissions de mercure en France



Répartition des émissions de mercure en France



Industrie énergie	Industrie manufacturière
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture
Déchets (centralisés)	Transports

Hg

Mercure

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le mercure (Hg) est un composé présent à l'état naturel dans l'écorce terrestre que l'on retrouve dans les combustibles minéraux solides, le pétrole et la biomasse. C'est un métal lourd, reconnaissable à son aspect argenté brillant et le seul présent à l'état liquide dans des conditions normales de température et de pression.

Il est classé reprotoxique de catégorie 1B. Chez l'homme, le mercure élémentaire et le mercure inorganique affectent le système nerveux central et les reins. Le mercure est mortel par inhalation (H330) (ces doses ne se rencontrent pas dans l'air ambiant).

Pour sa toxicité et son écotoxicité se reporter aux publications de l'Ineris (portail des substances chimiques).

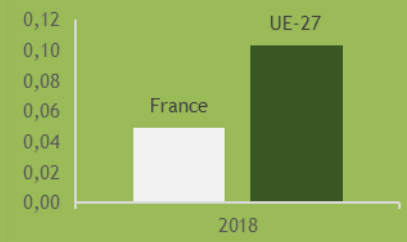
Origine
Sources anthropiques : combustion de minéraux solides et de biomasse ; production de chlore ; métallurgie des métaux ferreux et non ferreux (production d'acier) ; incinération des déchets ; crémation ; batteries.

Sources naturelles : activité volcanique ; érosion des roches.

Phénomènes associés
Le mercure s'accumule dans la chaine alimentaire. Il est très toxique (toxicité chronique) pour le milieu aquatique (classé H410) et présente une toxicité aigüe (classé H400) pour ce même milieu.

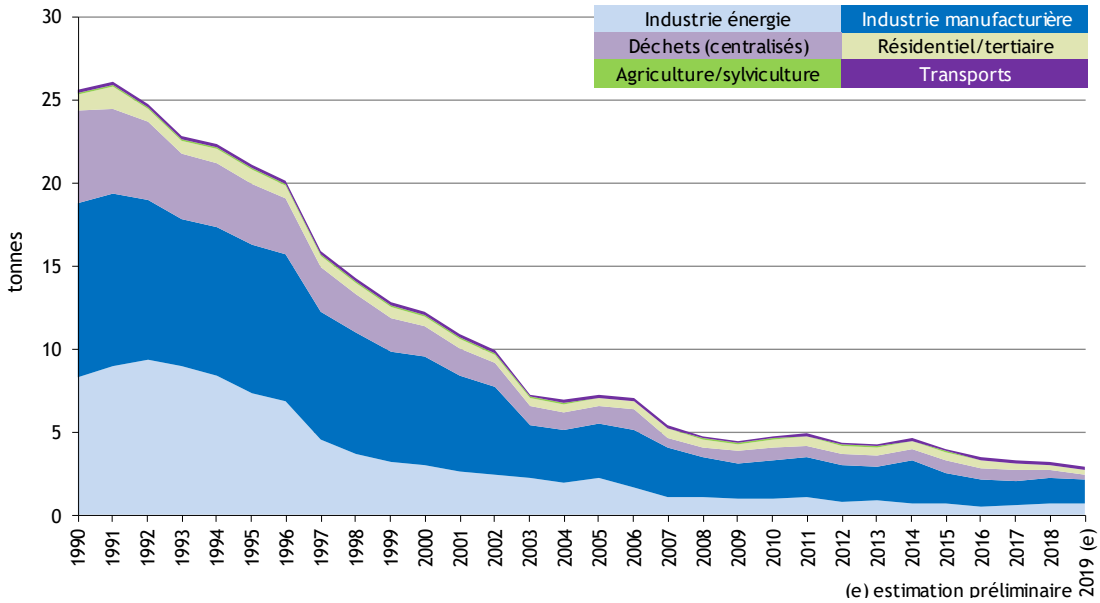
Effets
Santé, reprotoxique de catégorie 1B (Substances présumées toxiques pour la reproduction humaine).

Emissions par habitant (g/hab)

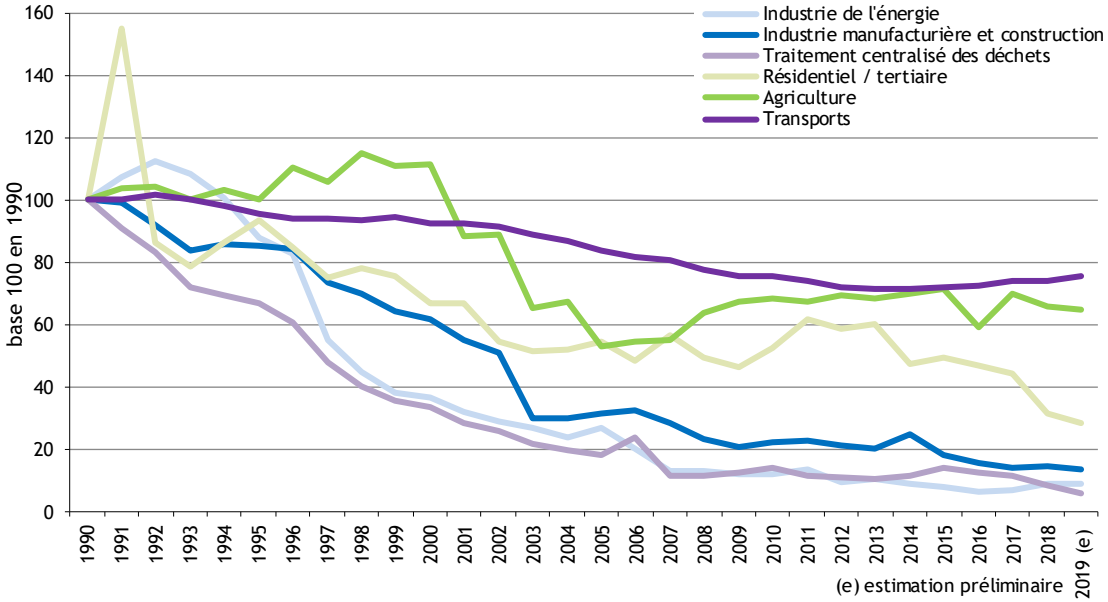


Mercure

Evolution des émissions dans l'air de Hg depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Hg en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Hg (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	8,3	7,3	3,0	2,3	1,0	0,7	0,5	0,6	0,7	0,7
Industrie manufacturière et construction	10,5	8,9	6,5	3,3	2,3	1,9	1,6	1,5	1,5	1,4
Traitement centralisé des déchets	5,6	3,7	1,9	1,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,5	0,3
Résidentiel / tertiaire	0,9	0,9	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Agriculture	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Transport hors total	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*
TOTAL national hors UTCATF	**25,6**	**21,1**	**12,3**	**7,2**	**4,8**	**4,0**	**3,5**	**3,3**	**3,2**	**2,9**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**25,6**	**21,1**	**12,3**	**7,2**	**4,8**	**4,0**	**3,5**	**3,3**	**3,2**	**2,9**
Hors total	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*

Mercure

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux/sanitaires

Le Plan national santé environnement pour la période 2015-2019 (PNSE 3) fait de la prévention aux risques liés à l'exposition aux métaux lourds tels que le mercure une de ses priorités. Il est en effet souligné que le mercure peut avoir des effets toxiques sur les systèmes nerveux, digestifs et immunitaire, et sur les poumons, les reins, la peau et les yeux.

Sources principales

Tous les secteurs contribuent aux émissions de mercure (Hg) de la France métropolitaine dans des proportions très variables.

Le secteur de l'industrie manufacturière contribue majoritairement aux émissions. Les principales sources d'émissions sont :

- La métallurgie des métaux ferreux, en particulier du fait de l'agglomération de minerai et des fours électriques de production d'acier,
- La chimie, essentiellement la production de chlore,
- Les minéraux non métalliques et matériaux de construction (principalement les cimenteries),
- Le traitement des déchets, en particulier la crémation.

Dans le secteur de la transformation d'énergie, les émissions proviennent majoritairement du sous-secteur des autres transformations d'énergie, plus particulièrement de l'incinération des déchets non dangereux avec récupération d'énergie.

Objectifs de réduction

Le Protocole d'Aarhus sur les métaux lourds (adopté en 1998 et amendé en 2012) impose à la France de ne pas dépasser le niveau d'émission de mercure atteint en 1990 soit 25,6 tonnes émise par an. La France respecte cet objectif depuis 1992 puisque ses émissions de mercure sont globalement en baisse depuis cette année de référence. Aucun autre objectif plus contraignant ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 32 %

A noter

La part hors total des émissions de mercure provient uniquement du transport maritime international et représente une proportion relative croissante des émissions du total national évoluant entre 0,7 % en 1990 et 4,6 % en 2018. Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) de mercure n'est calculée.

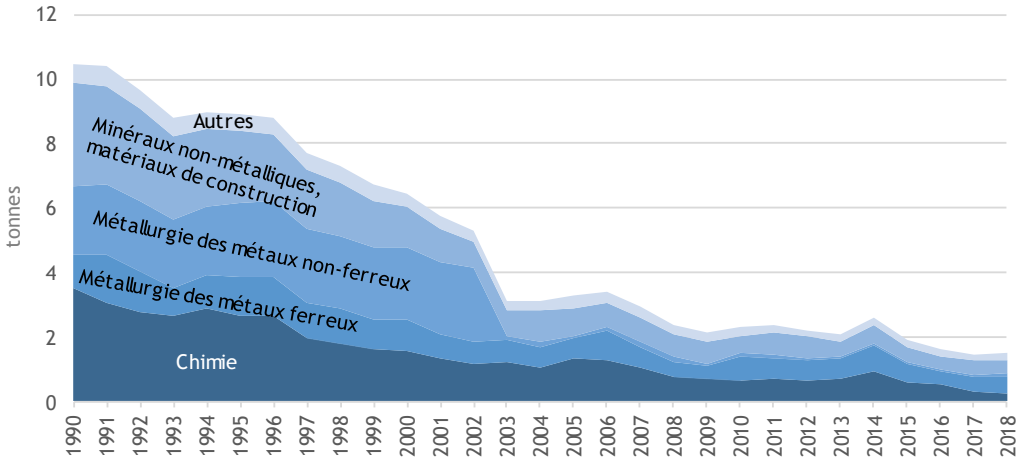
Tendance générale

Sur la période 1990-2018, les émissions de mercure de la France métropolitaine sont en baisse de 88 %. Cette baisse s'explique, en grande partie, par l'amélioration des performances de l'incinération des déchets (mise en conformité progressive des usines d'incinération d'ordures ménagères avec les arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002) mais aussi par la limitation ou l'interdiction de l'emploi de ce métal dans les piles et les thermomètres médicaux, par le tri des déchets, et enfin par l'optimisation des procédés de la production de chlore.

La réduction des substances toxiques était une priorité du Plan national santé environnement pour la période 2009-2013 (PNSE 2) prévu par le Grenelle de l'Environnement (cf. section « La France et l'international – 1.2.5 PNSE »).

Enfin, il est important de noter qu'en 2019 au plus tard, l'utilisation des électrolyses à cathode de mercure (dans la production de chlore) devrait être interdite et les industriels concernés devront faire évoluer leur procédé en conséquence.

Répartition des émissions de Hg du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



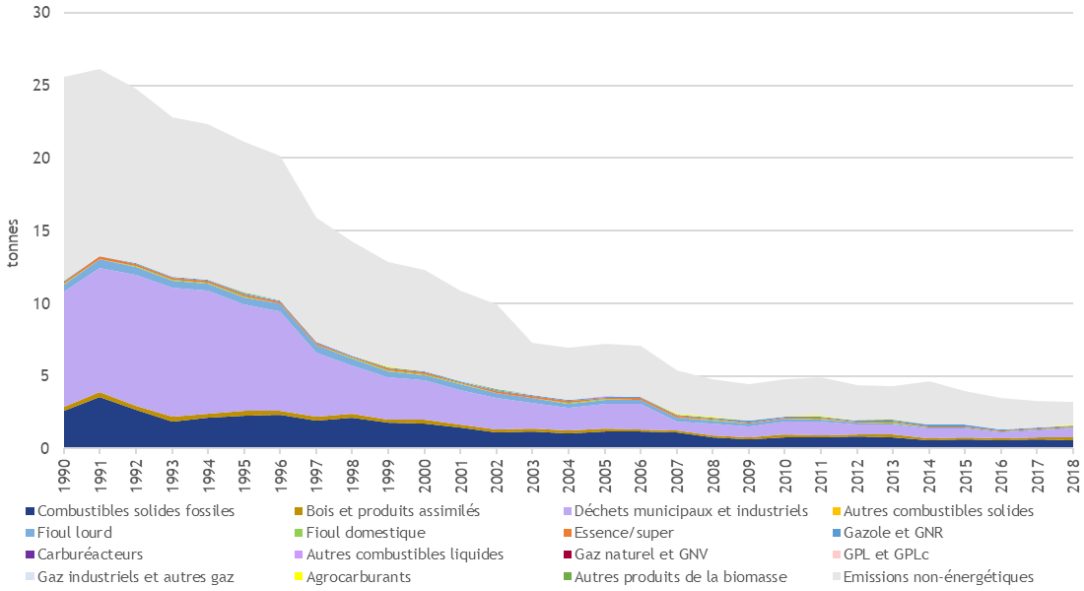
Évolution récente

Depuis 2008, les émissions en France métropolitaine se sont stabilisées. On observe toutefois une baisse modérée des émissions au niveau de l'industrie manufacturière de 33 % sur la période 2008-2018 après un léger pic en 2014.

La lutte contre la pollution par le mercure s'organise au niveau international par l'intermédiaire de la Convention de Minamata, qui a été ratifiée le 15 juin 2017 par la France.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions énergétiques de mercure représentent une part importante des émissions totales de ce polluant et évolue entre 36 % et 52 % selon l'année considérée. A l'instar des émissions non-énergétiques, celles-ci diminuent depuis 1990, notamment la part prépondérante de ces émissions liée aux CMS et aux déchets municipaux et industriels, qui accuse une diminution de 88 % sur la période considérée.



Et ailleurs ?

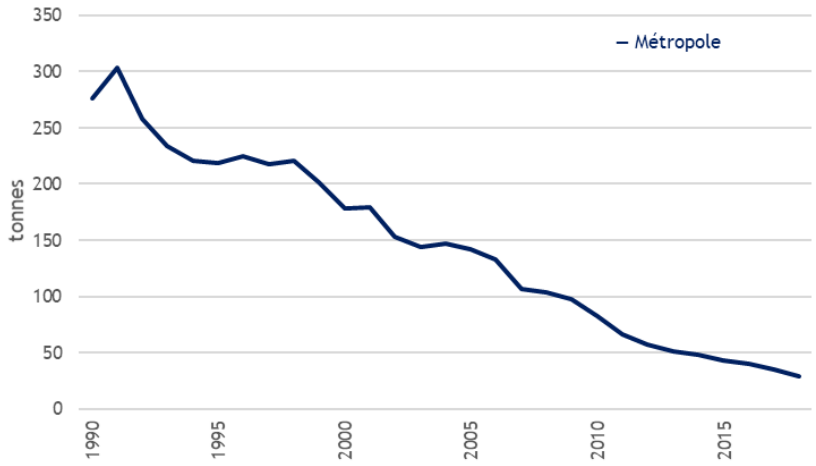
Le 19 septembre 2018, l'Agence européenne pour l'Environnement (AEE) a publié un **rapport** sur le mercure qui décrit le **problème de la pollution par le mercure** (dont les **émissions atmosphériques**) et les défis pour lutter au niveau mondial contre cette pollution. Voir communiqué et rapport de l'AEE. A titre de comparaison, les émissions de mercure en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 49 mg par habitant et par an contre 103 mg dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

En savoir plus

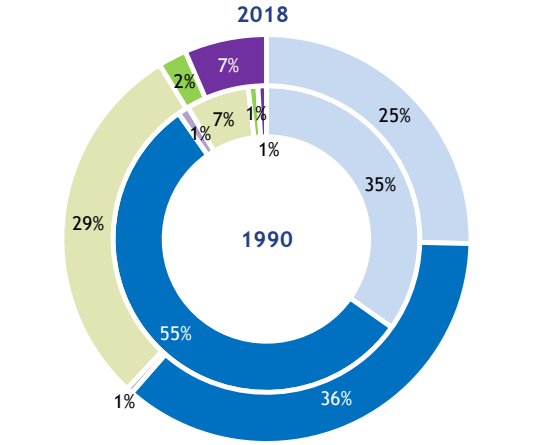
Portail des substances chimiques de l'INERIS : https://substances.ineris.fr/fr/substance/1183

Emissions de nickel en bref

Evolution des émissions de nickel en France



Répartition des émissions de nickel en France



Industrie énergie	Industrie manufacturière
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture
Déchets (centralisés)	Transports

Ni

Nickel

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le nickel est un métal représentant 0,8 à 0,9 % de la croute terrestre. Il est présent dans divers minerais. Il est largement utilisé dans la production d'acier.

Le métal et ses composés inorganiques sont considérés comme peu toxiques. Ils peuvent entrainer des troubles cutanés. Il est classé cancérigène possible pour l'homme (cat. 2B). Les composés inorganiques peuvent être extrêmement toxiques.

Pour sa toxicité et son écotoxicité se reporter aux publications de l'Ineris (portail des substances chimiques).

Origine
Sources anthropiques : combustion de fioul lourd et d'autres produits pétroliers ; raffinage du pétrole ; abrasion des routes et usure des freins ; sidérurgie.

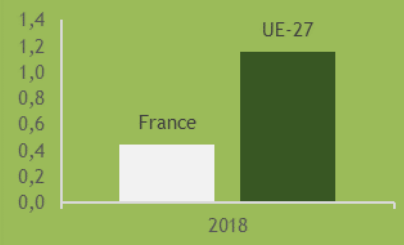
Sources naturelles : érosion des roches, activité volcanique.

Phénomènes associés
Le nickel présente une toxicité chronique de niveau 3 pour les organismes aquatiques (entraîne des effets néfastes à long terme (H 412)).

Effets
Santé.

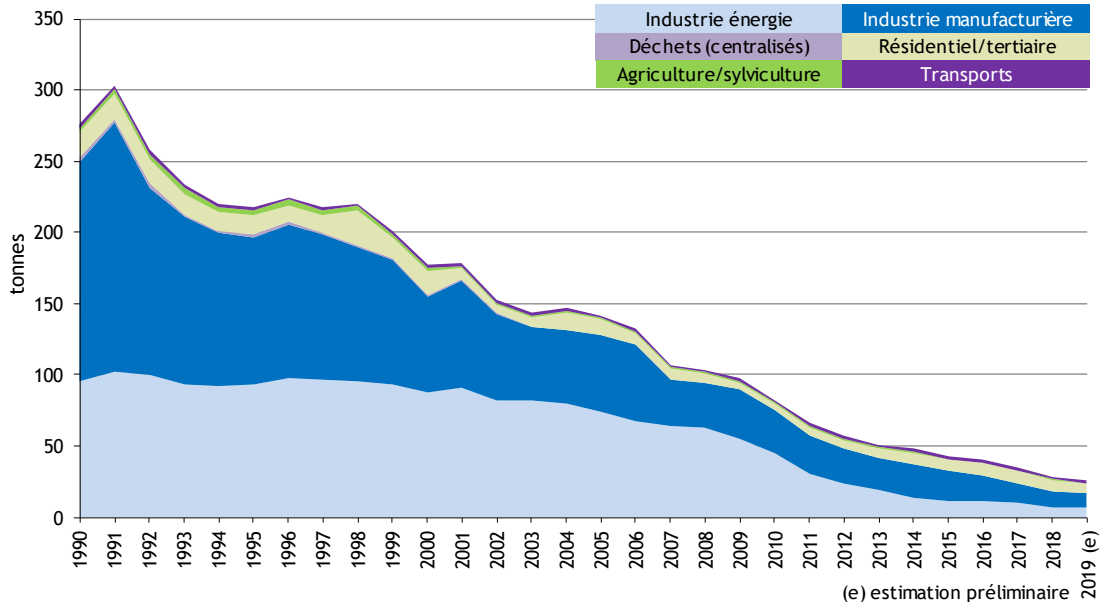
Classé cancérigène possible pour l'homme (2B) selon le CIRC

Emissions par habitant (g/hab)

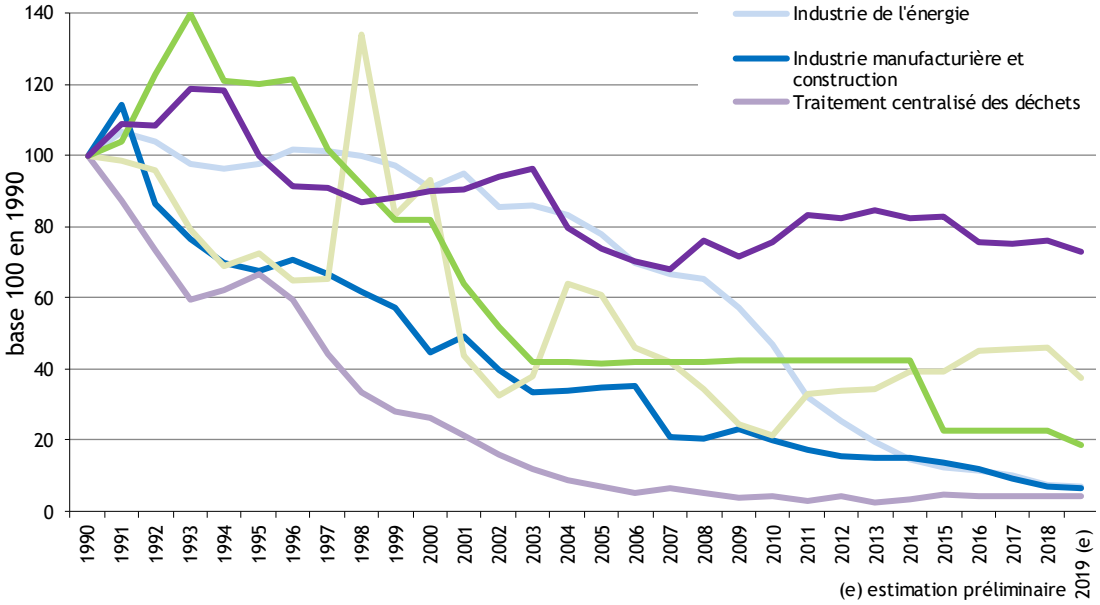


Nickel

Evolution des émissions dans l'air de Ni depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Ni en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Ni (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	95,9	93,4	87,1	74,6	45,1	11,7	11,0	9,8	7,3	6,7
Industrie manufacturière et construction	153,0	103,5	68,3	53,0	30,3	21,1	18,5	14,1	10,3	9,9
Traitement centralisé des déchets	3,2	2,2	0,8	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Résidentiel / tertiaire	18,3	13,3	17,0	11,1	3,9	7,2	8,2	8,3	8,4	6,9
Agriculture	2,8	3,4	2,3	1,2	1,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	2,4	2,4	2,2	1,8	1,9	2,0	1,8	1,8	1,9	1,8
Transport hors total	*62,0*	*53,9*	*70,8*	*70,7*	*64,8*	*44,0*	*40,1*	*44,5*	*51,3*	*45,0*
TOTAL national hors UTCATF	**275,7**	**218,2**	**177,7**	**141,9**	**82,4**	**42,9**	**40,4**	**34,9**	**28,7**	**25,9**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**275,7**	**218,2**	**177,7**	**141,9**	**82,4**	**42,9**	**40,4**	**34,9**	**28,7**	**25,9**
Hors total	*62,0*	*53,9*	*70,8*	*70,7*	*64,8*	*44,0*	*40,1*	*44,5*	*51,3*	*45,0*

Nickel

Analyse

Enjeux

Sources principales

Deux secteurs contribuent majoritairement aux émissions de Ni :

▫ l'industrie manufacturière, dont les origines des émissions sont principalement la combustion de fioul lourd dans les différentes branches d'activité ainsi que les installations sidérurgiques (agglomération de minerai et aciéries électriques),

▫ la transformation d'énergie, dont les émissions proviennent en grande majorité du raffinage de pétrole, mais aussi de la combustion de fioul lourd dans la production d'électricité et le chauffage urbain.

La principale source d'émission de nickel est la présence de ce métal à l'état de traces dans le fioul lourd et dans d'autres combustibles liquides. Pour le transport routier, les émissions sont induites par la combustion des carburants et d'une partie de l'huile dans les moteurs, ainsi que par l'abrasion des routes et l'usure des freins.

Objectifs de réduction

Aucun objectif de réduction ou limite d'émission de nickel ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 46%.

A noter

La part hors total des émissions de nickel provient uniquement du transport maritime international et représente une proportion relative croissante des émissions du total national, évoluant entre 22 % en 1990 et jusqu'à dépasser le total national (179 % en 2018). Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) de nickel n'est calculée.

Tendance générale

Le niveau des émissions de nickel (Ni) en 2018 est le plus bas observé sur l'ensemble de la période (1990-2018). La contribution des différents secteurs aux émissions de nickel est disparate.

Sur l'ensemble de la période, les importantes fluctuations observées en fonction des années s'expliquent, en partie, par les conjonctures climatiques et techniques très variables (moindre disponibilité du nucléaire ou forte vague de froid).

Entre 1990 et 2018, les émissions de Ni sont en baisse :

▫ dans l'industrie manufacturière, la baisse provient, d'une part, d'une diminution de la consommation de fioul lourd et, d'autre part, de la mise en œuvre de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux dans les aciéries électriques.

▫ dans le secteur de la transformation d'énergie, la baisse est aussi liée à la réduction de la consommation de fioul lourd pour le raffinage du pétrole, le chauffage urbain et la production d'électricité.

Des années atypiques s'observent sur la période :

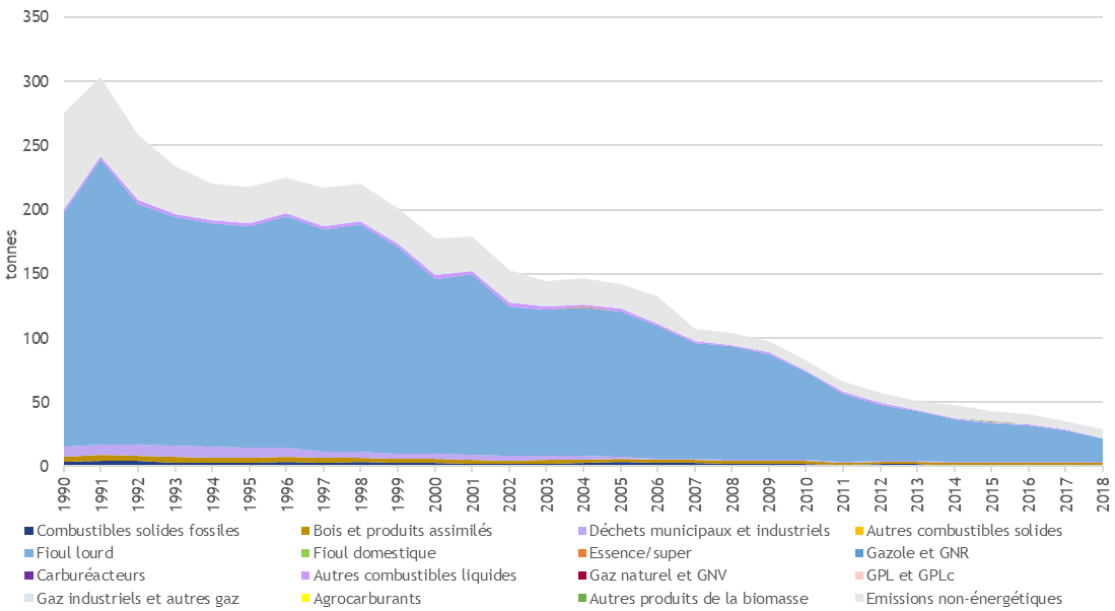
- l'année 1991 correspond à une année très froide (recours accru aux énergies fossiles, en particulier au fioul),
- l'année 2011, marquée par une baisse des émissions du secteur par rapport à 2010, est également une année particulière, s'expliquant cette fois-ci par la douceur du climat,
- la nouvelle baisse observée depuis 2012 dans ce même secteur s'explique par la baisse d'activité dans le raffinage du pétrole (deux sites à l'arrêt). Cette tendance s'accentue en 2014 et 2015, du fait de la douceur exceptionnelle du climat ces années-là.

Évolution récente

Les années 2016 et 2017 n'ayant pas été très froides (indice de rigueur inférieur à 1), les consommations de produits pétroliers ainsi que les émissions associées continuent de baisser. Il convient de noter que, pour le nickel, les émissions « hors total », correspondant au transport maritime international, sont plus élevées que les émissions du périmètre Secten depuis 2012. En 10 ans, les émissions ont baissé de plus de 72 %.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions énergétiques de nickel représentent la part majoritaire des émissions totales de ce polluant et évolue entre 73 % et 92 % selon l'année considérée. A l'instar des émissions non-énergétiques, celles-ci diminuent depuis 1990, notamment la part prépondérante de ces émissions liée au fioul lourd qui accuse une diminution de 91 % sur la période considérée.



Et ailleurs ?

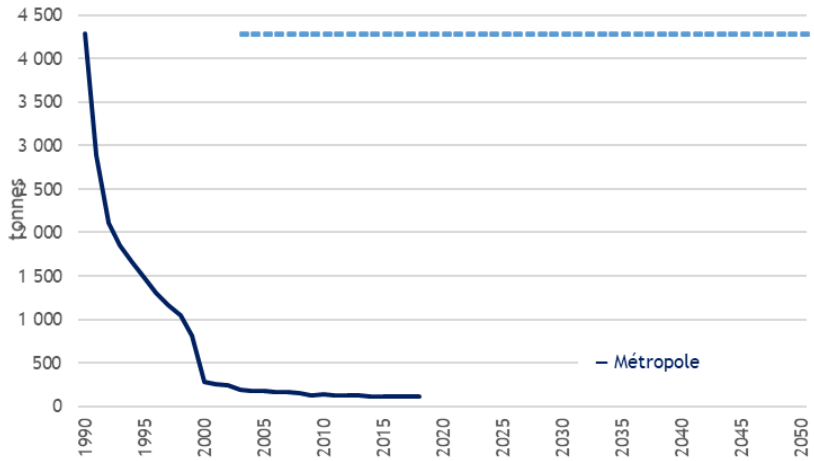
A titre de comparaison, les émissions de nickel en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 0,44 g par habitant et par an contre 1,16 g dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

En savoir plus

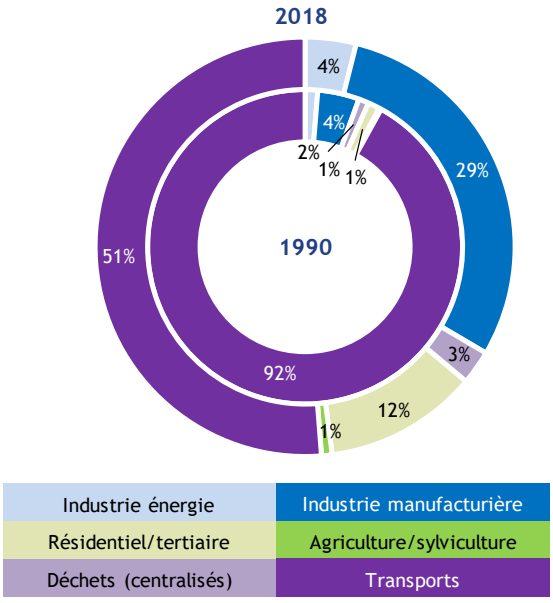
Portail des substances chimiques de l'INERIS : https://substances.ineris.fr/fr/substance/1301

Emissions de plomb en bref

Evolution des émissions de plomb en France



Répartition des émissions de plomb en France



Pb

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le plomb (Pb) est un composé présent à l'état naturel dans toutes les sphères environnementales mais principalement dans l'écorce terrestre et le sol. Il se retrouve aussi dans les carburants, le fioul lourd, les combustibles fossiles solides et la biomasse.

Les composés du plomb sont généralement classés reprotoxiques (H360FD), nocifs par inhalation et dangereux pour l'environnement. Le plomb est classé cancérigène possible pour l'homme (2B) selon le CIRC.

Pour sa toxicité et son écotoxicité se reporter aux publications de l'Ineris (portail des substances chimiques).

Origine
Sources anthropiques : combustion de carburants, de fioul lourd, de combus-tibles minéraux solides et de biomasse ; première et seconde fusion du plomb ; fabrication de batteries électriques ; production de verre (cristal) ; métallurgie des métaux ferreux et non ferreux ; abrasion des routes et usure des freins ; incinération de déchets ; combustion d'essence plombée dans transport routier (jusqu'en 1999).

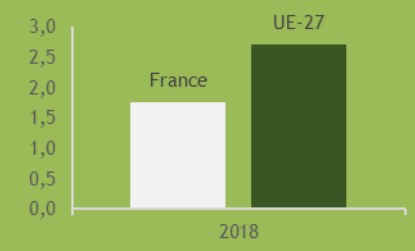
Sources naturelles : érosion des sols et des roches.

Phénomènes associés
Forte toxicité chronique des composés du plomb, de niveau 1, pour les organismes aquatiques (H 410)

Effets
Santé.

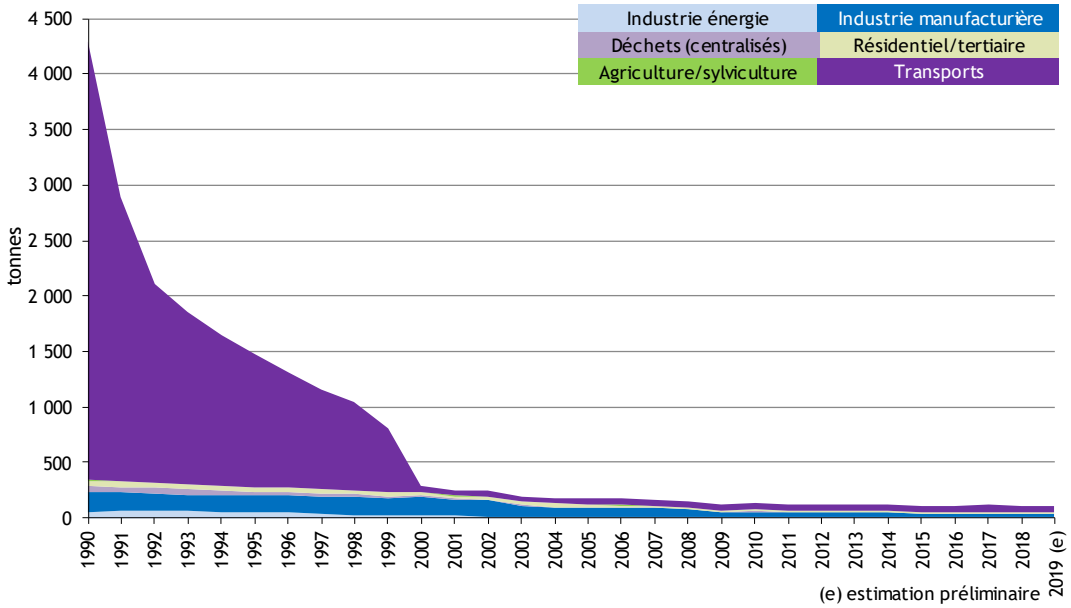
Classé cancérigène possible pour l'homme (2B) selon le CIRC

Emissions par habitant (g/hab)

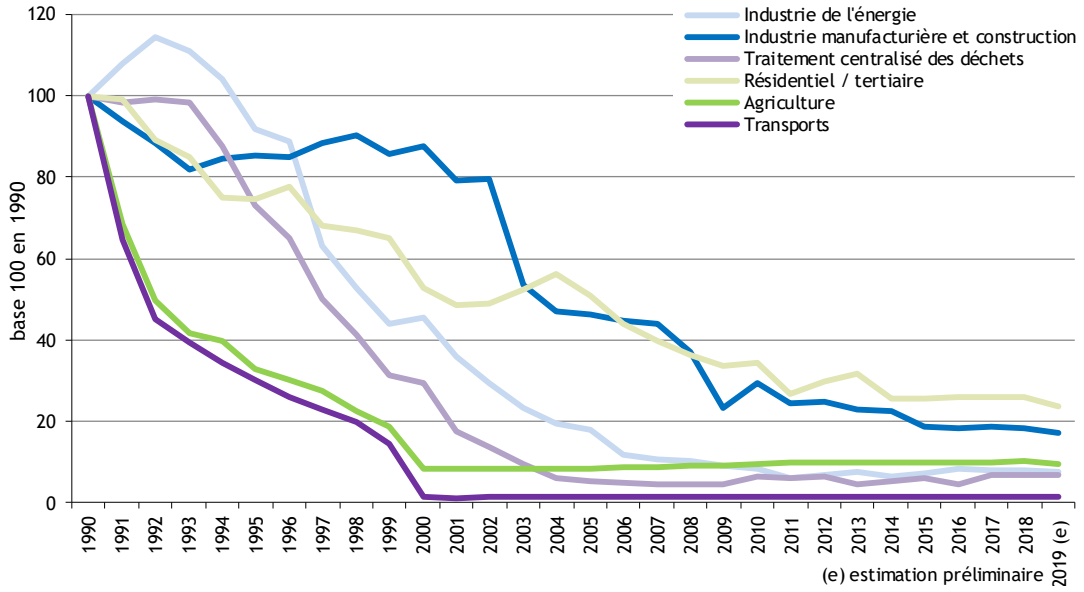


Plomb

Evolution des émissions dans l'air de Pb depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Pb en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Pb (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	55,6	51,1	25,4	10,0	4,6	4,0	4,6	4,5	4,5	4,2
Industrie manufacturière et construction	183,2	156,2	160,7	84,7	53,9	34,0	33,4	34,3	33,5	31,4
Traitement centralisé des déchets	44,7	32,7	13,1	2,4	2,9	2,8	2,1	3,0	3,0	3,0
Résidentiel / tertiaire	52,1	38,9	27,4	26,6	17,9	13,3	13,6	13,5	13,4	12,4
Agriculture	9,1	3,0	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Agriculture hors total	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Transports	3949,0	1194,4	55,8	54,7	57,6	58,5	59,1	58,6	58,2	58,0
Transport hors total	*17,0*	*14,1*	*14,2*	*12,0*	*11,6*	*9,8*	*9,2*	*8,9*	*9,1*	*8,7*
TOTAL national hors UTCATF	**4293,6**	**1476,3**	**283,2**	**179,2**	**137,8**	**113,6**	**113,6**	**114,9**	**113,5**	**109,8**
UTCATF	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UTCATF Hors total	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Emissions naturelles hors total	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
TOTAL national avec UTCATF	**4293,6**	**1476,3**	**283,2**	**179,2**	**137,8**	**113,6**	**113,6**	**114,9**	**113,5**	**109,8**
Hors total	*17,0*	*14,1*	*14,2*	*12,0*	*11,6*	*9,8*	*9,2*	*8,9*	*9,1*	*8,7*

Plomb

Analyse

Enjeux

Sources principales

Tous les secteurs contribuent aux émissions de plomb (Pb) de la France métropolitaine dans des proportions très variables et les principales sources d'émissions sont :

- le secteur des transports,
- l'industrie manufacturière notamment la métallurgie des métaux non ferreux,
- le secteur résidentiel/tertiaire.

Objectifs de réduction

Le Protocole d'Aarhus sur les métaux lourds (adopté en 1998 et amendé en 2012) impose à la France de ne pas dépasser le niveau d'émission de plomb atteint en 1990, soit 4 294 tonnes émise par an. La France respecte cet objectif depuis 1991 puisque ses émissions de plomb sont globalement en baisse depuis cette année.

Aucun autre objectif plus contraignant ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 158 %.

A noter

La part hors total des émissions de plomb provient uniquement du transport maritime et aérien internationaux et représente une proportion relative croissante des émissions du total national évoluant entre 0,4 % en 1990 jusqu'à 8 % en 2018, culminant à 11% en 2011. Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) de plomb n'est calculée.

Tendance générale

Les émissions de plomb (Pb) en France métropolitaine ont très fortement baissé (de près d'un facteur 40) sur la période 1990-2018 et ont atteint, en 2018, le niveau le plus bas observé.

La structure des émissions est très fluctuante selon les années, toutefois le transport routier reste l'un des principaux contributeurs aux émissions :

- de 1990 à 1999, le transport routier était prédominant. La mise en place de pots catalytiques à partir de 1993 a entraîné l'interdiction de l'utilisation d'essence plombée à partir du 1er janvier 2000.
- à partir de 1999, la contribution du transport routier chute fortement. De plus, quelle que soit l'année, en plus de la consommation de carburants, des émissions induites par l'utilisation d'une partie de l'huile dans les moteurs et par l'abrasion des routes, l'usure des freins et des pneumatiques sont comptabilisées. L'usure des freins et des pneumatiques est, depuis 2000, la plus forte source d'émission dans le transport routier (96% en 2017).

En 2018, l'industrie manufacturière est le second secteur émetteur, du fait principalement de la métallurgie des métaux ferreux. La baisse observée depuis 1990 dans ce secteur est liée, d'une part, à la fermeture d'un important site de production de métaux non ferreux en 2003 et, d'autre part, à la mise en place de dépoussiéreurs sur de nombreuses installations industrielles. Par exemple, la forte baisse des émissions de ce secteur entre 2008 et 2009 est due à la mise en place en 2009 de nombreux équipements de réduction des particules sur des fours verriers (verre creux en particulier). La crise financière de 2008, qui a eu pour effet un ralentissement de l'activité industrielle, a également joué un rôle dans cette baisse. Une nouvelle baisse importante apparait entre 2014 et 2015 dans le secteur de l'agglomération de minerai (du fait de la qualité des minerais approvisionnés) dans le sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux. Les résultats sont également liés à la baisse des rejets canalisés de poussières des chaînes d'agglomération.

Les émissions du secteur résidentiel/tertiaire sont imputables, en grande partie, à la consommation de bois dans le résidentiel. La baisse des émissions de ce secteur entre 1990 et 2018 s'explique par l'amélioration des performances des équipements individuels de combustion du bois.

Les émissions du secteur des transports hors routier proviennent presque exclusivement de l'essence utilisée pour les besoins de l'aviation. La baisse observée dans ce secteur sur la période s'explique par la réduction de la consommation de ce carburant.

Les émissions de la transformation d'énergie proviennent majoritairement de la consommation de charbon par les centrales thermiques et des usines d'incinération de déchets non dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie. La forte baisse observée entre 1990 et 2018 est liée à la mise en conformité progressive des UIDND avec les arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002.

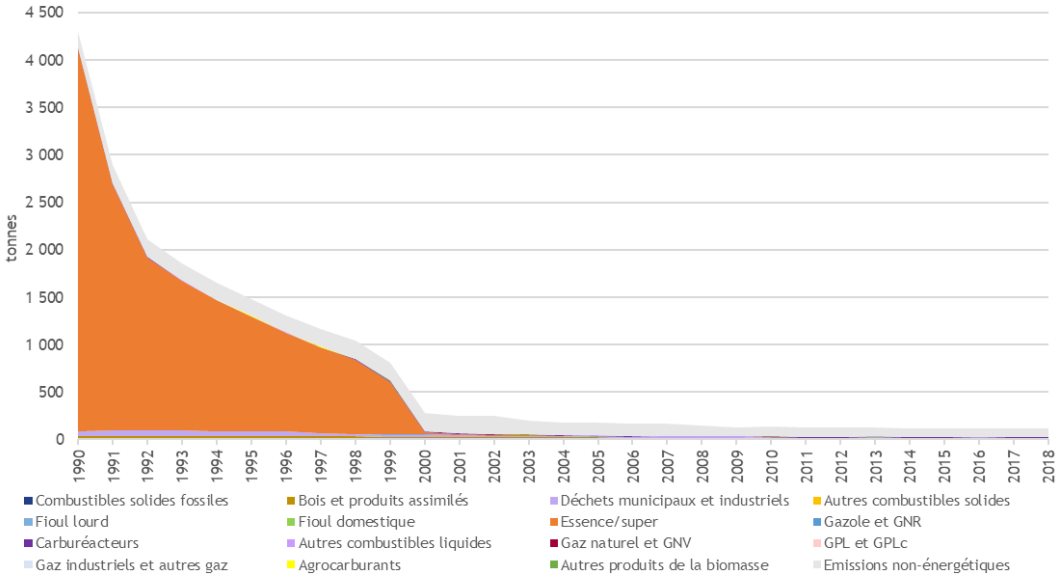
Évolution récente

Sur la période 2010-2018, les émissions ont connu une baisse de 18%, imputable en grande partie à l'industrie manufacturière.

Le Plan national santé environnement pour la période 2015-2019 (PNSE 3) fait de la prévention aux risques liés à l'exposition aux métaux lourds tels que le plomb une de ses priorités.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions énergétiques de plomb représentent la part majoritaire des émissions totales de ce polluant en 1990 (96 %), mais diminuent très fortement et correspond à 25 % des émissions totales en 2018. Celles-ci diminuent très fortement sur la période 1990-2000 pour les raisons évoquées au paragraphe ci-dessus. Si le fioul lourd est responsable de la quasi-totalité des émissions énergétiques de plomb en 1990 (98 %), le bois et les carburéacteurs totalisent 83 % de ces émissions en 2018.



Et ailleurs ?

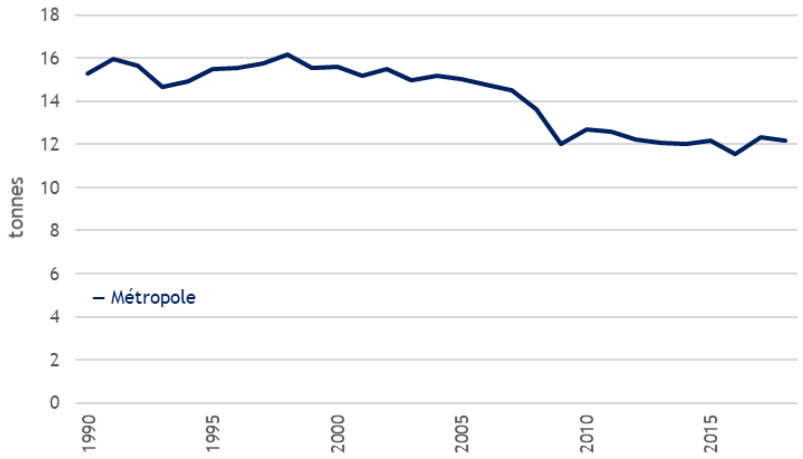
A titre de comparaison, les émissions de plomb en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 1,8 g par habitant et par an contre 2,7 g dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

En savoir plus

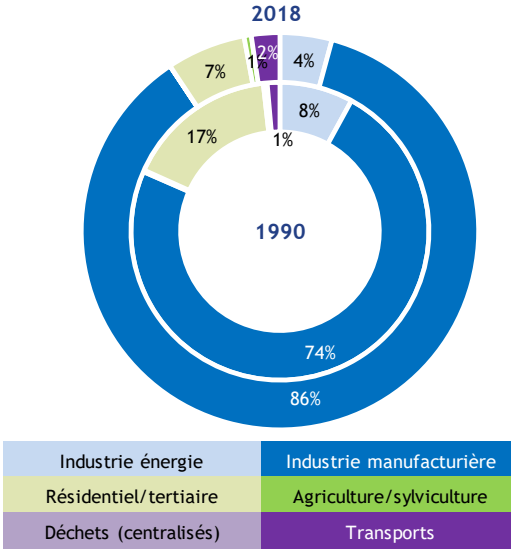
Portail des substances chimiques de l'Ineris https://substances.ineris.fr/fr/substance/1154) et la fiche de données toxicologiques et environnementales)

Emissions de sélénium en bref

Evolution des émissions de sélénium en France



Répartition des émissions de sélénium en France



Se

Sélénium

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le sélénium (Se) est un composé présent à l'état naturel dans l'écorce terrestre qui se retrouve en trace dans la biomasse et le fioul lourd.

C'est un métal, reconnaissable à sa couleur grisée, qui est un micronutriment essentiel pour la majorité des espèces animales (dont l'homme). Il peut toutefois être très irritant pour le système respiratoire et à l'origine de troubles gastro-intestinaux si inhalé à forte dose.

Pour sa toxicité et son écotoxicité se reporter aux publications de l'Ineris (portail des substances chimiques).

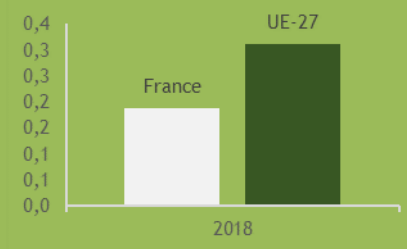
Origine
Sources anthropiques : combustion de fioul lourd, de carburants et de biomasse ; usure des plaquettes de frein et pneumatiques et abrasion des routes (transport routier) ; production de verre ; production de ciment ; métallurgie des métaux ferreux ; engrais chimiques.

Sources naturelles : érosion des roches ; feux de forêts.

Phénomènes associés
Le sélénium peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques (H413) (toxicité chronique niveau 4)

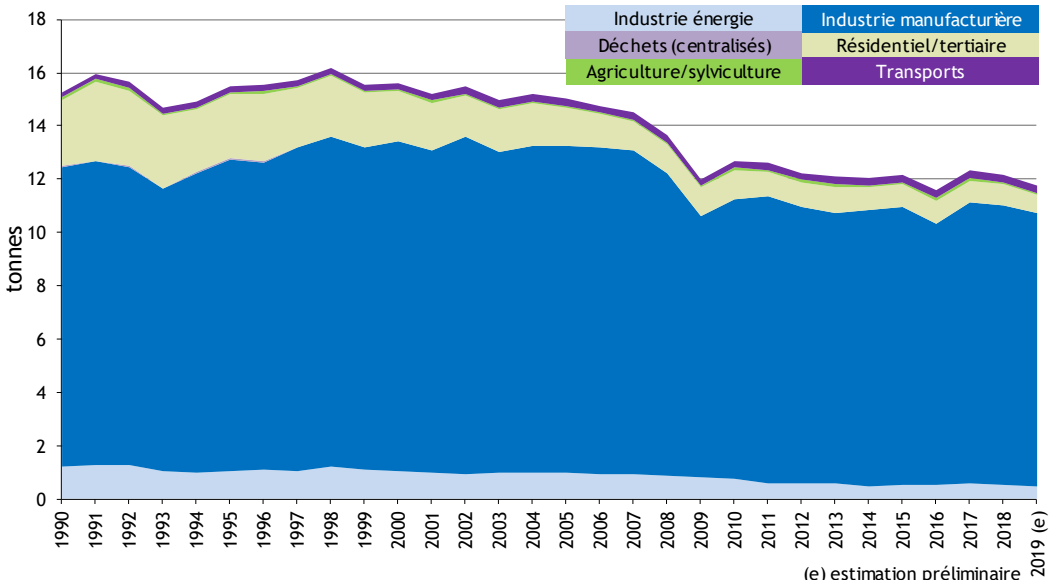
Effets
En exposition chronique, effets sur les organismes aquatiques

Emissions par habitant

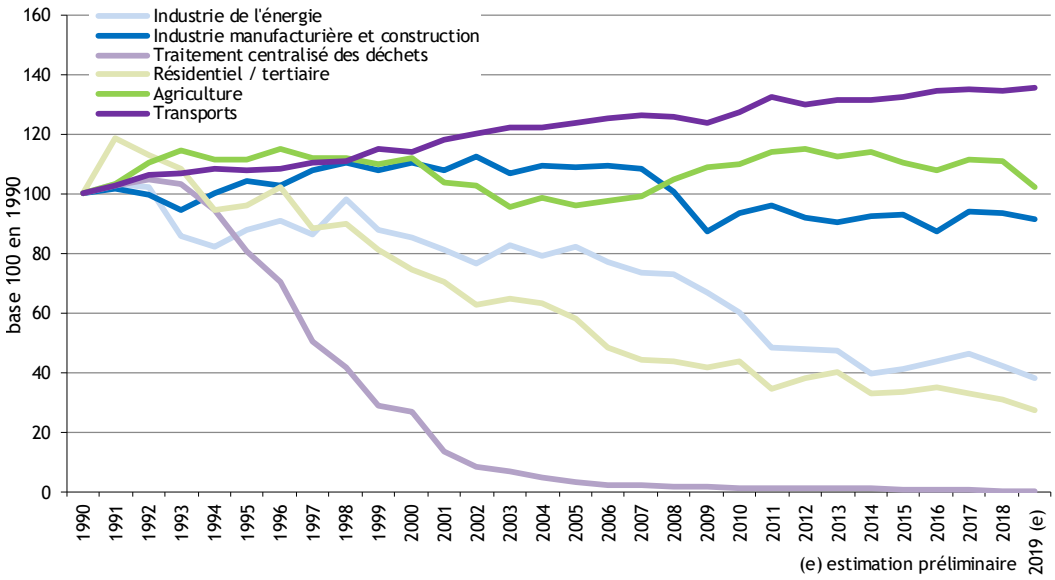


Sélénium

Evolution des émissions dans l'air de Se depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Se en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Se (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	1,2	1,1	1,0	1,0	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
Industrie manufacturière et construction	11,2	11,7	12,4	12,2	10,5	10,5	9,8	10,6	10,5	10,3
Traitement centralisé des déchets	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Résidentiel / tertiaire	2,5	2,4	1,9	1,5	1,1	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7
Agriculture	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Transport hors total	*0,4*	*0,3*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,3*	*0,2*	*0,3*	*0,3*	*0,3*
TOTAL national hors UTCATF	**15,3**	**15,5**	**15,6**	**15,0**	**12,7**	**12,2**	**11,6**	**12,3**	**12,2**	**11,8**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**15,3**	**15,5**	**15,6**	**15,0**	**12,7**	**12,2**	**11,6**	**12,3**	**12,2**	**11,8**
Hors total	*0,4*	*0,3*	*0,4*	*0,4*	*0,4*	*0,3*	*0,2*	*0,3*	*0,3*	*0,3*

Sélénium

Analyse

Enjeux

Sources principales

Dans l'industrie manufacturière, le sélénium est utilisé dans la production de verre afin de colorer le verre. Ce secteur est donc la principale source d'émissions de Se en France.

Objectifs de réduction

Aucun objectif de réduction ou limite d'émission de sélénium ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 86%.

A noter

La part hors total des émissions de sélénium provient uniquement du transport maritime international et représente une proportion relative quasi-constante des émissions du total national évoluant entre 2 % et 3 % entre 1990 et 2018. Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) de sélénium n'est calculée.

Tendance générale

Les émissions de sélénium (Se) en 2018 sont en baisse par rapport au niveau de 1990. Ces émissions sont induites par tous les secteurs d'activité mais dans des proportions très différentes. Sur l'ensemble des secteurs concernés, le secteur de l'industrie manufacturière est de loin la principale source émettrice (85% en moyenne depuis 2010).

Pour les secteurs consommateurs de combustibles (transformation d'énergie, résidentiel/tertiaire et industrie manufacturière), les émissions proviennent essentiellement de l'utilisation du fioul lourd et de bois-énergie en raison des traces de ce métal qu'ils contiennent. La baisse des émissions entre 1990 et 2018 émissions s'explique essentiellement par la variation de la consommation de ces combustibles.

Dans le secteur du transport routier, les émissions proviennent de la combustion des carburants ainsi que de l'abrasion des freins et des pneumatiques.

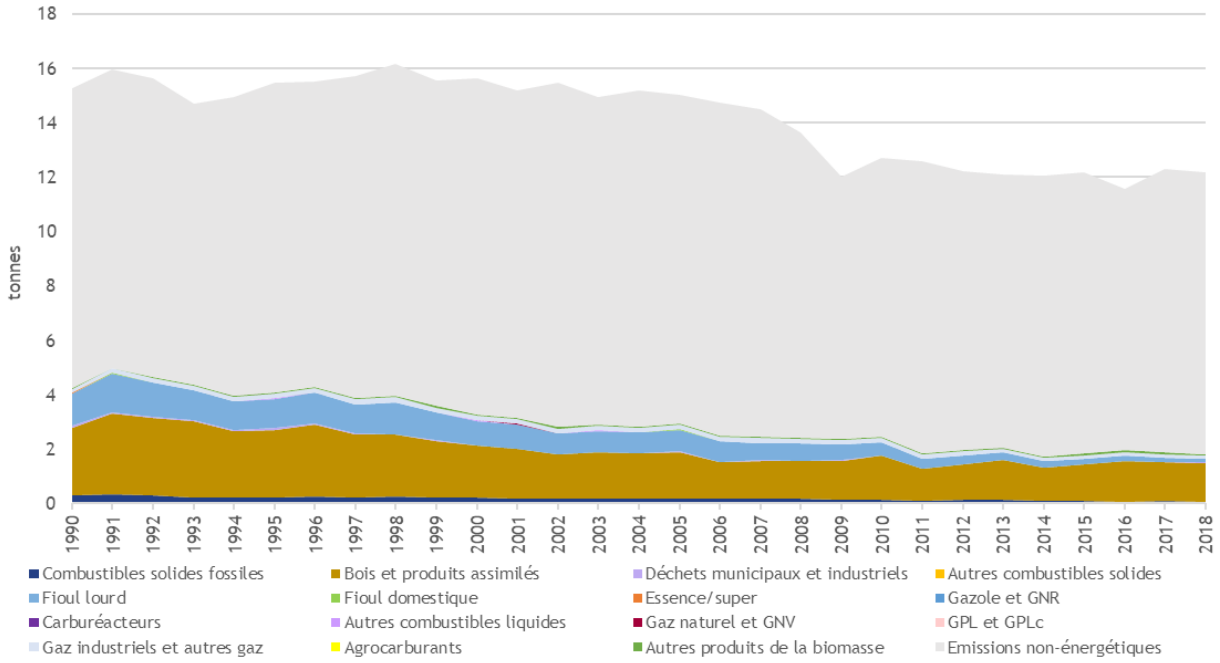
Évolution récente

Lors des dernières années, les émissions suivent principalement la même évolution que celle de la production de verre.

Depuis 2012, les émissions se sont stabilisées. La valeur la plus basse depuis 1990 a été observée en 2016.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions énergétiques de sélénium représentent une part importante des émissions totales de ce polluant évoluant entre 30 % (1990) et 15% (2018) de ce total. Les combustibles bois et fioul lourd sont responsables de la majorité de ces émissions énergétiques (86 % en 1990 contre 85 % en 2018) et leurs émissions ont diminué de 58 % sur la période considérée.



Et ailleurs ?

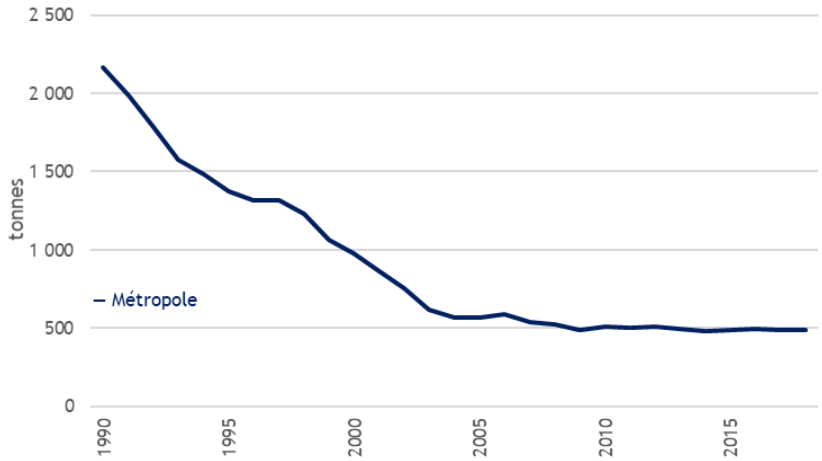
A titre de comparaison, les émissions de sélénium en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 188 mg par habitant et par an contre 311 g dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

En savoir plus

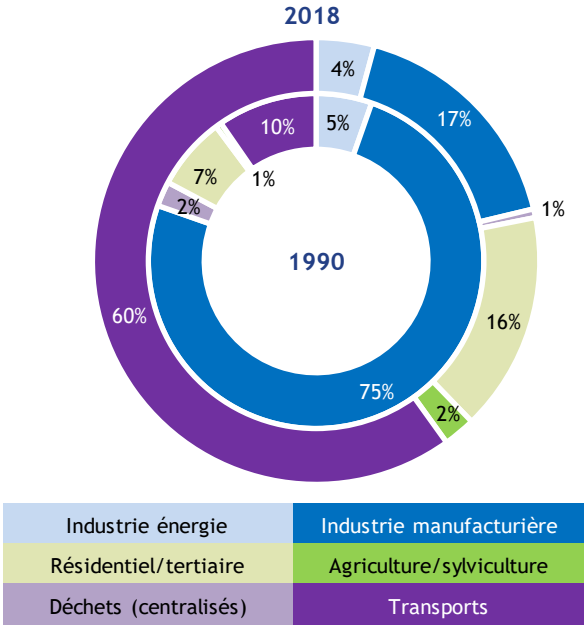
Portail des substances chimiques de l'INERIS https://substances.ineris.fr/fr/substance/1659

Emissions de zinc en bref

Evolution des émissions de zinc en France



Répartition des émissions de zinc en France



Zn

Zinc

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le zinc (Zn) est présent de façon naturelle dans l'écorce terrestre. Les minerais de zinc sont très répandus. Le zinc est présent dans des combustibles fossiles solides, le fioul lourd et dans la biomasse.

C'est un oligo-élément à faible dose mais qui peut être toxique à forte dose (en fonction de sa nature chimique).

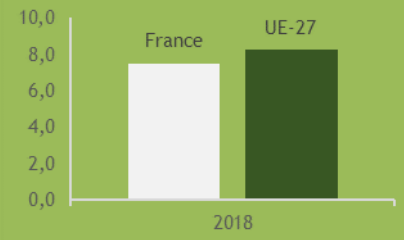
Origine
Sources anthropiques : usure des plaquettes de frein et pneumatiques et abrasion des routes (transport routier) ; combustion de carburants, de fioul lourd, de combustibles minéraux solides et de biomasse ; métallurgie des métaux ferreux (aciéries électriques) et non ferreux ; incinération de déchets.

Sources naturelles : érosion des sols et roches ; activité volcanique.

Phénomènes associés
Le chlorure de zinc comme le sulfate de zinc, par exemple, sont très toxiques pour les organismes aquatiques, entraînent des effets néfastes à long terme (H410).

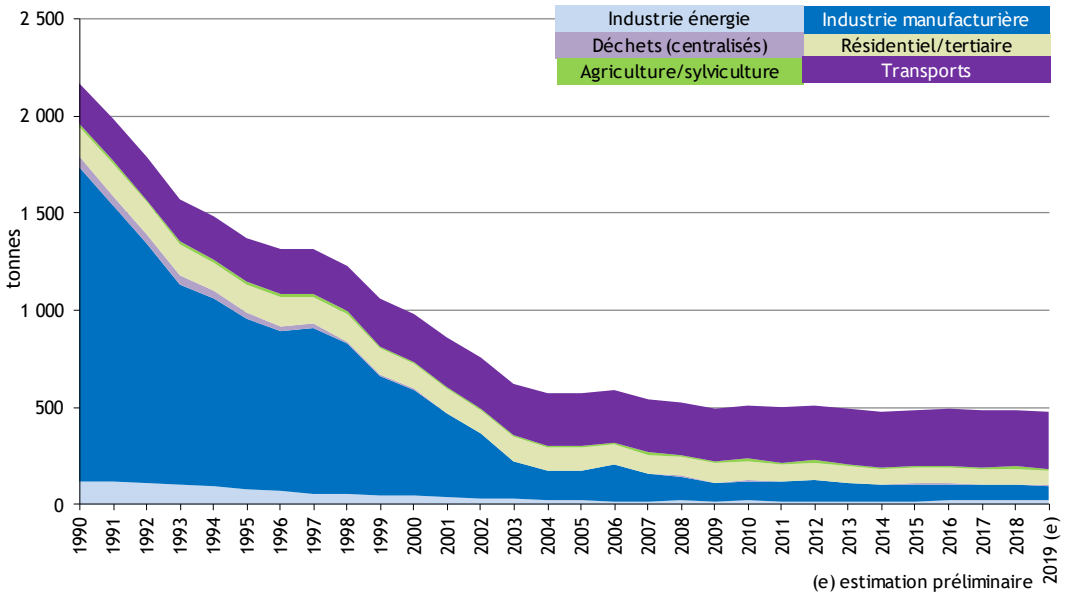
Effets
Santé

Emissions par habitant (g/hab)

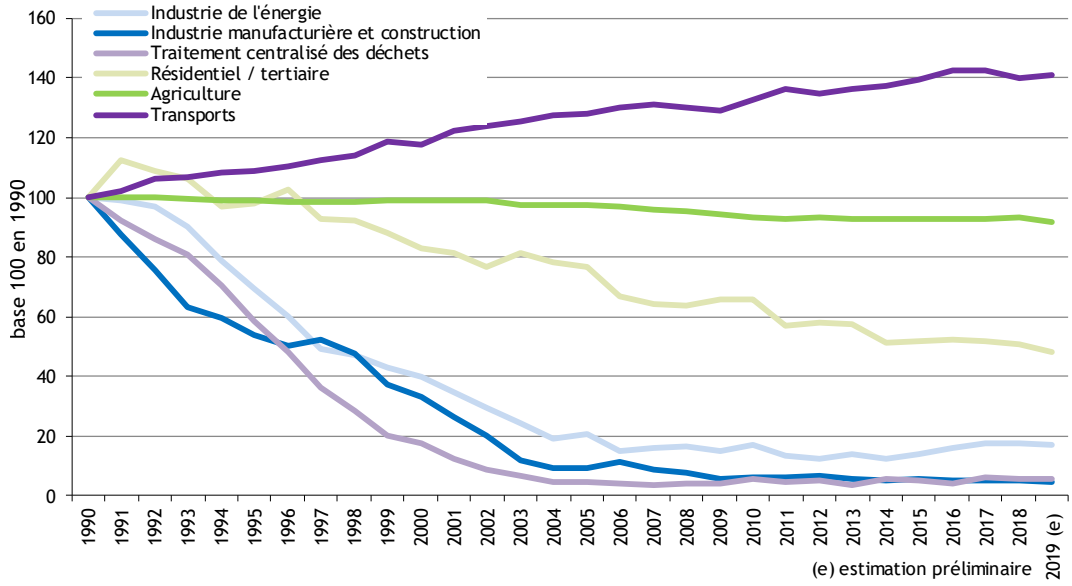


Zinc

Evolution des émissions dans l'air de Zn depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Zn en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de Zn (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	116,6	80,6	46,6	24,1	20,0	16,1	18,8	20,7	20,5	19,8
Industrie manufacturière et construction	1 624	874	540	147	102	90	87	79	83	77
Traitement centralisé des déchets	52,1	30,4	9,2	2,5	2,8	2,6	2,2	3,2	3,0	3,0
Résidentiel / tertiaire	152,8	149,6	127,0	117,1	100,2	78,9	80,0	78,9	77,2	73,8
Agriculture	12,1	12,0	12,0	11,8	11,3	11,2	11,2	11,3	11,3	11,1
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	208,2	226,2	244,9	266,9	276,3	290,1	296,3	296,5	291,3	293,6
Transport hors total	*2,2*	*1,9*	*2,5*	*2,5*	*2,3*	*1,6*	*1,4*	*1,6*	*1,8*	*1,6*
TOTAL national hors UTCATF	**2166,2**	**1372,5**	**979,3**	**569,5**	**512,5**	**488,3**	**495,2**	**489,4**	**486,3**	**478,8**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**2 166**	**1 373**	**979**	**569**	**512**	**488**	**495**	**489**	**486**	**479**
Hors total	*2,2*	*1,9*	*2,5*	*2,5*	*2,3*	*1,6*	*1,4*	*1,6*	*1,8*	*1,6*

Zinc

Analyse

Enjeux

Sources principales

Tous les secteurs contribuent aux émissions de zinc (Zn) de la France métropolitaine dans des proportions très variables et les principales sources d'émissions sont :

- l'industrie manufacturière notamment la métallurgie des métaux ferreux,
- le secteur des transports,
- le secteur résidentiel/tertiaire.

Objectifs de réduction

Aucun objectif de réduction ou limite d'émission de sélénium ne doit être respecté par la France.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 97 %.

A noter

La part hors total des émissions de zinc provient uniquement du transport maritime international et représente une proportion relative faible et quasi-constante des émissions du total national (inférieur à 0,5 %). Aucune émission naturelle (volcanisme, foudre, émissions de COV de la végétation...) de zinc n'est calculée.

Tendance générale

En 2018, le transport routier est le secteur prédominant dans les émissions de Zn de la France métropolitaine.

Dans le secteur du transport routier, les émissions proviennent à la fois de la consommation des carburants et d'une partie de l'huile moteur, pour tous les types de véhicules, ainsi que de l'abrasion des routes, de l'usure des pneumatiques et des freins. Cette dernière est d'ailleurs majoritaire dans les émissions imputées au transport routier (70%). Le niveau des émissions fluctue relativement peu sur la période 1990-2018. Depuis 2010, on observe une légère tendance à la hausse.

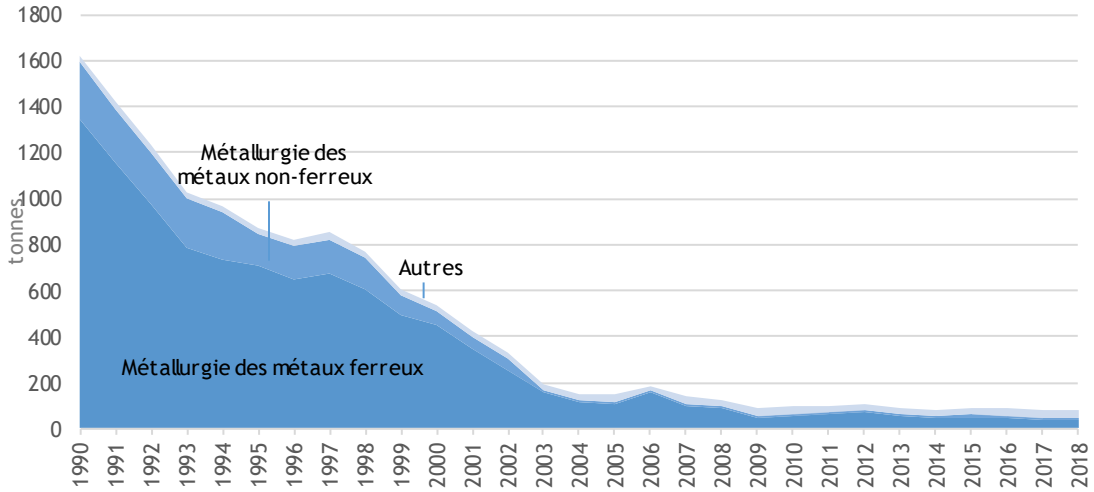
Dans l'industrie manufacturière, la métallurgie des métaux ferreux est prédominante (51%), en particulier du fait des émissions induites par les aciéries électriques. La baisse des émissions dans ce secteur entre 1990 et 2018 s'explique par l'efficacité des techniques de réduction mises en place dans les aciéries électriques. Toutefois, selon la variabilité du fonctionnement de ces aciéries, ce secteur est la cause principale de l'augmentation ponctuelle des émissions totales de zinc observée. La fermeture, en 2003, d'un important site de la métallurgie des métaux non ferreux a conduit à la réduction des émissions de ce secteur.

Dans le secteur résidentiel/tertiaire, les émissions, qui proviennent majoritairement du sous-secteur résidentiel, sont engendrées par la consommation de bois. Les baisses régulières observées sur la période s'expliquent par l'amélioration des performances des équipements individuels de combustion du bois.

Enfin, concernant le secteur de la transformation d'énergie, les émissions sont induites par les usines d'incinération de déchets non dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie (plus d'un tiers des émissions de ce secteur en 2018) et par le chauffage urbain (également plus d'un tiers des émissions). Dans ce secteur, la réduction importante des émissions de Zn sur l'ensemble de la période est liée à la mise en œuvre de techniques de réduction nécessaires au respect des valeurs limites définies dans les arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002 pour les UIDND.

Au total, entre 1990 et 2018, les émissions de Zn ont diminué d'un facteur supérieur à 4. Cette baisse est observée principalement dans le secteur de l'industrie manufacturière.

Répartition des émissions de Zn du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)

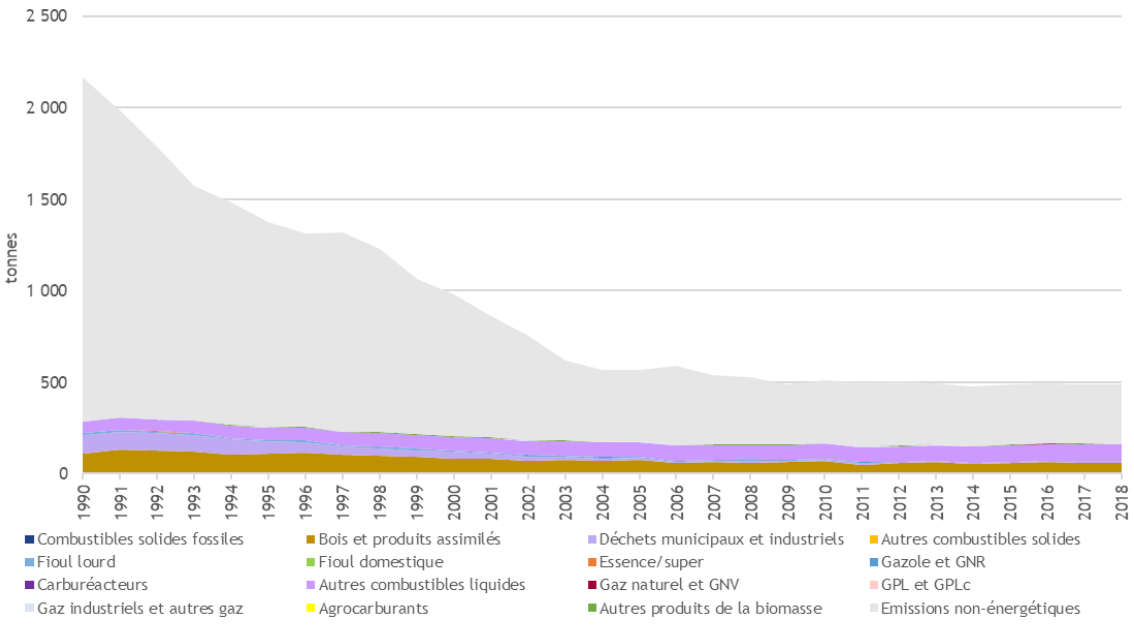


Évolution récente

Lors des dernières années, on observe une stabilisation des émissions de Zn, les variations dans les différents secteurs se compensant. Ainsi la légère hausse dans le transport routier est compensée par la baisse des émissions dans le secteur résidentiel ou par celle au sein de l'industrie.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions énergétiques de zinc représentent une faible part des émissions totales de ce polluant en 1990 (13 %) et dont la proportion a augmenté relativement avec la baisse des émissions non-énergétiques pour atteindre 33% en 2018. Les combustibles bois, déchets municipaux et huiles et solvants usagés sont responsables de la majorité de ces émissions énergétiques (93 % en 1990 contre 95 % en 2018) et leurs émissions ont diminué de 42 % sur la période considérée.



Et ailleurs ?

A titre de comparaison, les émissions de zinc en France métropolitaine sont estimées en 2018 à 7,5 g par habitant et par an contre 8,3 g dans l'Union Européenne (UE-27) en moyenne (table NFR UE éd. 2020).

En savoir plus

Impact sur la santé : www.inrs.fr/fichetox

Références du chapitre

AARHUS 2012. Protocole à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, de 1979, relatif aux métaux lourds.
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1998.Heavy.Metals.f.pdf

AAS 2016. Aas W. and alls. EMEP Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe. Heavy metals and POP measurements, 2016.

AEE 2018 – Agence de l'environnement européenne - Air quality in Europe – 2018 report. N°12. ISBN 978-92-9213-989-6.

Arrêté 1998. Arrêté du 02/02/98 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.
https://aida.ineris.fr/consultation_document/5657

MERA 2019 - https://www.lcsqa.org/fr/actualite/mera-observatoire-national-mesure-evaluation-zone-rurale-pollution-atmospherique-longue-di (site accédé en juin 2019).

MINAMATA 2019 – Site de la Convention de Minamata accédé le 5 juillet 2019.
http://www.mercuryconvention.org/Accueil/tabid/5576/language/fr-CH/Default.aspx

Seigneur, 2018 - Seigneur Ch. - Pollution atmosphérique. Concepts, théorie et applications - Edition Belin 2018.

Dans la suite des analyses, les fiches ont été consultées : INERIS 2010a. La Rocca b. et autres. Arsenic et ses dérivés inorganiques.

INERIS 2010b. Vincent JM. et autres. Mercure et ses dérivés
INERIS 2014. Bisson M. et autres. Cadmium et ses dérivés.
INERIS 2005a. Bisson M. et autres. Chrome et ses dérivés.
INERIS 2005b. Bisson M. et autres. Cuivre et ses dérivés.
INERIS 2006. Bisson M. et autres. Nickel et ses dérivés.
INERIS 2016. Amara A. et autres. Plomb et ses dérivés.
INERIS 2011. Bisson M. et autres. Sélénium et ses dérivés.
INRS 2012. Fiche toxicologique du zinc et ses composés minéraux (fiche 75)

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Polluants organiques persistants

Rédaction

Vincent MAZIN

Benjamin CUNIASSE

Gwenaëlle LE BORGNE

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Définition **210**

Dioxines et furannes (PCDD-F) **213**

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) **219**

Polychlorobiphényles (PCB) **225**

Hexachlorobenzène (HCB) **231**

Définition

Le terme Polluants Organiques Persistants ou POP désigne un grand nombre de substances organiques non pas définies par leur nature chimique mais par quatre propriétés (Convention Stockholm 2019) :

- elles sont ***persistantes et restent de longues années non dégradées*** (elles ne se dégradent que très lentement dans l'environnement, voire pas du tout ; elles sont capables de résister à la dégradation biologique, chimique et photolytique),
- elles sont ***bioaccumulables*** (lipophiles, elles s'accumulent, se bio-amplifient dans les tissus adipeux des organismes vivants ; elles se concentrent dans la chaine alimentaire),
- elles sont ***toxiques*** (nocives pour les écosystèmes, les animaux et l'homme, elles peuvent perturber le système immunitaire et reproductif et être cancérigènes),
- Elles deviennent largement distribuées dans l'environnement à la suite de processus naturels impliquant le sol, l'eau et, plus particulièrement, l'air. Elles peuvent être transportées très loin de leurs zones d'émission.

La plupart des POPs sont des composés organiques semi-volatils ou non-volatils. Ces POPs semi-volatils se trouvent à l'état gazeux ou particulaire selon les températures. Ils se déposent facilement sous forme particulaire lorsque la température est moins élevée et peuvent être réémis si la température devient plus élevée (seuil de température dépendant des substances).

Sources

Ces substances peuvent être émises intentionnellement ou non. De **manière intentionnelle**, elles sont émises en tant que **pesticides** (aldrine, chlordane, chlordécone, lindane, mirex, pentachlorobenzène, toxaphène…) ou lors de leur production pour des **usages industriels** (décabromodiphényl ether, hexachlorobutadiène, naphtalènes polychlorés…).

De **manière non-intentionnelle**, les POPs sont émis lors de la **combustion à l'air libre des déchets et de la biomasse** (y compris lors de feux de forêt), lors de **l'incinération de déchets, lors de la combustion de tout combustibles (fossile, biomasse)** et lors de **processus industriels** (comme le raffinage, la production de substances chimiques, de métaux, de textiles, de céramiques ou de briques). Les émissions sont plus fortes en cas de combustion incomplète.

POP pris en compte dans l'inventaire

L'inventaire national estime les émissions de quatre principaux POP émis par l'industrie, la combustion et l'incinération des déchets, et visés par le Protocole d'Aarhus et la Convention de Stockholm. Ce sont les suivants :

- les **polychlorobiphényles (PCB)**

Les PCB sont des composés aromatiques organochlorés avec 12 atomes de carbone et entre 1 à 10 atomes de chlore ($C_{12}H_{10-x}Cl_x$). Il existe 209 congénères, classés en deux catégories, de type dioxine (ou dioxine like) et les autres. Ils ont été utilisés pour leurs propriétés diélectriques. Ce sont aussi des produits de combustion.

- l'**hexachlorobenzène (HCB)**

Il s'agit d'un composé organique avec 6 atomes de carbone et 6 atomes de chlore, dérivé du benzène (C_6Cl_6). C'est un fongicide. Il est émis par des processus de combustion en même temps que les dioxines et furannes.

- les **hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**

Les HAP sont un ensemble de composés organiques avec 2 à 7 cycles aromatiques, semi-volatils. Ils sont produits par les processus de combustion de différents combustibles et produits, ainsi que par les processus de raffinage du pétrole. Ils sont également présents à l'état naturel dans les combustibles fossiles charbon et pétrole.

La famille des HAP est très vaste. On distingue :

Les 4 HAP couverts par le Protocole d'Aarhus :

- le benzo(a)-pyrène (B[a]P),
- le benzo(b)fluoranthène (B[b]F),
- le benzo(k)fluoranthène (B[k]F),
- l'indéno(1,2,3-cd)pyrène (I[1,2,3-cd]P),

Les 4 autres substances réglementées par la France, dans le cadre des règlements sur les installations classées (ICPE) :

- le benzo(g,h,i)pérylène,
- le fluoranthène,
- le dibenzo(a,h)anthracène (DiB[a,h]A),
- le benzo(a)anthracène (B[a]A).

Les autres HAP.

Dans le cadre du total national des émissions de HAP présenté dans le rapport SECTEN, seuls les 4 HAP pris en compte dans l'inventaire, conformément au périmètre de la CEE-NU, sont présentés. Comme le montre la spéciation réalisée dans l'étude complémentaire du rapport SECTEN 2017, si l'on considère les 8 HAP réglementés en France, le niveau des émissions de HAP est alors au moins 4 fois supérieur à celui des HAP pris en compte dans le Protocole d'Aarhus.

- les **dioxines/furannes (PCDD-PCDF)**

Les dioxines et les furannes sont des composés aromatiques polycycliques halogénés. On a identifié quelque 419 composés apparentés à la dioxine (mais on considère que seulement trente d'entre eux ont une toxicité marquée) et 135 pour les furannes ou polychlorodibenzofuranes. Ces substances sont principalement formées par la combustion à haute température des déchets et des combustibles. On les retrouve dans certains procédés chimiques (synthèse de produit chlorés), le blanchiment de la pâte à papier. La présence de chlore et d'un catalyseur comme le cuivre ou le fer est une condition de formation.

Effets sur la santé

Les POPs ont, de façon générale, des effets toxiques sur les êtres vivants. Les diverses substances peuvent être cancérigènes et dégrader les systèmes immunitaires et reproductifs…. Les références suivantes donnent de bonnes synthèses sur la toxicologie des divers POPs :

- Le portail substances chimiques de l'INERIS fournit des grandeurs caractéristiques sur les substances chimiques dans les domaines suivants: Ecotoxicologie, Toxicologie, Données Technico-économiques. Par exemple pour le BaP : https://substances.ineris.fr/fr/substance/484

- L'INERIS met aussi à disposition un certain nombre de fiches, dans lesquelles il est possible de trouver les substances considérées ci-dessus. https://substances.ineris.fr/fr/page/21#fictox.
- L'INRS est également une excellente source de données, par exemple sur les substances CMR. http://www.inrs.fr/risques/cmr-agents-chimiques/ce-qu-il-faut-retenir.html
- L'organisation mondiale de la Santé est également une source essentielle : https://www.who.int/ipcs/assessment/fr/

Suivi des POPs dans l'air ambiant

Les HAP font l'objet d'un suivi en termes de qualité de l'air selon la directive 2004/107/CE modifiée. Le B[a]P est mesuré ainsi qu'au minimum le B[a]A, B[b]F, B[j]F, B[k]F, I[1,2,3-cd]P, DiB[a,h]A.
Les autres POPs tels que les dioxines, peuvent faire l'objet de surveillance locale près des sites industriels ou de campagnes de mesures ponctuelles. Les concentrations de dioxines chlorées et bromées ont ainsi été mesurées en 2018 près de sources de pollutions diffuses (brûlage de câbles) (AIRPARIF 2018).
Des mesures de concentrations de POPs sont réalisées par l'observatoire national de Mesure et d'Evaluation en zone rurale de la pollution Atmosphérique à longue distance. 2 stations de fonds ruraux mesurent des POPs. Les données sont reportées chaque année à AirBase (the European Air quality dataBase), à l'EMEP et sont visualisables sur le site EBAS (MERA 2019).

Concentrations observées dans l'environnement

La figure 1 suivante présente les concentrations de benzo(a)-pyrène mesurées en Europe.

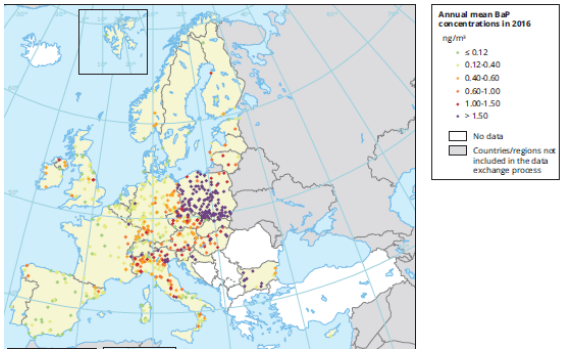


Figure 1 : concentrations de benzo(a)pyrène mesurées en 2016 en Europe (AEE 2018)

En 2016, ce sont encore 13 Etats membres qui mesurent des concentrations supérieures à la valeur limite européenne de 1 ng/m^3, principalement en Europe centrale et de l'Est.

La valeur recommandée par l'OMS de 0,12 ng/m^3 est dépassée dans au moins une station de chaque Etat membre sauf aux Pays Bas et en Suède (AEE 2018).

Des travaux d'évaluation de la pollution transfrontière relative aux POPs à l'échelle globale, régionale et nationale, sont menés par les centres de recherche EMEP (tels que le MSC-East et West (Meteorological synthesizing centres) (EMEP 2018). Les données d'inventaires des émissions de POP sont une source importante d'informations pour ces travaux mais encore associées à des incertitudes importantes. La modélisation est aussi largement utilisée avec des travaux pour réconcilier données observées (trop rares) et inventaires. La figure 2 suivante présente par exemple, les concentrations de dioxines et furannes issues de cette modélisation à partir de données d'inventaires adaptées (comblant les lacunes ou les sous estimations selon les centres de recherche). Des concentrations élevées de dioxines (toutefois exprimées en femto gramme (fg), soit en billiardième de gramme) sont estimées en Italie du nord, au Royaume uni, en Europe centrale, Ukraine, Russie.

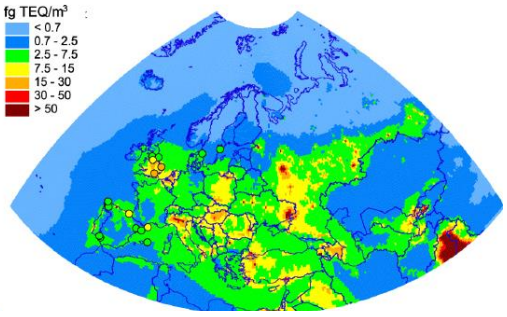


Figure 2 : Distribution spatiale des concentrations de dioxines et furannes modélisées à partir de données de concentrations et d'inventaires d'émissions ajustés dans la zone EMEP en 2016 (EMEP 2018) en 2016 dans la zone EMEP (AEE 2018)

Réduction des émissions

Compte tenu de leurs effets sur la santé et les écosystèmes, les POPs font l'objet de nombreuses réglementations à l'échelle européenne et française.

Au niveau international, il existe deux Conventions (voir aussi le chapitre *Politique et Règlementation*) visant à contrôler, réduire ou éliminer ces substances :

- Le Protocole d'Aarhus (ou « Protocole POP »), adopté le 25 juin 1998 dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution transfrontalière longue distance sous l'égide de la Commission Économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-NU ou UNECE en anglais). Il est entré en vigueur le 23 octobre 2003 et a été amendé en 2009. Le Protocole interdit la production et l'utilisation de certains POP (aldrine, chlordane, chlordécone, dieldrine, endrine, hexabromobiphényle, mirex et toxaphène). D'autres substances ont été introduites en 2009 (hexa-chlorobutadiene, octabromodiphenyl ether, pentachloro-benzene, pentabromodiphenyl ether, perfluorooctane sulfonates, polychlorinated naphthalenes et les paraf-fines chorées à courte chaîne). D'autres doivent être éliminés ou substantiellement réduits (dichloro-diphényltrichloroéthane (DDT), heptachlore, biphényles polychlorés (PCB), hexachlorobenzène (HCB)). Il oblige également les Parties à réduire leurs émissions de dioxines, furannes, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et hexachlorobenzène (HCB) en deçà de leurs niveaux de 1990. Pour l'incinération de déchets municipaux, dangereux et médicaux, il établit des valeurs limites spécifiques.
- la Convention de Stockholm (ou « Convention POP ») a été adoptée le 22 mai 2001 dans le cadre du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) par 92 pays. Elle est entrée en vigueur le 17 mai 2004. En mai

2009 (lors de la COP-4), des amendements à la Convention ont ajouté 9 nouveaux POP et ces amendements sont entrés en vigueur le 26 août 2010. D'autres amendements sont intervenus depuis. La Convention de Stockholm prend en compte un nombre de POP beaucoup plus élevé que le Protocole d'Aarhus.

Les pesticides

Les émissions de pesticides dans l'air peuvent notamment avoir lieu pendant l'application par dérive aérienne de gouttelettes de pulvérisation ou en post-application par volatilisation depuis le sol ou la plante. Il existe encore peu de connaissances sur les résidus de pesticides dans l'air à l'échelle de la France entière même si les Associations Agrées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) ont réalisé des campagnes de mesures. La base PhytAtmo pilotée par Atmo France a été ouverte au public le 18 décembre 2019 et compile les concentrations mesurées en pesticides dans l'air extérieur sur la période 2002-2017 avec 321 substances actives recherchées et 6 837 prélèvements effectuées sur 176 sites. L'association Générations Futures a analysé les données contenues dans la base PhytAtmo, et le 18 février 2020, a publié un rapport contenant les conclusions suivantes : « *parmi les herbicides, fongicides et autres insecticides présents dans l'atmosphère, une majorité de ces substances particulièrement dangereuses pour la santé sont suspectés d'être des perturbateurs endocriniens (PE) ou cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR)*».

Les émissions dans l'air de pesticides, ou produits phytopharmaceutiques, **ne sont pas encore inventoriées dans l'inventaire national des émissions**. Comme il ne s'agit pas d'une obligation règlementaire, la priorité est donnée à l'amélioration de l'estimation des émissions des autres substances, mais il y a une attente importante sur le sujet notamment du côté des préoccupations de santé.

Néanmoins, des travaux préliminaires ont été menés notamment par l'ADEME. Ainsi que la synthèse de C. Guiral et al. de 2016, conclut que « *si des facteurs d'émission ont pu être identifiés, ils présentent un niveau de validation faible et donc un potentiel d'utilisation en France avec les substances actives actuelles que l'on peut qualifier de faible. […] Quelques jeux de données sont disponibles mais en nombre limité. Il faudrait en produire d'autres pour mieux appréhender les processus, améliorer les modèles (et leur domaine d'application) et dégager des leviers d'action pour limiter les émissions de produits phytosanitaires vers l'atmosphère*. »

Du point de vue de leurs concentrations dans l'air, la surveillance des résidus de pesticides dans l'air au niveau national est une priorité définie dans le cadre du plan d'action gouvernemental sur les produits phytopharmaceutiques et du plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA 2017). Saisie par les ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie, de la santé et du travail, l'Anses a établi en octobre 2017 des recommandations sur la conduite et les modalités de mise en œuvre d'une campagne exploratoire en vue d'une telle surveillance (ANSES 2017). Au vu de ces recommandations, un partenariat a été mis en place entre l'Anses, l'Ineris et la Fédération Atmo France pour la définition et la réalisation de cette campagne. Cette campagne exploratoire, première du genre à l'échelle nationale, permettra de définir les modalités d'une stratégie pérenne nationale de surveillance des résidus de pesticides dans l'air ambiant (INERIS 2018). En effet, elle permettra d'évaluer l'exposition moyenne de la population générale aux pesticides dans l'air ambiant et évaluer la nécessité de mettre en œuvre une surveillance pérenne des pesticides dans cette matrice. Les résultats de la campagne exploratoire nationale de mesure des résidus de pesticides dans l'air (analyse d'environ 80 substances prioritaires, sur 50 sites de mesure, en France métropolitaine et dans les territoires ultramarins) seront publiés à l'automne 2020.

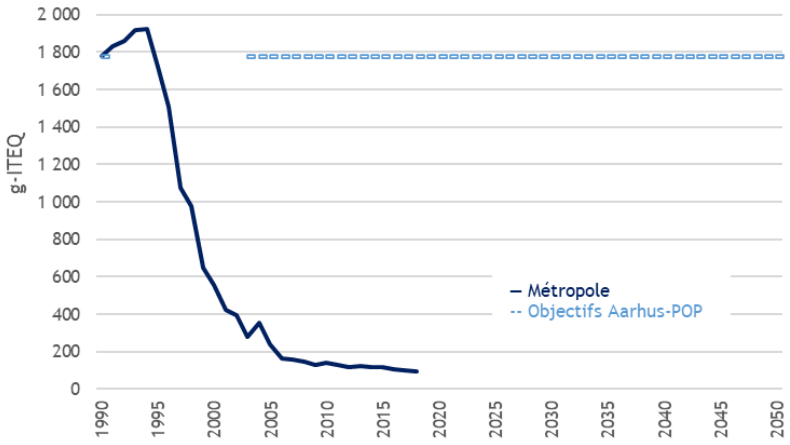
D'autres travaux en cours permettent de faire évoluer l'état des connaissances sur les résidus de pesticides dans l'air :

- le projet RePP'air lancé en janvier 2017 porté par la Chambre Régionale d'Agriculture Grand Est, qui réunit 31 acteurs, dont sept AASQA vise à améliorer la compréhension des phénomènes impliqués dans les transferts de produits phytosanitaires dans l'air. Ce projet se déploie sur huit sites d'études (polyculture élevage, viticulture, grandes cultures…), répartis dans sept régions de France. Des campagnes de mesures avec des protocoles uniformes (fréquence de prélèvement à la semaine) entre AASQA sont réalisées. Un des objectifs poursuivis est de mettre en relation les mesures de produits phytosanitaires avec les pratiques des agriculteurs (enquêtes auprès des agriculteurs autour des sites de mesure). La restitution des résultats est prévue fin 2020.
- Deux programmes de recherche « PRIMEQUAL 2016 » en cours s'intéressent au devenir des produits phytosanitaires dans l'atmosphère : TRANSPOPEST (étude du transfert de pesticides des zones de cultures vers les zones habitées pour évaluer l'exposition des populations riveraines à ces substances) et COPP'R (Modélisation de la COntamination de l'air par les Produits Physanitaires à l'échelle Régionale).

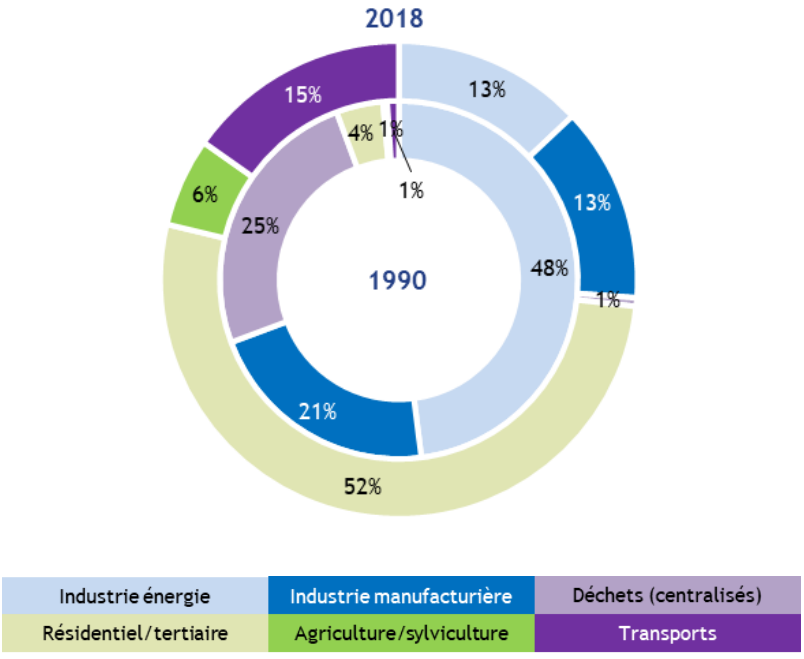
Enfin, lors de la rencontre co-organisée par l'APCA (Chambres d'agriculture France) et l'INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) lors du Salon International de l'Agriculture le 26 février 2020, les acteurs du développement agricole et de la recherche ont soulevé quelques pistes de recherche : approfondir les recherches sur la dérive aérienne, sur l'effet de la formulation sur les matières actives, et continuer à étudier le devenir des composés dans l'atmosphère.

En bref

Evolution des émissions de PCDD-F en France



Répartition des émissions de PCDD-F en France



PCDD-F

Dioxines et furannes

Type
Polluant organique persistant

Définition
Les polychlorobenzodioxines (PCDD) et les polycholorodibenzofuranes (PCDF), regroupés sous le terme dioxines et furannes sont une famille de polluants organiques persistants dans l'environnement. Elles peuvent avoir une origine naturelle mais sont essentiellement d'origine humaine avec des sources industrielles et combustion.

Très stables chimiquement, l'ingestion est la principale voie de contamination des êtres vivants chez lesquels, elles s'accumulent. Elles contaminent la chaîne alimentaire. Elles sont toxiques pour l'homme (notamment la 2,3,7,8 TCDD ou « dioxine Seveso »).

Composition chimique
Deux noyaux benzéniques reliés par deux atomes d'oxygène, des atomes de chlore, de fluor et de brome (de 1 à 8) composent les dioxines et furannes.

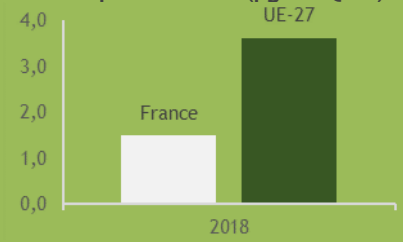
Origine
Sources anthropiques : incinération de déchets ; brûlage de câbles ; combustion de combustibles minéraux solides, de carburants et de biomasse ; métallurgie des métaux ferreux (production d'agglomérés et cokeries) et autres procédés industriels (production de papier, etc.).

Sources naturelles : feux de forêt ; activité volcanique.

Phénomènes associés
Contamination de l'air, l'eau, des sols, sédiments et de la chaîne alimentaire

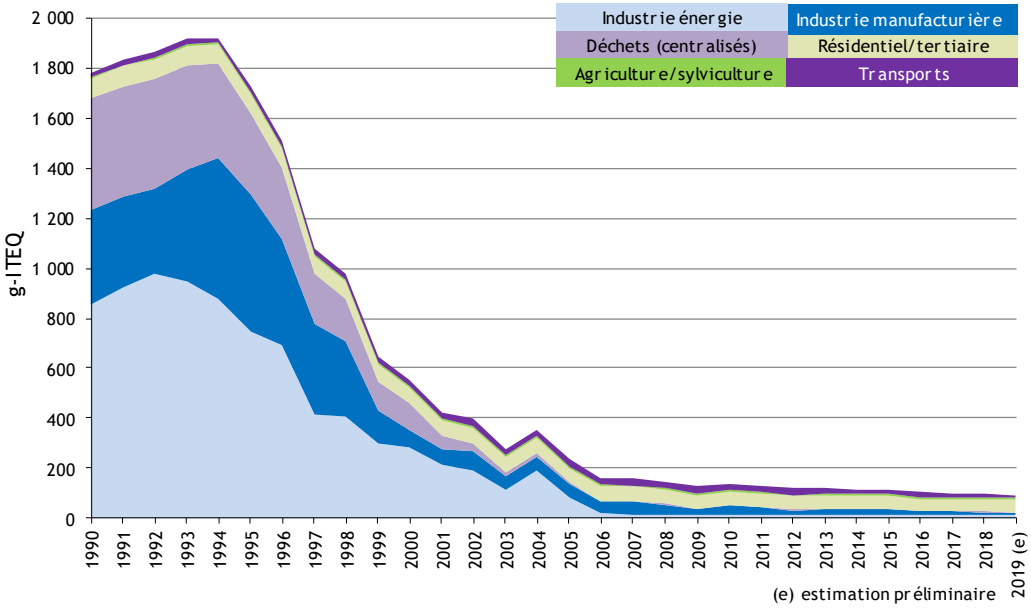
Effets
Santé, cancérigènes, perturbateurs endocriniens

Emissions par habitant (µg-ITEQ/ha)

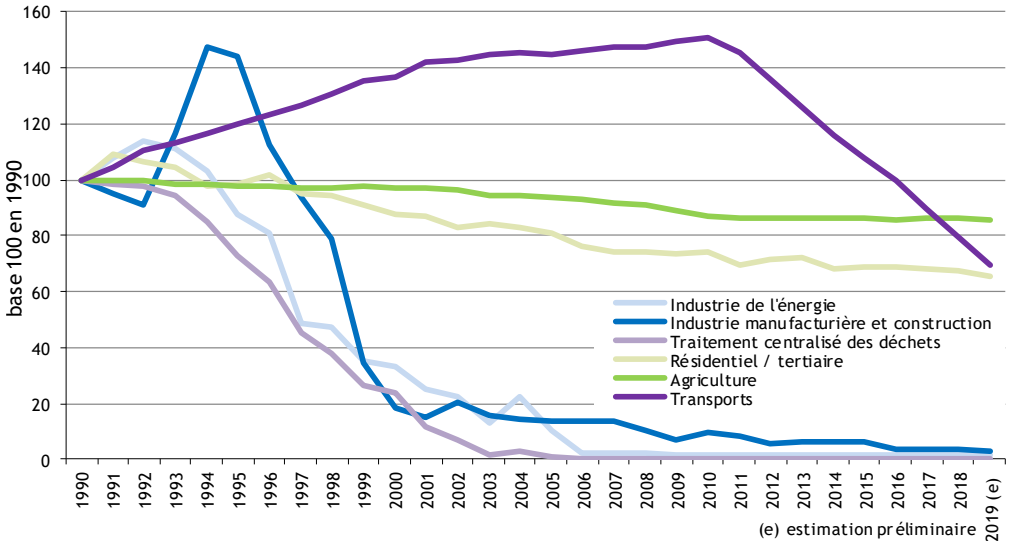


Dioxines et furannes

Evolution des émissions dans l'air de PCDD-F depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de PCDD-F en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de PCDD-F (g-ITEQ/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	855,2	747,8	282,6	86,1	13,0	12,8	12,4	13,7	12,6	12,1
Industrie manufacturière et construction	380,2	547,7	70,6	51,3	36,5	24,6	14,2	12,9	12,9	12,1
Traitement centralisé des déchets	445,8	324,3	106,2	5,1	0,5	0,6	0,4	0,7	0,6	0,6
Résidentiel / tertiaire	75,3	74,1	66,0	60,7	56,0	51,6	52,0	51,2	50,5	49,4
Agriculture	6,8	6,6	6,6	6,4	5,9	5,8	5,8	5,8	5,9	5,8
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	18,6	22,3	25,4	26,9	28,1	20,1	18,6	16,7	14,8	12,9
Transport hors total	*1,1*	*0,9*	*1,2*	*1,2*	*1,1*	*0,8*	*0,7*	*0,8*	*0,9*	*0,8*
TOTAL national hors UTCATF	**1 782**	**1 723**	**557**	**236**	**140**	**115**	**103**	**101**	**97**	**93**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**1 782**	**1 723**	**557**	**236**	**140**	**115**	**103**	**101**	**97**	**93**
Hors total	*1,1*	*0,9*	*1,2*	*1,2*	*1,1*	*0,8*	*0,7*	*0,8*	*0,9*	*0,8*

Dioxines et furannes

Analyse

Enjeux

Effets sanitaires

On appelle dioxines des hydrocarbures aromatiques polycycliques chlorés (HAPC). Les propriétés de ces dioxines, dont leur toxicité, dépendent du nombre et de la position des atomes de chlore. L'une des dioxines les plus toxiques est connue sous le nom de TCDD (tétrachlorodibenzo-para-dioxine) ou encore dioxine de Seveso (en référence à la catastrophe industrielle du même nom) et sert de norme étalon pour l'établissement de la toxicité des autres dioxines et furannes.

Les furannes ou polychlorodibenzo-furanes ou PCDF sont une famille de molécules chimiques cycliques (hétérocycle aromatique) émis lors de l'incinération de PCB (T>1200°C). Ils se différencient des dioxines par la présence d'un seul atome d'oxygène dans le cycle central entouré de deux cycles benzéniques. Dans ces molécules, 2 à 9 atomes d'hydrogène sont substitués par des atomes de chlore (dans les positions numérotées de 1 à 9).

Dans l'environnement, la photolyse est l'une des rares voies de dégradation de ces molécules. La photodéchloration serait la réaction la plus importante. Néanmoins, un rapport de l'Inserm (« Dioxines dans l'environnement. Quels risques pour la santé ?», Rapport. Paris : Les éditions Inserm, 2000, XIII - 406 p.) stipule que plusieurs études menées sur la biodégradabilité de ces polluants environnementaux montrent que certains micro-organismes (bactéries, levures, champignons) sont capables de les métaboliser.
Une fois émis, les dioxines et furannes sont transportés dans l'atmosphère et vont se déposer sur l'eau ou sur terre tout au long de leur parcours. Dans l'eau, les dioxines se lient d'abord à de petites particules ou au plancton. Sur terre, elles se déposent sur les plantes ou se lient au sol. Depuis les premiers éléments de la chaîne trophique jusqu'au derniers maillons, elles vont s'accumuler dans les organismes, les concentrations augmentant à chaque maillon de la chaine (par bioaccumulation, phénomène propre aux POPs). Ce sont des composés lipophiles qui ont tendance à s'accumuler dans les graisses et dans le foie. On estime que leur demi-vie, soit le temps nécessaire pour que leur activité dans l'organisme diminue de moitié, se situe entre 7 et 11 ans.

Une exposition brève de l'être humain à de fortes concentrations de ces substances peut entraîner des lésions dermiques, la formation de taches sombres sur la peau et une altération de la fonction hépatique. L'exposition de longue durée s'associe à une dégradation du système immunitaire, du développement du système nerveux, du système endocrinien et des fonctions génésiques. Chez l'animal, l'exposition chronique aux PCDD-F peut entrainer plusieurs types de cancers. Le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC), agence de l'OMS, a évalué la TCDD en 1997 et 2012. Sur la base des données épidémiologiques chez l'être humain et des informations sur l'animal, le CIRC a classé les dioxines et les furannes dans les « cancérogènes pour l'être humain ».

Certaines populations locales ont été accidentellement exposées à de fortes concentrations de dioxines, notamment à Seveso en 1976 (Italie) après l'explosion survenue dans une usine chimique, entrainant la formation d'un nuage toxique, comportant de la TCDD, et contaminant une zone de quinze kilomètres carrés avec une population de 37 000 habitants. Dans de nombreux cas, la contamination à la dioxine passe par l'alimentation des animaux. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), on estime que chez l'homme, plus de 90 % de l'apport en dioxines proviendraient de la nourriture, en particulier par l'ingestion de protéines animales (lait et produits laitiers, viandes, poissons). En 1999, on a trouvé des concentrations élevées en dioxines dans des volailles et des œufs en Belgique. Par la suite, des produits alimentaires à base d'animaux contaminés par des dioxines (volailles, œufs, porcs) ont été détectés dans plusieurs pays dont l'origine a pu être retracée à des aliments pour animaux contaminés par de l'huile industrielle usagée contenant des PCB et éliminée illégalement. Fin 2008, l'Irlande a rappelé plusieurs tonnes de viande de porc et de produits dérivés, lorsqu'ont été détectés des quantités de dioxines jusqu'à 200 fois plus élevées que la limite de sécurité dans des échantillons. Cette découverte a entraîné l'un des plus gros rappels d'aliments en relation avec une contamination chimique. L'origine de cette contamination a été liée à l'alimentation contaminée des animaux.

L'OMS a établi une Dose Journalière Tolérable (DJT) d'exposition aux dioxines de 1 à 4 pg I-TEQ par kg de poids corporel et par jour. Le plafond de 4 pg est provisoire, l'objectif final étant de réduire la dose de dioxines chez l'homme à moins de 1 pg I-TEQ par kg de poids corporel et par jour. Cette valeur a été déterminée en fonction des doses minimales qui ont un effet nocif sur les animaux de laboratoire, divisées par un facteur 10 de sécurité. Cette DJT doit être considérée comme une moyenne sur toute une vie, ce qui signifie que la valeur limite peut être dépassée occasionnellement durant de courtes périodes, sans conséquences attendues pour la santé.

Objectifs de réduction

Le Protocole d'Aarhus (ou « Protocole POP »), adopté le 25 juin 1998 dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution transfrontalière longue distance sous l'égide de la Commission Économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-NU ou UNECE en anglais). Il est entré en vigueur le 23 octobre 2003 et a été amendé en 2009. Il oblige également les Parties à réduire leurs émissions de dioxines, furannes, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et hexachlorobenzène (HCB) en deçà de leurs niveaux de 1990.

En France, pour les rejets de dioxines et furannes, il se traduit par une obligation à émettre moins de 1 800 g-ITEQ par an. En 2018, les émissions totales françaises de PCCD-F étaient de 97 g-ITEQ, soit une baisse de 95% par rapport aux rejets de l'année 1990.

Enjeux actuels

Il n'existe pas en France de valeur réglementaire concernant les concentrations de dioxines dans l'air ambiant et dans les retombées atmosphériques. Toutefois il est possible à l'issue de campagnes de mesures d'établir des profils standards de concentration atmosphériques. Ainsi au travers de son « Programme de surveillance des Dioxines, Furanes & Métaux lourds » Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (AASQA - Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air) met en avant une variabilité saisonnière des concentrations de dioxines. Les niveaux en air ambiant étant plus élevés en automne et en hiver. On impute ce fait à deux phénomènes : la mise en service du chauffage au bois fortement émetteur en dioxines (notamment en raison des installations peu performantes) et le développement de conditions météorologiques stables et peu dispersives dans cette période de l'année qui favorise l'accumulation des polluants dans les basses couches.

En outre, tous les types de territoire ne sont pas affectés de la même façon par les rejets de dioxines. Dans un rapport publié en 2017, Atmo Nouvelle Aquitaine présente une variabilité des concentrations moyennes obtenues par par l'ensemble des AASQA. Ce document met en avant des concentrations moyennes supérieur à proximité des sites industriels et en particulier à proximité des incinérateurs. En outre les territoires urbains présentent un niveau moyen plus élevé que les zones rurales.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Ces émissions sont très sensibles aux conditions de fonctionnement, en conséquence, les facteurs d'émission utilisés restent accompagnés d'une forte incertitude. Lorsque des mesures sont disponibles, celles-ci sont privilégiées. Les facteurs d'émission de dioxines et furannes proviennent d'un outil de l'UNEP sauf pour le bois et les déchets agricoles pour lesquels une étude du Citepa est utilisée.

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ».

Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 33,8 %.

Tendance générale

Les émissions de dioxines et furannes (PCDD-F) sont exprimées en ITEQ (équivalent toxique international).

Les phénomènes complexes conduisant à la formation de dioxines et furannes se produisent dans des conditions particulières de combustion pouvant être rencontrées dans tous les secteurs, mais plus particulièrement au cours de l'incinération des déchets, lors de la production d'agglomérés pour les hauts-fourneaux ainsi que lors de quelques autres procédés particuliers.

Ainsi, tous les secteurs contribuent aux émissions de dioxines/furannes, mais dans des proportions variables. Du fait d'une très forte baisse des émissions entre 1990 et 2018 dans certains secteurs, la répartition par secteur est très différente en 1990 de celle observée en 2018.

Le secteur du résidentiel/tertiaire est la principale source des émissions de PCDD-F depuis 2006 mais une très forte part des émissions (40 g ITEQ) est induite par le brûlage des câbles pour récupérer le cuivre. Or, il s'agit d'une activité illicite, donc difficile à quantifier (et donc associée à une forte incertitude) et pour laquelle l'activité est considérée constante sur l'ensemble de la période.

Le secteur de la transformation d'énergie, était la plus forte source en 1990 du fait de l'incinération des déchets avec récupération d'énergie. La très forte baisse observée entre 1990 et 2018 est d'ailleurs le résultat de la très forte baisse des émissions de ces incinérateurs du fait de la mise en place des techniques de réduction pour répondre à la réglementation. La forte augmentation observée en 2004 est liée au dysfonctionnement d'un incinérateur de déchets non dangereux qui a émis à lui seul 50 g ITEQ.

Le secteur des déchets contribuait également de façon importante en 1990. La très forte décroissance observée entre 1990 et 2018 fait suite aux progrès réalisés par les incinérateurs de déchets dangereux et non dangereux sans récupération d'énergie (mise en conformité progressive) mais également à la part croissante de l'incinération de déchets non dangereux avec récupération d'énergie.

Dans ces incinérateurs de déchets non dangereux, avec ou sans récupération d'énergie, des techniques de réduction ont ainsi été mises en œuvre pour respecter les valeurs limites définies dans les arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002 relatifs aux déchets non dangereux (ordures ménagères, boues de traitement des eaux, etc.). Elles ont permis, notamment, une réduction de plus de 99% des émissions de cet ensemble de sources, entre 1990 et 2018. Concernant les déchets dangereux, l'arrêté du 20 septembre 2002 qui leur est dédié a permis une réduction de 87% des émissions liées à l'incinération des déchets industriels dangereux entre 1990 et 2018.

Dans l'industrie manufacturière, la baisse observée est liée à la baisse d'activité du secteur de la métallurgie des métaux ferreux et de la mise en place de techniques d'abattement.

La baisse des émissions entre 2008 et 2009 s'explique par les progrès accomplis par les aciéries électriques et par la baisse considérable de l'activité sur les sites de production d'agglomérés liée à la crise. La hausse des émissions en 2010 et 2011 s'explique par la reprise de l'activité sur ces sites.

Évolution récente

La tendance à la baisse observée depuis 2010 est essentiellement due au secteur de l'industrie manufacturière et au secteur des transports.

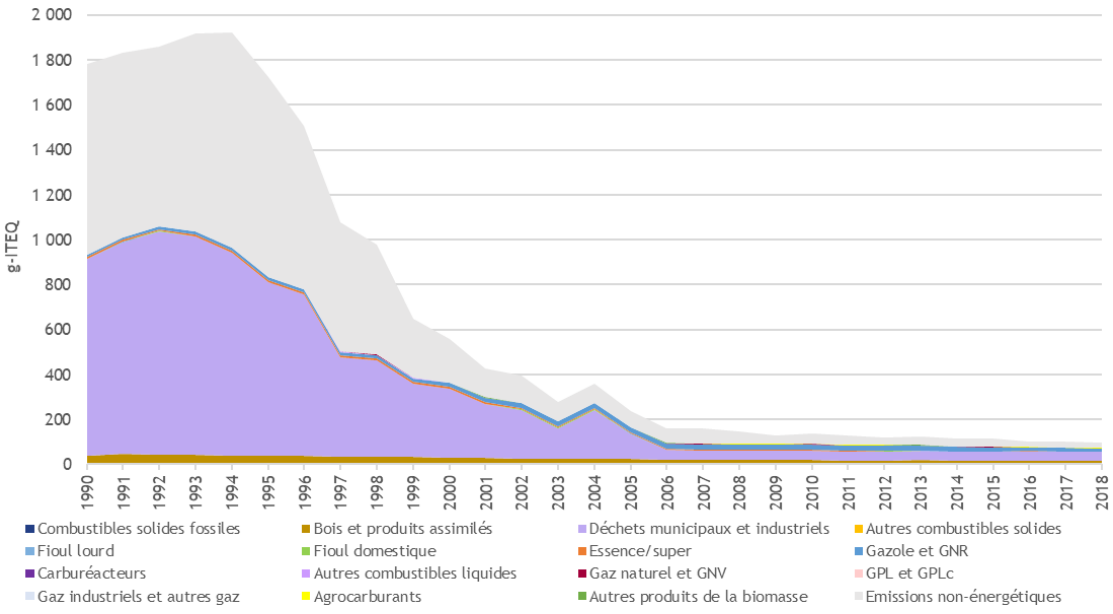
Concernant l'industrie manufacturière, la métallurgie des métaux ferreux imprime sa tendance à l'ensemble du secteur car il s'agit du sous-secteur le plus contributeur. En 2012, le niveau d'émission est le plus bas observé depuis 1990, suite en partie à la fermeture fin 2011 du site sidérurgique de Florange. La baisse importante observée entre 2015 et 2016 est liée à une forte réduction des émissions dans plusieurs sites d'agglomération de minerais.

Les émissions des autres secteurs restent très stables sur les année récentes. Le secteur résidentiel/tertiaire est le secteur majoritaire depuis 2006 et ses émissions, principale source des émissions de PCDD-F depuis 2006, ne voit pas ses émissions réduire du fait de la part importante liée au brûlage de câbles.

Part des émissions liée aux combustibles

Les rejets de dioxines et furannes (PCDD-F) sont principalement issus de procédés non énergétiques et de la combustion de déchets municipaux et industriels. Ainsi, en 1990 leurs émissions cumulées représentées 97% des émissions du territoire national. A partir de 1997, cette situation de quasi-monopole évolue et la part cumulée des procédés non énergétiques et de la combustion des déchets décroit jusqu'à 69% en 2006. Depuis 2006 on observe une stabilisation de celle-ci, fluctuant entre 61% et 69%.

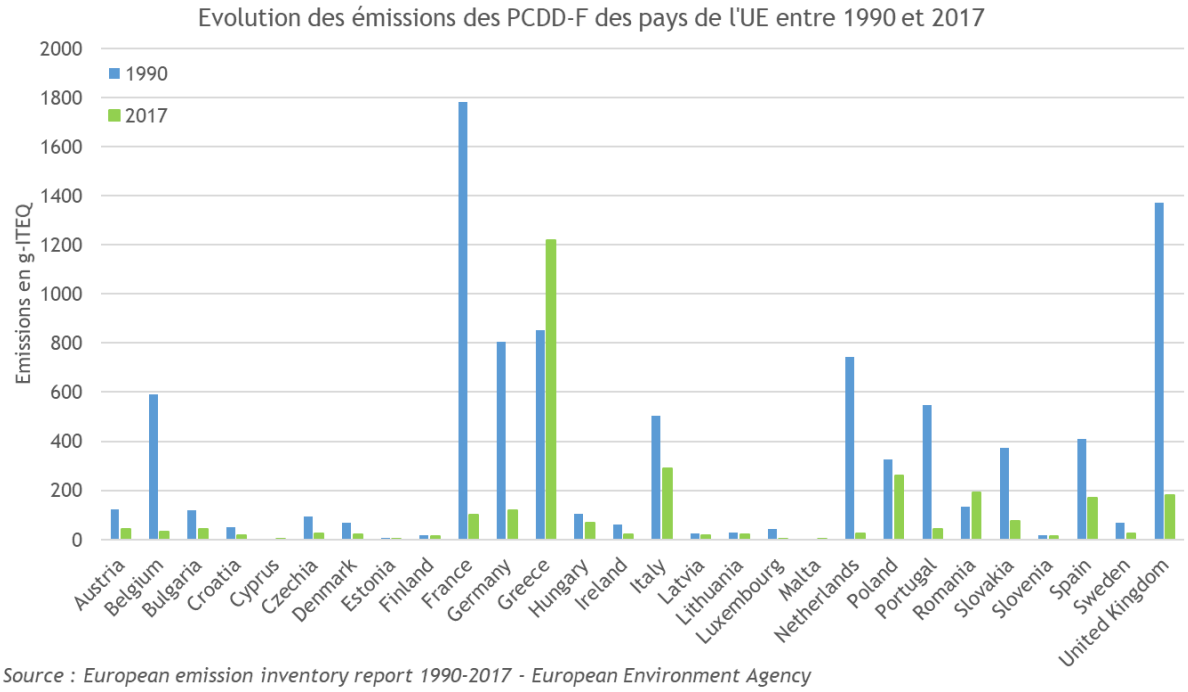
La part des émissions liées à l'utilisation du gazole et du GNR a largement évoluée sur la période 1990-2018. Entre 1990 et 2012, on enregistre une augmentation de 1% à 19% des rejets totaux de PCDD-F. On observe cependant une diminution régulière de celle-ci depuis 2013, ne représentant aujourd'hui que 13% des rejets nationaux.



Et ailleurs ?

Au sein de l'Union Européenne, la France était le pays le plus émetteur de dioxines et furannes en 1990 d'après les données de l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE) avec 19,2 % des rejets totaux. En 2017, la France est le 8ème émetteur de l'UE et totalise 3,4 % des rejets. C'est le pays ayant réduit le plus ses émissions entre 1990 et 2017.

Seuls la Grèce, Malte et la Roumanie ont vu leurs émissions croître sur cette période. En 2017, la Grèce représentait plus de 40% des émissions totales de l'Europe des 28.



Source : European emission inventory report 1990-2017 - European Environment Agency

En parallèle, on note que les émissions par habitants en France en 2018 (1,5 µg-ITEQ/hab/an) sont très inférieures aux rejets par habitant de l'Union Européenne (28) pour la même année (5,9 µg-ITEQ/hab/an).

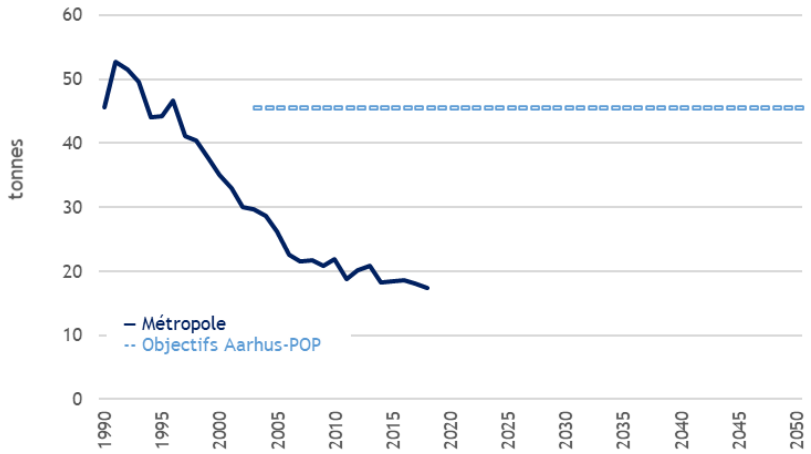
En savoir plus

Référence impact sur la santé :

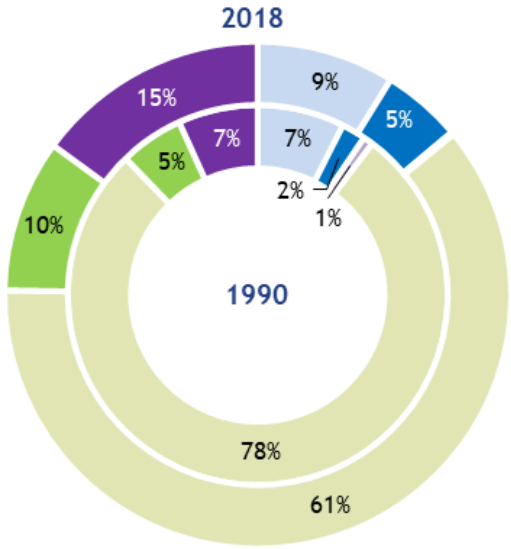
Ineris - https://substances.ineris.fr/fr/substance/1734

En bref

Evolution des émissions de HAP en France



Répartition des émissions de HAP en France



Industrie énergie	Industrie manufacturière	Déchets (centralisés)
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture	Transports

HAP

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Type
Polluant atmosphérique organique persistant

Définition
Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des polluants organiques persistants (POP) qui présentent un danger pour l'homme par leurs caractères cancérigène et mutagène.

Parmi eux, les 4 HAP suivis dans l'inventaire, conformément au périmètre CEE-NU, et ici présentés sont : le benzo(a)pyrène, le benzo(b)-fluoranthène, le benzo(k)fluoran-thène et l'indeno(1,2,3-cd)pyrène. Par ailleurs, 4 autres substances sont réglementées par la France, dans le cadre des règlements sur les installations classées (ICPE) : le benzo(g,h,i)pérylène, le fluoranthène, le dibenzo(a,h)anthracène (DiB[a,h]A), le benzo(a)anthracène (B[a]A).

Composition chimique
Molécules constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène, comprenant au moins deux cycles aromatiques condensés.

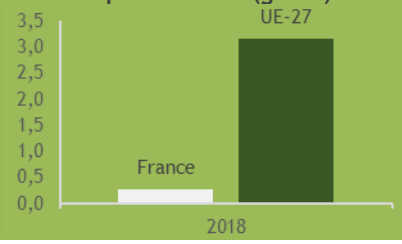
Origine
Sources anthropiques : combustion de biomasse, de combustibles minéraux solides et de carburants ; incinération de déchets ; feux ouverts ; cultures ; métallurgie des métaux ferreux.

Source naturelle : feux de forêts et prairies ; activité volcanique.

Phénomènes associés
Certains HAP peuvent être des COVNM lorsqu'ils sont très volatils (naphtalène par exemple) mais la plupart sont sous forme particulaire. Ils contaminent l'eau, les sols et la chaîne alimentaire.

Effets
Santé Plusieurs HAP cancérigènes dont le B[a]P, B[f]F, B[k]F, I[1,2,3-cd]P.

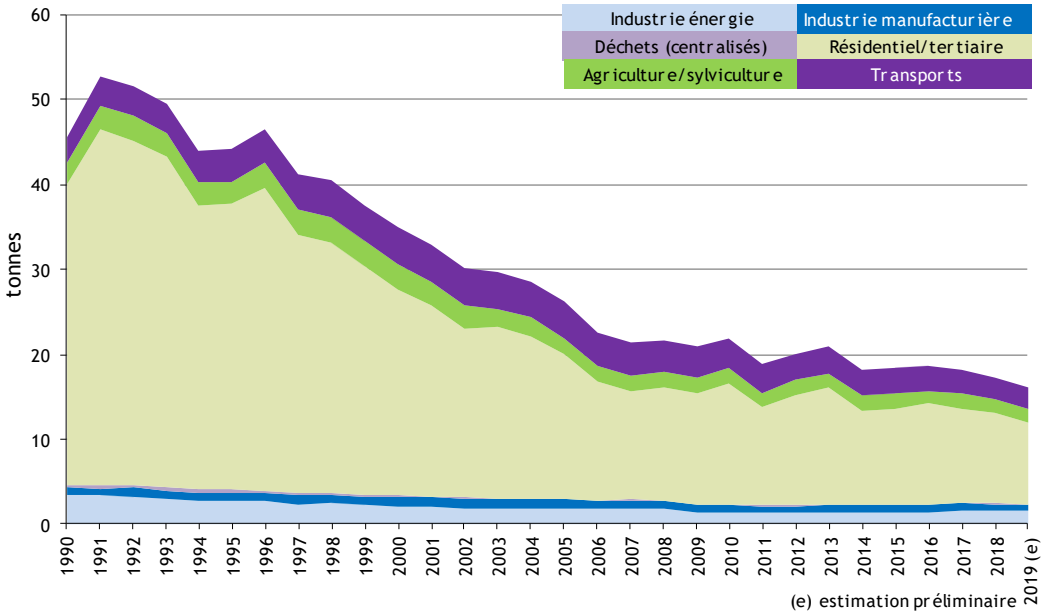
Emissions par habitant (g/hab)



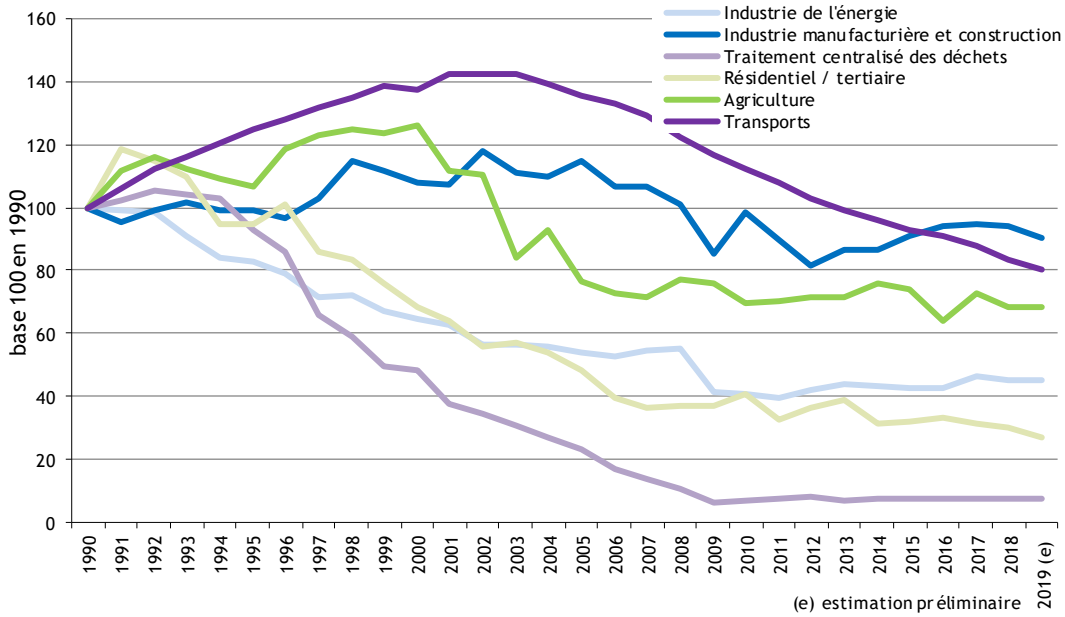
HAP

somme des 4 HAP tels que définis par la CEE-NU : BaP, BbF, bkF et Ind-Py

Evolution des émissions dans l'air de HAP depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de HAP en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de HAP (t/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	3,4	2,8	2,2	1,8	1,4	1,4	1,4	1,6	1,5	1,5
Industrie manufacturière et construction	0,9	0,9	1,0	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
Traitement centralisé des déchets	0,4	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Résidentiel / tertiaire	35,3	33,6	24,2	17,1	14,4	11,4	11,8	11,2	10,6	9,6
Agriculture	2,5	2,6	3,1	1,9	1,7	1,8	1,6	1,8	1,7	1,7
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	3,1	3,9	4,3	4,2	3,5	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5
Transport hors total	*0,5*	*0,4*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,3*	*0,3*	*0,3*	*0,4*	*0,3*
TOTAL national hors UTCATF	**45,6**	**44,2**	**35,0**	**26,2**	**21,9**	**18,4**	**18,6**	**18,2**	**17,3**	**16,2**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*19,2*	*5,4*	*1,6*	*5,2*	*2,2*	*3,6*	*3,8*	*6,1*	*1,2*	*1,2*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**45,6**	**44,2**	**35,0**	**26,2**	**21,9**	**18,4**	**18,6**	**18,2**	**17,3**	**16,2**
Hors total	*19,7*	*5,8*	*2,1*	*5,7*	*2,7*	*4,0*	*4,1*	*6,4*	*1,6*	*1,5*

HAP

Analyse

Enjeux

Effets sanitaires

Ces composés sont étudiés depuis de nombreuses années car ils sont présents dans tous les milieux environnementaux, et ils ont une forte toxicité. A ce titre, ils font parties d'une liste de polluants prioritaires établie dès 1976 par l'agence de protection de l'environnement des Etats-Unis (EPA), et plus tard par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et l'Union Européenne. Les HAP ne font pas formellement partie des POPs car ils ne sont pas inclus dans la liste déclaratoire de la Convention de Stockholm. Ils se rapprochent des POPs par leur effets sur la santé, et s'en distinguent car s'ils sont assez résistants à la biodégradation, ils sont susceptibles d'être métabolisés (sauf par les mollusques), ce qui permet une diminution des concentrations le long de la chaîne trophique.

Selon le nombre de cycles, ils sont classés en HAPs légers (jusqu'à trois cycles) ou lourds (au-delà de trois cycles), et ont des caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques très différentes. Le nombre de HAP susceptibles d'être rencontrés dans l'environnement est virtuellement illimité car le nombre de noyaux aromatique accolés est lui-même sans limite, et de plus, chaque composé peut avoir une multitude d'isomères.

Pour un non-fumeur, l'alimentation est la principale voie d'exposition aux HAP. La contamination des aliments peut se faire par le dépôt de particules aériennes sur les végétaux, accumulation dans les espèces animales (viandes, poissons), ou lors de la préparation des aliments au charbon de bois. Les HAP présents dans l'eau de boisson représenteraient 1% de l'apport alimentaire total en HAP (Afssa, 2000). La deuxième voie d'exposition de l'être humain aux HAP est l'inhalation dans l'air ambiant (intérieur ou extérieur).

Une fois absorbés par les organismes, les HAPs se prêtent à des réactions de transformation sous l'action d'enzymes conduisant à la formation de métabolites qui peuvent avoir un effet toxique plus ou moins marqué en se liant à des molécules biologiques fondamentales telles que les protéines, l'ARN ou l'ADN, et provoquer ainsi des dysfonctionnements cellulaires. Le benzo(a)pyrène est un des HAPs les plus toxiques et cancérogène. En effet, il forme un métabolite, le Benzo(a)Pyrène-7,8-dihydrodiol- 9,10-époxyde (BPDE) qui se fixe au niveau de l'ADN des cellules et entraîne des mutations pouvant à terme aboutir au développement de cancers. Outre leurs propriétés cancérogènes, les HAPs présentent un caractère mutagène dépendant de la structure chimique des métabolites formés. Ils peuvent aussi entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire, augmentant ainsi les risques d'infection.

Objectifs de réduction

Le Protocole d'Aarhus (ou « Protocole POP »), adopté le 25 juin 1998 dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution transfrontalière longue distance sous l'égide de la Commission Économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-NU ou UNECE en anglais). Il est entré en vigueur le 23 octobre 2003 et a été amendé en 2009. Il oblige également les Parties à réduire leurs émissions de dioxines, furannes, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et hexachlorobenzène (HCB) en deçà de leurs niveaux de 1990.

En France, pour les rejets de HAPs, il se traduit par une obligation à émettre moins de 45,6 tonnes par an. En 2018, les émissions totales françaises de HAPs étaient de 16,2 tonnes, soit une diminution de plus de 65% par rapport aux rejets de l'année 1990.

Enjeux actuels

Dans l'atmosphère, les concentrations de HAPs sont très variables. Elles peuvent varier de l'ordre de quelques dizaines de pg/m^3 dans les régions polaires, à quelques centaines de ng/m^3 dans les atmosphères urbaines les plus polluées. Ces concentrations ont tendance à diminuer, notamment grâce aux progrès réalisés par les véhicules automobiles (réduction de la consommation, utilisation de pots catalytiques, développement des filtres à particules...). La variabilité saisonnière des concentrations est marquée par des concentrations plus importantes en hiver. Ce phénomène s'explique principalement à la fois par des émissions plus fortes l'hiver (chauffage domestique), et des conditions météorologiques moins favorables (présence de couche d'inversion radiative, stabilité atmosphérique, température basse favorisant la présence des HAP dans la phase particulaire). A contrario, durant l'été, la plus forte activité photochimique favorise la dégradation des HAPs. Durant leur temps de résidence dans l'atmosphère, les HAPs peuvent coexister à la fois en phase gazeuse et en phase particulaire. Ce qui détermine la répartition des HAPs entre la phase gazeuse et la phase particulaire, c'est leur pression de vapeur saturante. Plus les HAPs sont légers, plus leur pression de vapeur saturante est élevée, et plus on les retrouve dans la phase gazeuse. Les HAPs les plus lourds seront principalement liés à la phase particulaire. Les pressions partielles de saturation et donc les répartitions gaz/particules dépendent de la température. Ainsi, plus la température augmente, plus les HAPs auront tendance à être présents en phase gazeuse, ce qui est effectivement observé l'été par comparaison avec l'hiver.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Ces émissions sont très sensibles aux conditions de fonctionnement, ainsi que de la nature des équipements thermiques et des dispositifs d'épuration en conséquence, les facteurs d'émission utilisés restent accompagnés d'une forte incertitude. Lorsque des mesures sont disponibles, celles-ci sont privilégiées.

Pour *une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea »*. Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant 62,8 %.

Tendance générale

Les émissions de HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) présentées dans cette section concernent uniquement les 4 HAP couverts par le Protocole d'Aarhus relatif aux POP (Polluants Organiques Persistants) de 1998 et par le règlement n°850/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 Avril 2004, à savoir le benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène et l'indeno(1,2,3-cd)pyrène.

Les HAP se forment dans des proportions relativement importantes lors de la combustion et tout particulièrement lors de celle de la biomasse qui s'effectue souvent dans des conditions moins bien maîtrisées (par exemple en foyer ouvert) dans le secteur résidentiel. En 2018, plus de 60 % des émissions nationales (hors secteur UTCATF) sont liées à la combustion du bois dans le secteur résidentiel/tertiaire.

Tous les secteurs contribuent à ces émissions, mais le secteur résidentiel/tertiaire, et plus particulièrement le sous-secteur du résidentiel, contribue très majoritairement aux émissions totales sur l'ensemble de la série temporelle du fait de la combustion du bois essentiellement. Les émissions liées aux feux ouverts (feux de déchets verts, de véhicules etc.) contribuent pour une faible part (< 10%) aux émissions du secteur résidentiel.

Sur la période 1990-2018, l'évolution interannuelle des émissions est en grande partie liée aux conditions climatiques (aux températures hivernales), qui impactent la consommation d'énergie, dont en particulier le bois dans le secteur résidentiel.

Cependant, globalement sur l'ensemble de la série temporelle, les émissions totales ont diminué de plus de la moitié. Cette baisse est observée sur l'ensemble des secteurs qui contribuent aux émissions.

Concernant le secteur résidentiel/tertiaire, les émissions du sous-secteur résidentiel ont été diminuées par plus d'un facteur 3. Cette décroissance est le résultat, notamment, du renouvellement d'appareils anciens dans le secteur domestique.

Néanmoins, dans certains secteurs tels que le transport routier, cette baisse est moins importante entre 1990 et 2018 du fait de la croissance du trafic et de la pénétration des véhicules diesel dans le parc, qui a eu tendance à augmenter les émissions de HAP jusqu'en 2002 avant d'entamer une lente décroissance.

Les émissions de HAP « hors total » évoluent d'une année à l'autre essentiellement du fait de l'évolution annuelle des superficies de forêts et de végétation brûlées.

L'étude complémentaire de spéciation des HAP présentée dans le rapport SECTEN 2017 présente l'évolution des émissions des 8 HAP réglementés en France (dont seulement 4 ont l'obligation d'être rapportés). En prenant en compte ces 8 HAP, le niveau des émissions de HAP est alors au moins 4 fois supérieur à celui des HAP ici rapportés.

Évolution récente

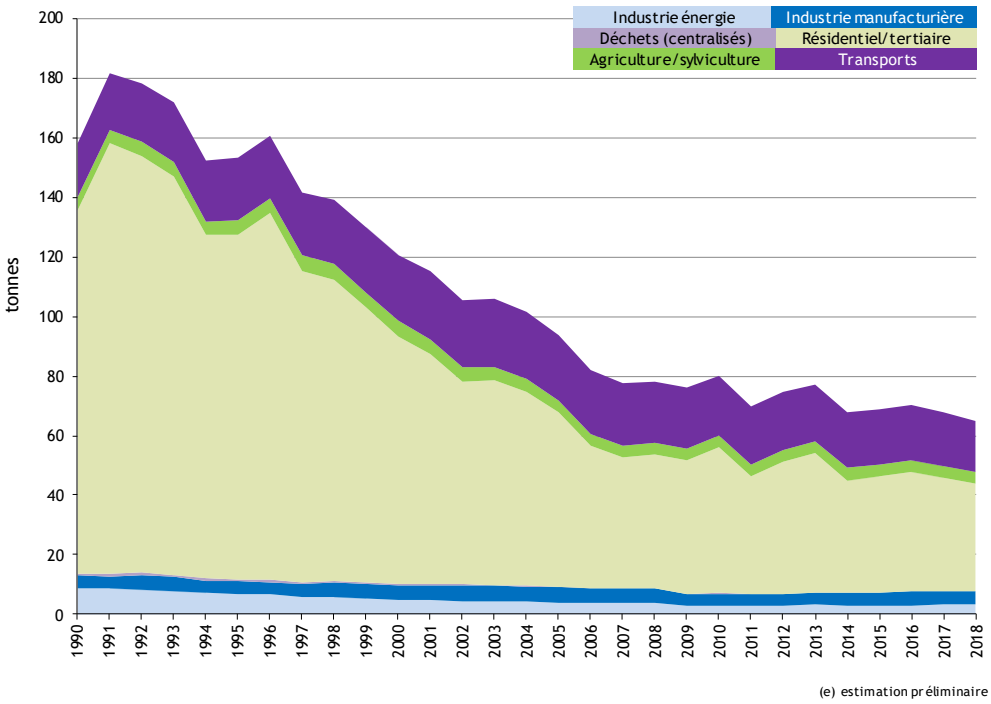
Sur les années récentes le secteur résidentiel reste la source majoritaire de HAP. Les émissions sont toujours largement associées aux conditions climatiques. Ainsi, les émissions élevées en 2010 sont essentiellement dues à l'augmentation de la consommation de bois dans le secteur résidentiel/tertiaire (année au climat hivernal froid). A l'inverse, les émissions plus faibles observées en 2011, 2014 et 2017 coïncident avec la douceur climatique exceptionnelle ces années-là.

La poursuite de la pénétration d'appareils à combustion de biomasse de plus en plus performants, notamment en renouvellement d'appareils anciens dans le secteur domestique, devrait conduire à réduire progressivement les émissions dans le futur (indépendamment des fluctuations de parcs et de consommations).

Détail pour les 8 HAP dits réglementés

Total des 8 HAP réglementés en France (arrêté du 02/02/1998 modifié) : benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, indeno(1,2,3-cd)pyrène, benzo(g,h,i)pérylène, fluoranthène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo(a)anthracène.

Evolution des émissions dans l'air des 8 HAP réglementés depuis 1990 en France (Métropole)



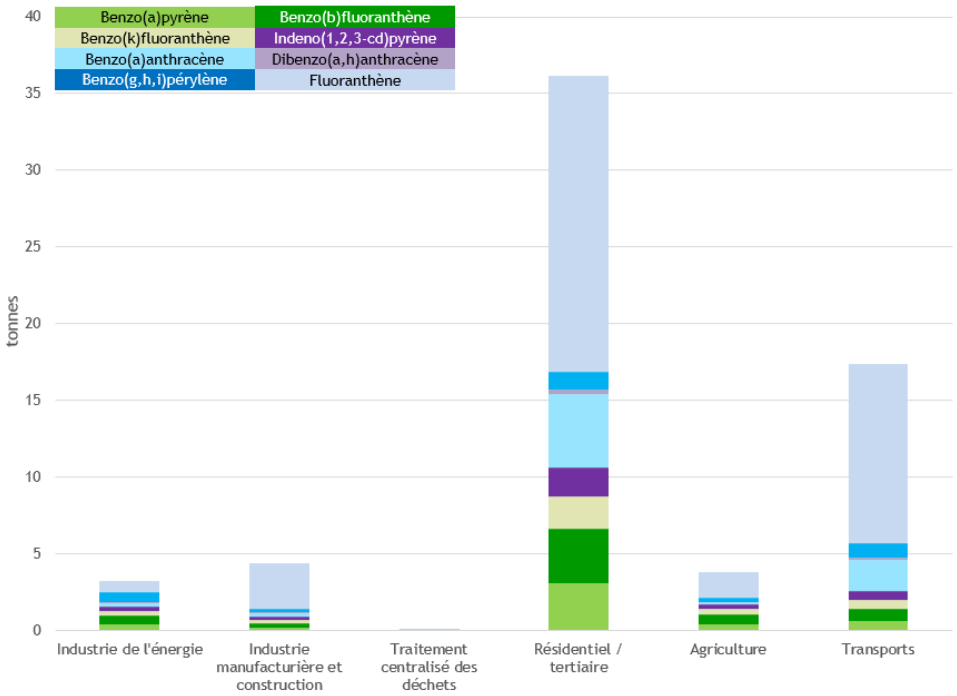
(e) estimation préliminaire

Spéciation

En 2018, le fluoranthène est le représentant des HAPs le plus émis en France pour l'ensemble des secteurs à l'exception du secteur du traitement des déchets. En effet par ordre décroissant dans la part qu'il occupe dans les rejets totaux, le fluoranthène représente 68% des rejets industriels, 67% dans les transports, 53% pour le secteur du résidentiel/tertiaire, 45% en agriculture et enfin 23% dans l'industrie de l'énergie.

Deux autres molécules sont plus représentées dans les émissions des différents secteurs que leurs congénères. Le benzo(a)anthracène qui constitue la seconde substance la plus présente dans les rejets des secteurs du transport (12%) et du résidentiel/tertiaire (13%), et le benzo(b)fluoranthène qui représente 17% des rejets de l'industrie de l'énergie et 17% des rejets de l'agriculture.

Enfin on peut noter que le secteur des déchets n'émet que 4 des 8 substances, et ce à parts égales : le benzo(a)-pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène et l'indenol(1,2,3-cd)pyrène.

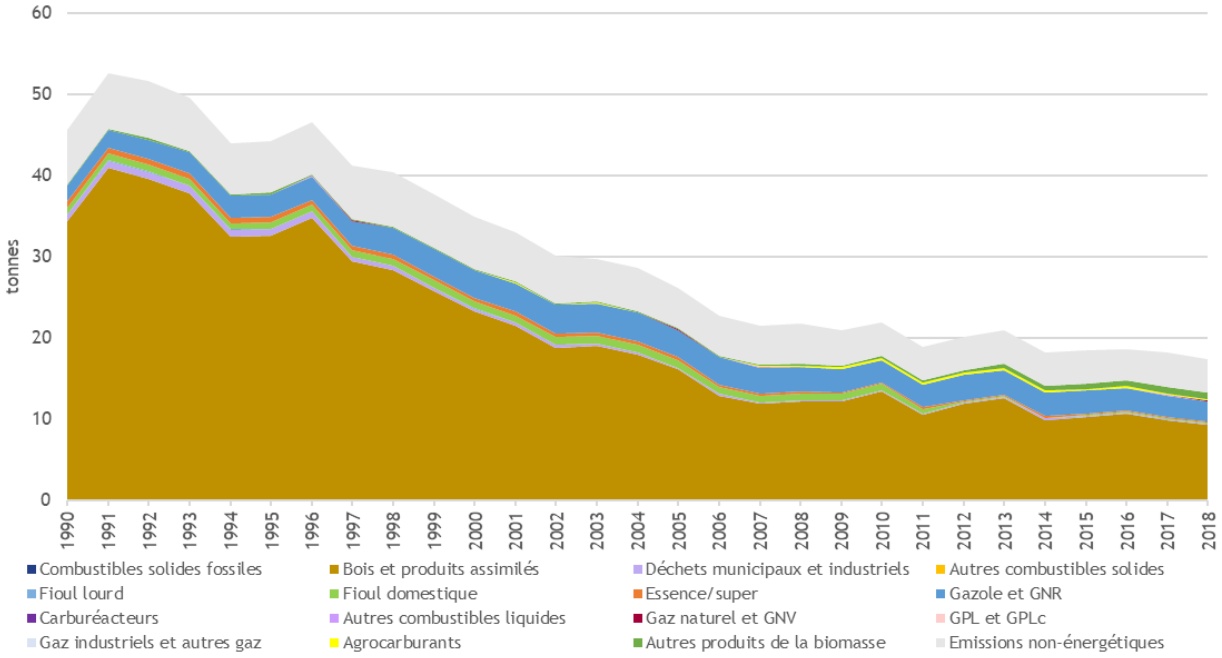


Part des émissions liée aux combustibles

Les rejets de HAPs sont principalement pilotés par la combustion du bois et de produits assimilés. Sur la période 1990 à 2018, la part de celle-ci est passée de 75 % à 53 % avec un pic en 1991 où la combustion générée 78% des émissions totales.

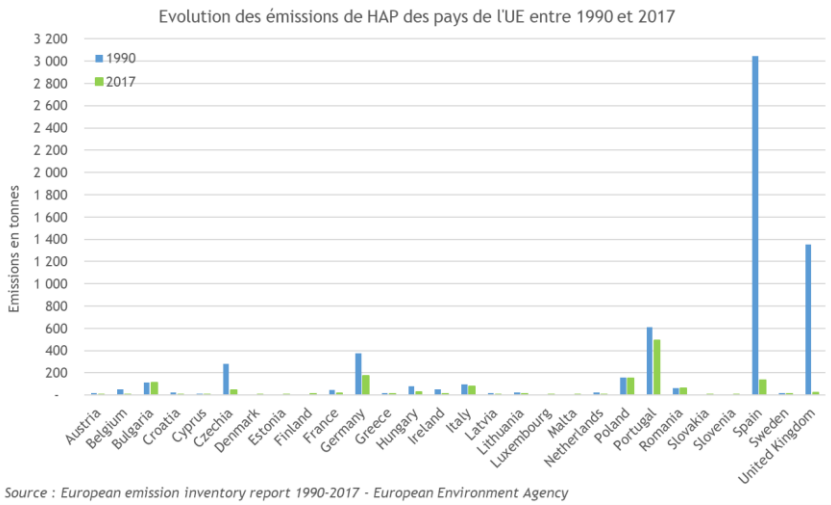
En parallèle, l'utilisation de gazole et de GNR a vu sa participation aux rejets totaux croître. En 1990, ces carburants représentaient 4 % des émissions nationales. Entre 1990 et 2006, en lien avec la forte baisse des émissions liées au bois, la part du gazole et du GNR est passée à 15 % et est stable depuis lors.

En parallèle de la baisse progressive des émissions énergétiques, la part des rejets attribuée aux procédés non énergétiques a augmenté de 13 % au début des années 90 à plus de 20 % à partir de 2006.



Et ailleurs ?

En 1990 l'Espagne était le pays le plus émetteur de HAPs (3 046 tonnes) suivi du Royaume Uni (1 354 tonnes) et du Portugal (608 tonnes). Ils totalisaient ensemble plus de 75% des émissions de l'Union Européenne. En 2017 on constate que 2 d'entre eux ont considérablement réduit leurs rejets, tandis que le Portugal n'a que très peu baissé les siens et est désormais le pays le plus émetteur de HAPs.



Source : European emission inventory report 1990-2017 - European Environment Agency

Comme pour les dioxines et furannes, la grande majorité des pays membres ont leurs émissions décroître entre 1990 et 2017, à l'exception de la Bulgarie, du Danemark, de la Finlande, de Malte et de la Roumanie dont les rejets ont très légèrement augmenté. La France est le 11ème pays émetteur de HAPs au sein de l'UE.

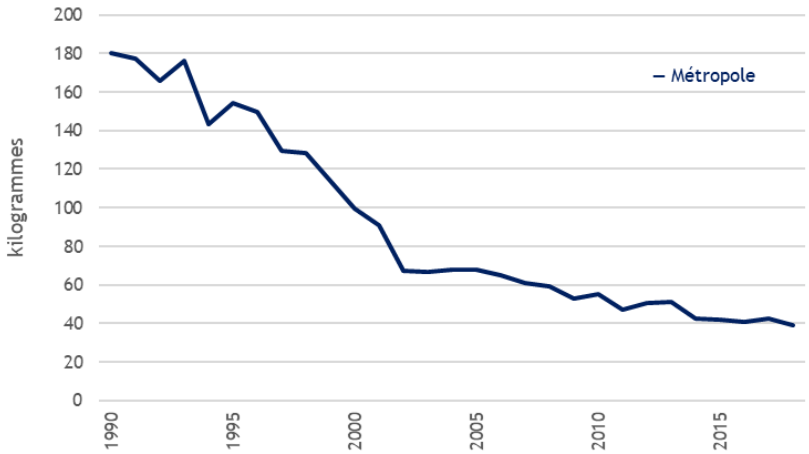
En parallèle, on note que les émissions par habitants en France en 2018 (0,3 g/hab/an) sont très inférieures aux rejets par habitant de l'Union Européenne (28) pour la même année (2,8 g/hab/an).

En savoir plus

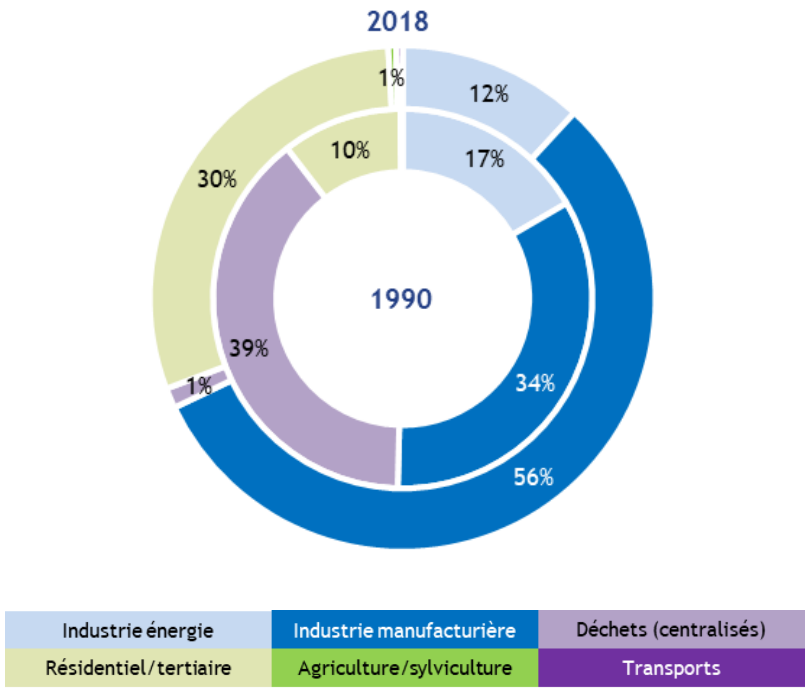
Référence impact sur la santé : Ineris - https://substances.ineris.fr/fr/substance/484

En bref

Evolution des émissions de PCB en France



Répartition des émissions de PCB en France



PCB

Polychlorobiphényles

Type
Polluant atmosphérique organique persistant

Définition
Les polychlorobiphényles (PCB) sont une famille de polluants d'origine synthétique qui se retrouvent dans la chaîne alimentaire à la suite de l'accumulation dans les graisses animales.

Les PCB sont des polluants organiques persistants (POP) présentant des risques sur la santé de l'homme et sont notamment cancérigènes.

Composition chimique
Douze atomes de carbone (C) et de 1 à 10 atomes de chlore (Cl) composent les polychlorobiphényles.

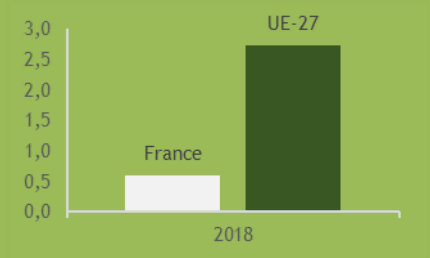
Origine
Sources anthropiques : métallurgie des métaux ferreux (aciéries électriques) ; production d'électricité ; incinération de déchets ; combustion de biomasse et de combustibles minéraux solides ; traitement des déchets (principalement jusqu'en 2003).

Source naturelle : aucune

Phénomènes associés
Contamination de l'air, des sols, de l'eau, des sédiments et de la chaîne alimentaire

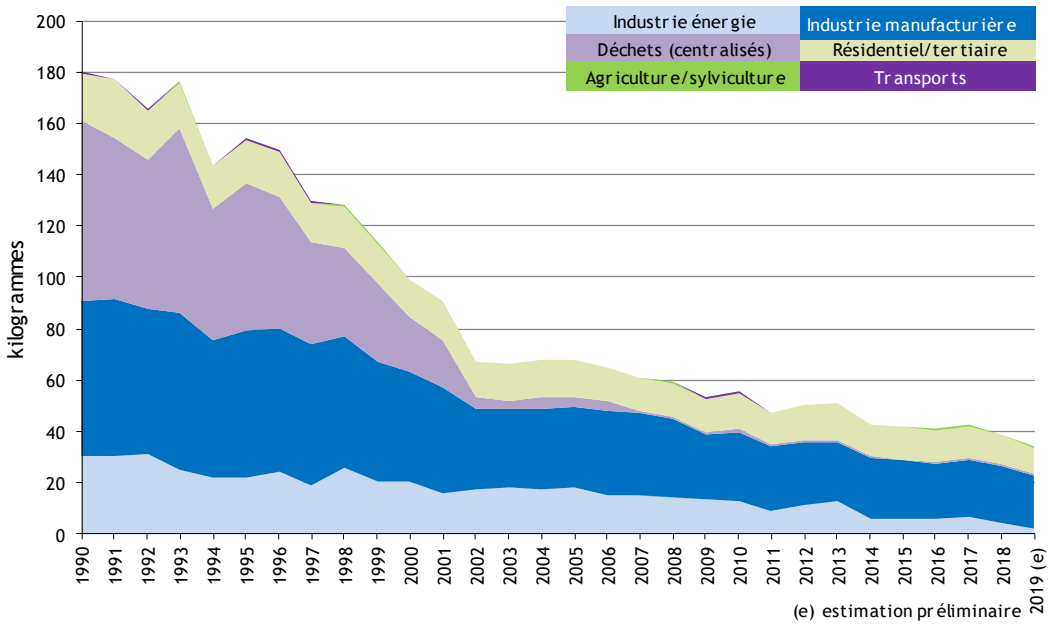
Effets
Santé Cancérigène

Emissions par habitant
(kg/hab/an) en 2018

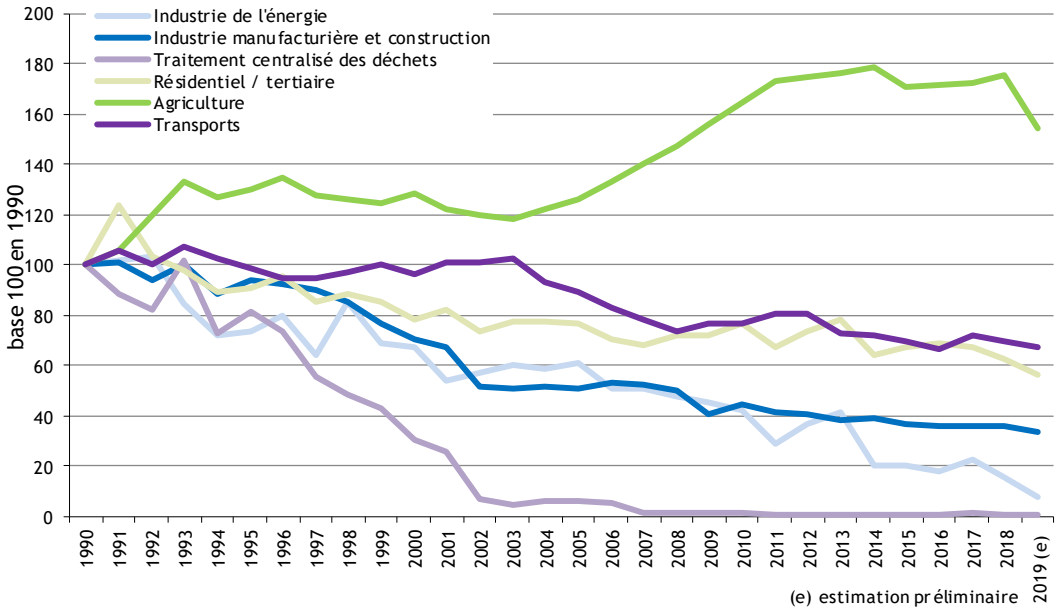


PCB

Evolution des émissions dans l'air de PCB depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de PCB en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de PCB (kg/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	29,9	22,1	20,3	18,2	12,6	6,2	5,5	6,8	4,6	2,3
Industrie manufacturière et construction	60,9	57,1	42,9	30,8	27,2	22,4	21,9	22,1	21,8	20,3
Traitement centralisé des déchets	70,5	57,7	21,3	4,4	0,9	0,5	0,4	0,8	0,5	0,5
Résidentiel / tertiaire	18,4	16,8	14,5	14,2	14,2	12,4	12,8	12,5	11,6	10,5
Agriculture	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Transport hors total	*1,4*	*1,2*	*1,6*	*1,5*	*1,4*	*0,9*	*0,9*	*1,0*	*1,1*	*1,0*
TOTAL national hors UTCATF	**180,1**	**154,1**	**99,3**	**68,0**	**55,3**	**41,9**	**40,9**	**42,5**	**38,9**	**33,9**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**180,1**	**154,1**	**99,3**	**68,0**	**55,3**	**41,9**	**40,9**	**42,5**	**38,9**	**33,9**
Hors total	*1,4*	*1,2*	*1,6*	*1,5*	*1,4*	*0,9*	*0,9*	*1,0*	*1,1*	*1,0*

PCB

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux et sanitaires

Les polychlorobiphényles (PCB) forment une famille de 209 composés aromatiques organochlorés dérivés du biphényle. Ce sont des liquides plus ou moins visqueux, insolubles dans l'eau et très stables à la chaleur, ils ne se décomposent qu'à des températures dépassant 1 000 °C. Leur inertie chimique les rend peu sensibles aux acides, bases et oxydants.

Les PCB sont toxiques, écotoxiques et reprotoxiques (y compris à faible dose en tant que perturbateurs endocriniens). Ce sont des polluants ubiquitaires et persistants (demi-vie de 94 jours à 2 700 ans selon les molécules). Leur toxicité est variable selon leur nombre d'atomes de chlore et selon la configuration spatiale de leurs molécules. A l'instar des PCCD-F, les PCB sont liposolubles, ils font partie des contaminants bioaccumulables fréquemment trouvés dans les tissus gras chez l'humain (dont le lait maternel) et tout au long de la chaine alimentaire. Ils sont classés comme « cancérogènes probables » (groupe 2A du CIRC) pour les cancers hépatobiliaires (cancer du foie, cancer des voies biliaires, cancer du pancréas), et le PCB 126 a été classé cancérogène certain.

En raison de leurs caractéristiques chimiques et de leur rémanence (longue durée de vie liée à leur stabilité chimique et leur très faible biodégradabilité), les PCB sont des polluants encore fréquemment trouvés dans l'environnement : à proximité des lieux de production et d'élimination, sur les lieux d'accident, dans les sédiments sur de vastes zones, et par suite dans certaines boues de curage.

Les PCB sont bioaccumulables dans le réseau trophique notamment par les poissons gras et leurs prédateurs : les oiseaux pêcheurs et les mammifères marins. Certains animaux prédateurs mobiles et grands migrateurs (phoques et cétacés en particulier) peuvent aussi les « exporter » (phénomène de bioturbation) dans des régions éloignées des sites pollués, via leurs déplacements et leurs cadavres à cause de la place qu'ils occupent dans la chaîne alimentaire.

Chez l'être humain, les matières animales grasses sont la première source d'exposition alimentaire. La contamination aux PCB est principalement liée à la consommation de poisson et de lait.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 44 %.

Tendance générale

De nos jours, en France, les émissions atmosphériques de PCB sont principalement dues soit à la formation accidentelle de PCB dans les divers procédés de combustion, soit à l'élimination de produits ou matériaux contenant des PCB.

Trois secteurs contribuent principalement aux émissions de PCB en 2018, à savoir, par ordre de prédominance, l'industrie manufacturière (56%), le résidentiel/tertiaire (30%) et la transformation d'énergie (12%). Les autres secteurs ont une contribution faible (2%). En 1990 le secteur du traitement centralisé des déchets était prédominant avec près de 40% des émissions totales de PCB.

Entre 1990 et 2018, les émissions ont diminué d'un facteur 4. Cette baisse est observée sur l'ensemble des principaux secteurs émetteurs mais elle est la plus marquée dans le secteur du traitement centralisé des déchets, puis celles des secteurs de la transformation d'énergie et de l'industrie manufacturière.

Dans le secteur du traitement centralisé des déchets, la baisse importante des émissions entre 1990 et 2018 (plus de 99%) est imputable, d'une part, aux installations de traitement des déchets industriels dangereux et non dangereux (mise en conformité avec l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux déchets dangereux) et, d'autre part, à l'incinération de déchets hospitaliers, à la suite de la baisse des quantités incinérées (mise en conformité de ces installations avec l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux déchets non dangereux).

Dans le secteur de la transformation d'énergie, la principale source d'émission est la production d'électricité. Depuis 1990, les émissions de ce secteur ont baissé de plus d'un facteur 4 suite, en particulier, à la mise en place de traitements des effluents atmosphériques sur les installations d'incinération avec récupération d'énergie, afin de respecter les nouvelles valeurs limites en PCDD-F définies dans l'arrêté du 20 septembre 2002 (directive européenne 2000/76/CE), qui impactent également les émissions de PCB.

Concernant le secteur de l'industrie manufacturière, les émissions proviennent essentiellement de la métallurgie des métaux ferreux en 2018 et du secteur de la chimie en 1990. La baisse de près de 70% des émissions du secteur est principalement liée à la décroissance très importante des émissions du secteur de la chimie (près de 96%), dans lequel

sont rapportées les émissions de l'incinération in-situ des déchets industriels dangereux. Concernant la métallurgie, la baisse des émissions sur la période 1990-2018 est plus modérée (environ 24%). Les émissions de ce sous-secteur ont été en augmentation constante entre 1990 et 1997 puis se sont stabilisées jusqu'à la crise de 2009 où une diminution constante jusqu'à aujourd'hui a été initiée.

Pour le secteur résidentiel/tertiaire, les émissions proviennent principalement du résidentiel et la baisse des émissions entre 1990 et 2018 fait suite à une réduction de la consommation de charbon.

Évolution récente

Dans les années récentes, les faibles émissions constatées en 2011 sont liées au secteur de la transformation d'énergie et plus particulièrement de la production d'électricité du fait de la faible consommation de charbon car 2011 est une année au climat très doux. De même, la forte baisse constatée en 2014 et les faibles niveaux d'émissions depuis lors sont principalement liés au passage au gaz naturel ou à l'arrêt de plusieurs sites de production centralisés d'électricité.

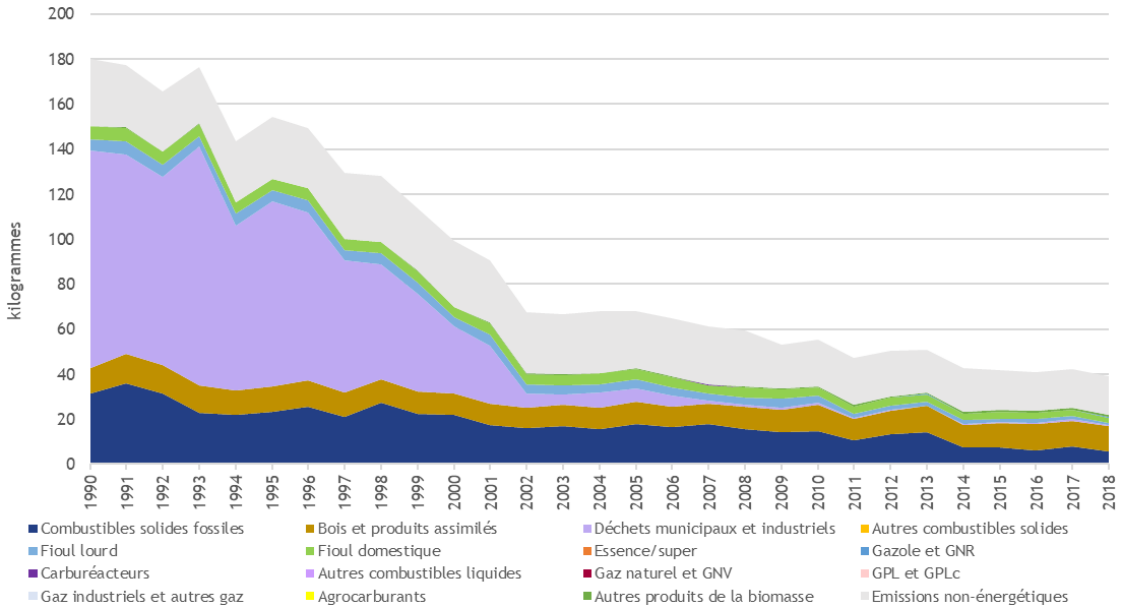
Part des émissions liée aux combustibles

En 1990, la combustion des déchets représentait 54% des émissions nationales de PCB. Cette part a augmenté jusqu'en 1994 atteignant les 60% puis a rapidement décrue pour atteindre les 2% à partir de 2007. Aujourd'hui la combustion des déchets est responsable de seulement 1% des rejets de PCB en France.

Les combustibles fossiles solides occupent depuis 1990 une place relativement importante dans les émissions de PCB malgré leur baisse constante entre 1990 et 2018. Sa part dans les rejets globaux a fluctuée entre 13% (en 1993) et 29% (en 2007). Aujourd'hui les combustibles fossiles sont responsables de 15% des émissions de PCB.

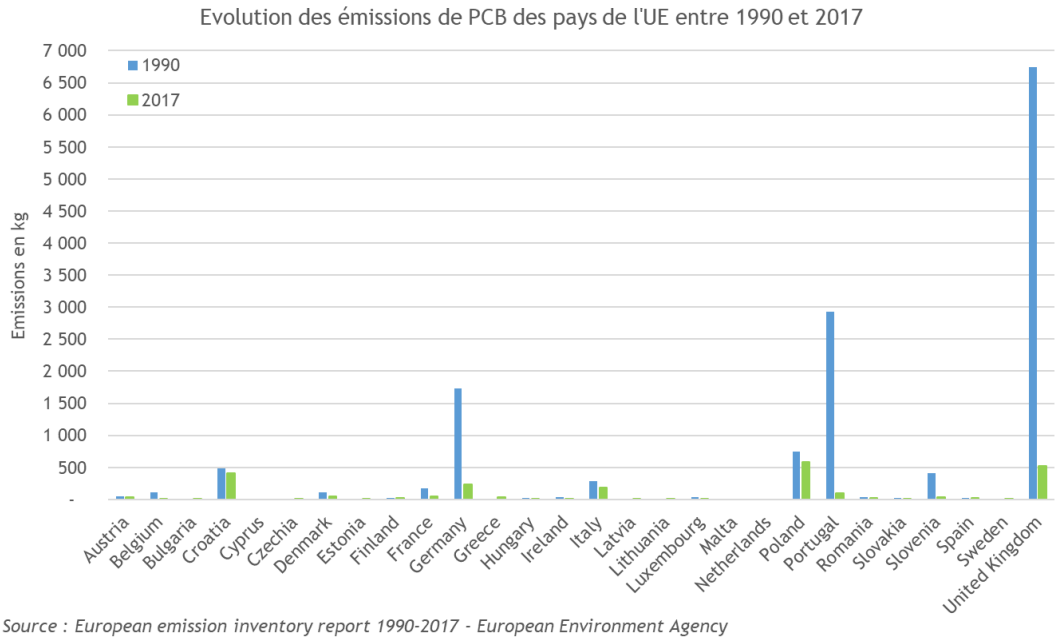
Les émissions de polychlorobiphényles liées à la combustion du bois sont restées plutôt stables sur la période 1990-2018. Ainsi la part de ces dernières dans les émissions totales est passée de 6% en 1990 à 29% aujourd'hui.

Enfin, les émissions non-énergétiques sont restées stables entre 1990 et 2004 et ont entamé une baisse à partir de 2005. Cependant cette dynamique de réduction est moins marquée pour ce sous-secteur que pour l'ensemble des émissions de PCB. Ainsi, la part des émissions non-énergétiques est passée de 17% en 1990 à 44% en 2018.



Et ailleurs ?

En 1990 le Royaume Uni était le premier émetteur de l'Union Européenne avec 41 % des émissions totales, suivi du Portugal (21 %) et de l'Allemagne (12 %). En 2017 les rejets européens ont chuté de 83 % par rapport à 1990. En 2017 les principaux contributeurs aux émissions de l'UE sont la Pologne (24 %), le Royaume Uni (22 %) et la Croatie (18 %). La France est le 7ème contributeur aux émissions de PCB. Sur la période 1990-2017, seule la Grèce a vu ses rejets croitre.



Source : European emission inventory report 1990-2017 - European Environment Agency

En parallèle, on note que les émissions par habitants en France en 2018 (0,6 mg/hab/an) sont très inférieures aux rejets par habitant de l'Union Européenne (28) pour la même année (5,8 mg/hab/an).

En savoir plus

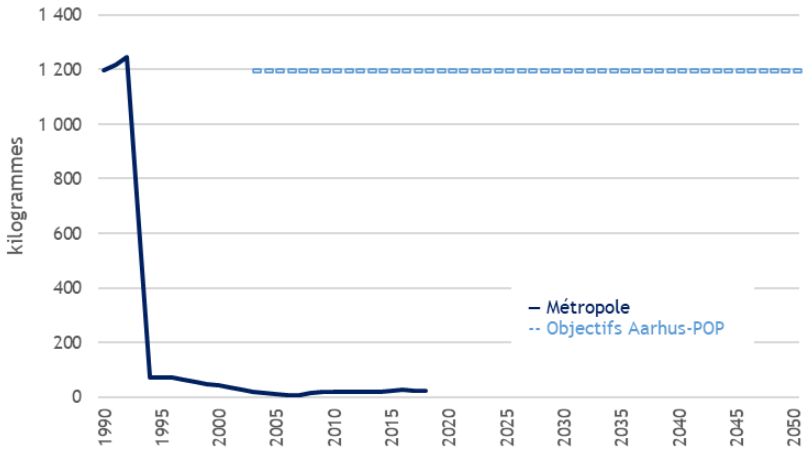
Référence impact sur la santé :

Ineris - https://substances.ineris.fr/fr/substance/2853

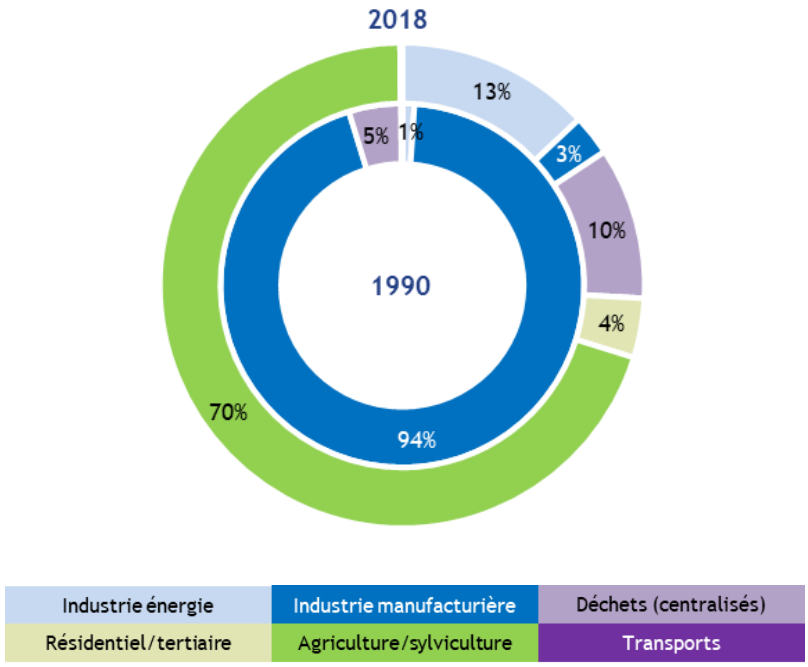
Actu environnement - "PCB : comprendre l'effet chronique des faibles doses en mélange" - Hélène Budzinski - Directrice de recherche de physico et toxico-chimie de l'environnement à Bordeaux I (https://www.actu-environnement.com/ae/news/PCB-comprendre-effet-chronique-faibles-dose-melange-16441.php4)

En bref

Evolution des émissions de HCB en France



Répartition des émissions de HCB en France



HCB

Hexachlorobenzène

Type
Polluant atmosphérique organique persistant

Définition
L'hexachlorobenzène (HCB) est un polluant uniquement anthropique. C'est un polluant organique persistant (POP) présentant un effet cancérigène (groupe 2B) pour l'homme.

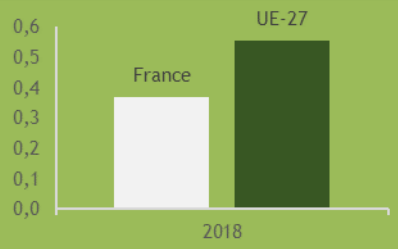
Composition chimique
Six atomes de carbone (C) et de chlore (Cl) composent l'hexachlorobenzène.

Origine
Sources anthropiques : combustion de carburant et, dans une moindre mesure, de biomasse et de combustibles minéraux solides ; incinération de déchets ; production d'aluminium (jusqu'en 1993) ; incinération des boues de stations d'épurations ; métallurgie des métaux non ferreux ; production des caoutchoucs synthétiques ; application de pesticides

Phénomènes associés
Par sa persistance, contamination de l'air, des sols, de l'eau, des sédiments et de la chaîne alimentaire

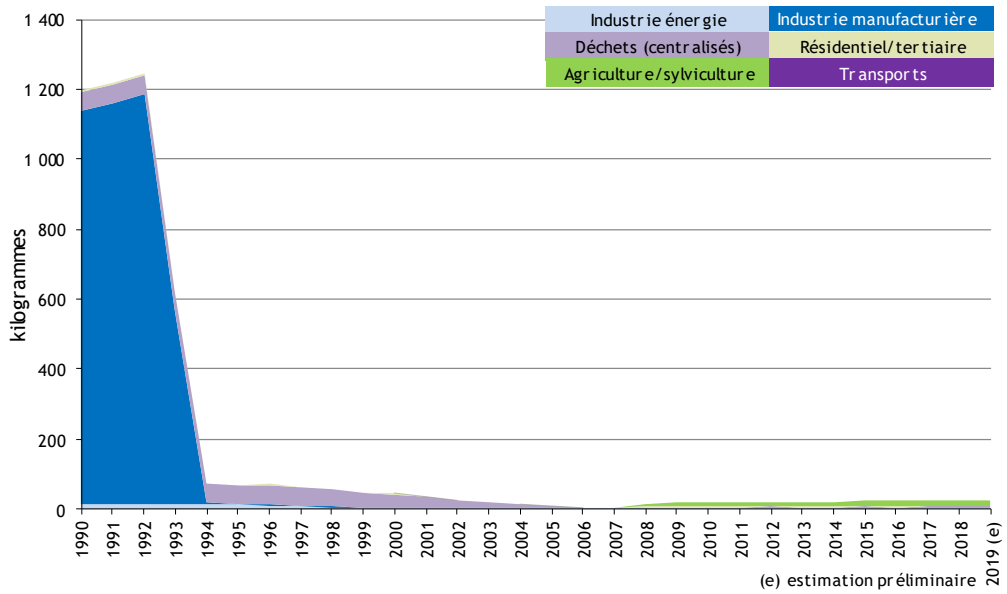
Effets
Santé cancérigène

Emissions par habitant (mg/hab)

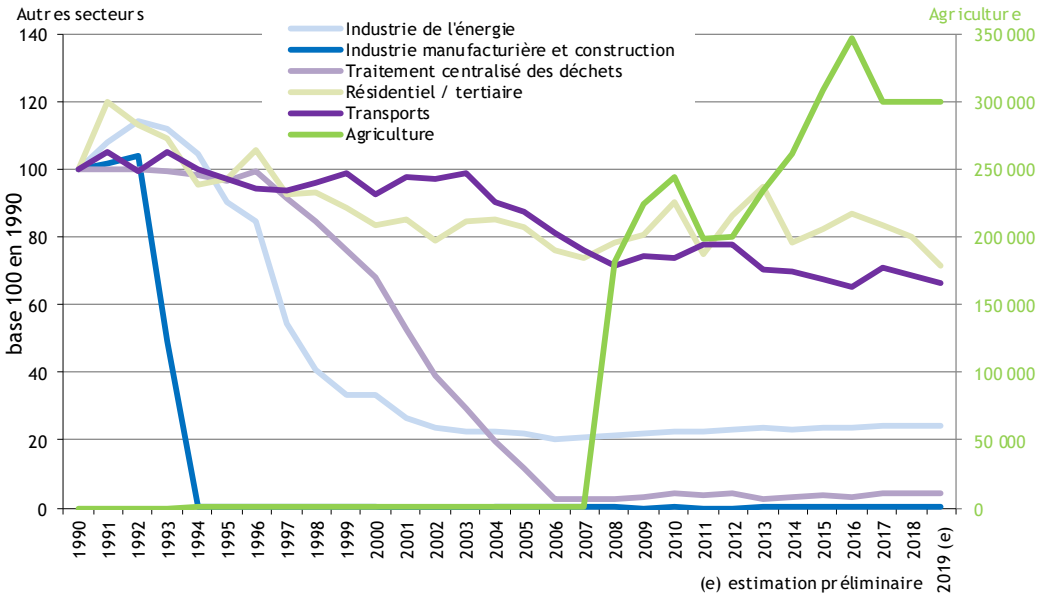


HCB

Evolution des émissions dans l'air de HCB depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de HCB en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de HCB (kg/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	12,8	11,6	4,3	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
Industrie manufacturière et construction	1 126	3,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Traitement centralisé des déchets	55,7	53,9	37,9	6,5	2,3	2,2	1,7	2,4	2,4	2,4
Résidentiel / tertiaire	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8
Agriculture	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	17,2	19,3	16,7	16,7	16,7
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Transport hors total	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,2*	*0,1*
TOTAL national hors UTCATF	**1 196**	**70**	**44**	**11**	**21**	**24**	**26**	**24**	**24**	**24**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**1 196**	**70**	**44**	**11**	**21**	**24**	**26**	**24**	**24**	**24**
Hors total	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,2*	*0,1*

HCB

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux/sanitaires

L'hexachlorobenzène est un composé chimique de formule C_6Cl_6. Il s'agit d'un composé organique aromatique dérivant formellement du benzène C_6H_6 par substitution des six atomes d'hydrogène par six atomes de chlore.

Très peu de données sont disponibles sur les effets sur la santé de l'hexachlorobenzène chez l'être humain ou l'animal après exposition par inhalation. Des études animales ont rapporté des effets sur le foie, la peau, le système immunitaire, les reins et le sang d'une exposition orale chronique à l'hexachlorobenzène.

L'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) des Etats Unis nous informe que la dose de référence (RfD) pour le HCB est de 0,0008 milligrammes par kilogramme de poids corporel par jour (mg/kg/j) sur la base des effets sur le foie chez le rat. Le RfD est une estimation (avec une incertitude couvrant peut-être un ordre de grandeur) d'une exposition orale quotidienne à la population humaine (y compris des sous-groupes sensibles) qui est susceptible d'être sans risque appréciable d'effets délétères non cancéreux au cours d'une vie.

Une étude a signalé un développement physique anormal chez de jeunes enfants ayant ingéré du pain contaminé lors d'un empoisonnement de 4 ans. Il a été constaté que l'hexachlorobenzène diminue les taux de survie des nouveau-nés et traverse le placenta et s'accumule dans les tissus fœtaux de plusieurs espèces animales. Des effets neurologiques, tératogènes, hépatiques et du système immunitaire ont été signalés chez la progéniture d'animaux exposés oralement à l'hexachlorobenzène pendant leur grossesse.

Il s'agit d'un cancérogène probable pour l'être humain dont les effets sont avérés chez les animaux et fait partie des cancérogènes du groupe 2B du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). Il a été démontré que l'hexachlorobenzène, lorsqu'il est administré par voie orale, induit des tumeurs du foie, de la thyroïde et des reins chez plusieurs espèces animales. L'EPA utilise des modèles mathématiques, basés sur des études animales, pour estimer la probabilité qu'une personne développe un cancer en respirant de l'air contenant une concentration spécifiée d'un produit chimique. L'EPA estime que, si une personne respire en continu de l'air contenant de l'hexachlorobenzène à une moyenne de 0,002 µg/m^3 pendant toute sa vie, cette personne n'a théoriquement pas plus d'une chance sur un million de développer un cancer en conséquence directe de la respiration d'air contenant ce produit chimique. De même, l'EPA estime que respirer de l'air contenant 0,02 µg/m^3 d'HCB entraînerait une augmentation d'au moins un risque sur cent mille de développer un cancer et de l'air contenant 0,2 µg/m^3 d'HCB entraîneraient une augmentation d'au moins un risque sur dix mille de développer un cancer.

Objectifs de réduction

Le Protocole d'Aarhus (ou « Protocole POP »), adopté le 25 juin 1998 dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution transfrontalière longue distance sous l'égide de la Commission Économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-NU ou UNECE en anglais). Il est entré en vigueur le 23 octobre 2003 et a été amendé en 2009. Il oblige également les Parties à réduire leurs émissions de dioxines, furannes, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et hexachlorobenzène (HCB) en deçà de leurs niveaux de 1990.

En France, pour les rejets de HCBs, il se traduit par une obligation à émettre moins de 1 196 kilogrammes par an. En 2018, les émissions totales françaises de HCBs étaient de 24 kilogrammes, soit une diminution de 98% par rapport aux rejets de l'année 1990.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Ces émissions sont très sensibles aux conditions de fonctionnement, en conséquence, les facteurs d'émission utilisés restent accompagnés d'une forte incertitude. Lorsque des mesures sont disponibles, celles-ci sont privilégiées.

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ».

Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant à 27 %.

Tendance générale

Les processus conduisant à la production de dioxines, produisent généralement aussi des HCB. Tous les secteurs, excepté le transport routier, émettent des HCB en France métropolitaine. Les émissions de HCB ont très fortement diminué puisqu'elles représentent aujourd'hui 2 % du niveau de 1990.

En 1990, l'industrie manufacturière représentait près de 94 % des émissions totales de HCB. La principale source d'émission était alors le sous-secteur de la métallurgie des métaux non ferreux, et plus particulièrement la production d'aluminium de seconde fusion. Les émissions de ce sous-secteur ont très fortement diminué depuis 1990 et sont nulles depuis 2000. En outre, on constate une diminution drastique de l'industrie entre 1993 et 1994 (-99,4 %). En effet, le chlore était utilisé pour affiner l'aluminium en éliminant les traces de magnésium. Jusqu'au début des années 1990, l'hexachloroéthane était utilisé comme apport de chlore et était à l'origine des émissions de HCB. Du point de vue réglementaire, l'hexachloroéthane est interdit depuis 1993 dans l'affinage de l'aluminium de seconde fusion.

En 2018, le second acteur des émissions de HCBs est la transformation d'énergie (avec 13 % des émissions totales), et plus particulièrement l'incinération des déchets avec récupération d'énergie. La diminution d'un facteur 4 depuis 1990 est liée à la mise en place des techniques de réduction avant tout destinées aux dioxines mais qui sont également efficaces sur les HCBs.

Depuis 2008, le secteur contributeur majeur est l'agriculture, responsable de 70% des émissions du fait du HCB présent à l'état de trace dans certains pesticides et émis lors de l'application de ces produits. Ces émissions font l'objet d'une quantification depuis la soumission de l'inventaire en 2020, à partir des quantités de pesticides vendus en France métropolitaine. Ces données de vente ne sont disponibles que depuis 2008, année de création de la base de données dans le cadre du premier plan Ecophyto. En France, les produits concernés par des traces de HCB dans leur composition sont le piclorame, le chlorothalonil, le téfluthrine et le chlorthal. Le chlorothalonil fait l'objet d'un enjeu majeur car il représente la quasi-totalité des émissions.

Le secteur des déchets contribuait également de façon notable en 2018 avec 10% des émissions totales et en particulier l'incinération des boues de stations d'épuration des eaux usées. La très forte décroissance observée entre 1990 et 2018 (de plus de 95 %) est liée à l'effet combiné qui fait suite à des progrès réalisés par les incinérateurs de déchets dangereux et non dangereux sans récupération d'énergie (mise en conformité progressive) mais également à la part croissante de l'incinération de déchets non dangereux avec récupération d'énergie. Cette diminution des émissions de ce sous-secteur intervient principalement entre 1996 et 2006.

De façon marginale, la combustion du bois et du charbon est aussi à l'origine d'émission de HCB, ce qui explique les émissions dans le secteur résidentiel/tertiaire avec 4% des émissions.

Évolution récente

Ces dernières années, les émissions de HCB sont relativement stables et les fluctuations observées sont liées à celles des quantités de boues d'épuration et de déchets incinérés chaque année.

Pour le secteur agriculture/sylviculture, la prise en compte des émissions de HCB liées aux pesticides à partir de l'année 2008 a provoqué une hausse du total national des émissions. Plus récemment, les données montrent que le recours aux substances contenant du HCB a connu une baisse de -19 % en 2018 par rapport à 2016.

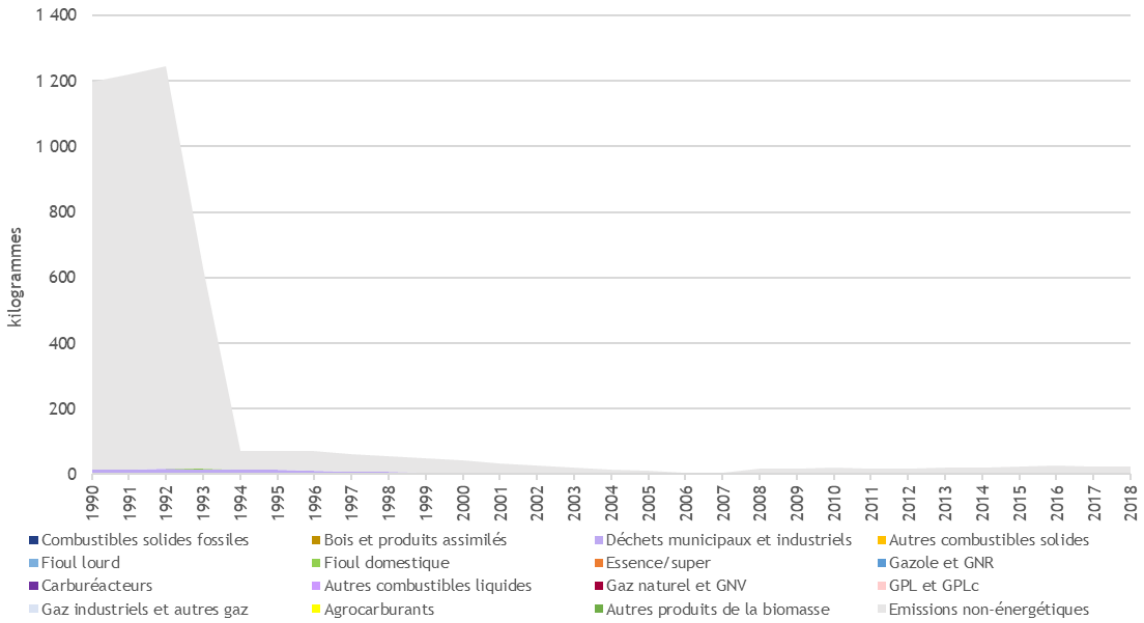
En matière de réglementation, l'approbation européenne du chlorothalonil, qui concentre la grande majorité des émissions estimées, n'a pas été renouvelée (règlement UE 2019/677 du 29/04/2019). En conséquence, les États Membres ont dû retirer les Autorisations de Mise sur le Marché (AMM) au plus tard le 20 novembre 2019 avec un délai de grâce le plus court possible et au plus tard le 20 mai 2020. Les émissions de HCB en provenance du chlorothalonil devraient donc reculer voire disparaitre dès l'année 2020.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions non-énergétiques sont prépondérantes sur l'ensemble de la série temporelle. En effet comme il a été mentionné plus haut, la production d'aluminium de seconde fusion au début des années 1990 et l'utilisation de pesticides plus récemment sont les principales sources de rejets.

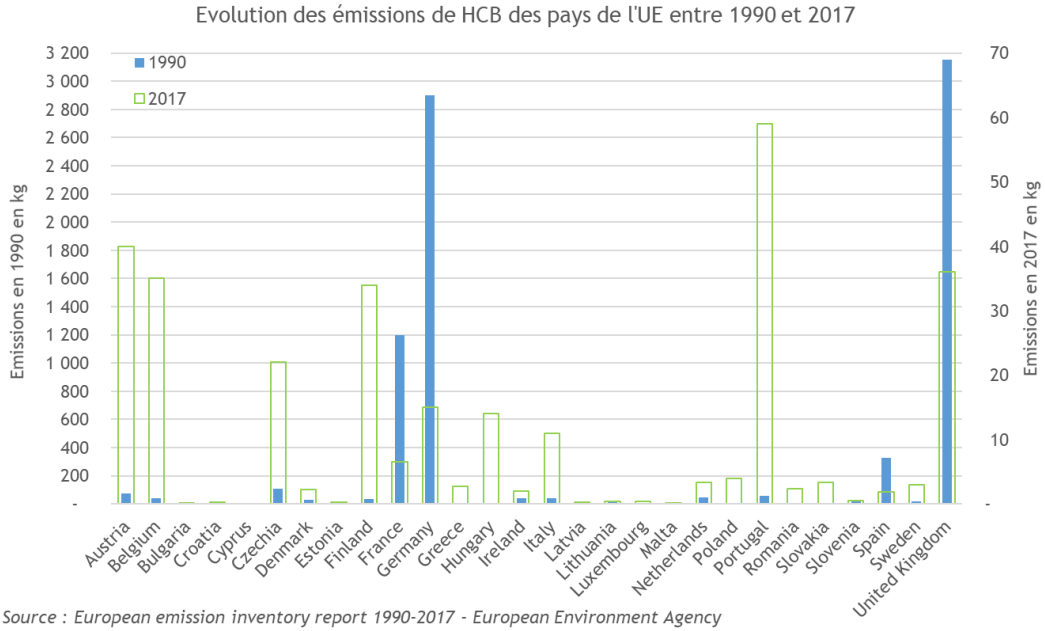
Ainsi en 1990, les émissions non-énergétiques totalisent 99% des émissions du territoire. Cette part diminue jusqu'en 2007 (35%) au profit des émissions liées à la combustion du bois (17%) et des déchets (44%).

A partir de 2008, les émissions non énergétiques repartent à la hausse, et avec elles la part qu'occupent les procédés non-consommateurs d'énergie dans les émissions totales (82% en 2018). Cette ré-augmentation est liée à la prise en compte des données de vente de pesticides jusqu'alors indisponibles.



Et ailleurs ?

En 1990 les principaux contributeurs aux émissions de l'Union Européenne étaient le Royaume Uni (39%), l'Allemagne (36%) et la France (15%). Aujourd'hui, la Pologne est le premier émetteur de HCBs avec 20% des rejets totaux, l'Autriche est le second avec 13% suivi par le Royaume Uni avec 12%. Ainsi entre 1990 et 2017, les pays ayant le plus réduit leurs émissions sont également ceux qui émettaient le plus en 1990, le Royaume Uni, l'Allemagne et la France ayant baissé leurs rejets de près de 99% sur cette période.



Source : European emission inventory report 1990-2017 - European Environment Agency

En parallèle, on note que les émissions par habitants en France en 2018 (0,4 mg/hab/an) sont inférieures aux rejets par habitant de l'Union Européenne (28) pour la même année (0,6 mg/hab/an).

En savoir plus

Référence impact sur la santé : Ineris - https://substances.ineris.fr/fr/substance/1049

Références du chapitre

ADEME 2016 – Guirial C. et aut. – 2016 - Synthèse bibliographique sur les émissions de produits phytopharmaceutiques dans l'air. Facteurs d'émissions, outils d'estimation des émissions, évaluations environnementales et perspectives de recherche.
https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/emissions-pesticides-air-2016_rapport_final_1.pdf

Agence Européenne pour l'Environnement - Air quality in Europe – 2018 report. N°12. ISBN 978-92-9213-989-6

Agence Européenne pour l'Environnement - European Union emission inventory report 1990-2017 - https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emissions-inventory-report-2017

AIRPARIF 2018 – Etude des dioxines chlorées et bromées dans l'air ambiant, à proximité de sources diffuses. 2018

ANSES 2017 - Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, relatif à la « proposition de modalités pour une surveillance nationale des pesticides dans l'air ambiant. Saisine n° « 2014-SA-0200 »

Agence de Protection de l'Environnement US - Hexachlorobenzene - https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/hexachlorobenzene.pdf

Association Santé Environnement France – http://www.asef-asso.fr/

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes - Programme de surveillance des Dioxines, Furanes & Métaux lourds en 2015 et 2016 - https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/publications/programme-de-surveillance-des-dioxines-furanes-metaux-lourds-en-2015-et-2016

Atmo Nouvelle-Aquitaine - Surveillance de la qualité de l'air - dioxines – autour de l'usine International Paper - https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/surveillance-de-la-qualite-de-lair-dioxines-autour-de-lusine-international-paper-87

Centre Leon Bernard - Site Cancer et environnement - https://www.cancer-environnement.fr/40-Accueil.ce.aspx

Convention Stockholm 2019 - Accès au site de la Convention
http://www.pops.int/TheConvention/ThePOPs/tabid/673/Default.aspx

EMEP 2018 - EMEP Status Report 3/2018 - Persistent Organic Pollutants: assessment of transboundary pollution on global, regional, and national scales

INERIS, 2011. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Les polychlorobiphényles (PCB), DRC-11-118962-11081A, 89 p. (http://rsde.ineris.fr/ ou http://www.ineris.fr/substances/fr/)

INERIS 2018 – Site accédé en juin 2019
https://www.ineris.fr/fr/lancement-campagne-exploratoire-nationale-mesure-residus-pesticides-air

Inserm - https://www.inserm.fr/

Inserm - « Dioxines dans l'environnement. Quels risques pour la santé ? » - http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/181

Laboratoire Aeris / Observatoire Midi Pyrénées / Laboratoire Centrale de la Surveillance de la Qualité de l'Air - OMER7A – http://omer7a.obs-mip.fr/

MERA 2019 - https://www.lcsqa.org/fr/actualite/mera-observatoire-national-mesure-evaluation-zone-rurale-pollution-atmospherique-longue-di (site accédé en juin 2019)

PREPA 2017 - Décret no 2017-949 du 10 mai 2017 fixant les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques en application de l'article L. 222-9 du code de l'environnement et Arrêté du 10 mai 2017 établissant le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques

Organisation Mondiale de la Santé - https://www.who.int/fr

Organisation Mondiale pour la Santé - « Les dioxines et leurs effets sur la santé » - https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Particules

Rédaction

Grégoire BONGRAND

Nadine ALLEMAND

Vincent MAZIN

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Définitions et origines **238**

Particules totales en suspension (TSP) **241**

Particules grossières et fines (PM_{10}) **245**

Particules fines ($PM_{2,5}$) **251**

Particules fines ultrafines ($PM_{1,0}$) **257**

Carbone suie (*black carbon*) **261**

Définition et origines

Les particules atmosphériques sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques organiques ou inorganiques et minéraux en suspension dans l'air et sont de différentes tailles. Elles émanent de sources multiples : elles peuvent être émises directement dans l'air et sont alors qualifiées de particules primaires ou de fraction filtrable . Elles peuvent être aussi issues de réactions chimiques complexes à partir de gaz précurseurs dans l'atmosphère (combinaison de NH_3 et oxydes d'azote par exemple) et sont alors qualifiées de particules secondaires ou de fraction condensable. Dans l'air ambiant, les particules présentes sont à la fois primaires et secondaires.

Les particules sont différenciées selon leur diamètre :

• les **particules totales en suspension** (appelées TSP pour l'acronyme anglais *Total Suspended Particles*) regroupant l'ensemble des particules en suspension dans l'air, quelle que soit leur taille,
• les **PM_{10}**, particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égal à 10 µm (microns),
• les **$PM_{2,5}$**, particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égal à 2,5 µm,
• les particules ultra fines (**PUF**), particules dont le diamètre est inférieur à 0,1 µm.

Les particules entre 2,5 et 10 µm sont dénommées particules grossières. Les $PM_{2,5}$ sont qualifiées de particules fines et incluent également les particules ultrafines. Les PM_{10} incluent donc les particules grossières, les particules fines et ultra fines.

Les particules ont différentes origines :

- **une origine mécanique** : effritement de matière, broyage, concassage, transport de matériaux pulvérulents, érosion des sols (érosion éolienne par exemple), etc. Ces particules sont généralement de taille comprise entre quelques microns et quelques centaines de microns.
- une origine **chimique ou thermique**. Les particules se forment par changement d'état de la matière, par réactions chimiques entre substances à l'état gazeux, par évaporation à haute température suivie d'une condensation. Le spectre granulométrique de ces particules varie de quelques nanomètres à quelques dixièmes de microns.
- une **origine biologique** : pollens, champignons, bactéries.

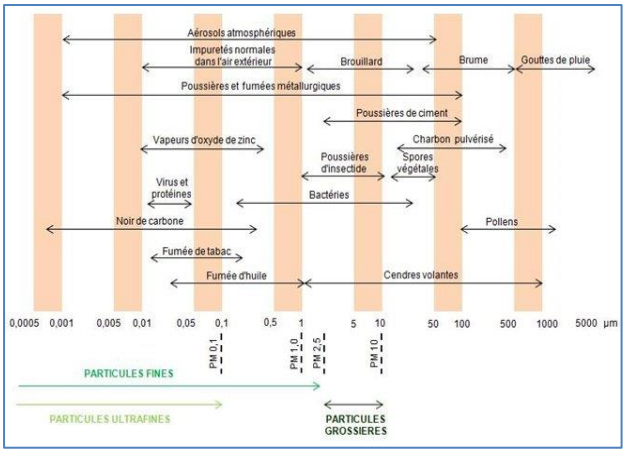
En fonction de la nature des mécanismes de formation mis en jeu, ces derniers peuvent ainsi aboutir à la formation de particules, plus ou moins grossières : par exemple, l'agriculture, par ses travaux de labour et de défrichage ainsi que par l'abrasion des engins, génère des particules grossières visibles au champ et qui se déposent rapidement. Les facteurs influençant les émissions de particules primaires sont liés au passage fréquent d'engins, au vent, à la sécheresse et aux sols nus.

Les particules fines peuvent rester en suspension pendant plusieurs jours, voire quelques semaines et parcourir de très longues distances. C'est pourquoi les stratégies de réduction des émissions doivent considérer des échelles d'actions à plusieurs niveaux : de l'international comme dans le cas de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CLRTAP), à l'Union Européenne, au national jusqu'au local.

Les sources anthropiques de particules sont multiples : les installations de combustion notamment dans le secteur résidentiel (combustion de bois notamment dans les petits équipements domestiques), le trafic routier, les procédés industriels, les chantiers et le BTP, l'exploitation des carrières et les travaux agricoles (labour, moisson, gestion des résidus). Les particules d'origine naturelle sont liées aux phénomènes d'érosion éolienne, aux embruns marins, aux volcans, etc. L'importance respective de ces sources varie avec la taille des particules.

La figure 1 présente la taille des particules en fonction de diverses sources d'émission.

Figure 1 : Taille des particules – échelle et ordre de grandeur



La composition chimique des particules est très variée. Elles présentent, dans des proportions diverses, une fraction minérale (éléments issus de l'érosion, sables), des composés inorganiques (sulfates, nitrates, ammonium, issus des réactions chimiques entre gaz précurseurs), des métaux (titane, plomb, zinc, etc.), du carbone suie (émis lors de phénomènes de combustion incomplète), du carbone organique (sous forme d'hydrocarbures, d'esters, d'alcools, de cétones, de polluants organiques persistants, etc.). Le **carbone suie** (appelé **BC** pour "Black Carbon" mais aussi « *Elemental carbon* ») est une composante des particules, issue des processus de combustion incomplète (les suies, dans leur ensemble, sont constituées de carbone suie et de carbone organique). La mesure du carbone suie reste complexe. Pourtant, il absorbe la lumière, ayant un impact non négligeable dans l'effet de serre et est ainsi classé parmi les forceurs climatiques à courte

durée de vie (SLCF en anglais)). Il est également reconnu pour avoir des impacts cardiovasculaires. Les suies des moteurs Diesel sont classées cancérigènes (AEE 2013).

Si les concentrations de PM_{10} et les $PM_{2,5}$ dans l'air ambiant sont contrôlées depuis de nombreuses années, la mesure du BC est plus récente et celle des PUF n'est pas faite systématiquement. Le BC est mesuré dans les particules en air ambiant car il est un marqueur de certaines sources (combustion du bois et moteurs Diesel notamment) (programme CARA, surveillance en temps réel de la composition chimique des particules (CARA 2018)). La mesure des PUF reste très complexe et embryonnaire, avec 5 sites de mesure en temps réel en 2019 sur le territoire (LCSQA 2019). L'ANSES a recommandé en 2018 (ANSES 2018), le suivi, la surveillance et l'acquisition de données pour le BC, actuellement non réglementée dans l'air ambiant ainsi que sur les PUF.

Réglementations limitant les émissions

Les particules PM_{10} et $PM_{2,5}$ font l'objet d'une surveillance accrue. Différentes réglementations pour limiter les émissions directes ont été mises en place aux niveaux international (Protocole de Göteborg amendé, de 2012), européen (Directive réduction des émissions de polluant de 2016) et national (plan national de réduction des émissions de polluants atmosphérique (PREPA)), et fixent des engagements de réduction d'émissions à respecter en 2020 et 2030. Ces engagements de réduction nationaux sont aussi déclinés au plan local, dans les plans de protection de l'atmosphère (PPA) et les Plans climat, air, énergie territoriaux (PCAET). Un ensemble de textes réglementaires limite les émissions des diverses sources (Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), transports routiers, etc.).

Le Protocole de Göteborg amendé de la Convention Air de la CEE-NU, a demandé de prioriser les actions de réduction des émissions de particules sur les sources d'émissions de BC.

Effets sur la santé

Plus les particules sont fines, plus elles sont dangereuses pour la santé car elles peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires et pénétrer dans le sang pour les plus fines d'entre elles, causant asthme, allergies, maladies respiratoires et cardiovasculaires, cancers... Le caractère cancérogène des particules et de la pollution de l'air extérieur dans son ensemble a été reconnu par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, 2013).

En 2016, l'organisation mondiale de la santé (OMS 2016) estimait à 4,2 millions le nombre de décès prématurés causés dans le monde par la pollution de l'air extérieur dans les zones urbaines et rurales. Cette mortalité est liée à l'exposition aux $PM_{2,5}$. Dans l'Union européenne, le nombre de décès prématurés en 2015, imputé à l'exposition aux $PM_{2,5}$, au NO_2 et à l'ozone est estimé respectivement à 391 000, 76 000 et 16 400 selon l'Agence de l'environnement européenne (AEE, 2018). Le risque lié aux $PM_{2,5}$ est le plus important comme ces chiffres le démontrent. Pour la France, ces morts prématurées sont respectivement de 35 800, 9 700 et 1 800 en 2015. L'AEE présente une évolution de la mortalité due à la pollution de l'air et estime que le risque associé a, au moins, diminué de moitié en Europe entre 1990 et 2015.

Effets sur l'environnement

En se déposant, les particules perturbent l'environnement, en particulier par la dégradation physique et chimique des matériaux, et la perturbation des écosystèmes, qu'ils soient proches ou éloignés du lieu d'émission des particules. Accumulées sur les feuilles des végétaux, les particules peuvent les étouffer et entraver la photosynthèse.

Les particules limitent la visibilité. Lors d'épisodes de pollution aux particules hivernaux ou printaniers, cette diminution de la visibilité peut être mise en évidence.

Les particules peuvent aussi être impliquées dans le transport et le dépôt de polluants toxiques associés (métaux ou polluants organiques persistants comme les dioxines).

L'impact des particules sur le changement climatique est plus complexe à caractériser : selon la nature des particules, elles ont un impact direct sur le climat par absorption ou diffusion du rayonnement solaire, mais aussi un effet indirect. Ainsi les composantes organiques et inorganiques diffusent le rayonnement et présentent donc un forçage radiatif négatif (refroidissant) alors que la composante carbone suie absorbe le rayonnement et présente un forçage radiatif positif (réchauffant) (IPCC- AR5-2014). Les particules ont un rôle dans la formation des nuages et les précipitations. Les particules auraient un effet refroidissant global mais de grandes incertitudes persistent sur ce point. Le cas du carbone suie, transporté à longue distance, qui se dépose sur les étendues glaciaires en diminuant leur pouvoir réfléchissant (albédo) peut aussi être mentionné. Il contribue à la fonte accélérée des étendues glaciaires (AEE 2013).

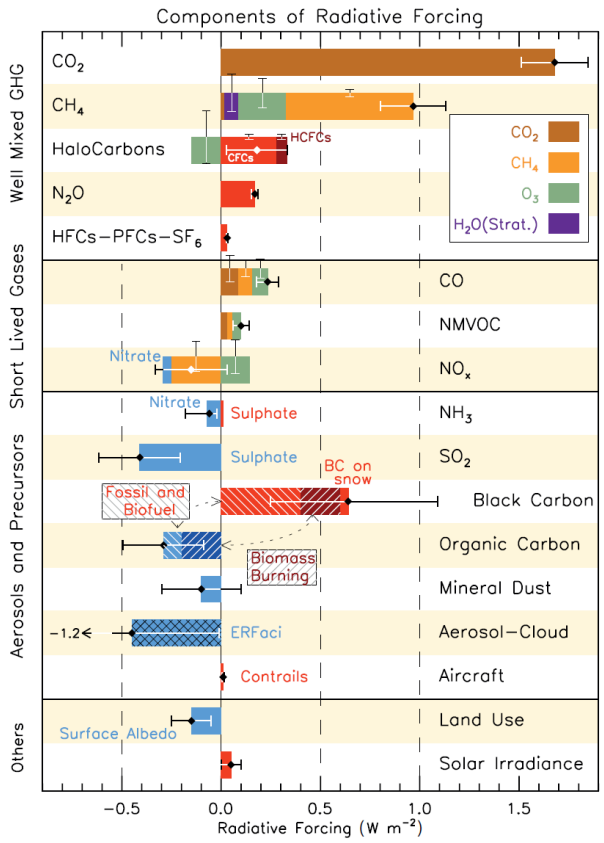


Figure 2 : Forçage radiatif des composés (IPCC- AR5-2014)

Fraction condensable

Depuis l'édition 2019 de l'inventaire national, des spécifications liées aux composés condensables dans les PM ont été introduites. La méthode d'estimation des émissions des particules doit en effet préciser la prise en compte ou non de la fraction condensable dans les facteurs d'émission des $PM_{2,5}$ et PM_{10}.

Les secteurs les plus émetteurs de particules à fraction condensable en France sont les suivants : Résidentiel et tertiaire (combustible solide, en l'occurrence le bois), Transport, Combustion dans l'industrie (solide, liquide, gaz et biomasse).

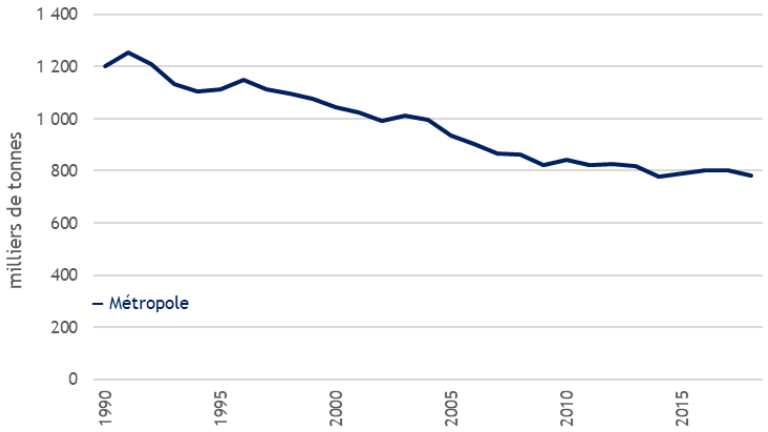
Les particules sont composées de fractions filtrables et condensables. Les particules filtrables sont à l'état solide ou liquide et sont piégées sur un filtre lors de mesures. Les particules condensables sont à l'état gazeux dans la cheminée mais se retrouvent ensuite à l'état solide ou liquide dans l'atmosphère, par des phénomènes de refroidissement ou de dilution. Lorsqu'une mesure de particules est réalisée, selon les méthodes employées, soit seules les particules filtrables sont détectées, soit l'ensemble des filtrables et des condensables est décelées ; les méthodes de mesure par dilution permettent de mesurer les condensables.

Les condensables sont semi volatiles, elles peuvent être organiques ou inorganiques. On considère généralement que les condensables sont importantes dans les processus de combustion et, en particulier, dans les installations de combustion de petite taille comme le transport et la combustion de bois. Elles peuvent notamment être produites lors de combustions incomplètes, généralement sous forme d'hydrocarbures à longue chaîne ou de composés aromatiques, lors de la production de métaux ferreux sous forme de chlorures de métal, lors de la combustion de biomasse sous forme de chlorure ou encore via la condensation de métaux à l'état gazeux issus de combustions à haute température.

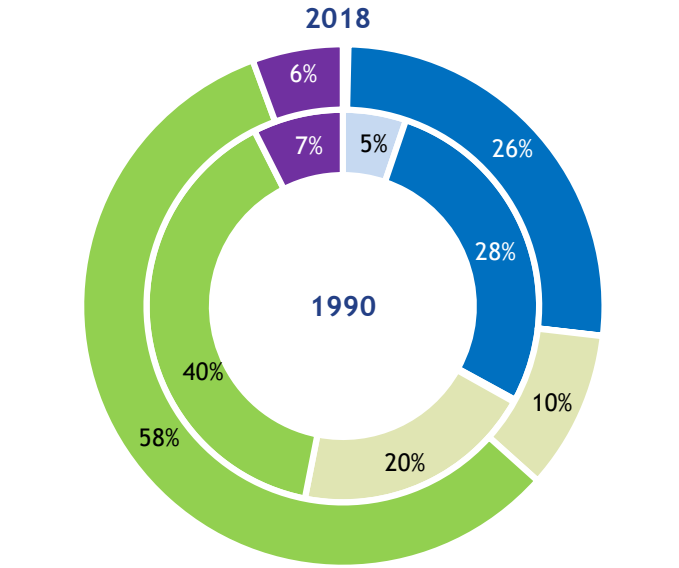
Actuellement, dans l'inventaire français, certains facteurs d'émissions utilisés pour estimer les émissions annuelles prennent bien en compte cette fraction condensable : c'est par exemple le cas pour les particules liées à l'échappement des véhicules dans le transport routier. En revanche, ce n'est pas le cas pour de nombreux autres secteurs. Des travaux nationaux et internationaux d'amélioration méthodologique sont donc en cours pour réviser ces facteurs d'émission afin qu'ils intègrent la part condensable, qui peut parfois s'avérer être importante. Ainsi, une telle révision impactera les émissions de $PM_{2.5}$ et PM_{10} de certains secteurs à la hausse, sur l'ensemble des années inventoriées.

En bref

Evolution des émissions de TSP en France



Répartition des émissions de TSP en France



Industrie énergie	Industrie manufacturière
Résidentiel/tertiaire	Agriculture/sylviculture
Déchets (centralisés)	Transports

TSP

Particules totales en suspension

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Les particules totales en suspension sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et regroupent toutes les particules, quelles que soient leurs tailles et leurs sources.

Composition chimique
La composition des TSP dépend de leur origine et des mécanismes de formation : elle peut associer le carbone suie (combustion incomplète), une fraction minérale (érosion, sables), des composés inorganiques (sulfates, nitrates, ammonium, issus de réactions chimiques entre gaz précurseurs), des métaux (plomb, zinc, etc.) et du carbone organique. Les proportions de ces composantes chimiques évoluent avec la taille des particules.

Origine

Phénomènes naturels (érosion éolienne, embruns marins) ou anthropiques (combustion, industrie, chantiers, transport et agriculture).

Phénomènes associés
Particules primaires issues de rejets directs dans l'air.

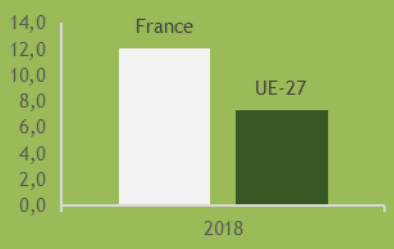
Particules secondaires issues de réactions chimiques entre gaz précurseurs (non prises en compte dans les inventaires).

Effets

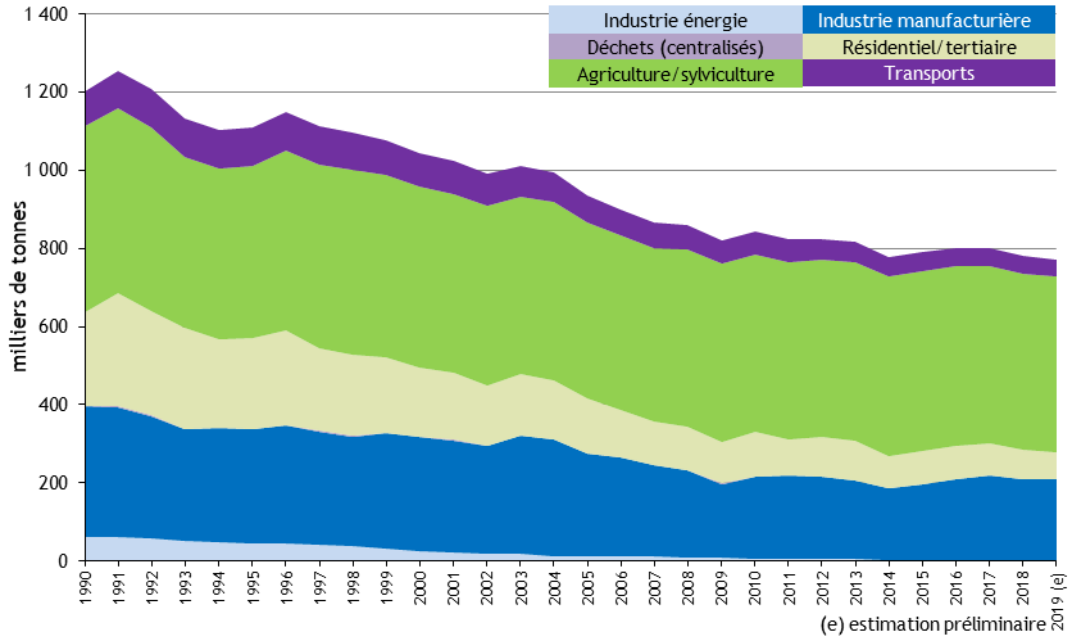
Effet de serre, forçage négatif pour carbone organique, sulfate, nitrate mais forçage positif pour composante carbone suie

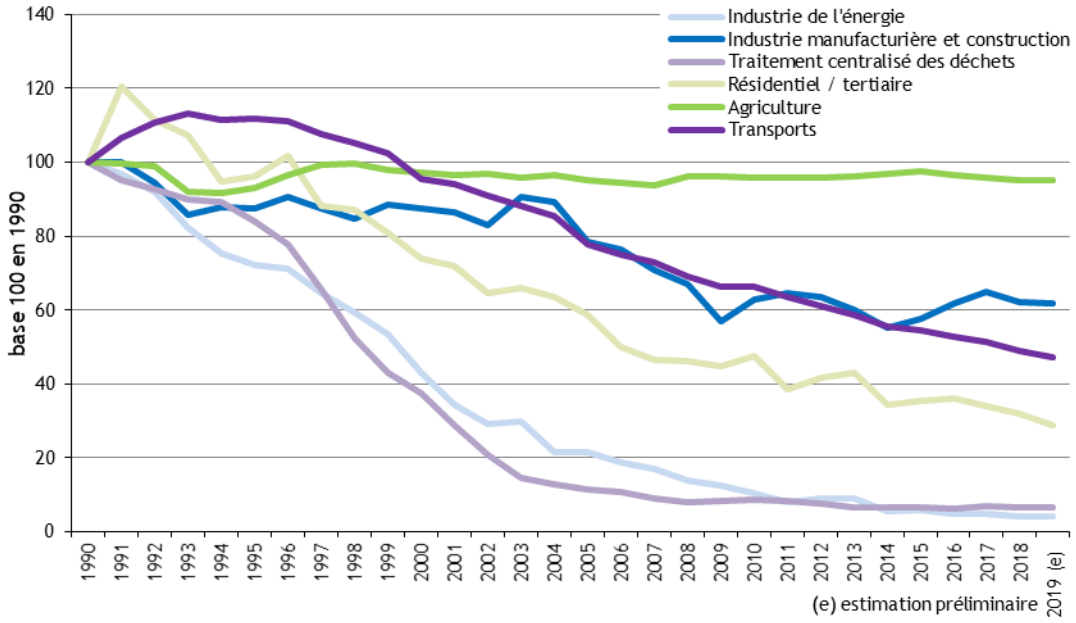
Santé

Emissions par habitant en 2018



TSP





Emissions de TSP (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	62,6	45,1	27,0	13,4	6,6	3,6	3,1	2,9	2,7	2,7
Industrie manufacturière et construction	333,0	291,6	291,1	260,9	208,7	191,9	205,6	216,4	206,5	205,3
Traitement centralisé des déchets	2,2	1,8	0,8	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Résidentiel / tertiaire	239,9	231,0	177,5	140,7	114,0	84,7	86,9	81,7	76,4	69,1
Agriculture	473,8	441,2	461,1	451,0	453,5	462,1	458,0	453,8	450,6	450,8
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	89,4	100,0	85,3	69,6	59,3	48,6	47,2	45,8	43,7	42,1
Transport hors total	*15,8*	*14,4*	*19,0*	*18,8*	*17,4*	*12,9*	*12,1*	*13,0*	*14,6*	*13,3*
TOTAL national hors UTCATF	1 201	1 111	1 043	936	842	791	801	801	780	770
UTCATF	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UTCATF Hors total	*19,9*	*5,5*	*10,2*	*5,3*	*2,3*	*3,8*	*3,9*	*6,3*	*1,2*	*1,2*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	1 201	1 111	1 043	936	842	791	801	801	780	770
Hors total	*35,6*	*19,9*	*29,2*	*24,1*	*19,6*	*16,7*	*16,0*	*19,3*	*15,9*	*14,6*

TSP

Analyse

Enjeux

Effets sanitaires

Plus les particules sont fines, plus elles représentent un risque sanitaire car elles peuvent pénétrer plus facilement dans le système respiratoire et le sang. L'inclusion des particules de toute taille dans les TSP en fait donc un polluant d'intérêt majeur sur l'impact sanitaire éventuel qu'il peut représenter, toutefois les enjeux se portent plus les particules plus fines comme les $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$ ou les particules ultrafines.

Effets environnementaux

Concernant l'impact sur l'environnement, beaucoup de phénomènes distincts peuvent être considérés, à diverses échelles, et pour toutes tailles de particules : voir la partie générale en début de chapitre.

Objectifs de réduction

Les objectifs de réduction des émissions/concentrations de particules à l'échelle internationa**le**, nationa**le et même locale** concernent plutôt les PM10 et PM2.5 (cf. partie ci-dessus sur réglementations). Ainsi, les émissions de TSP ne présentent pas un intérêt aussi prononcé que celles d'autres tailles de particules a priori, mais puisque les TSP englobent les particules de toutes tailles, leurs émissions sont amenées à être également réduites.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

e nombreux enjeux méthodologiques existent sur la quantification de la part condensable des émissions de particules dans plusieurs secteurs de l'inventaire. La taille des particules condensables variant de quelques nanomètres à quelques dizaines de microns, la prise en compte de la part condensable des émissions impactera toutes les tailles de particules. Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant, tous secteurs confondus, à 159,5 %.

A noter

Il est important de noter que, dans l'inventaire national, certaines émissions de particules sont estimées mais ne sont pas incluses dans le périmètre national. Parmi elles, les émissions anthropiques du transport international aérien, fluvial ou maritime en font partie, ainsi que les émissions naturelles liées aux feux de forêts. D'autres émissions naturelles de particules issues des volcans, de la foudre, de la végétation et autres, ne sont pas estimées dans l'inventaire français, mais ne font pas partie du périmètre d'inclusion national.
De plus, dans l'inventaire national, la part des particules condensables est complexe à estimer dans de nombreux secteurs. A l'heure actuelle, nous ne savons pas quantifier les recombinaisons qui peuvent se produire dans l'atmosphère et qui sont à l'origine de la formation des particules dites secondaires. Ainsi, les particules dites secondaires ne sont pas incluses dans les résultats d'émissions de TSP de nombreuses sources.

Tendance générale

Le niveau des émissions de particules totales en suspension (TSP) est globalement en baisse depuis 1990. Tous les secteurs d'activité contribuent aux émissions de TSP. Les principaux secteurs émetteurs au cours de la période sont **l'agriculture/sylviculture**, notamment du fait des labours des cultures ; **l'industrie manufacturière**, notamment du fait des activités du BTP et de la construction (chantiers), ainsi que l'extraction de roches dans les carrières ; et le **résidentiel**, notamment du fait de la combustion de bois dans les équipements domestiques. Pour les autres secteurs (hors transport), les émissions de particules proviennent principalement de la combustion de la biomasse.

Tous les secteurs ont contribué à la diminution continue observée, en dehors de l'agriculture/sylviculture qui est plutôt en stagnation. L'année 1991 constitue une année exceptionnelle (niveau maximal observé sur la période étudiée) du fait, en particulier, d'une forte consommation de bois dans le secteur résidentiel/tertiaire. Dans le cas des émissions du secteur de l'industrie manufacturière, les émissions sont principalement générées par le sous-secteur de la construction avec notamment les carrières et les chantiers du BTP. Les émissions du secteur résidentiel/tertiaire ont été très fortement réduites sur la période (plus de moitié) notamment grâce au renouvellement des équipements individuels brûlant du bois et à l'amélioration de leurs performances.

Dans le cas des transports, les émissions proviennent, d'une part, de l'échappement (combustion des carburants) et, d'autre part, de l'usure des routes mais aussi des pneus, des freins, et des caténaires pour le trafic ferroviaire. Pour le transport routier, les émissions liées à l'abrasion évoluent avec le niveau de trafic depuis 1990 (en légère augmentation) alors que les émissions liées à l'échappement sont en régression depuis 1994, à la suite de la mise en œuvre des différentes normes relatives aux véhicules routiers.

Dans le secteur de la transformation d'énergie, les émissions ont connu une très forte baisse (- 96% depuis 1990) et sont désormais très marginales. Les activités contributrices à ces émissions sont le chauffage urbain (stable sur la

période) suivi du raffinage de pétrole (en diminution depuis 1990 du fait de la réduction de l'activité), la production d'électricité (en diminution du fait de la fermeture des centrales à charbon). La forte baisse observée depuis 1990 de ce secteur s'explique en grande partie par l'arrêt de l'exploitation des mines à ciel ouvert en 2002 et des mines souterraines en 2004. L'autre raison principale de cette réduction est l'optimisation des procédés conjointement à l'implémentation de technologies de réduction.

Évolution récente

Lors des dernières années, la tendance générale révèle une baisse continue des émissions totales de TSP qui, bien que plus lente, suit la tendance historique observée depuis 1990. En effet, certains secteurs comme le transport routier ou le résidentiel/tertiaire sont en constante diminution de leurs émissions de TSP. Cependant, les émissions des autres secteurs ont plutôt tendance à stagner ces dernières années, parfois dues à des progrès conséquents déjà réalisés depuis 1990 comme dans les secteurs de la transformation d'énergie et du traitement des déchets. Les creux d'émissions observés s'expliquent généralement par des phénomènes temporaires : crise économique en 2009, douceur du climat en 2011 et 2014 (moindre recours au chauffage et donc à la combustion). Durant les dernières années, les particules totales en suspension ont été une source croissante d'attention, notamment parce qu'elles englobent les particules fines qui présentent des enjeux pour la santé humaine. Pour cette raison, de nouvelles réductions et une poursuite de la baisse actuelle des émissions sont attendues pour les prochaines années. Pour y parvenir, différentes actions ont été mises en place, parmi lesquelles : des *règlementations avec des valeurs limites* d'émission notamment pour les installations de combustion ou les engins mobiles non routiers ; et des *zones de circulation alternée*.
De plus, de nouveaux progrès sont réalisés régulièrement sur l'efficacité et l'optimisation des procédés industriels et des équipements de combustion, et plusieurs technologies de réduction existent également pour filtrer les particules lors de l'échappement des fumées de combustion.

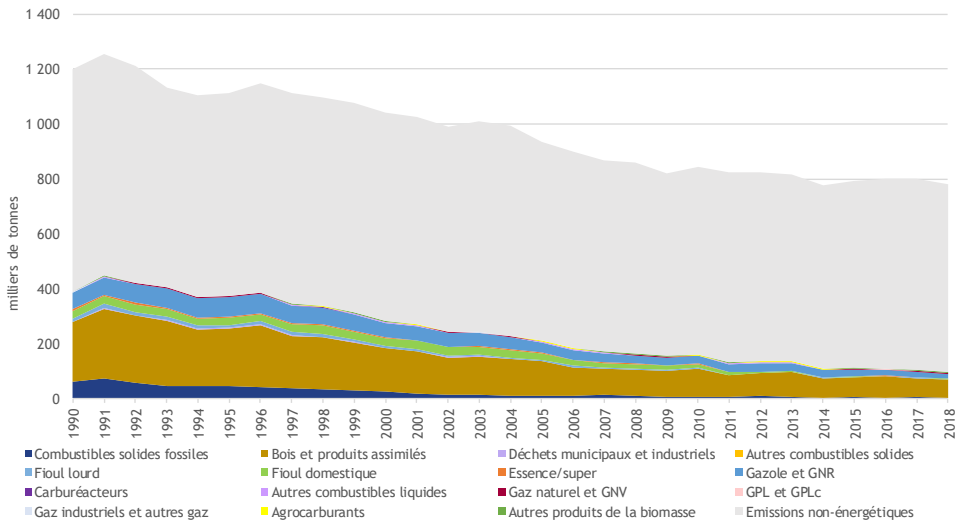
Enfin, il est important de mentionner que les émissions de TSP pourraient augmenter dans les prochaines années du fait du développement de la combustion de la biomasse, qui est plus émettrice de particules que les combustibles qu'elle substitue généralement (fioul, gaz naturel). En effet, dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, les politiques publiques soutiennent un accroissement de la biomasse dans le mix énergétique. Cependant, cette problématique étant bien connue, des VLE strictes sont imposées aux installations d'une puissance supérieure ou égale à 1 MW. Pour le bois résidentiel, l'installation d'appareils au bois plus performants et la mise en place de normes règlementaires sont promues et soutenues aux niveaux européen (Directive Ecodesign), national et régional (aides et crédit d'impôt). Ce contexte devrait ainsi permettre de limiter la hausse des émissions de particules.

Part des émissions liée aux combustibles

La contribution de la combustion de combustibles aux émissions totales est importante mais reste relativement faible comparativement aux émissions dites « non-énergétiques » de l'agriculture, de la construction et du BTP et autres secteurs concernés, et ne représente désormais qu'environ 12% des émissions totales. Cependant, il peut être observé dans la figure ci-dessous que la contribution des combustibles fut bien supérieure au début de la période (environ 35%).

Parmi les combustibles, la consommation de biomasse est et a toujours été le principal émetteur de TSP représentant 55% des émissions de la combustion de combustibles en 1990 et 69% en 2018. La part grandissante du bois dans les émissions, alors même que ses émissions propres ont diminué de presque 70%, est due notamment à la substitution progressive des combustibles solides fossiles et à l'introduction en 2011 de filtre à particules sur les véhicules diesel.

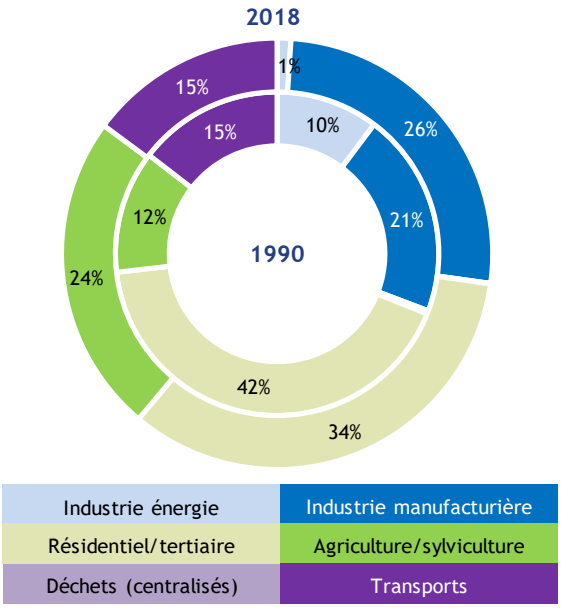
Répartition des émissions de TSP par combustible en France (Métropole)



En bref

Evolution des émissions de PM_{10} en France

Répartition des émissions de PM_{10} en France



PM_{10}

Particules grossières et fines

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm (microns). Elles sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et regroupent les particules grossières (entre 2,5 et 10 µg/m^3) et les particules fines. En moyenne dans l'air ambiant, les PM_{10} sont composées majoritairement (à 70%) de $PM_{2,5}$. (AIRPARIF).

Composition chimique
La composition chimique dépend de leur origine et des mécanismes de formation : elle peut associer le carbone suie (émis lors de phénomènes de combustion incomplète), une fraction minérale (éléments issus de l'érosion, sables), des composés inorganiques (sulfates, nitrates, ammonium issus de réactions chimiques entre gaz précurseurs), des métaux (plomb, zinc, etc.) et du carbone organique. Les proportions de ces composantes chimiques évoluent avec la taille des particules. Les particules les plus fines sont plutôt associées aux composés secondaires.

Origine
Phénomènes naturels (érosion éolienne, embruns marins par exemple) ou anthropiques (combustion, industrie, chantiers, transport et agriculture).

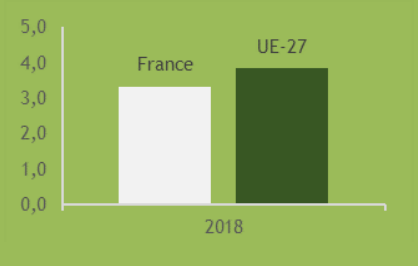
Phénomènes associés
Particules primaires issues de rejets directs dans l'air. *Particules secondaires* issues d'une réaction chimique : par exemple, lors de la combinaison entre l'ammoniac (NH_3) et des oxydes d'azote.

Effets

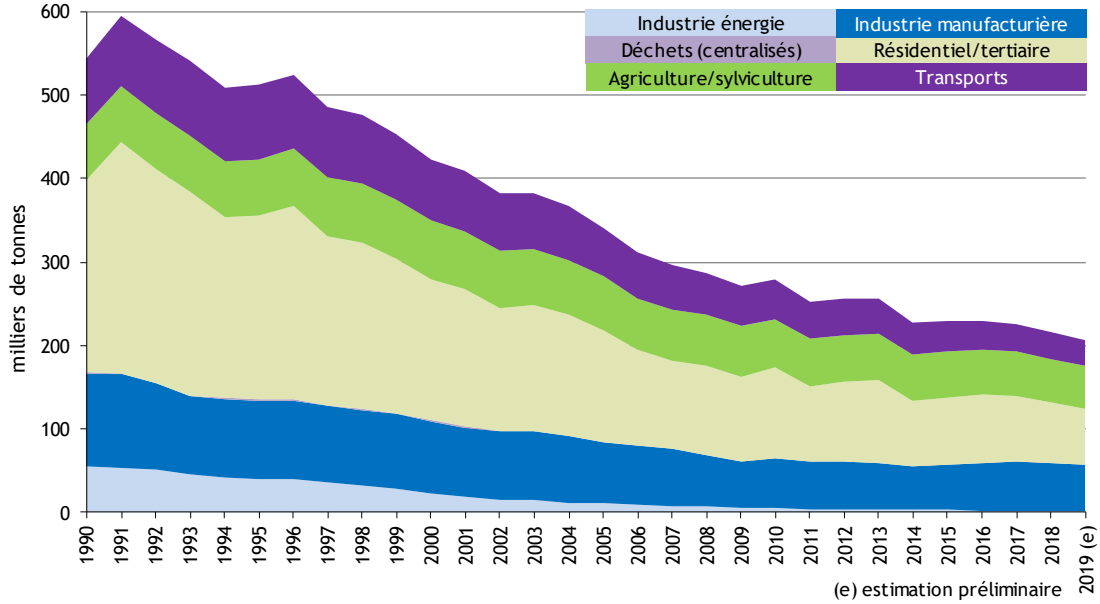
Effet de serre, forçage négatif pour carbone organique, sulfate, nitrate mais forçage positif pour composante carbone suie

Santé

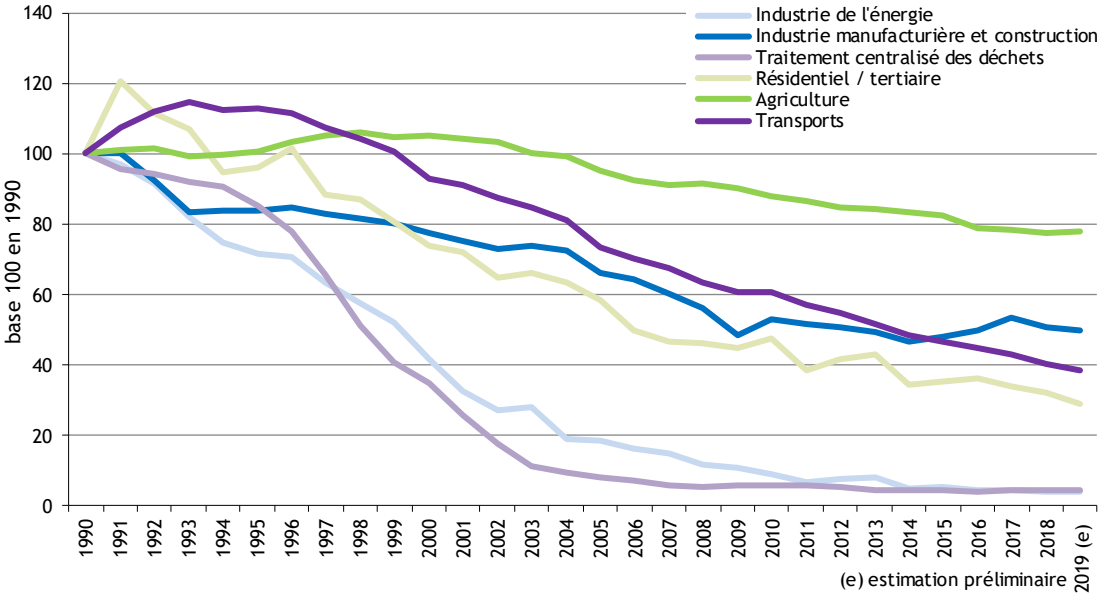
Emissions par habitant en 2018



Evolution des émissions dans l'air de PM_{10} depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de PM_{10} en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de PM_{10} (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	55,7	40,0	23,2	10,4	5,1	2,9	2,5	2,4	2,2	2,2
Industrie manufacturière et construction	111,4	93,6	86,4	73,9	58,9	53,7	55,8	59,4	56,4	55,4
Traitement centralisé des déchets	1,8	1,5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Résidentiel / tertiaire	228,9	220,4	169,3	134,3	109,0	81,1	83,1	78,1	73,1	66,1
Agriculture	66,7	67,2	70,1	63,7	58,6	55,2	52,8	52,5	51,8	51,9
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	79,1	89,4	73,7	58,0	48,2	37,1	35,6	34,1	32,1	30,4
Transport hors total	*15,1*	*13,8*	*18,2*	*18,0*	*16,6*	*12,4*	*11,6*	*12,5*	*14,0*	*12,8*
TOTAL national hors UTCATF	**543,6**	**512,1**	**423,3**	**340,3**	**280,0**	**230,0**	**229,8**	**226,6**	**215,7**	**206,2**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*12,8*	*3,6*	*6,6*	*3,5*	*1,5*	*2,4*	*2,5*	*4,1*	*0,8*	*0,8*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**543,6**	**512,1**	**423,3**	**340,3**	**280,0**	**230,0**	**229,8**	**226,6**	**215,7**	**206,2**
Hors total	*27,9*	*17,4*	*24,8*	*21,4*	*18,1*	*14,8*	*14,2*	*16,6*	*14,8*	*13,6*

Analyse

Enjeux

Effets sanitaires

L'impact des particules sur la santé est désormais indéniable et plus les particules sont fines, plus elles représentent un risque sanitaire car elles peuvent pénétrer plus facilement dans le système respiratoire ou bien le sang. La plupart des enjeux sanitaires sont orientés vers la part des particules dites « fines » comme les $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$ ou les particules ultrafines, qui font partie inhérente des PM_{10}.

Effets environnementaux

En ce qui concerne l'impact que peuvent avoir les PM_{10} sur l'environnement, beaucoup de phénomènes distincts peuvent être considérés, à diverses échelles, et pour toutes tailles de particules. De ce fait, il est conseillé de se référer à la partie générale sur les effets sur l'environnement en début de chapitre pour en connaître davantage sur les enjeux environnementaux liés aux particules.

Objectifs de réduction

Les objectifs de réduction des particules à l'échelle internationale, nationale et même locale concernent principalement les émissions et les concentrations de PM_{10} et $PM_{2.5}$ (cf. partie ci-dessus sur réglementations) avec notamment le protocole de Göteborg, qui fut transposé en droits européens par la directive de réduction des plafonds d'émissions de polluants (i.e., NECD en anglais) puis, en France, par le PREPA.

En ce qui concerne les émissions de PM_{10}, il n'y a pas d'objectif de réduction chiffré pour 2020 et 2030 mais plutôt des valeurs limites d'émissions imposées pour certains secteurs comme l'incinération de déchets, le transport routier ou bien pour les entreprises IPPC. En revanche, en termes de qualité de l'air, les concentrations de PM_{10} sont régulièrement mesurées et surveillées afin que les concentrations moyennes journalières et annuelles ne dépassent pas certains seuils fixés par l'état sur recommandations de l'OMS, ou tout du moins pas plus de 35 jours par an en ce qui concerne la concentration moyenne quotidienne.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Comme évoqué précédemment, de nombreux enjeux méthodologiques existent sur la quantification de la part condensable des émissions de particules dans plusieurs secteurs de l'inventaire. La taille des particules condensables variant de quelques nanomètres à quelques dizaines de microns, la prise en compte de la part condensable des émissions impactera toutes les tailles de particules. *Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea »*. Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant, tous secteurs confondus, à 57,8 %.

A noter

Il est important de noter que, dans l'inventaire national, certaines émissions de PM_{10} sont estimées mais ne sont pas incluses dans le périmètre national. Parmi elles, les émissions anthropiques du transport international aérien, fluvial ou maritime en font partie, ainsi que les émissions naturelles liées aux feux de forêts. D'autres émissions naturelles de particules dues aux volcans, à la foudre, à la végétation et autres, ne sont pas estimées dans l'inventaire français, mais ne font pas partie du périmètre d'inclusion national.

De plus, dans l'inventaire national, la part de particules condensables émises est complexe à estimer dans de nombreux secteurs. A l'heure actuelle, nous ne savons pas quantifier les recombinaisons qui peuvent se produire dans l'atmosphère et qui sont à l'origine de la formation des particules dites secondaires. Ainsi, les particules dites secondaires ne sont pas incluses dans les résultats d'émissions de PM_{10} de nombreuses sources.

Tendance générale

Le niveau actuel des émissions de particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM_{10}) est le plus bas observé depuis 1990. En France métropolitaine, tous les secteurs sont émetteurs de PM_{10}, mais les secteurs contribuant majoritairement aux émissions de ce polluant sont :

- le résidentiel/tertiaire, du fait de la combustion du bois et, dans une moindre mesure, du charbon et du fioul,
- l'industrie manufacturière,
- l'agriculture/sylviculture, notamment du fait des élevages et des labours des cultures,

▫ le transport routier, dû principalement à l'échappement des combustibles brûlés et à l'abrasion des routes, des freins et des pneus.

La répartition entre les différents secteurs varie peu selon les années. A noter que les émissions du secteur de la transformation de l'énergie étaient significativement plus importantes en 1990 du fait de l'extraction minière. Les émissions de PM_{10} du secteur du traitement des déchets, qui ont nettement baissé depuis 1990, représentent une part marginale des émissions totales.

Les émissions nationales ont été largement réduites depuis 1990. Toutefois, en 1991, le niveau des émissions était exceptionnellement haut (maximum observé sur la période d'étude) notamment dû à une forte consommation de bois dans le secteur résidentiel/tertiaire en réponse à un hiver très rigoureux.

La baisse globale des émissions observées depuis 1990 est présente dans tous les secteurs. Elle est engendrée, d'une part, par l'amélioration des performances des techniques de dépoussiérage, notamment dans les installations de métallurgie et d'autre part, par les effets de structure, notamment l'amélioration des technologies pour la combustion de la biomasse et la mise en place des normes Euro pour le transport routier. Enfin, l'arrêt de l'exploitation des mines à ciel ouvert en 2002 et des mines souterraines en 2004 a contribué également à la diminution des émissions.

Évolution récente

Lors des dernières années, les émissions globales de PM_{10} ont tendance à baisser, même si le taux de diminution est plus lent depuis 2014. Néanmoins, en 2018, les émissions de PM10, qui étaient plus ou moins en stagnation depuis 2014, ont connu une baisse plus significative (- 5% entre 2017 et 2018), notamment dû à un hiver plus doux et donc une contribution plus faible de la combustion résidentielle, mais également grâce à la baisse des émissions de l'industrie manufacturière et de la construction.

Malgré cette légère baisse relative, certains secteurs comme l'industrie manufacturière sont plutôt stagnants depuis une dizaine d'années, notamment à cause de sous-secteurs comme la construction, la métallurgie des métaux, le papier/carton et d'autres industries qui voient leurs émissions être en légère augmentation comparativement aux niveaux de 2014. Bien qu'il ne représente plus un secteur majeur des émissions de PM_{10}, le secteur de la transformation d'énergie est également en stagnation du fait de l'augmentation légère des émissions du chauffage urbain comparée à 2012 (augmentation des installations fonctionnant à la biomasse), tandis que celles liées à la production d'électricité continue sa diminution continue au fur et à mesure que les centrales à charbon se font substituer.

En ce qui concerne les autres secteurs, ils ont tous suivi la tendance historique de réductions de leurs émissions, notamment grâce à la mise en œuvre de normes pour les engins mobiles non routiers de l'agriculture/sylviculture (mais aussi dans l'industrie) et des véhicules du transport routier.

Pour le secteur du résidentiel/tertiaire, les émissions de PM_{10} ont également eu tendance à diminuer lors des dernières années. Cependant, il est parfois difficile d'évaluer l'impact de l'amélioration des performances des équipements et des mesures tant la consommation de bois fluctue avec la rigueur annuelle du climat. Par exemple, pour les années 2011 et 2014, le climat très doux de ces années est principalement responsable de la baisse des consommations d'énergie dans les secteurs du résidentiel/tertiaire et de la transformation d'énergie. Les émissions plus élevées en 2013 proviennent à l'inverse d'un climat un peu moins favorable. Néanmoins, le renouvellement progressif et continu des équipements individuels de chauffage au bois, associé à l'optimisation du rendement de ces équipements et la mise en place de normes, a probablement aidé à diminuer les émissions du résidentiel.

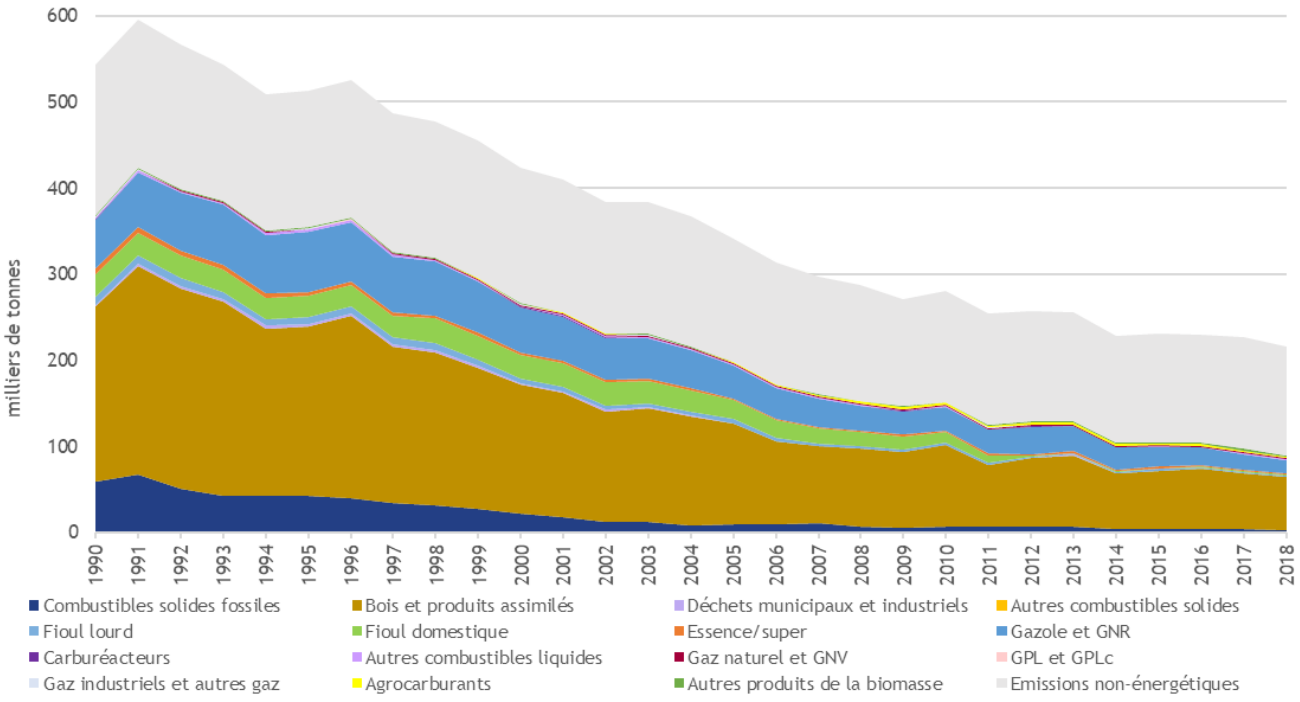
Les PM_{10} attirent de plus en plus d'intérêt ces dernières années, notamment à cause des risques sanitaires causées par les particules dites « fines ». Il est projeté que les émissions de PM_{10} continuent de diminuer au cours des prochaines années. Pour ce faire, les différentes mesures se recoupent avec celles mentionnées pour les particules totales en suspension (arrêtés sur les installations de combustion, les normes Euro, etc.). De plus, l'optimisation des rendements de procédés de combustion associée à des technologies de réductions comme les médias filtrants laissent à croire que des réductions supplémentaires sont réalisables.

Cependant, la part croissante de la biomasse dans la consommation totale de combustibles, qui est une source non négligeable de particules, pourrait affecter l'évolution des émissions de PM_{10}.

Part des émissions liée aux combustibles

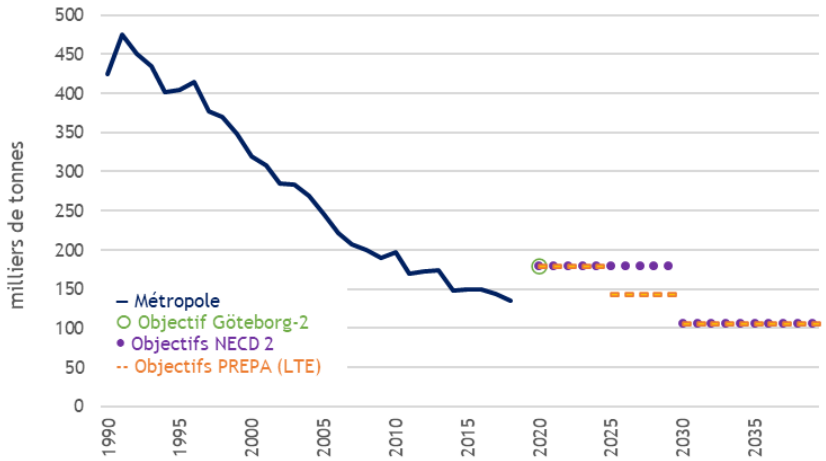
Pour les PM_{10}, la combustion de combustibles contribue de façon majeure aux émissions nationales, mais leur part diminue progressivement et de façon non négligeable au cours de la période (68% en 1990 contre 41% en 2018). Ceci est dû notamment aux progrès disparates réalisés entre les émissions énergétiques et non-énergétiques, avec des réductions respectives de 76% et 28% comparativement à leurs niveaux de 1990. En effet, l'évolution des technologies et la mise en place de normes sur les installations de combustion ont permis des progrès considérables, qui ne sont pas toujours aussi facilement identifiables et réalisables pour des émissions comme celles dues à l'abrasion des routes, des pneus et des freins ou encore celles liées aux labours.

Parmi les combustibles, la consommation de biomasse est le principal contributeur d'émissions de PM_{10}, représentant environ 55% des émissions de la combustion de combustibles en 1990 et 69% en 2018. Pourtant, les émissions de la biomasse ont grandement participé à la réduction des émissions de PM10 avec une réduction de ses émissions de plus de 70%. La part croissante des émissions du bois est en partie due à l'intérêt récent porté à ce combustible en termes d'émissions de gaz à effet de serre qui l'a vu substitué d'autres combustibles comme le fioul. De plus, la substitution progressive des combustibles solides fossiles est une des autres raisons principales expliquant la réduction observée dans les émissions totales ainsi que la contribution grandissante du bois, avec une réduction de 96% des émissions de PM_{10} depuis 1990. Les combustibles liquides ont également permis cette réduction globale d'émissions avec notamment le gazole qui a subi une réduction de ces émissions de 73% grâce au progrès technologique et à l'implémentation de filtres à particules en 2011, alors même que sa contribution totale aux émissions de combustibles était de l'ordre de 15 à 17%.

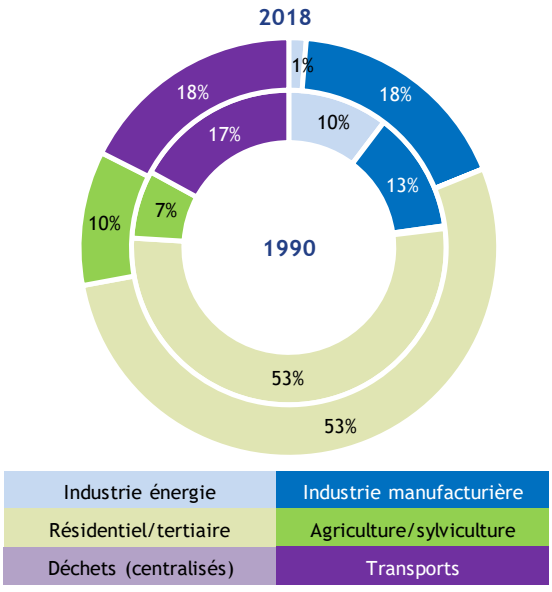


Emissions de $PM_{2,5}$ bref

Evolution des émissions de $PM_{2,5}$ en France



Répartition des émissions de $PM_{2,5}$ en France



$PM_{2,5}$

Particules fines

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm (microns). Elles sont émises directement par de nombreuses sources ou se forment indirectement par voies secondaires.

Composition chimique
La composition chimique dépend de leur origine et des mécanismes de formation : elle peut associer le carbone suie (émis lors de phénomènes de combustion incomplète), une fraction minérale (éléments issus de l'érosion, sables), des composés inorganiques (sulfates, nitrates, ammonium, issus de réactions chimiques entre gaz précurseurs), des métaux (plomb, zinc, etc.) et du carbone organique. Les particules les plus fines sont plutôt associées aux composés secondaires. Les $PM_{2,5}$ contiennent principalement de la matière organique et des espèces secondaires (nitrate et sulfate d'ammonium…).

Origine
Sources anthropiques : combustion, industrie, chantiers, transport et agriculture.

Sources naturelles : érosion éolienne, embruns marins.

Phénomènes associés
Particules primaires issues de rejets directs dans l'air.

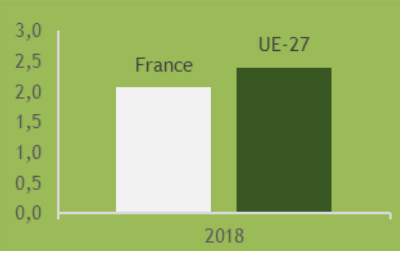
Particules secondaires issues de recombinaison chimique entre polluants (NOx, NH_3, SO_2, COV) dans l'atmosphère.

Les particules fines peuvent rester en suspension, stagner dans l'air pendant plusieurs jours voire quelques semaines et voyager sur de longues distances.

Effets
Effet de serre, forçage négatif pour carbone organique, sulfate, nitrate mais forçage positif pour composante carbone suie

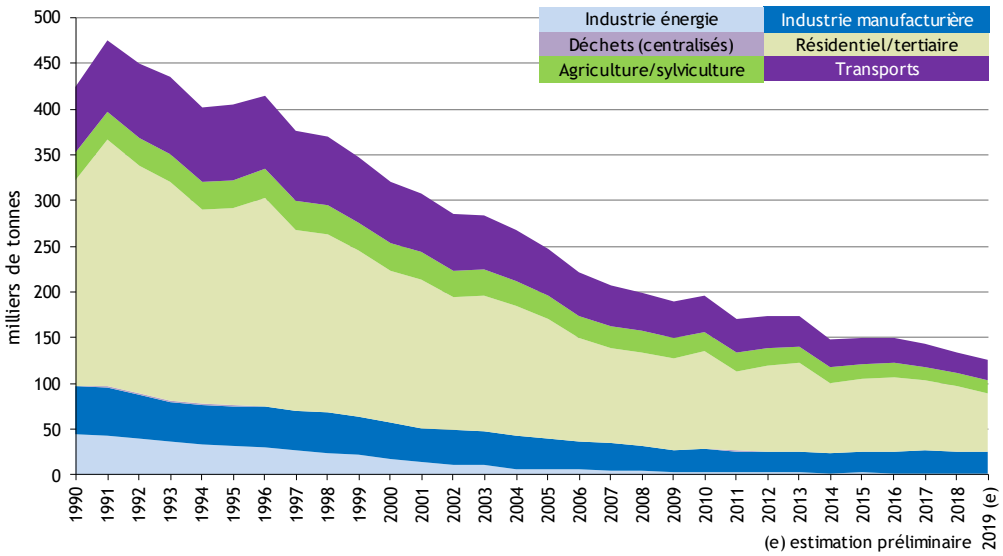
Santé

Emissions par habitant en 2018

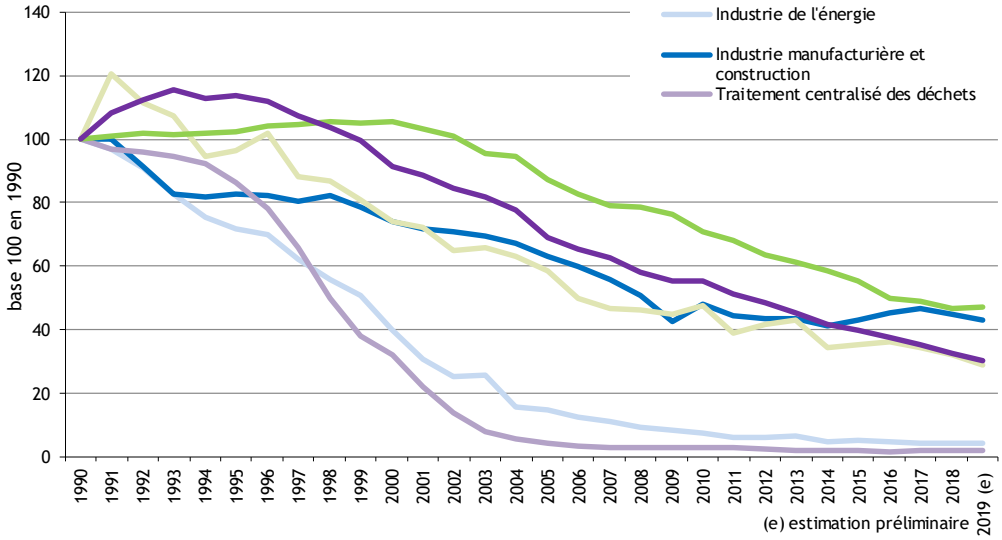


$PM_{2,5}$

Evolution des émissions dans l'air de $PM_{2.5}$ depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de $PM_{2.5}$ en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de $PM_{2.5}$ (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	43,8	31,3	17,4	6,3	3,2	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8
Industrie manufacturière et construction	52,8	43,6	39,1	33,2	25,4	22,7	23,8	24,7	23,6	22,8
Traitement centralisé des déchets	1,2	1,1	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Résidentiel / tertiaire	224,2	215,9	165,7	131,2	106,8	79,4	81,4	76,5	71,5	64,7
Agriculture	29,7	30,4	31,4	26,0	21,0	16,4	14,8	14,6	13,9	14,0
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	72,2	82,2	65,8	49,8	40,1	28,7	27,1	25,5	23,6	21,9
Transport hors total	*14,1*	*12,8*	*17,0*	*16,7*	*15,5*	*11,5*	*10,7*	*11,6*	*13,0*	*11,8*
TOTAL national hors UTCATF	**424,0**	**404,5**	**319,8**	**246,6**	**196,5**	**149,5**	**149,1**	**143,2**	**134,4**	**125,2**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*10,5*	*2,9*	*5,4*	*2,8*	*1,2*	*2,0*	*2,1*	*3,3*	*0,7*	*0,7*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**424,0**	**404,5**	**319,8**	**246,6**	**196,5**	**149,5**	**149,1**	**143,2**	**134,4**	**125,2**
Hors total	*24,6*	*15,8*	*22,3*	*19,6*	*16,7*	*13,5*	*12,8*	*14,9*	*13,6*	*12,5*

$PM_{2,5}$

Analyse

Enjeux

Effets sanitaires

L'impact des particules sur la santé est désormais indéniable et plus les particules sont fines, plus elles représentent un risque sanitaire car elles peuvent pénétrer plus facilement dans le système respiratoire ou bien le sang.

Les particules dites fines, comme les $PM_{2.5}$, ont attiré énormément l'attention ces dernières années, notamment dû au risque sanitaire qu'elles présentent sur les maladies cardio-vasculaires et respiratoires, et ont été classées en tant que substance cancérigène. Les $PM_{2.5}$ ont notamment été responsables de la mort prématurée de plus de 35 000 personnes en France en 2015. (*Voir paragraphe « Effets sur la santé » en début de chapitre*).

Effets environnementaux

En ce qui concerne l'impact que peuvent avoir les $PM_{2.5}$ sur l'environnement, beaucoup de phénomènes distincts peuvent être considérés, à diverses échelles, et pour toutes tailles de particules. De ce fait, il est conseillé de se référer à la partie générale sur les effets sur l'environnement en début de chapitre pour en connaître davantage sur les enjeux environnementaux liés aux particules.

Objectifs de réduction

Les objectifs de réduction de particules à l'échelle internationale, nationale et même locale concernent principalement les émissions et les concentrations de PM_{10} et $PM_{2.5}$ (cf. partie ci-dessus sur réglementations) avec notamment le protocole de Göteborg, qui fut transposé en droits européens par la directive de réduction des plafonds d'émissions de polluants (i.e., NECD en anglais) puis, en France, par le PREPA.

En ce qui concerne les émissions de $PM_{2.5}$, les objectifs de réduction de la France pour 2020 et 2030 sont respectivement de -27% et -57%, comparativement aux niveaux d'émissions de 2005. A titre informatif, en 2018, le niveau d'émissions de $PM_{2.5}$ est inférieur à celui de 2005 de -46%. De plus, en ce qui concerne la qualité de l'air, les concentrations de $PM_{2.5}$ sont mesurées et surveillées quotidiennement et une limite seuil sur la concentration moyenne annuelle de 25 µg/m^3 doit être respectée.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Comme évoqué précédemment, de nombreux enjeux méthodologiques existent sur la quantification de la part condensable des émissions de particules dans plusieurs secteurs de l'inventaire. La taille des particules condensables variant de quelques nanomètres à quelques dizaines de microns, la prise en compte de la part condensable des émissions impactera toutes les tailles de particules. *Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea »*.Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant, tous secteurs confondus, à 49,5 %.

A noter

Il est important de noter que, dans l'inventaire national, certaines émissions de $PM_{2.5}$ sont estimées mais ne sont pas incluses dans le périmètre national. Parmi elles, les émissions anthropiques du transport international aérien, fluvial ou maritime en font partie, ainsi que les émissions naturelles liées aux feux de forêts. D'autres émissions naturelles de particules dues aux volcans, à la foudre, à la végétation et autres, ne sont pas estimées dans l'inventaire français, mais ne font pas partie du périmètre d'inclusion national.

De plus, dans l'inventaire national, la part de particules condensables émise est complexe à estimer dans de nombreux secteurs. A l'heure actuelle, nous ne savons pas quantifier les recombinaisons qui peuvent se produire dans l'atmosphère et qui sont à l'origine de la formation des particules dites secondaires. Ainsi, les particules dites secondaires ne sont pas incluses dans les résultats d'émissions de $PM_{2.5}$ de nombreuses sources.

Tendance générale

Le niveau des émissions de particules de diamètre inférieur à 2,5 microns ($PM_{2,5}$) observé est globalement en baisse et est aujourd'hui le plus bas observé depuis 1990. Ces émissions sont induites par tous les secteurs. Les principaux secteurs contributeurs sont :

- le résidentiel/tertiaire, dont la principale source est la combustion de la biomasse, majoritairement domestique, ainsi que, dans une moindre mesure, de fioul,

- l'industrie manufacturière, dont les principales sources sont le travail du bois puis les chantiers/BTP et l'exploitation des carrières,

▫ le transport, notamment dû à l'échappement de carburants brûlés (Diesel et essence principalement) et à l'usure des routes, des pneus et des freins (et des caténaires pour le transport ferroviaire).

Pour les secteurs moins représentés comme la transformation d'énergie, l'agriculture/sylviculture et le traitement des déchets, les émissions proviennent majoritairement de la combustion de biomasse, de charbon ou de carburants pour les engins mobiles non routiers, et des élevages. Cette répartition a relativement peu évolué depuis 1990, le secteur résidentiel/tertiaire étant toujours le secteur le plus émetteur de $PM_{2,5}$.

Le secteur le moins émetteur de $PM_{2,5}$ est celui du traitement des déchets, qui a connu de fortes réductions d'émissions entre 1990 et 2005 grâce à une mise en conformité des installations d'incinération des déchets.

Depuis 1990, les émissions ont été réduites de plus de 68%. Le niveau exceptionnellement élevé des émissions de l'année 1991, qui était particulièrement froide, s'explique, en particulier, par une forte consommation de bois dans le secteur résidentiel/tertiaire en réponse à un hiver particulièrement rigoureux.

Sur la période étudiée, une baisse plus ou moins importante des émissions est observée dans tous les secteurs. Cette baisse a plusieurs origines, dont l'amélioration des performances des techniques de dépoussiérage dans de nombreux secteurs de l'industrie manufacturière (sidérurgie, verrerie, cimenterie, etc.), l'amélioration des technologies pour la combustion de la biomasse (impact dans le secteur résidentiel/tertiaire), la mise en place de normes pour les engins routiers (Euro) et d'arrêtés pour les installations de combustion. De plus, l'arrêt de l'exploitation des mines à ciel ouvert en 2002 et des mines souterraines en 2004 a considérablement réduit les émissions de $PM_{2,5}$ (impact dans le secteur de la transformation d'énergie).

Pour les années 2011, 2014, 2015 et 2018, en plus des raisons expliquées précédemment, le climat favorable de ces années est également responsable de la baisse des consommations d'énergie dans les secteurs du résidentiel/tertiaire et de la transformation d'énergie.

Évolution récente

Lors des dernières années, les émissions globales de $PM_{2,5}$ sont globalement en baisse, malgré une légère stagnation entre 2014 et 2017, fluctuant notamment en fonction de la consommation domestique de bois et donc du climat.

En effet, pour le secteur du résidentiel/tertiaire, les émissions de $PM_{2,5}$ ont poursuivi leur baisse générale après avoir augmenté et fluctué légèrement entre 2014 et 2016 à cause de climats moins favorables. Ainsi, il est plutôt difficile d'évaluer l'impact de l'amélioration des performances des équipements et des mesures tant la consommation de bois fluctue avec la rigueur climatique annuelle. Par exemple, pour les années 2011, 2014, 2015 et 2018, le climat très doux de ces années est principalement responsable de la baisse des émissions des secteurs du résidentiel/tertiaire et de la transformation d'énergie. En revanche, les années 2012, 2013 et 2016, plus froides, montrent un regain des émissions de $PM_{2,5}$ notamment dans le résidentiel/tertiaire, du fait d'une consommation énergétique plus importante.

D'autres secteurs comme l'industrie manufacturière sont plutôt stagnants depuis quelques années, notamment à cause des sous-secteurs majoritairement contributeurs comme la construction, la métallurgie des métaux ferreux et les minéraux non-métalliques qui ne parviennent plus vraiment à réduire leurs émissions de $PM_{2,5}$ depuis une dizaine d'années, tandis que d'autres secteurs moins émetteurs comme le papier/carton ou les autres industries voient leurs émissions croitre. Bien qu'il ne contribue pas majoritairement aux émissions de $PM_{2,5}$, le secteur de la transformation d'énergie est également en stagnation depuis 2012 dû à l'intensification du sous-secteur du chauffage urbain (développement de la biomasse).

En ce qui concerne le transport et l'agriculture/sylviculture, les émissions sont en baisse continue même dans les années plus récentes, notamment grâce au renouvellement des engins mobiles vers des équipements répondant à des normes plus strictes.

Les $PM_{2,5}$ suscitent beaucoup d'intérêt ces dernières années, du fait des risques sanitaires liées à l'inhalation de ces particules dites « particules ultrafines ». De plus, dans le cadre de la directive NEC (« National Emission Ceilings », c'est-à-dire plafonds nationaux d'émissions), des objectifs d'émissions sont fixés pour les années à venir au niveau français.

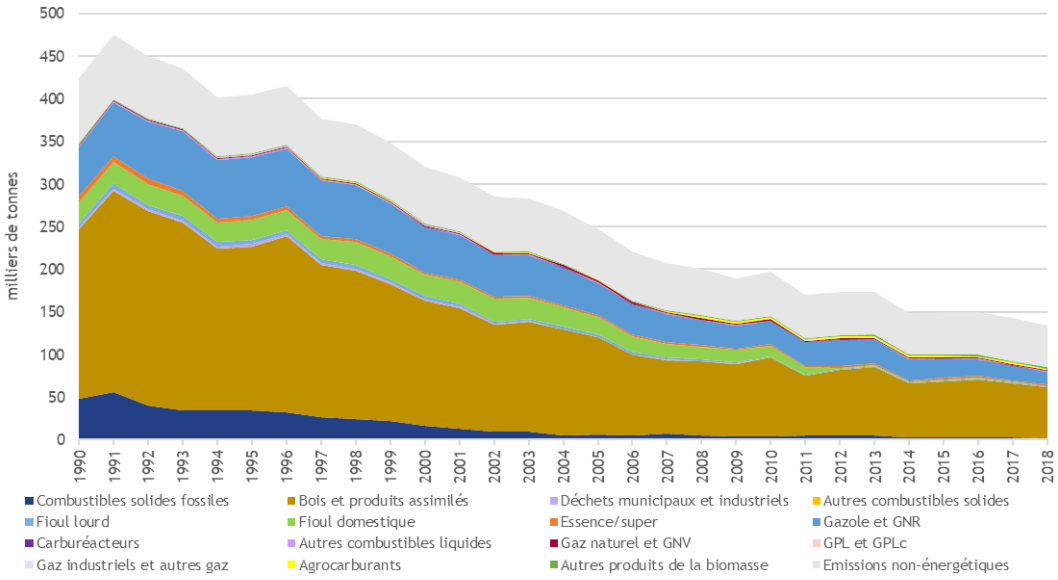
Par conséquent, il est attendu que les émissions de $PM_{2,5}$ continuent de diminuer au cours des prochaines années. Les différentes mesures (à venir et existantes) concernant les particules en suspension sont, par exemple, les arrêtés sur les installations de combustion, les normes Euro, etc. qui devraient permettre de poursuivre les efforts réalisés dans la réduction des émissions. De plus, l'amélioration des performances des installations fixes, associée à des technologies de réductions comme les médias filtrants, laissent entendre que des réductions supplémentaires sont envisageables.

Néanmoins, il est difficile de prévoir l'évolution des émissions de $PM_{2,5}$ du fait du rôle primordial du climat et, également, parce que la consommation de bois va être de plus en plus importante dans le mix énergétique.

Part des émissions liée aux combustibles

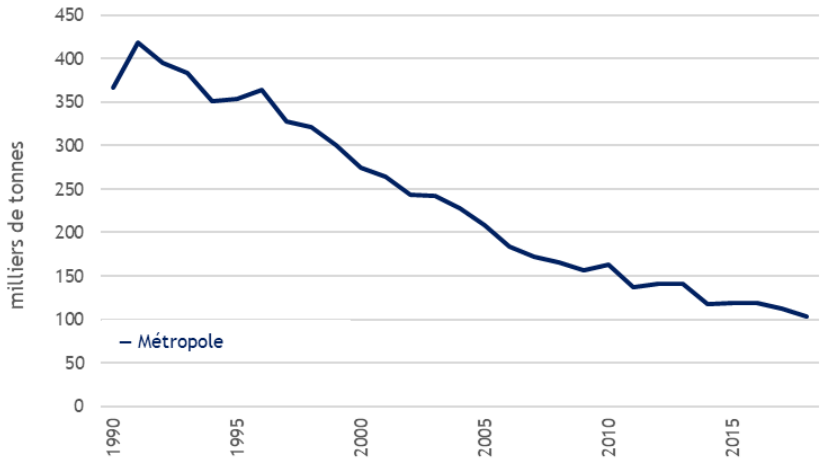
Pour les $PM_{2.5}$, la contribution de la combustion de combustibles aux émissions nationales est majeure malgré le fait que leur part diminue progressivement au cours de la période (82% en 1990 contre 63% en 2018). Une des explications réside dans la différence des progrès effectués pour réduire les émissions énergétiques et non-énergétiques, avec des réductions respectives de 75% et 28% comparativement à leurs niveaux de 1990. En effet, l'amélioration des rendements énergétiques des procédés et équipements conjointement avec l'implémentation de normes et de valeurs limites d'émissions ont permis d'atténuer grandement les émissions de la combustion. A l'inverse, certaines sources d'émissions de $PM_{2.5}$ non-énergétiques comme celles dues à l'abrasion des routes, des pneus et des freins ou encore celles liées aux élevages ou au brûlage de résidus agricoles, ne parviennent pas à diminuer leur contribution respective.

Parmi les combustibles, la consommation de biomasse est le principal contributeur aux émissions de $PM_{2.5}$, représentant environ 57% des émissions de la combustion de combustibles en 1990 et 70% en 2018. Il est important de noter que, pour autant, les émissions de la biomasse ont diminué entre 1990 et 2018 de plus de 70%, notamment grâce au renouvellement des équipements de chauffage individuel par des équipements plus performants et moins émetteurs. Cette contribution croissante du bois semble être en partie due à l'intérêt récent porté à ce combustible en termes d'émissions de gaz à effet de serre en vue de le substituer à d'autres combustibles comme le fioul dans le chauffage résidentiel. De plus, l'abandon progressif des combustibles solides fossiles explique aussi la réduction globale observée des émissions de la combustion ainsi que la part croissante du bois (-96% pour les combustibles minéraux solides depuis 1990). Enfin, les combustibles liquides ont grandement contribué à réduire les émissions des combustibles avec principalement le fioul domestique et le gazole qui ont atteint des abattements respectifs de -96% et -74% grâce aux normes implémentées pour les véhicules passagers et les engins mobiles non routiers. Pour le gazole, l'implémentation de filtres à particules à partir de 2011 a également favorisé la baisse des émissions, alors même que sa contribution totale aux émissions de combustibles varie entre 16% et 25% sur la série.

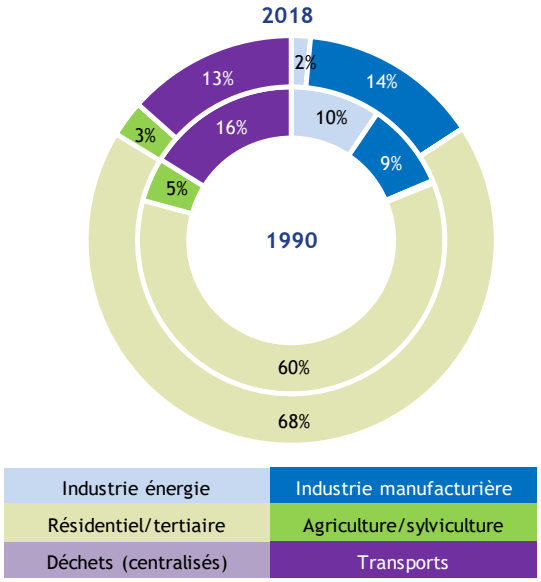


Emissions de $PM_{1,0}$ en bref

Evolution des émissions de $PM_{1,0}$ en France



Répartition des émissions de $PM_{1,0}$ en France



$PM_{1,0}$

Particules fines et ultrafines

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Particules dont le diamètre est inférieur à 1 µm (microns). Elles sont émises directement par de nombreuses sources ou se forment indirectement par voies secondaires. Les $PM_{1,0}$ incluent les particules ultra fines (PUF) de diamètre inférieur à 0,1 µm.

Composition chimique
La composition chimique dépend de leur origine et des mécanismes de formation : elle peut associer le carbone suie (émis lors de phénomènes de combustion incomplète), une fraction minérale (éléments issus de l'érosion, sables), des composés inorganiques (sulfates, nitrates, ammonium, issus de réactions chimiques entre gaz précurseurs), des métaux (plomb, zinc, etc.) et du carbone organique. Les particules les plus fines sont plutôt associées aux composés secondaires. Les $PM_{1,0}$ contiennent principalement de la matière organique et des espèces secondaires.

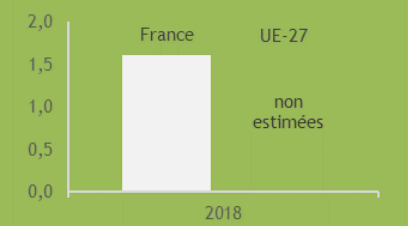
Origine
Sources anthropiques : combustion, industrie, transport et agriculture.
Source naturelle : érosion éolienne, etc.
Source mineure dans cette taille de PM.

Phénomènes associés
Particules primaires issues de rejets directs dans l'air.
Particules secondaires issues de recombinaison chimique entre polluants (NOx, NH_3, SO_2, COV) dans l'atmosphère.
Les particules fines peuvent rester en suspension, stagner dans l'air pendant plusieurs jours voire quelques semaines et voyager sur de longues distances.

Effets
Effet de serre, forçage négatif pour carbone organique, sulfate, nitrate mais forçage positif pour composante carbone suie

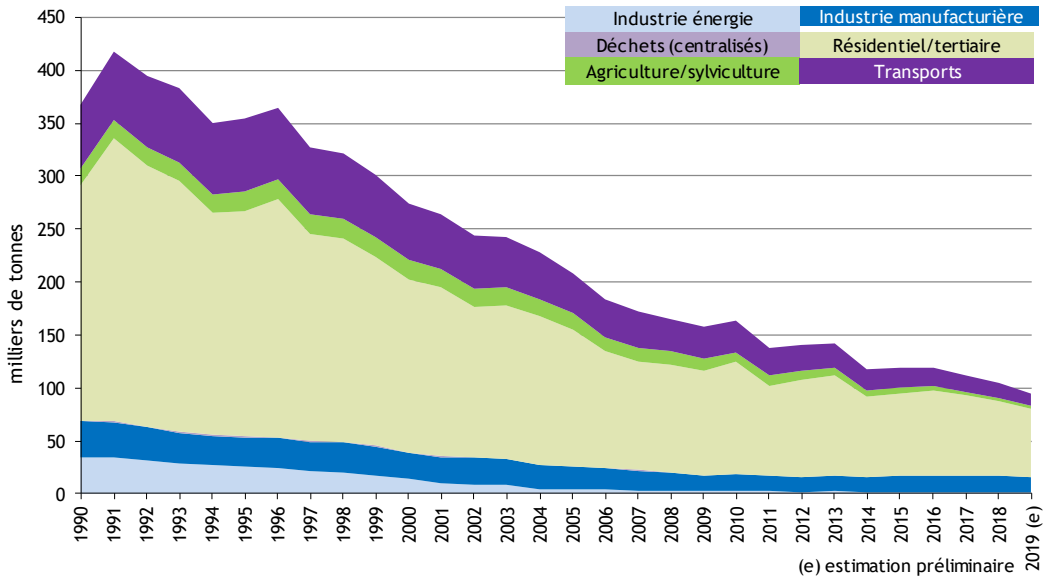
Santé

Emissions par habitant en 2018

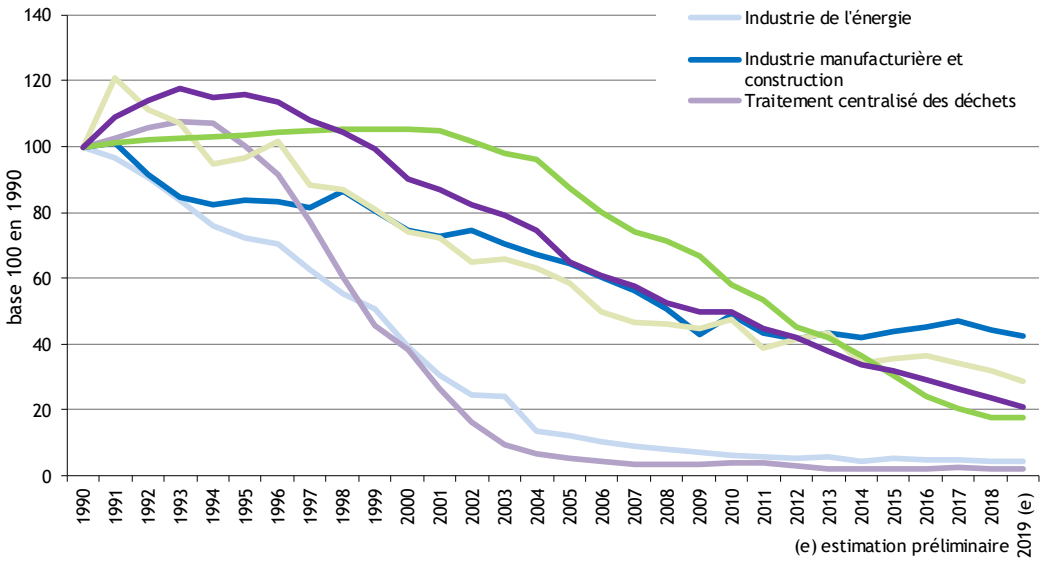


$PM_{1,0}$

Evolution des émissions dans l'air de $PM_{1.0}$ depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de $PM_{1.0}$ en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de $PM_{1.0}$ (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	34,8	25,2	13,6	4,2	2,2	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6
Industrie manufacturière et construction	33,6	28,1	25,1	21,6	16,4	14,7	15,2	15,8	14,8	14,2
Traitement centralisé des déchets	1,0	1,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Résidentiel / tertiaire	221,4	213,4	163,6	129,6	105,6	78,4	80,4	75,5	70,6	63,9
Agriculture	17,0	17,6	17,9	14,9	9,9	5,2	4,1	3,5	3,0	3,0
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	59,3	68,8	53,4	38,4	29,5	18,8	17,2	15,7	14,0	12,3
Transport hors total	*12,8*	*11,7*	*15,4*	*15,2*	*14,0*	*10,3*	*9,6*	*10,4*	*11,7*	*10,6*
TOTAL national hors UTCATF	**367,1**	**354,1**	**273,9**	**208,8**	**163,6**	**118,9**	**118,6**	**112,1**	**104,0**	**95,1**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**367,1**	**354,1**	**273,9**	**208,8**	**163,6**	**118,9**	**118,6**	**112,1**	**104,0**	**95,1**
Hors total	*12,8*	*11,7*	*15,4*	*15,2*	*14,0*	*10,3*	*9,6*	*10,4*	*11,7*	*10,6*

Analyse

$PM_{1,0}$

Enjeux

Effets sanitaires

Plus les particules sont fines, plus elles représentent un risque sanitaire car elles peuvent pénétrer plus facilement dans le système respiratoire ou bien le sang. Les particules fines ($PM_{2.5}$ et moins), ont attiré une forte attention ces dernières années, notamment dû au risque sanitaire qu'elles présentent sur les maladies cardio-vasculaires et respiratoires, et ont été classées en tant que substance cancérigène. A l'heure actuelle, les $PM_{2.5}$ (qui incluent les $PM_{1.0}$) sont l'indicateur principal utilisé pour quantifier les risques sanitaires liés à l'exposition des particules, notamment du fait qu'elles soient mesurées régulièrement et réglementées. Cependant, les particules plus fines comme les $PM_{1.0}$ (voire même les $PM_{0.1}$/PUF) suscitent de plus en plus (*voir« Effets sur la santé » en début de chapitre*)

Effets environnementaux

Concernant l'impact que peuvent avoir les $PM_{1.0}$ sur l'environnement, beaucoup de phénomènes distincts peuvent être considérés, à diverses échelles, et pour toutes tailles de particules. De ce fait, il est conseillé de se référer à la partie générale sur les effets sur l'environnement en début de chapitre pour en connaître plus sur les enjeux environnementaux liés aux particules. Les « particules ultrafines », au diamètre inférieur à 0,1 µm sont une source croissante d'intérêt ces dernières années, à cause des risques sanitaires qui leurs sont associés.

Objectifs de réduction

Les objectifs de réduction de particules à l'échelle internationale, nationale et même locale concernent principalement les émissions et les concentrations de PM_{10} et $PM_{2.5}$ (cf. partie ci-dessus sur réglementations) avec notamment le protocole de Göteborg, qui fut transposé en droits européens par la directive de réduction des plafonds d'émissions de polluants (i.e., NECD en anglais) puis, en France, par le PREPA. Aucune spécification n'est donnée quant aux $PM_{1.0}$, qui ne fait pas partie des polluants dont les émissions doivent être nécessairement estimées et reportées à la CLRTAP.

Enjeux méthodologiques et incertitudes

De nombreux enjeux méthodologiques existent sur la quantification de la part condensable des émissions de particules dans plusieurs secteurs de l'inventaire. La taille des particules condensables variant de quelques nanomètres à quelques dizaines de microns, l'impact de la prise en compte de la part condensable sur les émissions aura lieu pour toute taille de particules. Voir notre rapport méthodologique « Ominea ». Aucune incertitude n'est évaluée pour les $PM_{1.0}$.

A noter

Il est important de noter que, dans les inventaires nationaux, estimer les émissions de $PM_{1.0}$ n'est pas obligatoire et ces émissions n'ont pas besoin d'être rapportées à la Convention LRTAP. De plus, comme pour les autres tailles de particules, certaines émissions de $PM_{1.0}$ sont estimées mais ne sont pas incluses dans le périmètre national. Parmi elles, les émissions anthropiques du transport international aérien, fluvial ou maritime en font partie, ainsi que les émissions naturelles liées aux feux de forêts. D'autres émissions naturelles de particules dues aux volcans, à la foudre, à la végétation et autres, ne sont pas estimées dans l'inventaire français, mais ne font pas partie du périmètre d'inclusion national. Enfin, dans l'inventaire national, la part de particules condensables émise est complexe à estimer dans de nombreux secteurs. A l'heure actuelle, nous ne savons pas quantifier les recombinaisons qui peuvent se produire dans l'atmosphère et qui sont à l'origine de la formation des particules dites secondaires. Ainsi, les particules dites secondaires ne sont pas incluses dans les résultats d'émissions de $PM_{1.0}$ de nombreuses sources.

Tendance générale

Le niveau actuel des émissions de $PM_{1,0}$ est le plus bas observé depuis 1990. Même si tous les secteurs d'activité contribuent aux émissions de la France métropolitaine, la grande majorité est issue du résidentiel/tertiaire (68% en 2018), principalement due à la combustion du bois et, dans une moindre mesure, du charbon et du fioul. Les émissions de $PM_{1,0}$ des secteurs du transport routier et de l'industrie manufacturière ne sont pas négligeables pour autant. Dans le secteur du transport routier, deuxième secteur émetteur, elles sont essentiellement liées aux véhicules Diesel. Les émissions de l'industrie manufacturière sont principalement engendrées par la construction et la métallurgie de métaux ferreux. Pour les autres secteurs, moins émetteurs, comme les secteurs de la transformation de l'énergie, de l'agriculture et du traitement des déchets, les émissions proviennent en grande partie de la combustion de biomasse et de la combustion de carburants dans les engins mobiles non routiers.

Sur la période étudiée, les émissions ont baissé de plus de 70%. Cette tendance à la baisse est observée sur l'ensemble des secteurs sauf pour le transport maritime, fluvial et aérien (relativement stables). Toutefois, l'année 1991 a niveau d'émission élevé (maximum observé sur la période) consécutive, en particulier, à une forte consommation de bois dans le secteur résidentiel/tertiaire en réponse à un hiver particulièrement rigoureux. La baisse générale observée depuis 1990 est engendrée, d'une part, par l'amélioration des performances des techniques de dépoussiérage dans l'industrie manufacturière, d'autre part, par les effets de structure, notamment l'amélioration des technologies pour la combustion de la biomasse (secteur du résidentiel/tertiaire) et, enfin, par l'arrêt de l'exploitation des mines à ciel ouvert en 2002 et des mines souterraines en 2004 (appartenant au secteur de la transformation d'énergie).

Évolution récente

Lors des dernières années, les émissions globales de $PM_{1,0}$ sont en baisse, même si elles ont légèrement stagné entre 2014 et 2016, notamment à cause du climat et de la consommation domestique de bois associée. En effet, le secteur du résidentiel/tertiaire, principal contributeur des émissions de $PM_{1,0}$, a connu une légère croissance de ces émissions entre 2011 et 2013, puis entre 2014 et 2016, avant de repartir à chaque fois à la baisse. Pour les années 2011, 2014 et 2015, le climat très doux a entrainé une baisse nette de la consommation énergétique du résidentiel/tertiaire, contrairement à 2012 et 2013, plus froides, qui montrent un regain des émissions de $PM_{1,0}$. L'année 2018 fut plutôt favorable niveau climat (similaire à 2015), ce qui a permis d'atteindre le niveau le plus bas observé pour ce secteur sur la période donnée. Bien que le climat influe fortement sur les émissions du chauffage résidentiel, à climats similaires, le niveau de 2018 est plus bas que celui de 2015 d'environ 12.5%, soulignant les progrès de réduction effectués encore récemment.

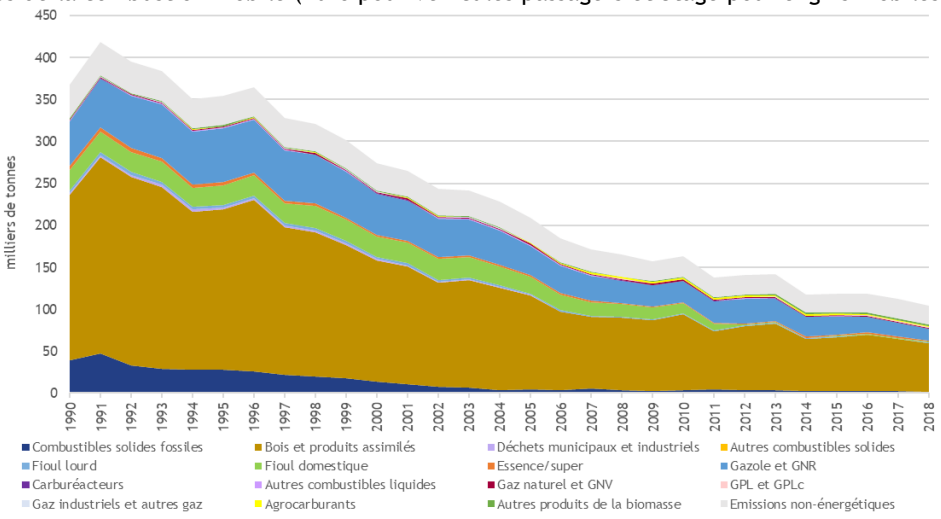
L'industrie et la transformation d'énergie sont plutôt stagnants depuis quelques années, dû à l'intensification de l'activité de sous-secteurs comme la métallurgie des métaux ferreux, le papier/carton et le chauffage urbain tandis que d'autres contributeurs significatifs comme la construction et la transformation de combustibles minéraux solides stagnent. En ce qui concerne le transport et l'agriculture, les émissions sont en baisse continue même dans les années récentes, notamment grâce aux mesures mises en place pour la combustion de carburants lors de l'échappement des fumées des engins mobiles routiers et non routiers, combinées aux règlementations appliquées aux compositions des carburants. A noter que, contrairement aux particules de plus grande taille, les émissions du secteur de l'agriculture résultent entièrement de la combustion de carburants dans les engins mobiles non routiers.

De ce fait, il est donc anticipé que les émissions de $PM_{1,0}$ continuent d'être réduites dans les prochaines années. Les différentes mesures (à venir et existantes) concernant les particules totales en suspension comme, par exemple, les arrêtés sur les installations de combustion et les normes visant les engins mobiles routiers (Euro) et non routiers (Stage) devraient permettre de rendre réalisables ces réductions. De plus, des efforts de réduction d'émissions sont rendus possibles grâce à l'optimisation des procédés de combustion et l'existence de technologies de réductions comme les médias filtrants. Il est cependant difficile de prévoir l'évolution des émissions de $PM_{1,0}$ étant donné qu'elles dépendent principalement de la consommation de bois, qui varie selon le climat et qui est prévue de croître dans le mix énergétique des prochaines années pour des raisons d'émissions de gaz à effet de serre.

Part des émissions liée aux combustibles

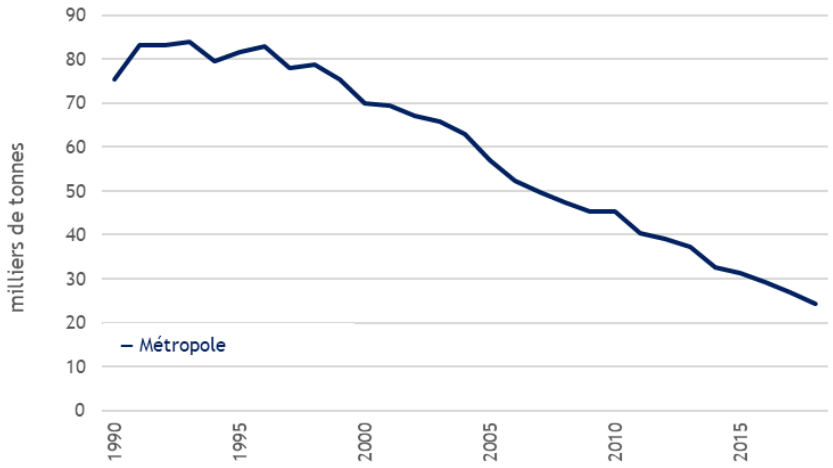
La contribution de la combustion de combustibles aux émissions totales de $PM_{1.0}$ est prépondérante, malgré une légère baisse progressive au cours de la période (89% en 1990 contre 79% en 2018). Ceci s'explique par les rythmes irréguliers auxquels les émissions énergétiques et non-énergétiques décroient, avec des réductions respectives de 75% et 44% comparativement à leurs niveaux de 1990. En effet, l'amélioration des rendements énergétiques des procédés et équipements conjointement avec l'implémentation de normes et de valeurs limites d'émissions, sur les sources fixes comme mobiles, ont permis d'atteindre de telles réductions.

En ce qui concerne les différents combustibles, la consommation de biomasse est le principal émetteur de $PM_{1.0}$ en France, contribuant à hauteur de 60% en 1990 et 71% en 2018 aux émissions énergétiques. Pourtant, les émissions de la biomasse ont fortement diminué entre 1990 et 2018, atteignant des réductions de plus de 70%, notamment grâce au renouvellement des équipements de chauffage individuel par des équipements plus performants et moins émetteurs. La contribution grandissante du bois est en partie due à la substitution d'autres combustibles par la biomasse, dans des intérêts liés aux émissions de gaz à effet de serre. Parmi eux, les combustibles solides fossiles ont été délaissés au fur et à mesure, se témoignant par une baisse de plus de 95% de leurs émissions comparativement à 1990. D'autres combustibles comme ceux liquides ont grandement contribué à réduire les émissions de $PM_{1.0}$ des combustibles avec principalement le fioul domestique et le gazole qui ont atteint des réductions respectives de -97% et -74%, notamment grâce aux normes de la combustion mobile (Euro pour véhicules passagers et Stage pour engins mobiles non routiers).

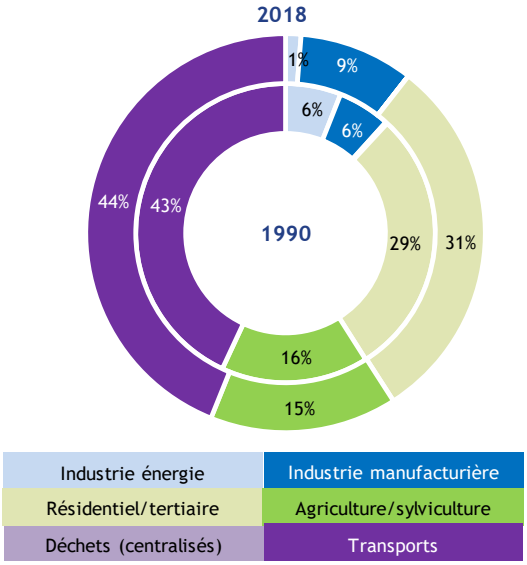


Emissions de carbone suie en bref

Evolution des émissions de carbone suie en France



Répartition des émissions de carbone suie en France



BC

Carbone Suie

Type
Polluant atmosphérique

Définition
Le carbone suie (appelé BC pour *Black Carbon* mais aussi *Elemental carbon*) est une composante des particules, issue des processus de combustion incomplète de combustibles fossiles, biomasse et bio-fiouls. Il représente une partie des suies, mélanges complexes de particules contenant du carbone suie et du carbone organique. On nomme black carbon, le carbone élémentaire mesuré par méthode thermo-optique et EC le carbone mesuré par méthode optique. Le carbone suie représente les deux.

Composition chimique
Composé constitué de carbone élémentaire (C) dont la couleur noire absorbe le rayonnement lumineux.

Origine
Sources anthropiques : combustion de combustibles fossiles, biomasse et bio-fiouls. Les sources les plus importantes sont le chauffage domestique au bois et au charbon, le transport routier (Diesel essentiellement), engins mobiles non routiers, les moteurs de bateaux, le brûlage des résidus agricoles ; les incendies de forêt et de végétation.

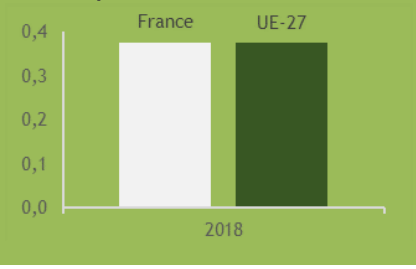
Source naturelle : feux de forêt et de végétation.

Phénomènes
Le carbone suie a un pouvoir de réchauffement de l'atmosphère : il absorbe les rayons solaires. Il est ainsi classé parmi les forceurs climatiques à courte durée de vie (SLCF en anglais).

Effets
Effet de serre, forçage radiatif positif (mais plus limité que le CO_2 dû à sa courte durée de vie dans l'atmosphère, de 3 à 8 jours)

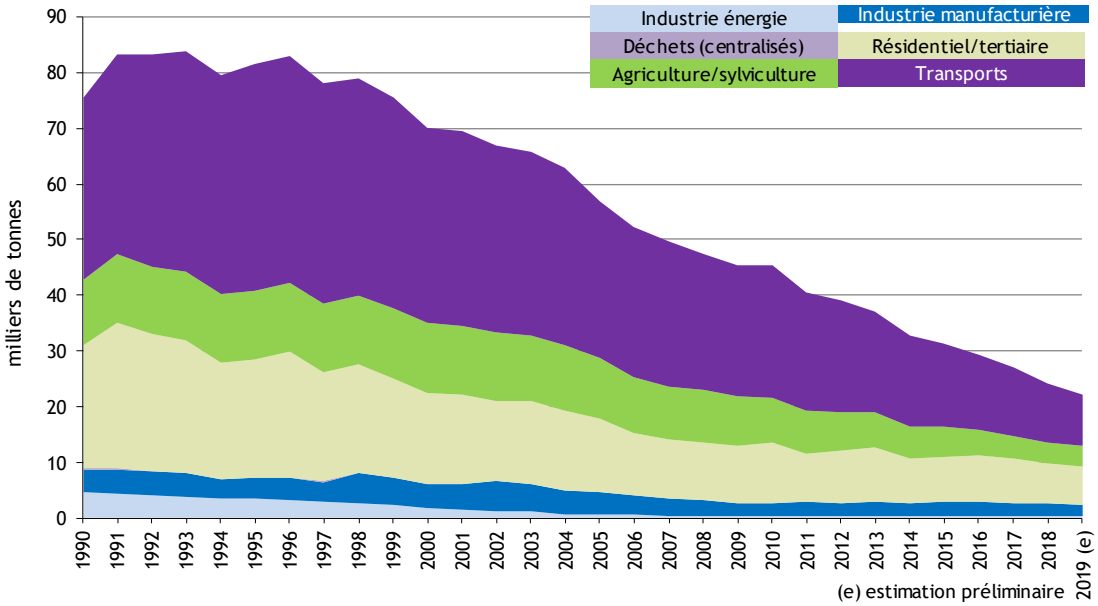
Santé (troubles des systèmes respiratoire et cardio-vasculaire. Les suies des moteurs Diesel sont classées cancérigènes)

Emissions par habitant en 2018

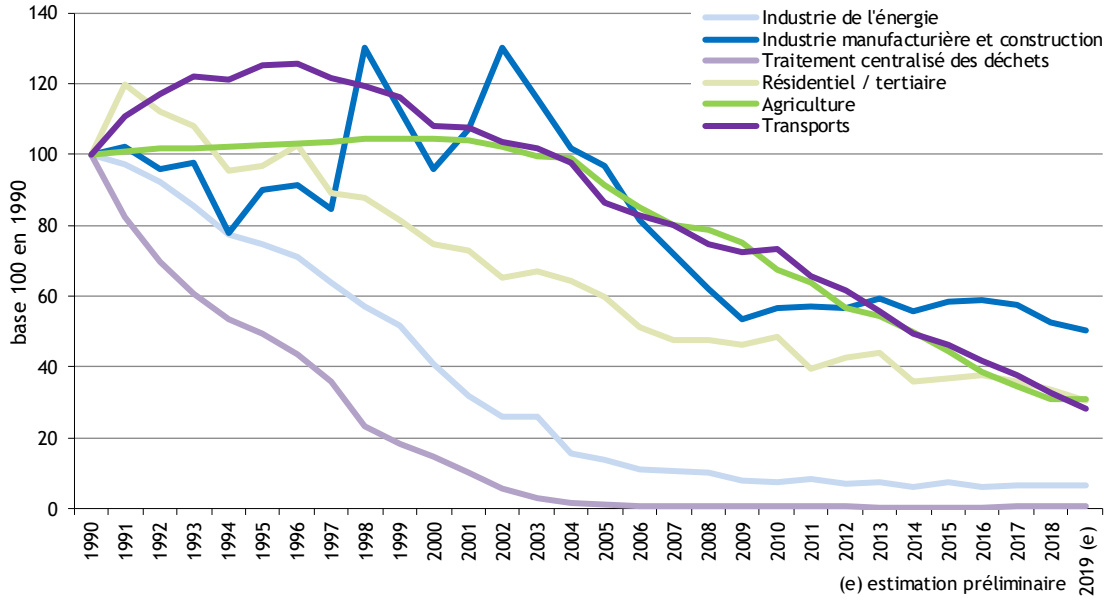


Carbone suie

Evolution des émissions dans l'air de BC depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de BC en base 100 en 1990 en France (Métropole)



Emissions de BC (kt/an) *Périmètre : Métropole*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019 (e)
Industrie de l'énergie	4,5	3,4	1,8	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Industrie manufacturière et construction	4,3	3,9	4,1	4,1	2,4	2,5	2,5	2,5	2,3	2,2
Traitement centralisé des déchets	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Résidentiel / tertiaire	22,0	21,3	16,4	13,1	10,7	8,1	8,3	7,8	7,4	6,7
Agriculture	12,0	12,3	12,6	11,0	8,1	5,4	4,6	4,1	3,7	3,7
Agriculture hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Transports	32,5	40,6	35,0	28,1	23,8	15,0	13,6	12,2	10,7	9,2
Transport hors total	*2,4*	*2,4*	*3,2*	*3,1*	*2,9*	*2,5*	*2,4*	*2,5*	*2,7*	*2,7*
TOTAL national hors UTCATF	**75,4**	**81,5**	**70,0**	**57,0**	**45,3**	**31,3**	**29,3**	**26,9**	**24,3**	**22,1**
UTCATF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTCATF Hors total	*2,9*	*0,8*	*1,5*	*0,8*	*0,3*	*0,6*	*0,6*	*0,9*	*0,2*	*0,2*
Emissions naturelles hors total	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL national avec UTCATF	**75,4**	**81,5**	**70,0**	**57,0**	**45,3**	**31,3**	**29,3**	**26,9**	**24,3**	**22,1**
Hors total	*5,3*	*3,2*	*4,7*	*3,9*	*3,3*	*3,1*	*3,0*	*3,5*	*2,9*	*2,8*

Carbone suie

Analyse

Enjeux

Effets sanitaires

Le carbone suie, de par ses faibles dimensions, présente des risques similaires à celles des particules fines en termes d'impact sanitaire avec une pénétration assez favorable dans le système respiratoire et cardiovasculaire. Le carbone suie représente un certain intérêt dans le suivi de l'impact sanitaire des particules parce qu'il est un bon indicateur des composés toxiques qui peuvent se trouver dans les PM suite à la combustion. Cependant, il reste un traceur insuffisant car la toxicité particulaire résulte de la réactivité biologique des composantes organique et métallique et le carbone suie n'est qu'un traceur de la phase organique générée par la combustion incomplète. Le carbone suie a gagné beaucoup d'attention lors des dernières années, principalement à cause de son impact sur la santé humaine et également pour son rôle dans le réchauffement climatique dû à son potentiel d'absorption des rayons UV.

Effets environnementaux

En ce qui concerne l'impact que peut avoir le carbone suie sur l'environnement, plusieurs phénomènes distincts peuvent être considérés, à diverses échelles. Cependant, l'une des caractéristiques principales du carbone suie est qu'il est désigné comme « forceur climatique à courte durée de vie » (SLCF en anglais) de par son effet absorbant du rayonnement solaire. Ainsi, en étant transporté sur de grandes distances et déposé sur différentes surfaces, il peut altérer le pouvoir réfléchissant (albedo) de certaines étendues glaciaires notamment et avoir un potentiel réchauffant sur le climat. (Pour plus d'informations, se référer au paragraphe « Effets sur l'environnement » en début de chapitre)

Enjeux méthodologiques et incertitudes

Pour une présentation très détaillée des méthodologies d'estimation des émissions, téléchargez la dernière édition de notre rapport méthodologique « Ominea ». Au global, on estime l'incertitude (en niveau) sur ce polluant, tous secteurs confondus, à 48,9 %.

A noter

Il est important de noter que, dans les inventaires nationaux, estimer les émissions de BC est recommandé mais non obligatoire et ces émissions ne doivent pas nécessairement être rapportées à la Convention LRTAP. Ces règles pourraient évoluer dans le futur avec l'intérêt grandissant envers le BC.

Dans l'inventaire national, comme pour les autres types de particules, certaines émissions de BC sont estimées mais ne sont pas incluses dans le périmètre national. Parmi elles, les émissions anthropiques du transport international aérien, fluvial ou maritime en font partie, ainsi que les émissions naturelles liées aux feux de forêts.

Tendance générale

Le niveau actuel des émissions de carbone suie, en France métropolitaine, est le plus faible observé depuis 1990. Les émissions de ce polluant sont induites par tous les secteurs, mais principalement par les suivants : le **transport routier**, dû en grande majorité à la combustion de diesel ; le **résidentiel/tertiaire**, dont la principale source est la combustion de bois ; **l'agriculture**, du fait notamment de la combustion de résidus de récolte et de la combustion de carburants dans les engins mobiles non routiers.

Les autres secteurs, que sont l'industrie manufacturière, la transformation d'énergie et le traitement des déchets, sont tous émetteurs de carbone suie mais dans de moindres mesures (11% des émissions totales de BC à eux tous en 2018). Parmi eux, les principaux sous-secteurs responsables de ces émissions sont la construction, la métallurgie de métaux ferreux, la production de minéraux non métalliques et la transformation de combustibles solides. Jusqu'aux fermetures consécutives des mines à ciel ouvert et souterraines, le sous-secteur de l'extraction et distribution de combustibles solides était un des principaux émetteurs.

La répartition des émissions entre les différents secteurs a peu évolué depuis 1990, en dehors de la part du secteur de la transformation d'énergie qui a nettement diminué dû notamment à la fermeture des mines. Le secteur du transport routier représente toujours à lui seul la moitié des émissions de carbone suie. Les transports maritime et aérien internationaux sont des émetteurs significatifs de carbone suie, bien que leurs contributions ne soient pas comptabilisées dans les totaux nationaux.

Néanmoins, les émissions totales de carbone suie suivent la tendance historique de diminution et ont été réduites de plus d'un facteur 3 depuis 1990, grâce notamment aux efforts conjoints de tous les secteurs mais notamment de la combustion mobile avec le trafic routier et les engins mobiles non routiers, ainsi que le chauffage résidentiel.

Évolution récente

Au cours des dernières années, les émissions globales de carbone suie ont subi une baisse continue, principalement due aux fortes réductions d'émissions dans les secteurs du transport routier et de l'agriculture/sylviculture. En effet, en ce qui concerne le secteur du transport routier, les émissions sont en constante régression, en partie due aux mesures mises en place pour la combustion de carburants lors de l'échappement des vapeurs des carburants brûlés. En revanche, les émissions de carbone suie liées à l'usure de la route, des pneus et des freins, stagnent, voire augmentent légèrement. Pour le secteur de l'agriculture/sylviculture, les réductions d'émissions se font notamment grâce aux valeurs limites d'émissions instaurées pour les engins mobiles non routiers, tandis que les émissions liées à la combustion des résidus de récolte stagnent depuis quelques années.

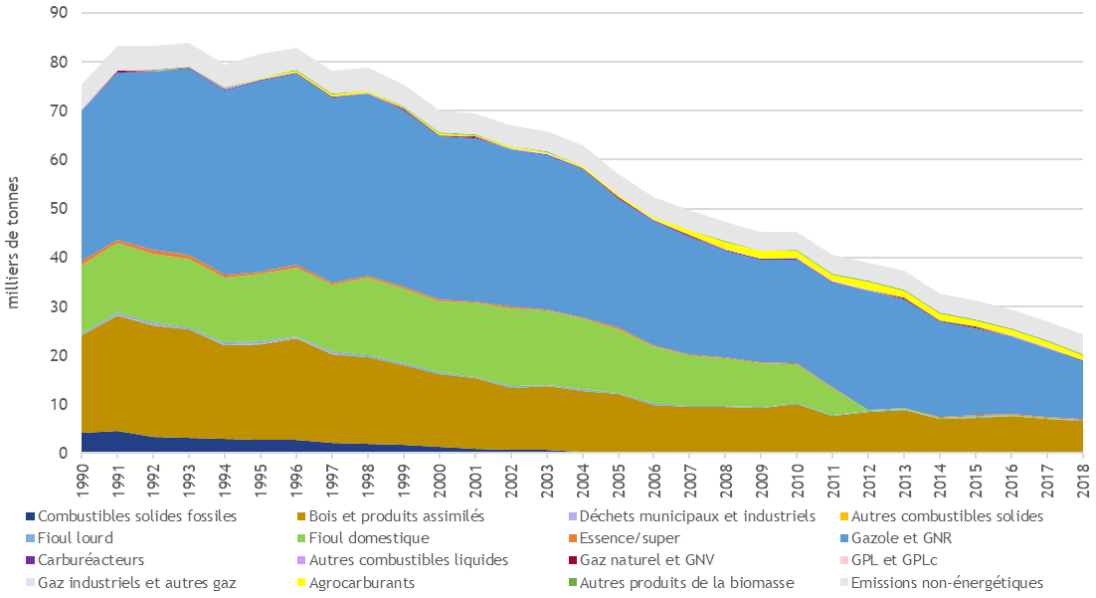
Lors des années récentes, les émissions de carbone suie du secteur résidentiel/tertiaire sont fluctuantes, (légères hausses entre 2011 et 2013, et entre 2014 et 2016, suivies de baisses). Ceci peut s'expliquer par la variabilité climatique annuelle et durant les années 2011, 2014 et 2015, le climat très doux a entrainé une baisse nette de la consommation énergétique du résidentiel/tertiaire, contrairement à 2012 et 2013, plus froides, qui montrent un regain des émissions. L'année 2018 a présenté un climat relativement favorable qui a permis, conjointement avec les efforts entrepris, de continuer la baisse des émissions observée. Les émissions récentes d'autres secteurs comme l'industrie manufacturière, la transformation d'énergie et le traitement des déchets sont toutes en baisse, malgré des évolutions plus lentes compte tenu des marges de réduction qui deviennent de plus en plus faibles.

Par conséquent, une continuité dans les réductions des émissions de carbone suie est attendue dans les prochaines années. Pour y parvenir, il faudra compter sur les différentes mesures existantes visant les particules totales en suspension comme, par exemple, les arrêtés sur les installations de combustion et les normes visant les engins mobiles routiers (Euro) et non routiers (Stage), et sur des mesures supplémentaires. Le carbone suie étant le résultat de la combustion incomplète de matières carbonées, l'amélioration des rendements des procédés de combustion et les technologies de réduction existantes comme les filtres devraient également contribuer à réduire ces émissions.

Part des émissions liée aux combustibles

La combustion de combustibles contribue de façon majeure aux émissions nationales, bien que leur part diminue progressivement au cours de la période (93% en 1990 contre 84% en 2018). Ceci est lié notamment aux progrès disparates réalisés entre les émissions énergétiques et non-énergétiques, avec des réductions respectives de 71% et 21% comparativement à leurs niveaux de 1990. En effet, l'évolution des technologies et la mise en place de normes sur les installations de combustion ont permis des progrès considérables, qui ne sont pas toujours aussi facilement identifiables et réalisables pour des émissions comme celles dues à l'abrasion des routes, des pneus et des freins ou encore celles liées aux labours.

Parmi les combustibles, la consommation de gazole/GNR est le principal contributeur aux émissions de BC, représentant environ 44% des émissions de la combustion de combustibles en 1990 et 58% en 2018. Néanmoins, les émissions du gazole ont fortement diminué et participé à la tendance générale observée avec une réduction de ses émissions de plus de 61%. La part croissante des émissions du gazole est en partie due à la substitution progressive des combustibles solides fossiles (-97% des émissions de BC depuis 1990) et également à la substitution du fioul domestique par le gazole non routier dans les engins mobiles non routiers. L'autre principal combustible émetteur de BC est le bois qui contribue entre 20% et 32% aux émissions de BC sur la période étudiée. Le bois a également permis cette réduction globale d'émissions avec une baisse de ses émissions de 62%, notamment grâce au progrès technologique et à l'implémentation de normes sur les équipements de chauffage individuel.


milliers de tonnes
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
Combustibles solides fossiles
Bois et produits assimilés
Déchets municipaux et industriels
Autres combustibles solides
Fioul lourd
Fioul domestique
Essence/super
Gazole et GNR
Carburéacteurs
Autres combustibles liquides
Gaz naturel et GNV
GPL et GPLc
Gaz industriels et autres gaz
Agrocarburants
Autres produits de la biomasse
Emissions non-énergétiques

Références du chapitre

ANSES 2018 - ANSES – Juin 2018 – Polluants émergents dans l'air ambiant. Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance.

CARA 2018 – Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) – 2018 - Bilan des travaux 2017 du programme CARA. INERIS : DRC-18-167619-02995A
https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/LCSQA2017-bilan%20prog%20CARA%202017.pdf

CICR 2013 - Centre international de recherche sur le cancer - 2013 - Air pollution and cancer - Editors, K. Straif, A. Cohen, J. Samet. IARC Scientific Publications; 161. ISBN 978-92-832-2166-1

OMS 2016 - Organisation mondiale de la santé – 2016 – page du site web qualité de l'air et santé. Mise à jour du 2 mai 2018. https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health

AEE 2013 - Agence de l'environnement européenne – Status of black carbon monitoring in Europe in 2013. 2013 report. ISBN 978-92-9213-415-0

AEE 2018 – Agence de l'environnement européenne - Air quality in Europe – 2018 report. N°12. ISBN 978-92-9213-989-6

LCSQA 2019 - Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) – 2019 - Mesure des particules ultrafines au sein du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air – Note technique.
https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/LCSQA_Note_technique_PUF_09avril2019.pdf

IPCC- AR5-2014 - Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

Émissions par secteur

Définition des secteurs Secten

Les secteurs considérés dans Secten sont résumés ci-dessous. Ils sont détaillés en début de chaque section. L'annexe 4.3 récapitule les décompositions de niveau 2 et 3 par secteur ainsi que les codes NAF correspondant.

- **L'industrie de l'énergie :** Ce secteur prend en compte les émissions dues à l'extraction, la transformation et la distribution d'énergie. On distingue les sous-secteurs suivants : Production d'électricité, chauffage urbain, raffinage du pétrole, les mines, la sidérurgie, l'extraction des combustibles solides, celle des combustibles liquides, celle des combustibles gazeux, celle des autres combustibles, la géothermie et les autres secteurs de la transformation d'énergie.
- **Les déchets :** Les résultats d'émissions liées au traitement centralisé des déchets font désormais l'objet d'un chapitre dédié. Ce secteur regroupe les activités relatives au traitement des déchets solides, au traitement et au rejet des eaux usées domestiques et industrielles mais aussi la crémation.
- **L'industrie manufacturière et la construction :** Ce secteur intègre les sources de combustion (les chaudières et les fours de procédé de l'industrie manufacturière), d'autre part, les sources de décarbonatation et enfin les usages non énergétiques.
- **Le résidentiel tertiaire :** Le secteur du résidentiel-tertiaire inclut, pour le résidentiel, les émissions liées aux activités domestiques dans les bâtiments d'habitation : combustion des appareils de chauffage, feux ouverts, engins mobiles non routiers pour le loisir/jardinage, utilisation domestique de solvants, réfrigération et air conditionné, consommation de tabac, traitement des eaux usées, etc. Pour le tertiaire, il inclut les émissions liées aux activités et bâtiments des entreprises, commerces, institutions et services publics : combustion des appareils de chauffage, utilisation de solvants, réfrigération et air conditionné, bombes aérosols, utilisation de feux d'artifices, notamment.
- **L'agriculture :** Ce secteur prend en compte les émissions liées aux élevages (animaux, bâtiment et stockage), aux cultures (fertilisation azotée minérale et organique, animaux à la pâture, amendements basiques et d'urée, riziculture et brûlage des résidus agricoles) ainsi qu'aux engins, moteurs et chaudières en agriculture et sylviculture.
- **Les transports :** Ce secteur intègre, d'une part, les sources routières et les sources non routières (aérien, fluvial dont plaisance, maritime dont pêche et ferroviaire). Les émissions sont liées d'une part à la combustion des combustibles mais aussi à l'évaporation de l'essence et aux abrasions (freins, pneus, route, caténaires, etc.). Seule une partie des émissions des aéronefs et des bateaux est prise en compte dans les émissions totales en France métropolitaine, les rejets du trafic maritime international sont exclus.
- **L'utilisation des Terres et de la Forêt :** Ce secteur prend en compte les flux de carbone dus à l'évolution des stocks de carbone dans les terres sans changement (gestion forestière, sols agricoles…) et aux changements d'affectation des terres (boisement, artificialisation, retournement de prairie…).
- **Les émissions naturelles :** ce secteur regroupe les émissions non anthropiques non prises en compte dans les totaux nationaux.

L'analyse vise les substances pour lequel le secteur a une contribution significative

Ensuite, les polluants pour lesquels les émissions du secteur représentent plus de 5 % du total national, sont identifiés et les parts des émissions dues au secteur, mentionnées dans un graphe. L'analyse est alors principalement orientée sur les polluants pour lesquels le secteur a une forte contribution.

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Industrie de l'énergie

Rédaction	**Grégoire BONGRAND** **Julien VINCENT**
Vérification	**Romain BORT**

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Description du secteur 270

Panorama et enjeux 270

Emissions incluses dans ce secteur 271

Principales substances émises par le secteur 272

Emissions de gaz à effet de serre 273

Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e 273

Détail par gaz à effet de serre 275

Emissions de polluants atmosphériques 277

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique 277

Métaux lourds 279

Polluants organiques persistants 281

Liste détaillée des sources d'émissions incluses dans le secteur 284

En bref

Le secteur de L'industrie de l'énergie comprend des émissions de la production d'énergie (centrales électriques, production de chaleur, incinération de déchets avec récupération d'énergie ; les émissions liées à la transformation d'énergie (raffineries, transformation de combustibles minéraux solides…) et l'extraction et la distribution d'énergie (pétrole, gaz naturel, charbon, etc.). Les émissions de ce secteur ont diminué depuis 1990 du fait de l'évolution du mix énergétique français, notamment par le recours à l'énergie nucléaire, mais aussi du fait de la réglementation visant les installations. Ce secteur est concerné par des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, que ce soit dans le cadre de la CLRTAP, des directives GIC et IED, du SEQE ou encore de la SNBC.

Description du secteur

Panorama et enjeux

Le secteur de l'extraction, la production, la transformation et la distribution d'énergie, souvent dénommé industrie de l'énergie, est un secteur qui regroupe de nombreuses activités. Il intègre les sources de combustion (chaudières, turbines, moteurs), les sources de décarbonatation du fait des carbonates utilisés pour la désulfuration ainsi que les émissions fugitives.

Ce secteur se décompose en plusieurs secteurs et sous-secteurs :

- « Production d'énergie » : production d'électricité centralisée, production de chaleur destinée aux réseaux de chaleur urbains, incinération de déchets non dangereux avec récupération d'énergie,
- « Transformation d'énergie » : raffinage du pétrole, transformations de combustibles minéraux solides des mines et de la sidérurgie, et autres secteurs de la transformation d'énergie comme par exemple la transformation du bois en charbon de bois,
- « Extraction d'énergie » : extraction des combustibles fossiles solides, liquides, gazeux et leur distribution d'énergie, extraction d'énergies autres comme la géothermie et leur distribution.

La « Transformation des combustibles minéraux solides – mines » recouvre les émissions liées à la combustion dans les mines de charbon ainsi que les émissions des cokeries minières (les émissions fugitives des mines sont rapportées dans « Extraction des combustibles fossiles solides et distribution d'énergie »). La « Transformation des combustibles minéraux solides – sidérurgie » rassemble quant à elle les émissions liées aux cokeries sidérurgiques (localisées sur les sites intégrés).

Les émissions du secteur de l'industrie de l'énergie en France métropolitaine ont globalement diminué sur la période 1990-2018, aussi bien pour les polluants que pour les gaz à effet de serre (notamment -41% de CO_{2e}). La baisse observée des émissions s'explique principalement par l'évolution du mix énergétique, avec le développement marqué des centrales thermiques au gaz naturel ces dernières années et l'abandon progressif des combustibles minéraux solides en tant que source d'énergie. En effet, entre 1990 et 2018, en excluant les énergies nucléaire et renouvelable, la part respective du charbon dans la production d'électricité a évolué de 75% à 30% alors que celle du gaz naturel est passée de 0% à 44%. A titre informatif, en 2018, la production d'électricité était composée à 71% d'une origine nucléaire et à 10% d'origine renouvelable. Un constat similaire pourrait être fait pour les consommations de combustible dans le chauffage urbain, qui contribue bien plus minoritairement aux émissions de l'industrie de l'énergie.

L'évolution globale des émissions est aussi due à l'évolution des réglementations et à la mise en conformité progressive des installations qui ont permis des progrès majeurs dans la réduction d'émissions. En effet, les différentes conventions internationales comme la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et le Protocole de Kyoto visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, ainsi que la Convention sur la Pollution Transfrontière à Longue Distance (CLRTAP en anglais) et le Protocole de Göteborg pour les polluants atmosphériques, conjointement aux règlementations internationales, européennes, nationales et parfois même régionales qui en ont découlé, ont fixé certains objectifs à atteindre en termes de réduction d'émissions. Entre autres, la politique énergie-climat de l'Union européenne a instauré également le système d'échange de quotas d'émission de GES (SEQE), couvrant divers secteurs de l'industrie, qui vise à réduire les émissions de GES de ces installations de 21% d'ici 2020 et de 43% d'ici 2030, par rapport aux niveaux de 2005. Pour les polluants, les directives GIC (Grandes Installations de Combustion) et IED (Industrial Emission Directive, en anglais) ont favorisé de fortes réductions d'émissions de l'industrie de l'énergie, notamment dans le but d'atteindre les plafonds d'émissions de 2020 de la directive NEC puis la directive UE/2016/2284, qui sont pour la France de -55% pour le SO_2, de -50% pour les NO_x, de -27% pour les $PM_{2.5}$, de -43% pour les COVNM et de -4% pour le NH_3, par rapport aux niveaux de 2005.

Toutes ces conventions et règlementations, ainsi que d'autres supplémentaires, ont donc permis in fine de réduire significativement les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, du secteur de l'industrie de l'énergie notamment qui a été l'un des premiers et des plus concernés. Bien que des progrès conséquents ont déjà été réalisés dans ce secteur, la sévérisation des valeurs limites d'émissions imposées, ainsi que l'implémentation de nouvelles directives comme récemment la directive MCP (Medium Combustion Plant) pour les moyennes installations de combustion, associées aux progrès technologiques et l'optimisation des procédés énergétiques, devraient permettre d'atteindre des niveaux d'émissions encore plus faibles à l'avenir. Pour plus d'informations concernant les différentes conventions, règlementations et directives, aux différentes échelles, se référer au chapitre « La France et l'International : principales règlementations et actions ».

Emissions incluses dans ce secteur

Le secteur de l'industrie de l'énergie regroupe les activités de combustion de combustibles dans diverses installations, les procédés énergétiques comme le raffinage du pétrole ou les cokeries, les activités d'extraction de combustibles solides, liquides, gazeux ou autres (e.g., la géothermie), les activités de distribution de ces combustibles (e.g., pipelines, stations-services, etc.) et les consommations de carbonates utilisés pour la désulfuration. Les émissions des usines d'incinération de déchets non dangereux avec récupération d'énergie pourraient être supposées dans la catégorie « Déchets » mais sont bien incluses dans l'« Industrie de l'énergie ».

Au niveau de la combustion de combustibles dans l'industrie de l'énergie, différents types d'installation sont à considérer : les chaudières, les turbines à gaz, les moteurs, les fours de distillation, les fours à coke et les incinérateurs de déchets non dangereux. Afin d'estimer de façon précise les émissions de polluants et de certains gaz à effet de serre, il est important d'identifier les consommations respectives de ces différentes installations, ainsi que leurs différentes caractéristiques pouvant influer sur les émissions comme la puissance nominale de l'équipement ou les techniques d'abattement éventuelles.

Parmi les spécificités de l'industrie de l'énergie, sont à noter :

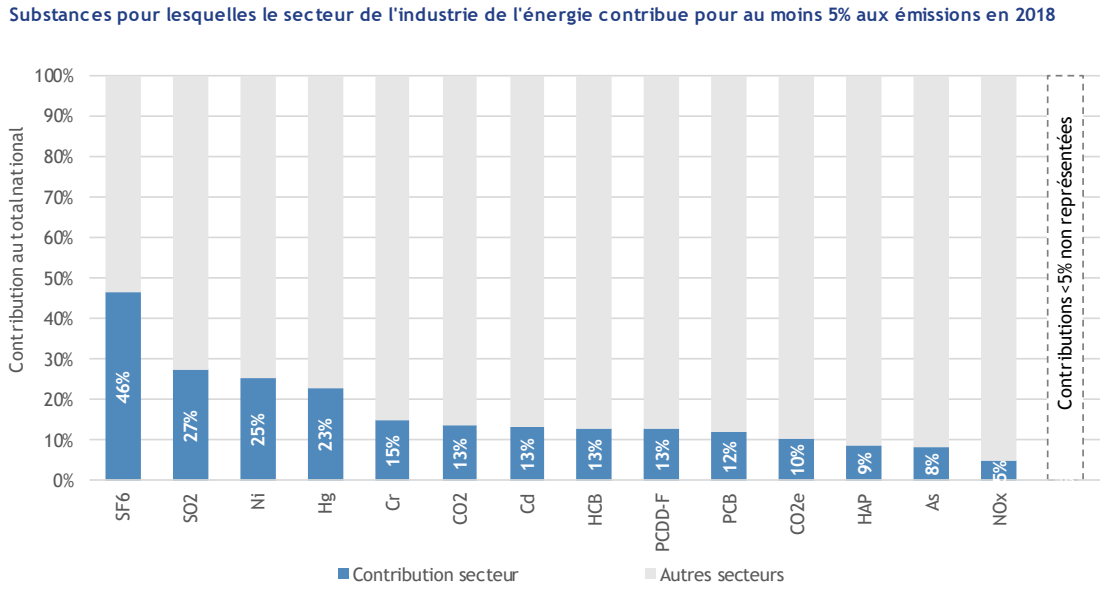
- l'arrêt de l'exploitation des mines à ciel ouvert en 2002, suivi par celui des mines souterraines en 2004,
- l'abandon progressif des centrales à charbon qui a contribué au développement croissant des centrales thermiques au gaz naturel et des systèmes de production d'énergies renouvelables,
- la fermeture de plusieurs raffineries de pétrole (9 entre 1980 et 1985, puis 6 depuis 2003), ne laissant que 9 raffineries actuellement en activité, dont une située en Martinique et une récemment convertie en bioraffinerie (site de La Mède),
- l'intensification du secteur du chauffage urbain (+28% de consommation énergétique entre 1990 et 2018) et le développement de la cogénération depuis le début des années 2000,
- l'arrêt de l'activité de raffinage de gaz en 2014, qui était réalisé par une unique installation qui traitait le gaz issu du gisement de Lacq.

Les substances émises et estimées dans ce secteur sont les suivantes :

- Gaz à effet de serre : CO_2, CH_4, N_2O,
- Gaz fluorés : HFC et SF_6 (seulement pour la production d'électricité),
- Acidification, eutrophisation et pollution photochimique : SO_2, NOx, NH_3, COVNM,
- Métaux lourds : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn,
- Polluants organiques persistants : PCDD-F, HAP, PCB, HCB,
- Particules : TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$, BC.

Il faut noter que seules les émissions résultantes d'une activité ayant eu lieu sur le territoire français sont incluses. Les émissions « importées », ayant lieu à l'international ne sont pas comptabilisées dans le total Secten. Par exemple, si de l'électricité produite à l'étranger est consommée sur le territoire français, les émissions ne sont pas comptabilisées dans les totaux nationaux. A l'inverse, si des produits raffinés en France sont exportés à l'international, les émissions liées au raffinage sont attribuées à la France alors que celles liées à la combustion des produits pétroliers sont comptabilisées pour le pays importateur et consommateur. Pour plus de précisions, consulter le chapitre abordant les différences entre l'inventaire national et l'empreinte carbone.

Principales substances émises par le secteur



L'industrie de l'énergie a fortement réduit ses émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques depuis 1990 et a grandement contribué aux réductions nationales observées. Cependant, pour certaines substances, sa contribution aux émissions nationales reste relativement élevée. En effet, la production d'électricité seule représente 46% des émissions nationales de SF_6 notamment à cause des isolants thermiques utilisés dans les disjoncteurs et transformateurs électriques. Bien que des réductions drastiques d'émissions ont été observées pour ces polluants (plus de 90% de réduction), l'industrie de l'énergie représente toujours environ un quart des émissions de SO_2 et de Ni, notamment dû au raffinage de pétrole, et de Hg à cause de l'incinération de déchets non dangereux.

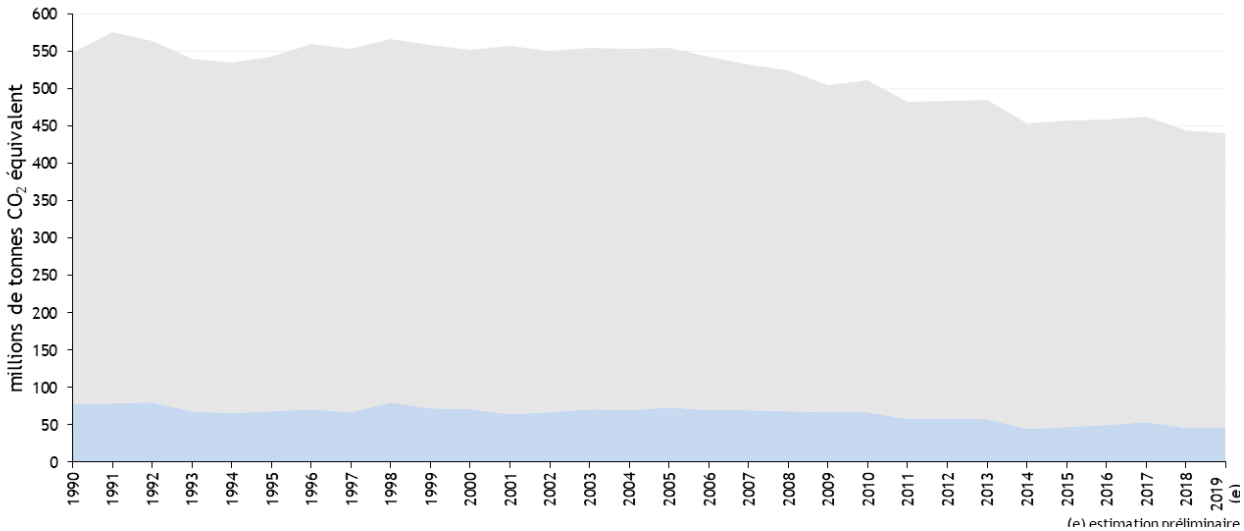
En ce qui concerne les gaz à effet de serre, l'industrie de l'énergie représente en 2018 environ 13% et 10% des émissions de CO_2 et CO_2e, respectivement. Bien que cela soit non négligeable, ce secteur contribue moins aux émissions de CO_2 et CO_2e qu'en 1990, où elles étaient respectivement de 18% et 14%. Ceci est notamment dû aux efforts de réduction effectués par ce secteur, avec des réductions relatives de -37% de CO_2 et -41% de CO_2e, à comparer avec les réductions globales nationales connues sur cette même période : -17% pour le CO_2 et -19% pour le CO_2e.

Une analyse plus détaillée par substance est fournie dans les paragraphes suivants.

Emissions de Gaz à effet de serre

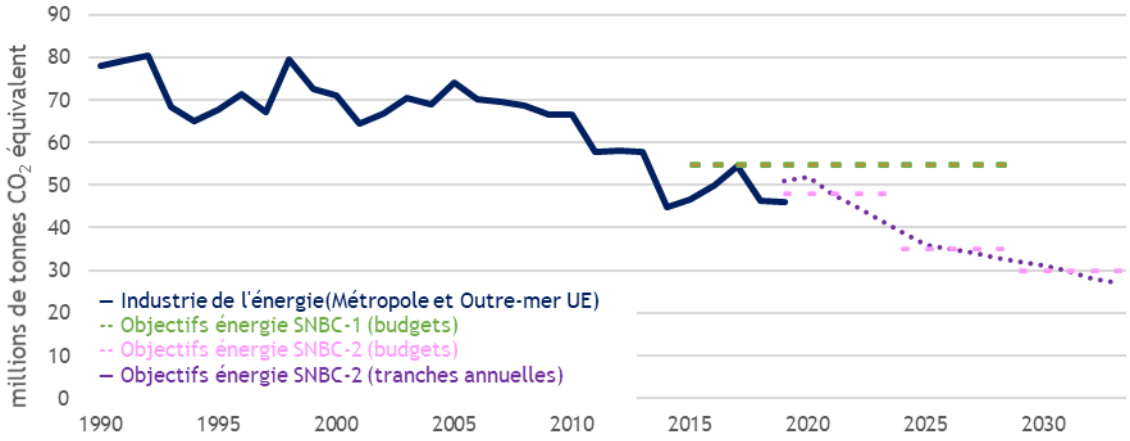
Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e

Contribution du secteur aux émissions totales de GES de la France



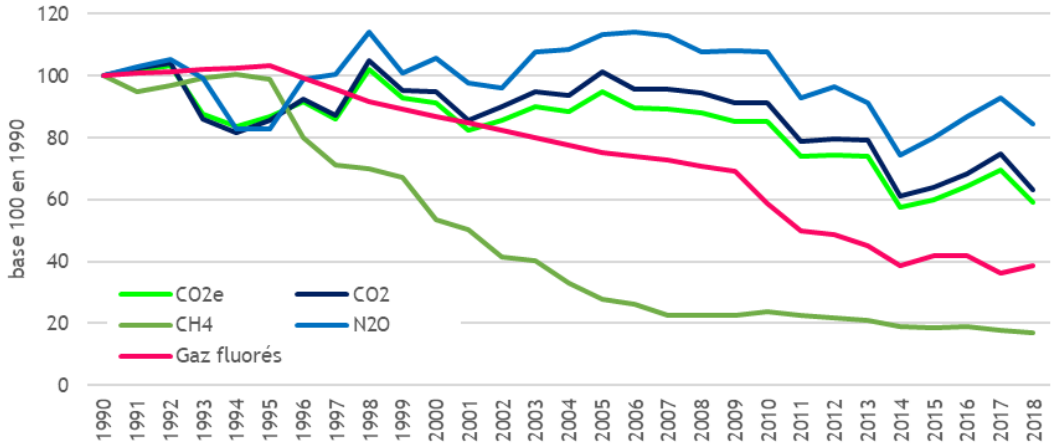
Depuis 1990, les émissions de CO_2 équivalent du secteur de l'industrie de l'énergie sont en baisse et ont atteint une réduction totale de -41% en 2018. La contribution de ce secteur dans les émissions nationales est également en baisse, passant de 14% en 1990 à 10% en 2018. Cela révèle les efforts de réduction mis en place par le secteur pour réduire son empreinte environnementale.

Emissions de GES du secteur et objectifs SNBC



Tendance d'évolution des émissions de GES de l'Industrie de l'Energie

Jusqu'à présent, ce secteur est cohérent avec les budgets carbones fixés par la stratégie nationale bas-carbone (SNBC), aussi bien pour la version originale (SNBC-1) que la version révisée de 2019 (SNBC-2). Cette dernière a fixé des budgets plus ambitieux aux horizons 2020, 2025 et 2030, avec pour objectif l'atteinte de la neutralité carbone au niveau national en 2050. La grande majorité des émissions de la production d'électricité et de chaleur française (75%) et des émissions fugitives liées à l'extraction ou la distribution (95%), et la totalité de celles du raffinage de pétrole, sont soumises au Système d'Echange de Quotas d'Emissions de l'Union Européenne (SEQE-UE). Ainsi, le secteur est contraint par des objectifs européens (réduction des émissions de 43% d'ici 2030, par rapport à 2005) et le prix des quotas d'émissions est une incitation économique à entreprendre les actions nécessaires afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre.



Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie de l'énergie des différents GES en France (Métropole et Outre-mer UE) (base 100 en 1990)

L'évolution globale des émissions de CO_2e suit celle des émissions de CO_2 et, dans une moindre mesure, celles du N_2O. Cependant, les contributions des diverses activités évoluent différemment, du fait des changements d'activité connus par chacun depuis 1990, ainsi que le périmètre du type de gaz à effet de serre émis par chaque sous-secteur. Par exemple, seul le secteur de la production d'électricité est responsable des émissions de HFC et SF_6 dans le secteur de l'industrie de l'énergie.

Globalement, après une légère hausse des émissions de gaz à effet de serre par rapport au niveau de 1990, une tendance à la baisse des émissions progressive est observée depuis 1995.

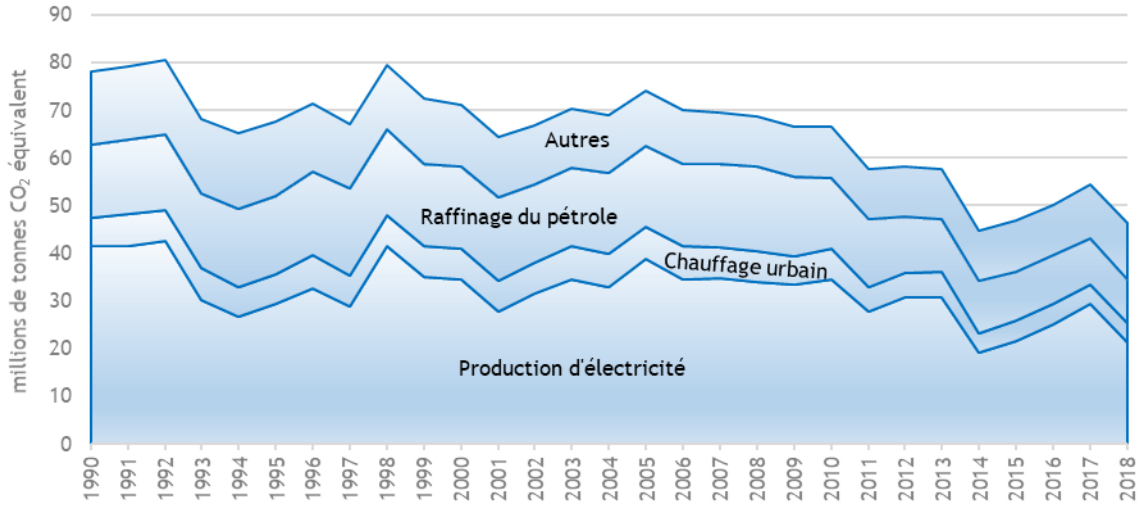
Ci-dessous, la contribution du secteur de l'industrie de l'énergie aux émissions nationales pour chaque gaz à effet de serre :

- CO_2 : 16% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, avec 13% du total national en 2018, contre 18% en 1990 ;
- CH_4 : la contribution du secteur aux émissions nationales de méthane est en forte diminution depuis 1990 (de 10% en 1990 à 2% en 2018), avec une baisse des émissions au sein du secteur de 83% depuis 1990 ;
- N_2O : contribution relativement stable depuis 1990, entre 0,4% et 0,9% du total national, avec une réduction de 16% depuis 1990 ;
- HFC : contribution négligeable au niveau national (0 à 0.1%), avec une augmentation relative de 261% entre 1990 et 2018 ;
- PFC : le secteur n'est pas émetteur de PFC ;
- SF_6 : contribution croissante de ce secteur, avec 46% des émissions nationales en 2018 contre 23% en 1990 ;
- NF_3 : le secteur n'est pas émetteur de NF_3.

Plusieurs options sont mises en avant afin de réduire les émissions et respecter la trajectoire définie par la SNBC-2 :

- l'arrêt de la production d'électricité par des centrales à charbon et, plus généralement, la diminution de la consommation énergétique combinée à la décarbonation de l'électricité, se faisant en augmentant la part d'énergies renouvelables tout en diminuant légèrement la part d'énergie nucléaire à hauteur de 50% du mix électrique d'ici 2035 (14 réacteurs nucléaires les plus anciens sont amenés à être fermés),
- l'optimisation des rendements énergétiques,
- à plus long terme, le développement des technologies de capture, stockage et utilisation du carbone.

Alors que le sous-secteur de la production d'électricité représentait 53% des émissions de CO_2e en 1990, cette part s'élève en 2018 à 46%. Même si ce sous-secteur reste le principal contributeur, la contribution du sous-secteur des autres secteurs de l'énergie (dont les UIDND) est passée de 3% en 1990 à 15% en 2018. Les autres sous-secteurs les plus contributeurs sont celui du raffinage du pétrole avec une contribution stable à 20%, et le chauffage urbain avec une contribution très légèrement grandissante (de 8% en 1990 à 9% en 2018).



Détail par gaz à effet de serre

CO_2

Depuis 1990, le secteur de la production d'électricité a connu une réduction de ses émissions de près de 20 Mt CO_2, soit une baisse relative de presque 50%. La baisse globale des émissions de la production d'électricité s'explique essentiellement par l'évolution du mix énergétique avec le développement marqué des centrales thermiques au gaz naturel ces dernières années. La nette diminution des émissions en 2014 est liée à la faible sollicitation des centrales thermiques d'appoint du fait de la douceur du climat qui, combinée à la fermeture de certaines centrales au charbon, ont entraîné la division par deux des consommations de charbon par rapport à 2013. Depuis 2014, la hausse des émissions de CO_2 de la production d'électricité est principalement due aux variations climatiques et à la disponibilité des filières décarbonées ayant pour conséquence l'augmentation de la consommation de gaz naturel et de charbon.

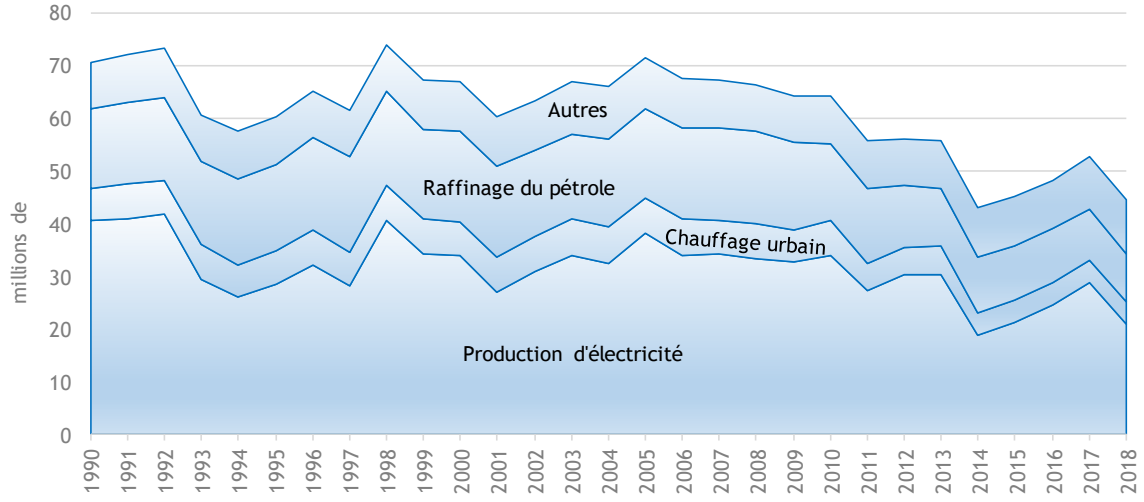
Les émissions du raffinage de pétrole sont assez stables sur la période. Toutefois, depuis 2009, une baisse des émissions de CO_2 de 45% s'observe du fait de la baisse d'activité de ce sous-secteur (fermetures de 5 sites sur 14 restants en 2009).

Les émissions des autres secteurs de la transformation d'énergie, et plus particulièrement des usines d'incinération de déchets non dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie, ont augmenté depuis 1990 de presque un facteur 3 suite au développement de la récupération d'énergie dans les UIDND.

Les émissions imputables au chauffage urbain restent assez stables tout au long de la période d'observation, avec une tendance à la baisse depuis 2011 liée à l'évolution du mix énergétique (notamment augmentation de la part de la biomasse) puis une diminution notable en 2014 du fait de la douceur du climat, suivis d'une nouvelle stagnation depuis 2017.

A noter que pour les émissions équivalentes de CO_2 (CO_2e), des émissions de méthane (CH_4) sont considérées dans l'extraction et la distribution des combustibles solides bien que l'activité ait cessé avec la fermeture des dernières mines de charbon en 2004 (les mines fermées continuent à émettre des émissions fugitives de méthane dont une partie est valorisée).

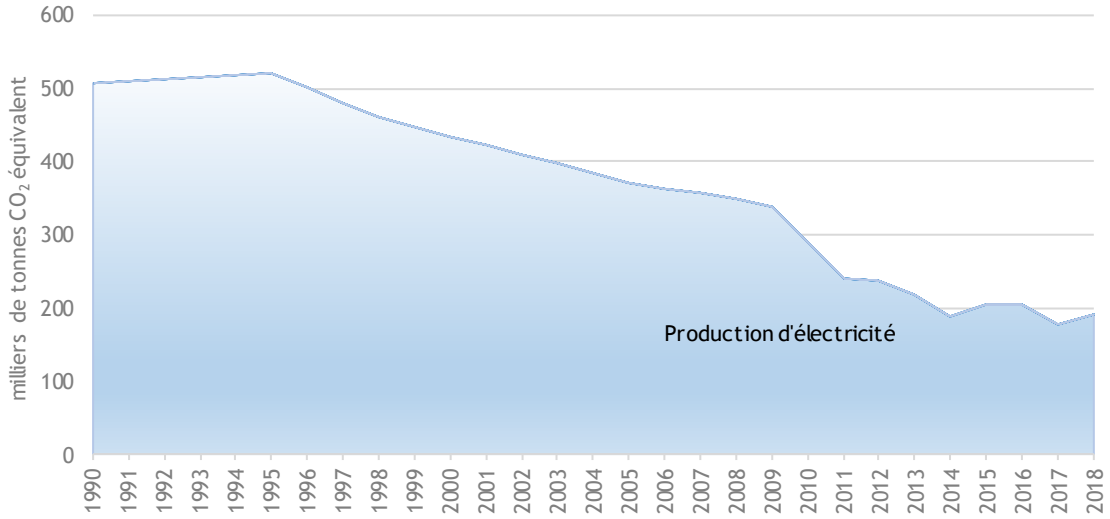
Répartition des émissions de CO_2 du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole et Outre-mer UE)



SF6

Le SF_6 est exclusivement émis par le sous-secteur de la production d'électricité (charge et utilisation des équipements électriques). La baisse continue observée depuis 1995 (-64%) s'explique par l'amélioration de l'étanchéité des appareils (disjoncteurs et interrupteurs haute tension contenant du SF_6) et des procédures de maintenance, alors même que les quantités chargées dans ces appareils ont augmenté.

Répartition des émissions de SF_6 du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole et Outre-mer UE)



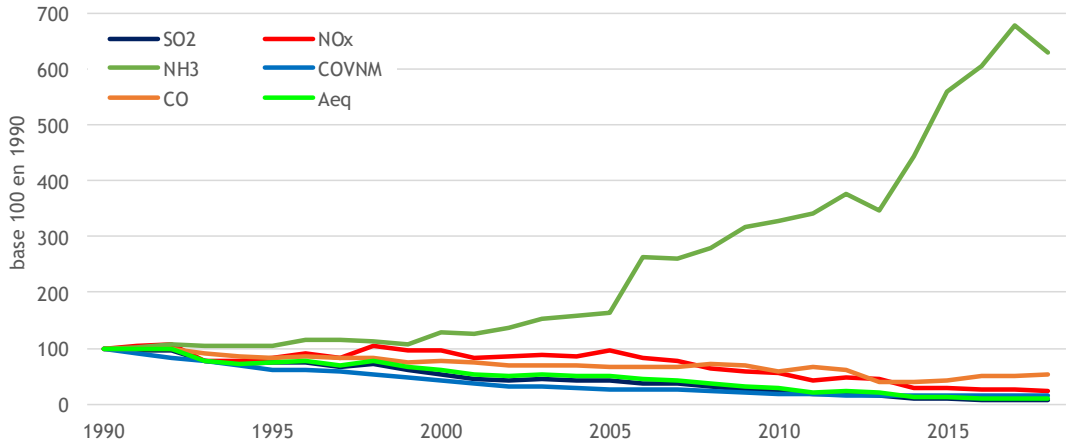
Emissions de polluants atmosphériques

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique

Tendances des émissions d'AEPP

Tous les polluants responsables de l'acidification, de l'eutrophisation et de la pollution chimique de l'atmosphère ont vu leurs émissions baisser depuis 1990, à l'exception du NH_3, notamment à cause de la croissance accrue de la consommation de biomasse dans le chauffage urbain (+30% de part dans le mix énergétique). Les émissions d'acide équivalent (Aeq), étant calculées comme étant un composite en masse des ions H+ du SO_2, des NOx et du NH_3, il est attendu qu'elles suivent la tendance imprimée par ces trois substances. Au cours de la période étudiée, les émissions de Aeq ont été réduites de 91% pour l'industrie de l'énergie, notamment grâce aux réductions de la production d'électricité (-97%) et du raffinage de pétrole (-84%), qui étaient les principaux contributeurs du secteur en 1990 (respectivement 50% et 29% de contribution). La tendance inverse des émissions de NH_3 (+530% pour l'industrie de l'énergie entre 1990 et 2018), à la hausse contrairement aux autres substances de l'AEPP, est due à la croissance de la consommation de biomasse dans le chauffage urbain.

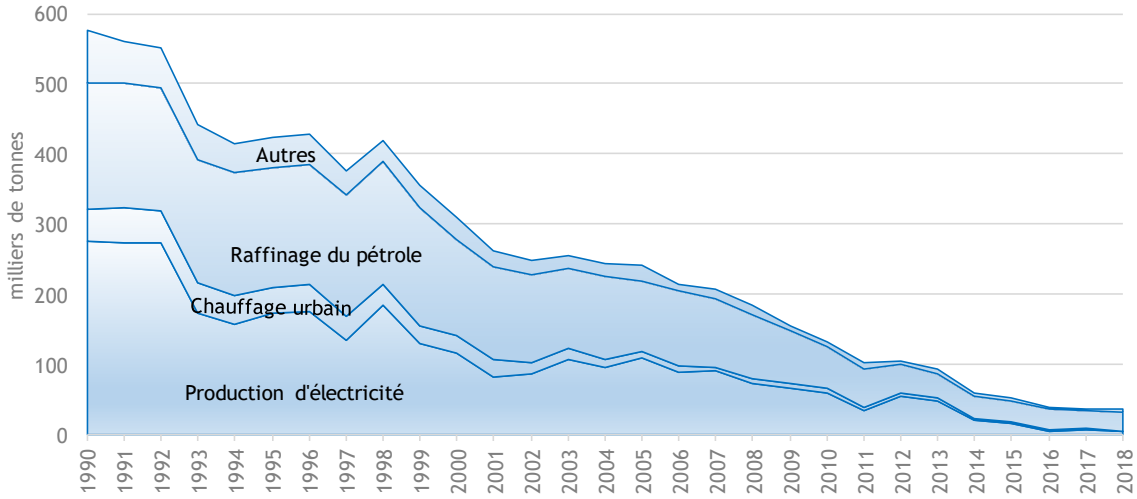
Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie de l'énergie des substances de l'AEPP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



SO_X

Les émissions de SO_2 de la production d'électricité sont en forte baisse depuis 1990, avec une réduction relative de presque 99%.

Répartition des émissions de SO_2 du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



Cela s'explique notamment par une réduction globale des consommations dans ce secteur du fait d'une baisse de l'utilisation des centrales thermiques qui ne servent que pour la production d'appoint mais aussi par le recours à des combustibles moins soufrés (gaz naturel notamment en remplacement du charbon, et baisse de la teneur en soufre du fioul lourd) et à la mise en œuvre de techniques de désulfuration afin de respecter la réglementation relative aux

Grandes Installations de Combustion renforcée depuis le 1er janvier 2008. Sur la période, des pics ponctuels d'émissions sont observés en 1991, 1998, 2003 et 2005 en raison de conditions climatiques défavorables (hiver rigoureux) ou de circonstances évènementielles particulières dans les autres filières de production d'électricité (grands arrêts de centrales nucléaires ou moindre disponibilité de l'électricité d'origine hydraulique). A l'inverse, les fortes baisses des émissions en 2011, 2014 et 2018 sont liées à une plus faible sollicitation du parc thermique (du fait de la douceur du climat), à la forte baisse des consommations de charbon au profit du gaz naturel et à la bonne disponibilité du nucléaire.

Les émissions liées au chauffage urbain sont en baisse de 98% depuis 1990. Cette baisse est induite par la réduction de la teneur en soufre des combustibles fossiles et par la substitution du fioul lourd et du charbon (78% à eux deux des consommations énergétiques en 1990 contre 7% en 2018) par du gaz naturel (part du mix énergétique de 22% en 1990 à 63% en 2018). Les conditions climatiques ont aussi un impact selon les années.

Les émissions induites par le raffinage du pétrole ont été réduites de 85%depuis 1990. La réduction des émissions est liée à la baisse de la teneur en soufre des combustibles liquides et à la moindre utilisation de fioul lourd au profit de combustibles gazeux. Le déclin de l'activité ces dernières années, avec la fermeture de plusieurs raffineries, contribue aussi à la baisse des émissions de ce sous-secteur. La contribution relative des raffineries au secteur de l'industrie de l'énergie a cependant fortement augmenté, passant de 32% en 1990 à 72% en 2018.

Le sous-secteur de l'extraction et de la distribution de combustibles gazeux est peu émetteur en 2018 mais était une source non négligeable en 1990 (contribution de 8% en 1990 contre 0% en 2018). Cette réduction traduit le déclin de l'activité extractive en France et la fermeture du site de Lacq en 2014

NO_X

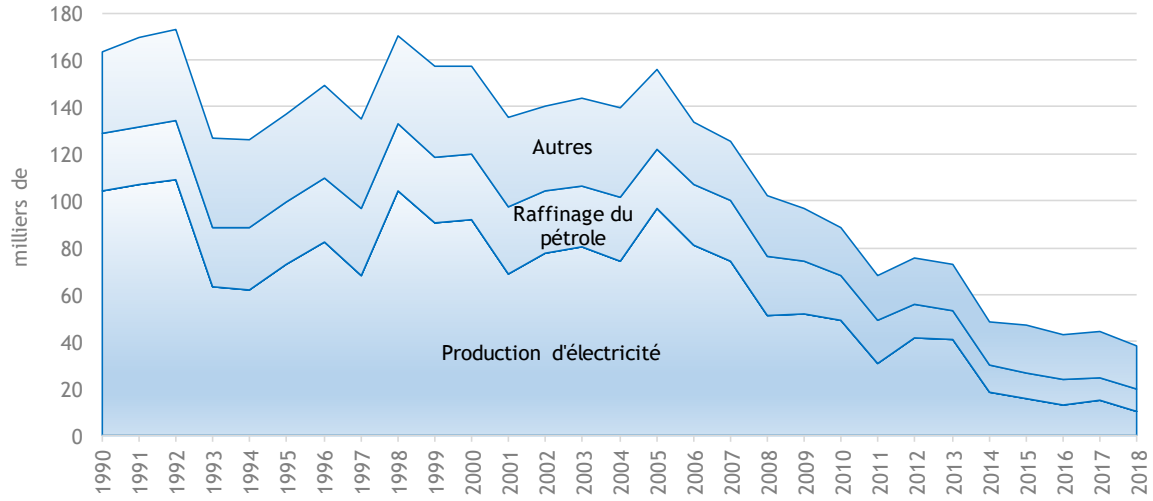
Les émissions de la production d'électricité ont chuté de 90% depuis 1990 du fait, d'une part, d'une baisse de la consommation de charbon et, d'autre part, de la mise en place de systèmes de traitement des fumées de type SCR (Réduction Sélective Catalytique), dès 2003, sur les centrales à charbon les plus émettrices. La légère reprise des émissions de NO_x observée en 2017 (+19% comparativement à 2016) résulte de l'augmentation des consommations de gaz naturel et de charbon cette année-là en comparaison des précédentes.

Les émissions du chauffage urbain ont légèrement baissé depuis 1990 (-61% en 2018) alors même que l'activité n'a cessé d'augmenter. Cela s'explique par l'évolution du mix énergétique (recours accru au gaz naturel au détriment des combustibles minéraux solides) et la mise en œuvre de techniques de réduction des NOx performantes afin de respecter les réglementations relatives aux Installations de Combustion.

Une baisse marquée des émissions du raffinage de pétrole s'observe depuis 2009 (-39%) s'expliquant par le déclin de l'activité en France.

Les autres secteurs de la transformation d'énergie contribuent aux émissions de NOx principalement du fait des usines d'incinération de déchets non dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie.

Répartition des émissions de NOx du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



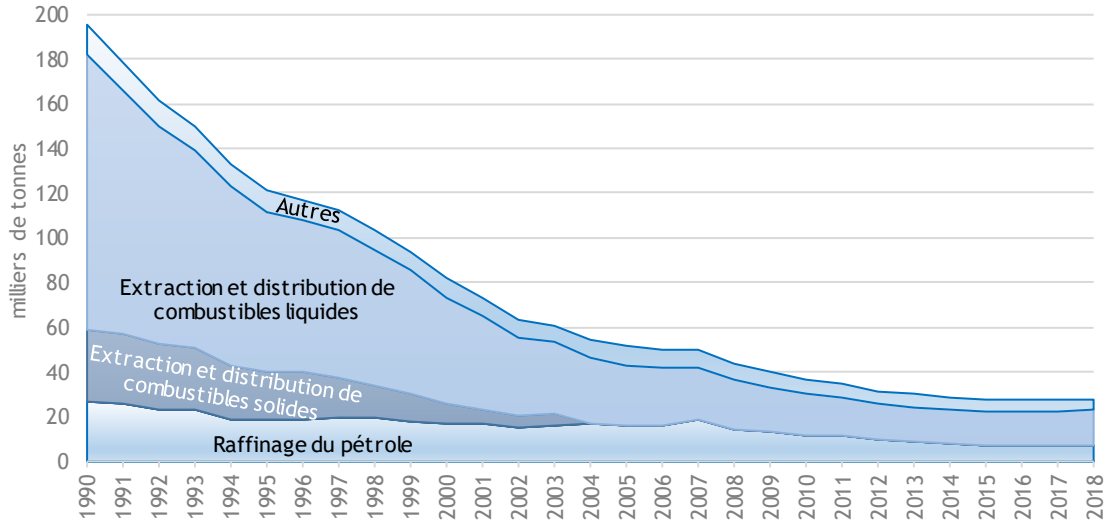
COVNM

Les émissions de COVNM ont été largement réduites depuis 1990 avec une baisse globale pour le secteur de 86%. Cette baisse est majoritairement imputable à la chaîne de distribution des combustibles liquides qui va de l'extraction des combustibles à leur distribution (-87% depuis 1990 alors qu'elle contribuait à 63% des émissions du secteur en 1990).

Cette baisse a été possible grâce aux réglementations appliquées aux sites de stockage et à la distribution de produits pétroliers qui ont dû s'équiper de toits flottants et de systèmes de récupération des vapeurs.

La fermeture des mines de charbon, dont la dernière remonte à 2004, a induit la disparition des émissions de COVNM liées à cette extraction, qui représentait tout de même 17% des émissions du secteur en 1990.

Répartition des émissions de COVNM du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



Métaux lourds

As, Cd, Cr, Hg, Ni

Globalement, les émissions de métaux lourds fluctuent d'une année à l'autre selon l'évolution des consommations de charbon et de fioul lourd dans les sous-secteurs consommateurs et selon la substitution d'une partie de leur consommation par du gaz naturel.

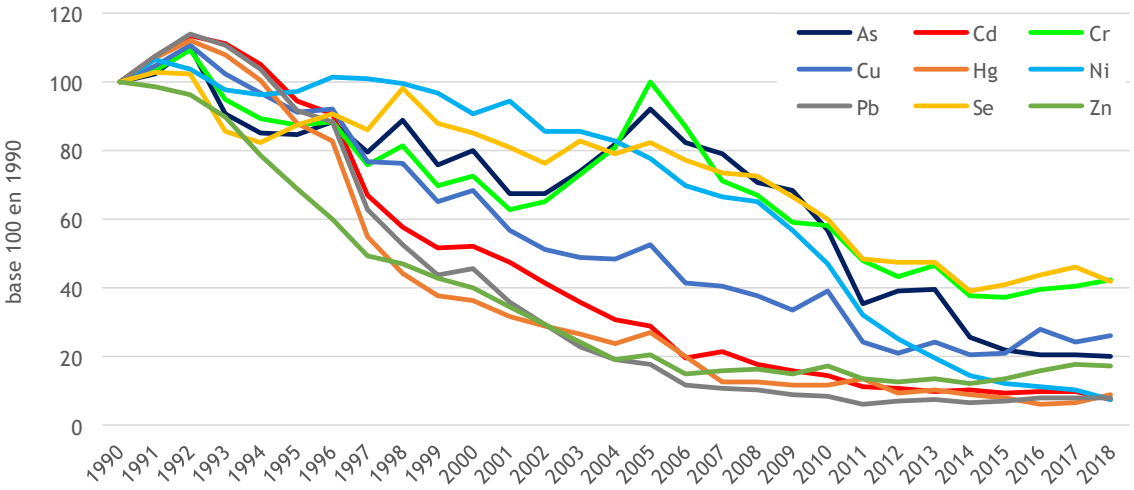
Les émissions ont donc diminué depuis 1990, essentiellement du fait de la réduction des consommations dans la production d'électricité.

Cependant, d'autres raisons expliquent les évolutions observées :

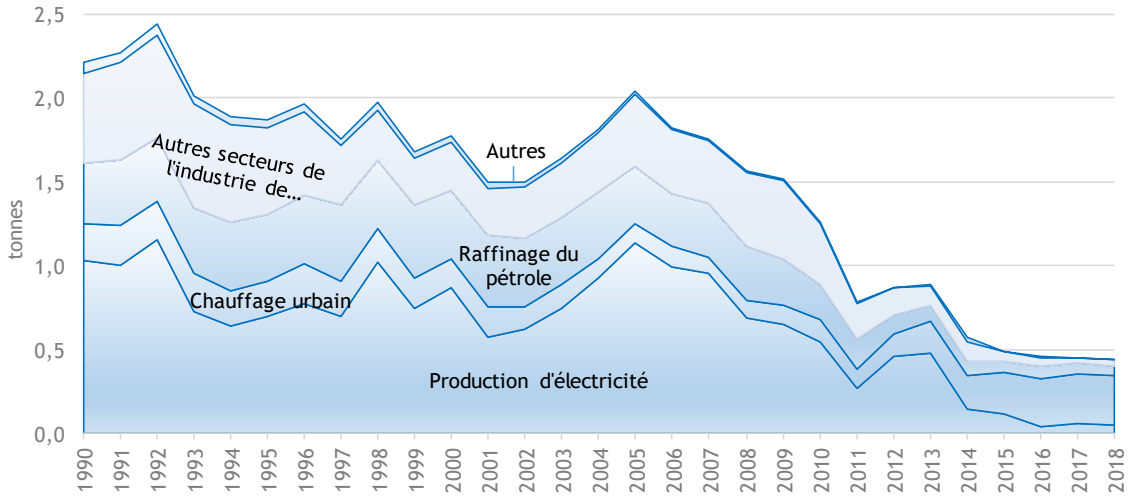
- Les Autres secteurs de la transformation d'énergie ont vu leurs émissions de métaux lourds fortement diminuer. Ceci particulièrement vrai pour le Cd (-92%) et le Hg (-91%) où les usines d'incinération des déchets non dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie représentaient à elles seules la quasi-totalité des émissions de Cd et Hg de l'industrie de l'énergie. Les UIDND reste un contributeur important à ces émissions mais cette réduction a été possible grâce à la mise en conformité progressive de ces installations (notamment mise en place de dépoussiéreurs).
- L'augmentation des émissions dans le chauffage urbain (As et Cr notamment avec respectivement +37% et +226%) provient de l'utilisation accrue de biomasse dans ce sous-secteur.

Dans le raffinage du pétrole, la réduction de l'utilisation de fioul lourd a entrainé la réduction des émissions de nickel d'environ 90%, alors même que ce sous-secteur contribue à 69% des émissions de Ni de l'industrie de l'énergie en 2018. Cette réduction est liée à la baisse de l'activité de raffinage en France (fermeture de raffineries) et à la substitution de ce combustible par du gaz de raffinerie moins émetteur de Ni.

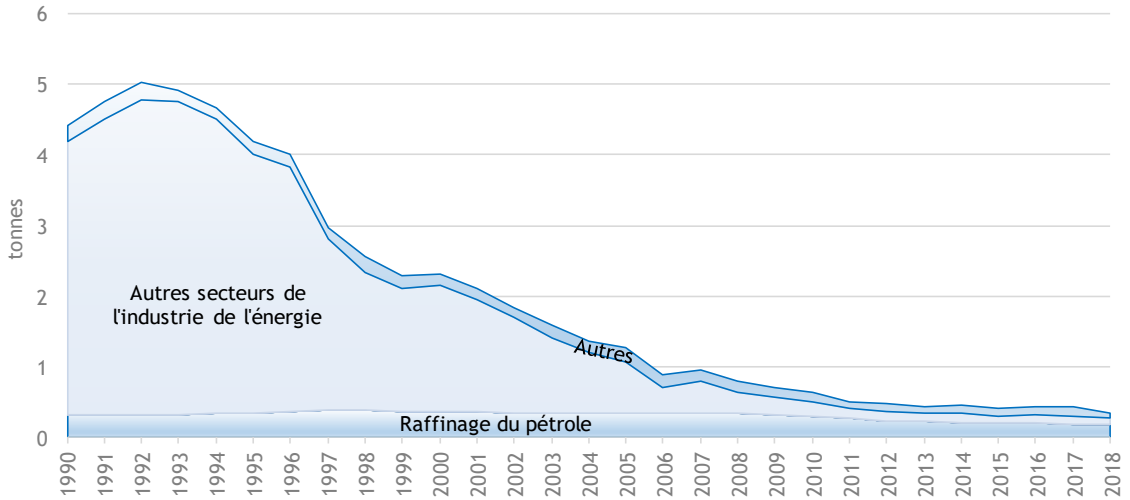
Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie de l'énergie des métaux lourds en France (Métropole) (base 100 en 1990)



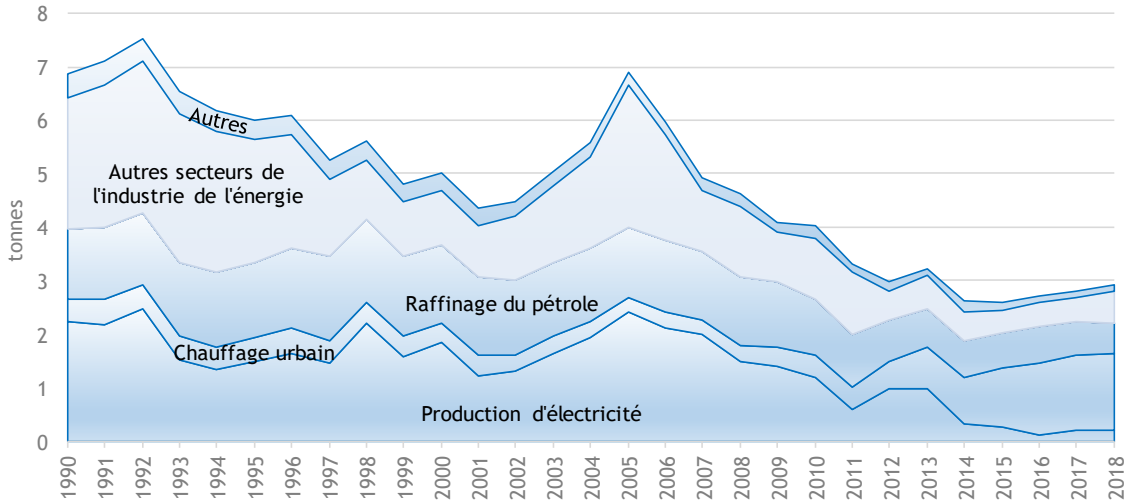
Répartition des émissions de As du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



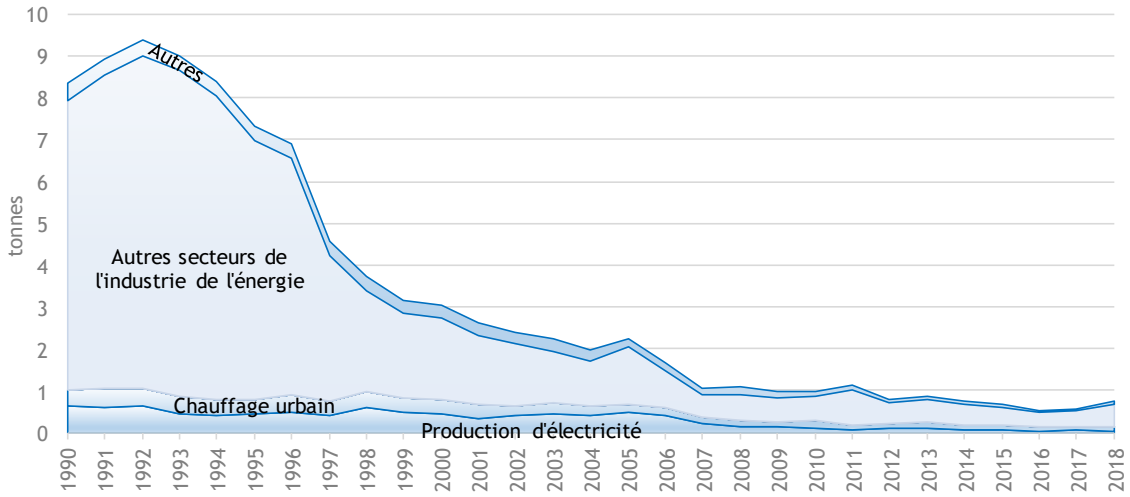
Répartition des émissions de Cd du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



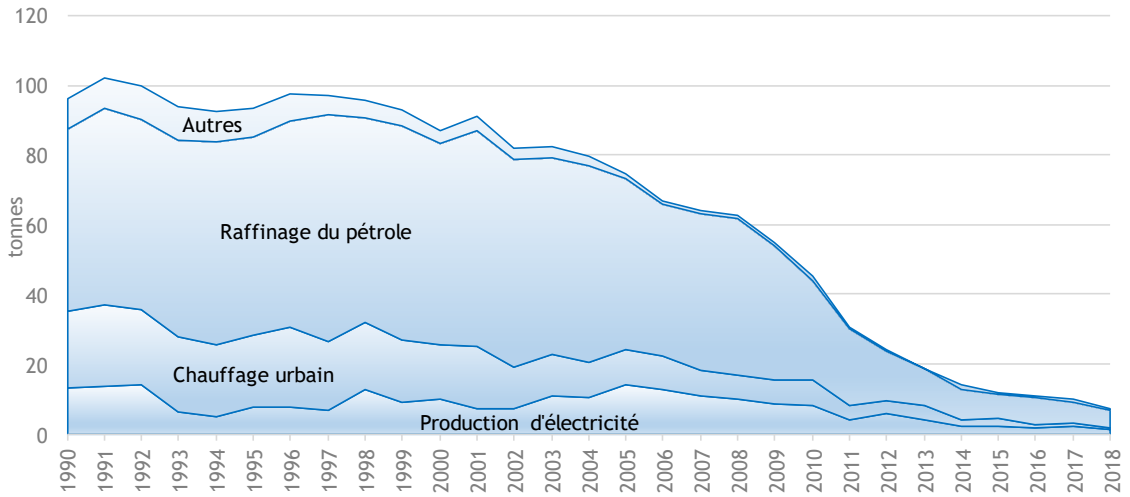
Répartition des émissions de Cr du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



Répartition des émissions de Hg du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



Répartition des émissions de Ni du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



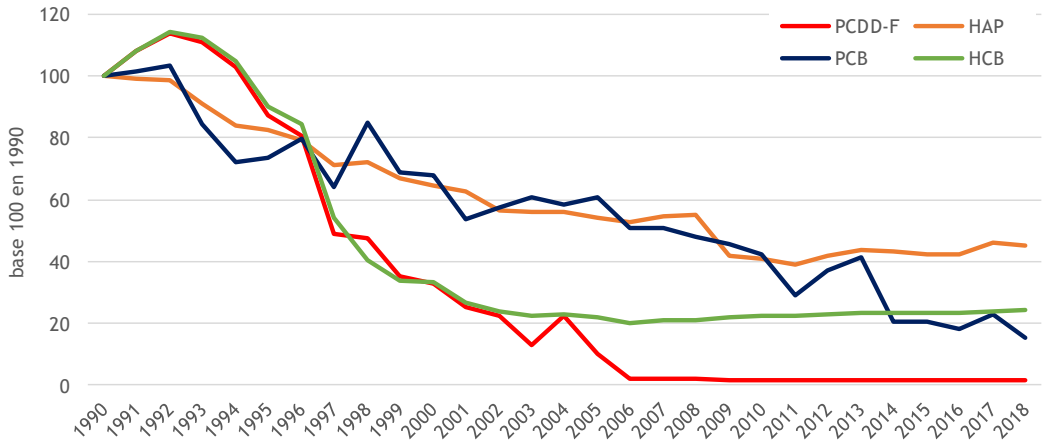
Polluants organiques persistants

Tendance des émissions de POP

Les émissions de toutes les substances désignées en tant que polluants organiques persistants ont baissé depuis 1990. Après avoir légèrement augmenté en début de période, les émissions de PCDD-F et de HCB ont connu une réduction significative et progressive depuis 1992 jusqu'à 2006, où depuis elles sont plutôt stagnantes voire même ré-augmentent légèrement pour le HCB dû notamment aux UIDND. Les émissions de HAP ont subi une baisse constante de leurs émissions

depuis 1990, atteignant des niveaux plus de deux fois moins importants qu'en 1990, avant de connaître une légère stagnation voire même réhausse depuis 2009. Enfin, les émissions de PCB ont été significativement réduites depuis 1990, malgré quelques fluctuations observées comme entre 1997 et 1998 et 2011 et 2013.

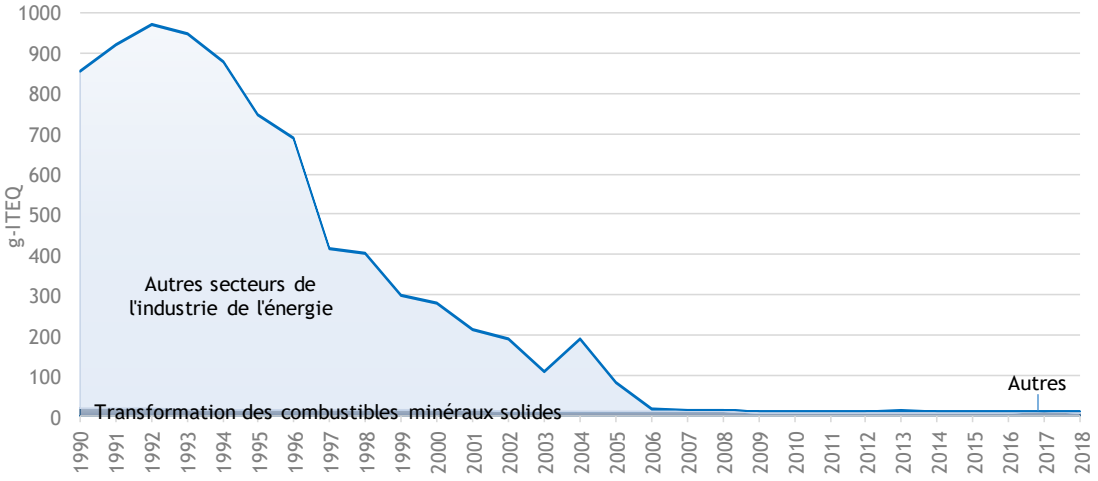
Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie de l'énergie des POP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



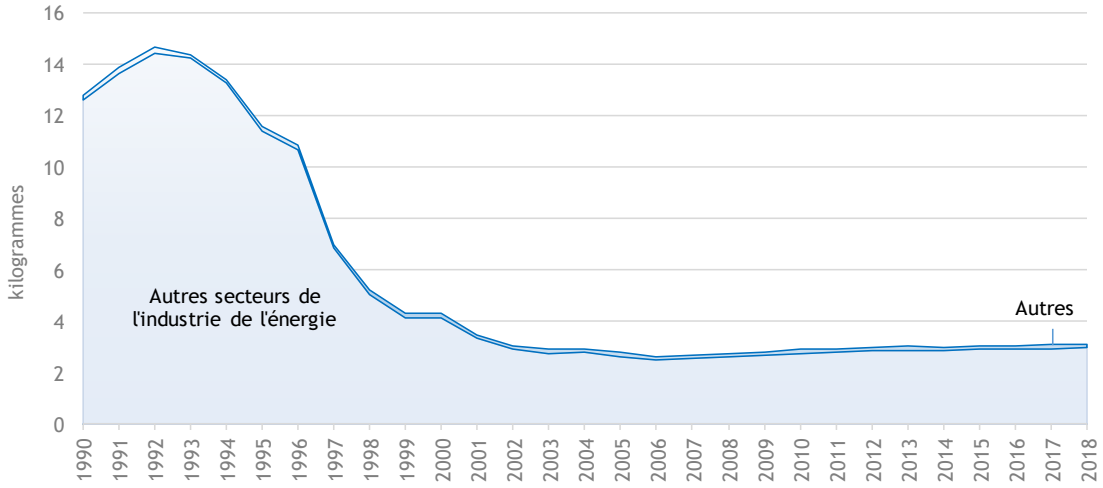
PCDD-F, HCB

Le secteur a connu une forte baisse des émissions de PCDD-F (-99%) et HCB (-76%) depuis 1990, imputable à la mise aux normes des usines d'incinération des déchets non dangereux avec récupération d'énergie.

Répartition des émissions des PCDD-F du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)

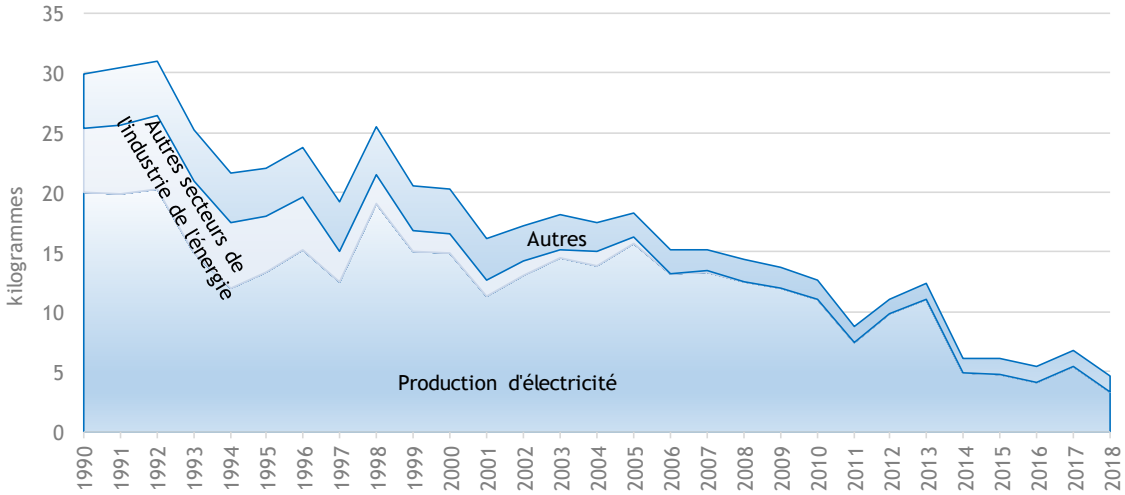


Répartition des émissions des HCB du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



PCB

Répartition des émissions des PCB du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)

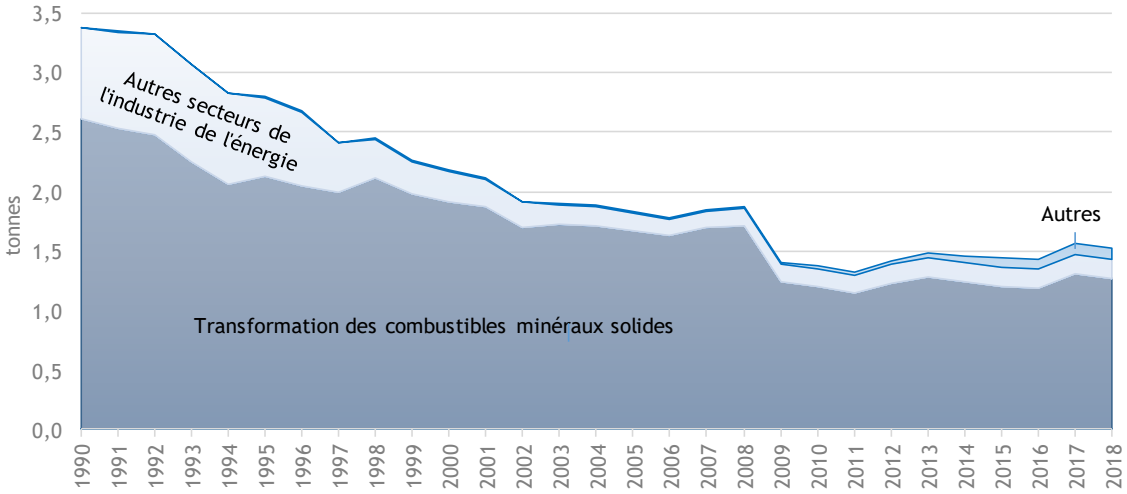


Tous les sous-secteurs de l'industrie de l'énergie émetteurs de PCB affichent une baisse des émissions sur la période, entrainant une baisse globale du secteur de 85% depuis 1990, et avec une réduction particulièrement marquée pour les usines d'incinération des déchets non dangereux avec récupération d'énergie ("autres secteurs de la transformation d'énergie")(-100% depuis 1990). Pour la production d'électricité, la réduction des émissions s'explique par la baisse de la consommation énergétique globale et par l'évolution du mix énergétique. La légère augmentation des émissions de PCB observée en 2017 (+24% comparativement à 2016) est la conséquence de la reprise de la consommation de charbon d'une centrale.

HAP

Le secteur a connu une baisse de 55% des émissions depuis 1990, imputable notamment à la fermeture de la dernière cokerie minière en 2009 (Transformation des CMS – mines), à la réduction de l'activité des cokeries sidérurgiques et à la mise aux normes des usines d'incinération des déchets non dangereux avec récupération d'énergie.

Répartition des émissions des HAP du secteur de l'industrie de l'énergie en France (Métropole)



Liste des sources incluses dans ce secteur

Industrie de l'énergie	
Production d'électricité [Production d'électricité]	
Installations de combustion (sauf 010106)	0101xx
Autres décarbonatations (désulfuration et déNOx - SCR)	040631 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Chauffage urbain [Chauffage urbain]	
Chauffage urbain	0102xx
Autres décarbonatations (désulfuration)	040631 (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Raffinage du pétrole [Raffinage du pétrole]	
Installations de combustion et fours de raffinage	0103xx
Elaboration de produits pétroliers	040101
Craqueur catalytique - chaudière à CO	040102
Récupération de soufre (unités Claus)	040103 (*)
Stockage et manutention de produits pétroliers en raffinerie	040104
Autres procédés	040105
Production d'acide sulfurique	040401 (*)
Station d'expédition en raffinerie	050501
Soufflage de l'asphalte	060310
Torchères en raffinerie de pétrole	090203
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Transformation des combustibles minéraux solides [Transformation des -combustibles minéraux solides]	
Installations de combustion	0104xx
Four à coke	010406
Fours à coke (fuites et extinction)	040201
Fabrication de combustibles solides défumés	040204
Production de sulfate d'ammonium	040404 (*)
Extraction des combustibles fossiles solides et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles solides]	
Extraction des combustibles fossiles solides	0501xx
Extraction des combustibles liquides et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles liquides]	
Extraction des combustibles fossiles liquides	050201
Distribution de combustibles liquides (sauf essence)	0504xx
Distribution essence, transport et dépôts (excepté stations service)	050502
Stations service (y compris refoulement des réservoirs)	050503
Torchères dans l'extraction de gaz et de pétrole	090206 (*)
Extraction des combustibles gazeux et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles gazeux]	
Installations de combustion et stations de compression	0105xx
Extraction des combustibles fossiles gazeux	0503xx
Réseaux de distribution de gaz	0506xx
Torchères dans l'extraction de gaz et de pétrole	090206 (*)
Extraction énergie et distribution autres (géothermie, …) [Extraction et distribution de combustibles - autres]	
Géothermie	050700
Autres secteurs de l'industrie de l'énergie [Autres secteurs de l'industrie de l'énergie]	
Production d'électricité - Autres équipements (incinération de déchets domestiques avec récupération d'énergie)	010106
Transformation des combustibles solides autres	010407
Autres mises en décharge de déchets solides	090403 (*)

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Industrie manufacturière et construction

Rédaction | **Etienne FEUTREN**

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Description du secteur 286

Panorama et enjeux 286

Emissions incluses dans ce secteur 287

Principales substances émises par le secteur 288

Emissions de gaz à effet de serre 289

Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e 289

Détail par gaz à effet de serre 291

Emissions de polluants atmosphériques 295

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique 295

Métaux lourds 298

Particules 303

Polluants organiques persistants 306

Liste détaillée des sources d'émissions incluses dans le secteur 309

En bref

Le secteur *Industrie manufacturière et construction* est un ensemble hétérogène dans le sens où l'on constate :
• que des émissions de polluants sont liées à l'utilisation de l'énergie tandis que d'autres sont liées à d'autres phénomènes (mécanique, chimique, etc.),
• la grande diversité des procédés spécifiques aux différents secteurs de la branche et aux divers produits,
• la variabilité des caractéristiques des installations même au sein d'un secteur (type d'équipement, taille, etc.).

Ce secteur représente entre 26% (début des années 1990) et 17% (fin des années 2010) des émissions de CO_2e du total national français. Ces émissions proviennent à la fois des activités de combustion et des procédés industriels mis en œuvre. Alors que les émissions de CO_2e au niveau national ont diminué de 19% depuis 1990, les émissions du secteur de l'industrie et de la construction ont baissé des 45%. La baisse interannuelle la plus importante correspond à l'impact de la crise financière de 2008 (-17% en 2009 par rapport à 2008). Après un rebond des émissions dès 2010, résultat d'un regain d'activité dans le secteur, les émissions de CO_2e sont, depuis 2012, inférieures au niveau de l'année 2009.

Par rapport au total national, ce secteur est un contributeur majeur au niveau des émissions de **PFC** (plus de 99% en moyenne sur la période 1990-2018), **NF_3** (100% des émissions), de **SF_6** (65% en moyenne, 47% en 2018), de **SO_2** (35% en moyenne, 52% en 2018), de **CO** (27% en moyenne, 33% en 2018), **d'As** (52% en moyenne, 41% en 2018), de **Cd** (54% en moyenne, (42% en 2018), de **Cr** (65% en moyenne, 46% en moyenne), de **Hg** (47% en moyenne), de **Ni** (43% en moyenne, 36% en 2018), de **Pb** (31% en moyenne), de **Se** (80% en moyenne, 86% en 2018), de **Zn** (40% en moyenne, 17% en 2018), et de **PCB** (45% en moyenne, 56% en 2018).

Description du secteur

Panorama et enjeux

Le secteur intitulé « industrie manufacturière et construction intègre, d'une part, les sources de combustion fixes (les chaudières et les fours de procédé de l'industrie manufacturière) et mobiles (engins mobiles non routiers), d'autre part, les sources de décarbonatation et enfin les usages non énergétiques.

Ce secteur se décompose en plusieurs sous-secteurs :

- « **Chimie** » : chimie organique, non organique et divers incluant notamment la production d'acide sulfurique, d'acide nitrique, d'acide glyoxylique, d'ammoniac, la fabrication de peinture, etc.,
- « **Construction** » incluant notamment les chantiers et BTP, les stations d'enrobage, etc.,
- « **Biens d'équipements, matériels de transport** » : biens d'équipements, construction mécanique, électrique, électronique et matériels de transports incluant en particulier la fabrication de composants électroniques, la fabrication d'accumulateurs, etc.,
- « **Agro-alimentaire** » incluant par exemple la fabrication de pain, la production de sucre et de farine, etc.,
- « **Métallurgie des métaux ferreux** » incluant par exemple le chargement des hauts fourneaux, les laminoirs, etc.,
- « **Métallurgie des métaux non-ferreux** » dont la production de plomb, de zinc, d'aluminium, etc.,
- « **Minéraux non-métalliques, matériaux de construction** » intégrant entre autres la production de verre, de ciment, de chaux, l'extraction en carrières, etc.,
- « **Papier, carton** » incluant par exemple la fabrication de pâte à papier, etc.,

« **Autres industries manufacturières** » : autres secteurs de l'industrie et non spécifié, qui intègrent en particulier le travail du bois, l'imprimerie, le tannage du cuir, etc.

Les émissions du secteur industrie manufacturière et construction en France métropolitaine ont globalement diminué au cours du temps, notamment après 2008, le secteur ayant été particulièrement touché par la crise financière. Ainsi entre 2008 et 2009, le secteur de l'industrie manufacturière et construction a vu ses émissions de CO_2e baisser de 17%. Des analyses plus fines sont présentées ci-après.

La Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) indique des mesures afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre au sein de l'industrie et construction. Par exemple, il est proposé que la consommation de charbon au sein du secteur (hors sidérurgie) soit réduite de 75% d'ici 2028, en priorisant la substitution du charbon par la biomasse et en pérennisant l'appel à projets Combustibles Solides de Récupération du Fonds déchets pour réaliser les adaptations nécessaires. Au niveau des réseaux de chaleur, il est recommandé de prioriser dans le fonds chaleur la substitution du charbon par des sources renouvelables d'énergie. Concernant le sous-secteur de la sidérurgie, il est recommandé dans la PPE de mettre en place des procédés moins émetteurs de CO_2 dans les hauts-fourneaux en mobilisant les crédits du

programme d'investissements d'avenir, ou de poursuivre le soutien du Fonds chaleur aux actions de récupération de chaleur fatale industrielle.

Parmi les sites industriels soumis au Système d'Echange de Quotas d'Emissions de l'Union Européenne (SEQE-UE) (environ 1200 en France), on recense entre 120 et 130 sites utilisant du charbon, selon les années.

Selon une étude de l'OCDE publiée en février 2020, la hausse des prix de l'énergie de 10% constatée entre 2001 et 2016 a permis une baisse de la consommation d'énergie de 6% et une baisse des émissions de CO_2 de 9%. Cette étude estime l'impact de la taxe carbone en 2018 à une réduction des émissions de CO_2 de 5% (au taux actuel, par rapport à un scénario sans taxe). Une des conclusions dressées par cette étude montre que l'augmentation des prix de l'énergie n'a pas eu d'effet sur la création nette d'emplois au niveau sectoriel, et a permis un redéploiement de productions et de salariés des entreprises intensives en énergie vers d'autres plus économes en énergie.

Dans sa lettre sur le Pacte Production, le Haut Conseil pour le Climat (HCC) propose, concernant l'industrie et la construction, l'utilisation de l'hydrogène décarboné pour compléter les efforts accomplis avec l'électricité, ou l'amélioration de l'efficience des procédés. Enfin, dans cette lettre, le HCC tient à rappeler la nécessaire prise en compte des enjeux d'adaptation au changement climatique, pointant les contraintes de niveaux de production auxquelles font face l'industrie et la construction.

Emissions incluses dans ce secteur

Le secteur de l'industrie et de la construction regroupe les activités de consommation d'énergie ainsi que l'ensemble des activités industrielles pour lesquelles le procédé est une source potentielle d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques. Les équipements consommateurs d'énergie dans l'industrie peuvent être répartis en trois familles :

- **procédés énergétiques communs** à la plupart des secteurs : ils regroupent les activités de combustion sans contact dans les chaudières, turbines et moteurs destinés à produire de la vapeur et/ou de l'électricité,
- **procédés énergétiques spécifiques** à certains secteurs : ils regroupent les fours sans contact (comme les régénérateurs de hauts-fourneaux, les fours à plâtre, etc.) et les fours avec contact dans les secteurs de la sidérurgie, de la métallurgie, des industries cimentières et verrières, etc.,
- **sources mobiles hors transports** : elles regroupent les engins et machines à moteurs thermiques utilisés dans l'industrie et le BTP (chariots élévateurs, etc.).

Parmi les spécificités de l'industrie manufacturière et de la construction, sont à noter :

- la part importante des consommations de gaz sidérurgiques (gaz de hauts-fourneaux, de convertisseurs d'aciérie, et de cokerie). Ces gaz sont produits et autoconsommés en grande partie par l'industrie sidérurgique dans les hauts-fourneaux et les fours de réchauffage pour l'acier,
- l'augmentation de la part du coke de pétrole dans les combustibles « liquides » imputable à l'industrie des produits minéraux (industrie cimentière en particulier),
- suite à la réglementation applicable aux engins mobiles, depuis 2011, le fioul domestique a été remplacé par le gazole non routier (pris en compte dans la catégorie diesel).

Au niveau des sources fixes d'émissions, l'industrie manufacturière est un ensemble hétérogène dans le sens où l'on constate :

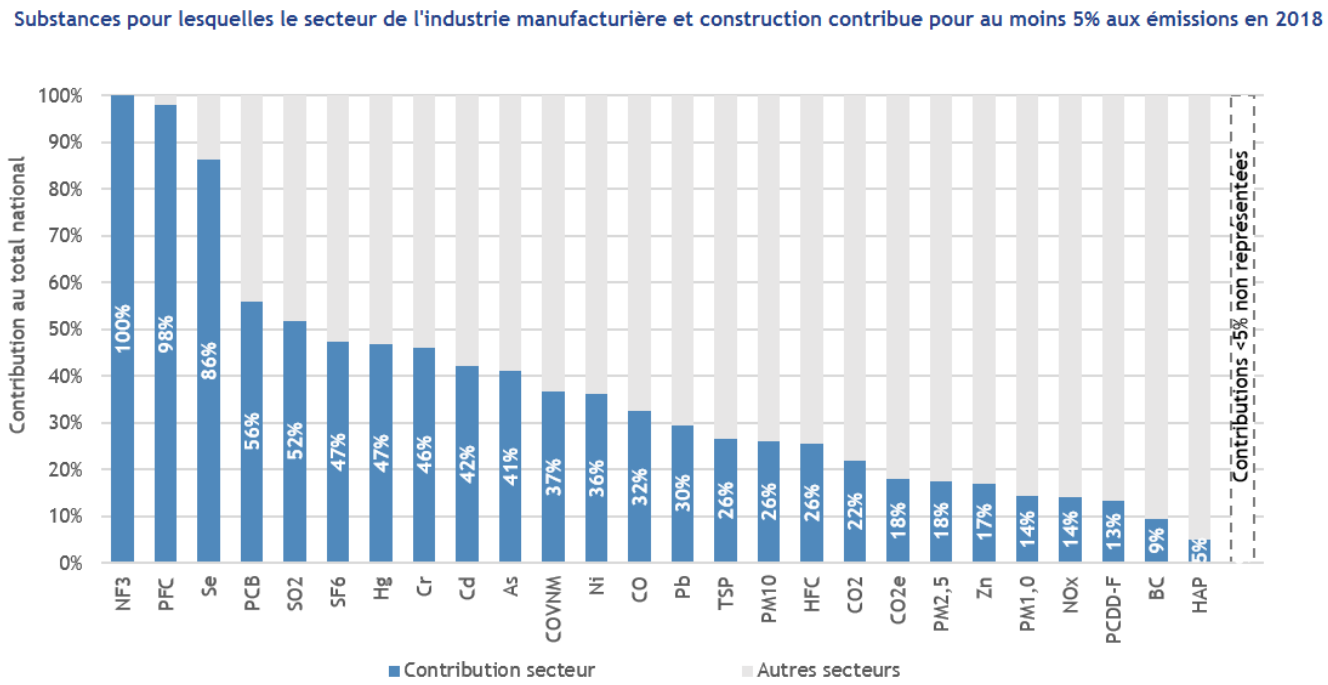
- que des émissions de polluants sont liées à l'utilisation de l'énergie tandis que d'autres sont liées à d'autres phénomènes (mécanique, chimique, etc.),
- la grande diversité des procédés spécifiques aux différents secteurs de la branche et aux divers produits,
- la variabilité des caractéristiques des installations même au sein d'un secteur (type d'équipement, taille, etc.).

Les émissions liées à la combustion provenant de sources mobiles du secteur de l'industrie et du BTP (engins mobiles non routiers) sont comptabilisées sous ce terme. Les équipements mobiles consommateurs d'énergie fossile dans le secteur de l'industrie et du BTP sont nombreux et divers.

Les substances estimées sont les suivantes : Gaz à effet de serre (CO_2, CH_4, N_2O) ; Gaz fluorés (HFC, PFC, SF_6, NF_3) ; Acidification, eutrophisation et pollution photochimique (SO_2, NOx, NH_3, COVNM) ; Métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) ; Polluants organiques persistants : PCDD-F, HAP, PCB, HCB ; Particules (TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$, BC).

Seules les émissions résultantes d'une activité ayant eu lieu sur le territoire français sont incluses. Les émissions « importées », ayant lieu à l'international ne sont pas comptabilisées dans le total Secten. Pour plus de précisions, consulter le chapitre abordant les différences entre l'inventaire national et l'empreinte.

Principales substances émises par le secteur

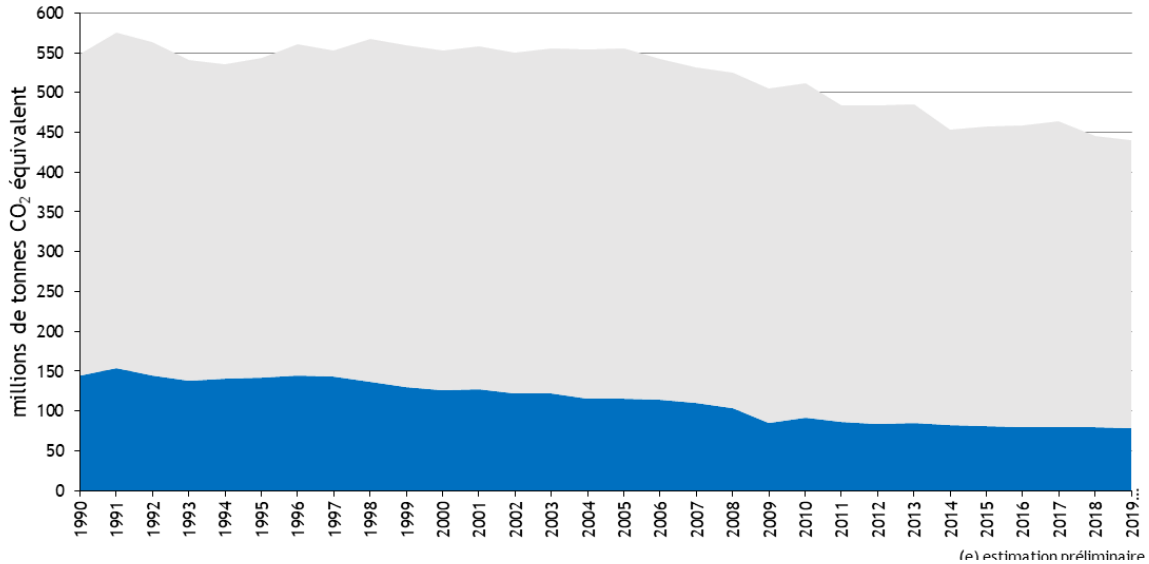


Il est à noter que le secteur de l'Industrie manufacturière et de la construction est le seul contributeur aux émissions de NF_3.

Emissions de Gaz à effet de serre

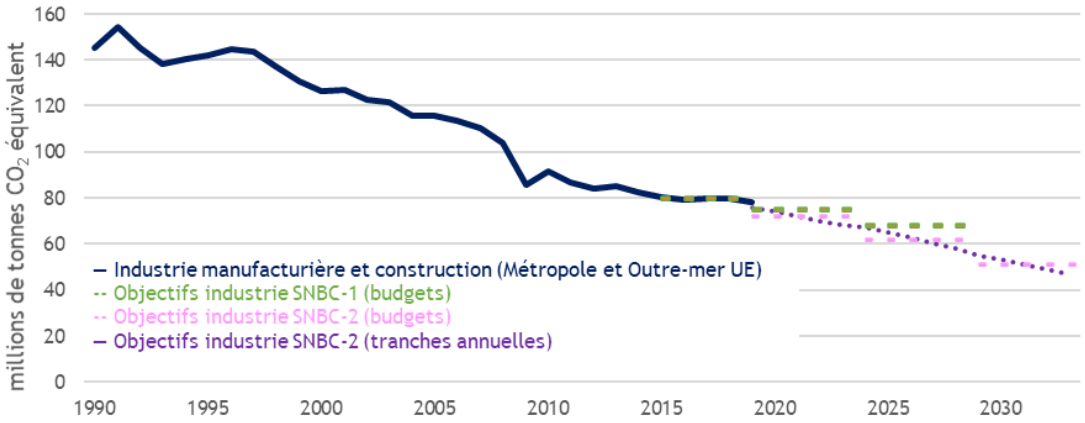
Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e

Contribution du secteur aux émissions totales de GES de la France



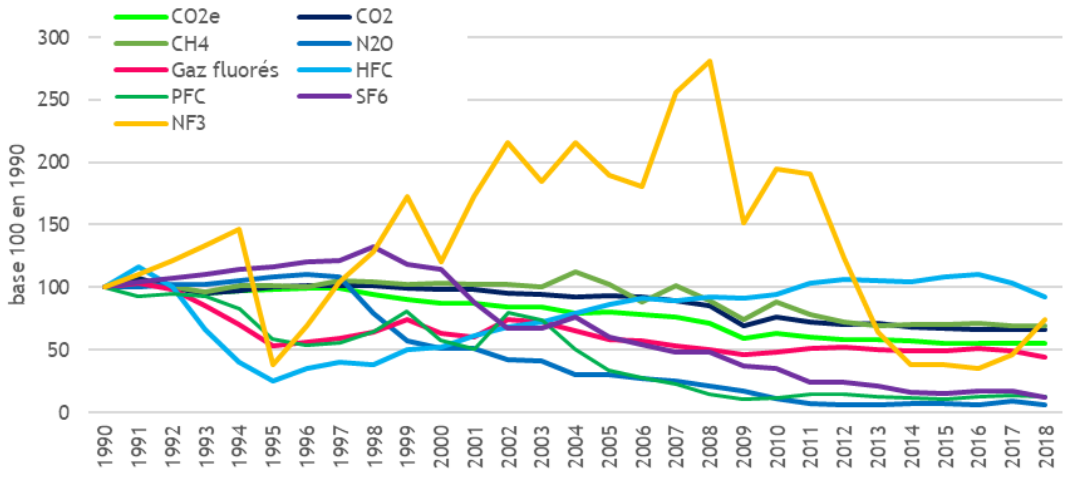
Depuis 1990, les émissions de CO_2 équivalent du secteur de l'industrie manufacturière et de la construction sont en baisse. La part de ces émissions dans le total national est également en baisse, passant de 26% en 1990 à 18% en 2018. Cela démontre les efforts fournis par le secteur pour réduire son impact environnemental.

Emissions de GES du secteur et objectifs SNBC



Tendance d'évolution des émissions de GES de l'Industrie manufacturière et Construction

Le secteur est cohérent avec les budgets carbone fixés par la SNBC-1. La révision (SNBC-2) de la stratégie nationale bas-carbone de 2019 fixe des budgets plus ambitieux aux horizons 2025 et 2030, avec pour objectif l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 (au niveau national). Cette révision implique que le secteur de l'industrie et de la construction devra renforcer ses efforts pour maintenir ses émissions dans les limites des budgets carbone fixés par la SNBC-2. Avec environ 75% des émissions de l'industrie française soumises au Système d'Echange de Quotas d'Emissions de l'Union Européenne (SEQE-UE), le secteur est contraint par des objectifs européens (réduction des émissions de 43% en 2030 par rapport à 2005) et le prix des quotas d'émissions est une incitation économique à entreprendre les actions nécessaires afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre.



Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie manufacturière et construction des différents GES en France (Métropole et Outre-mer UE) (base 100 en 1990)

L'évolution globale des émissions de CO_2e suit celle des émissions de CO_2. Cependant, les contributions des différents secteurs sont différentes du fait de la prise en compte des autres gaz à effet de serre. Notamment, le secteur de la chimie intègre ici les émissions de N_2O, importantes entre 1990 et 2008.

Globalement, on observe une tendance à la baisse des émissions par rapport au niveau de 1990.

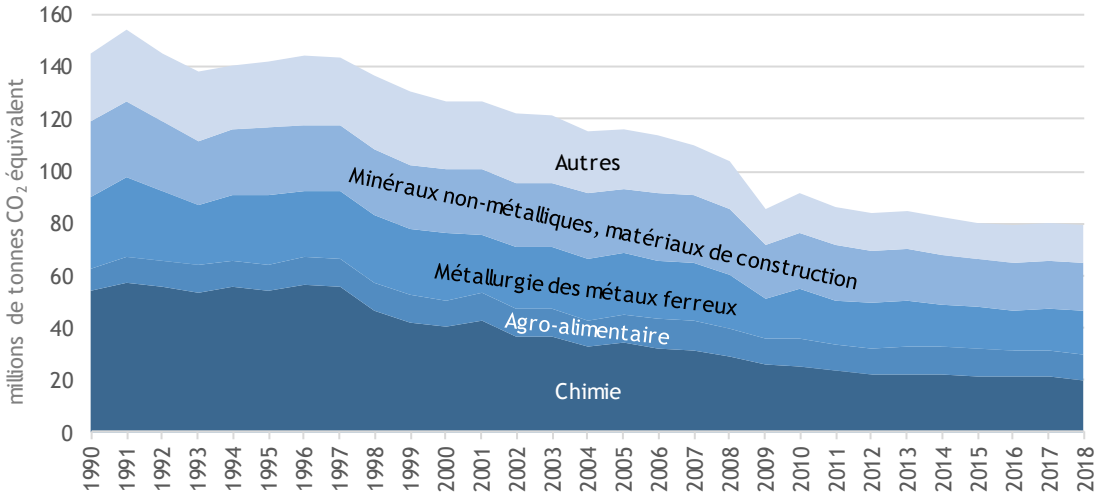
Ci-dessous, la contribution du secteur de l'industrie manufacturière et construction aux émissions nationales pour chaque gaz à effet de serre :

- CO_2 : 24% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 22% du total national en 2018, contre 27% en 1990 ;
- CH_4 : la contribution du secteur aux émissions nationales de méthane est stable depuis 1990 (entre 0,5 et 0,7% du total national selon les années), avec une baisse des émissions au sein du secteur de 31% depuis 1990 ;
- N_2O : 19% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 4% du total national en 2018, contre 37% en 1990 ;
- HFC : 42% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 26% du total national en 2018, contre 100% en 1990 ;
- PFC : la contribution du secteur aux émissions nationales de PFC était de 100% de 1990 à 1999, avant d'osciller entre 98 et 100% du total national depuis 2000. Les émissions de PFC ont baissé de 87% dans le secteur présenté ici depuis 1990 ;
- SF_6 : 66% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 47% du total national en 2018, contre 71% en 1990 ;
- NF_3 : le secteur de l'industrie manufacturière et construction est le seul contributeur au niveau national.

Plusieurs options sont mises en avant afin de réduire les émissions et respecter la trajectoire définie par la SNBC-2 :

- Investir dans l'économie circulaire, afin d'allonger le cycle de vie des produits et de limiter la production de biens neufs : objectifs de taux de recyclage en 2030 de 90% pour l'acier, 80% pour l'aluminium, 85% pour le verre et 90% pour le papier.
- Agir sur les gaz fluorés, qui ont un très fort pourvoir de réchauffement global (PRG), avec pour objectif une réduction des émissions de 55% en 2030, par rapport à 1990 ;
- Valoriser la chaleur fatale sur le site industriel et via les réseaux de chaleur : le scénario de référence prévoit une valorisation de 10 TWh de chaleur issue des rejets à plus de 100°C en 2030. ;
- Poursuivre le soutien à l'innovation pour réduire les coûts de décarbonation des procédés industriels ;
- A plus long terme, développer les technologies de capture, stockage et utilisation du carbone.

Répartition des émissions de CO_2e du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole et Outre-mer UE)



Alors que le sous-secteur de la chimie représentait 37% des émissions de CO_2 équivalent en 1990, cette part s'élève en 2018 à 25%. Même si ce sous-secteur reste le principal contributeur, la contribution du sous-secteur de l'agro-alimentaire est passée de 6% en 1990 à 12% en 2018. Les autres sous-secteurs les plus contributeurs sont celui des minéraux non-métalliques et matériaux de construction (23% en 2018), et la métallurgie des métaux ferreux (21%).

Détail par gaz à effet de serre

CO_2

Les émissions de CO_2 de l'industrie manufacturière ont quatre origines :

- la combustion des combustibles fossiles et de la biomasse (cette dernière étant comptabilisée dans la catégorie "hors total" conformément aux exigences internationales),
- l'utilisation non énergétique des combustibles en tant qu'intermédiaires ou réducteurs,
- la décarbonatation (cf. chapitre "Evolution des émissions – Substances relatives à l'accroissement de l'effet de serre – CO_2"),
- la conversion des émissions de COVNM induites par l'application de peinture, le dégraissage, le nettoyage à sec, la fabrication et la mise en œuvre de produits chimiques ainsi que les autres utilisations de solvants (SNAP 0601, 0602, 0603 et 0604 de l'annexe 3) en CO_2 ultime.

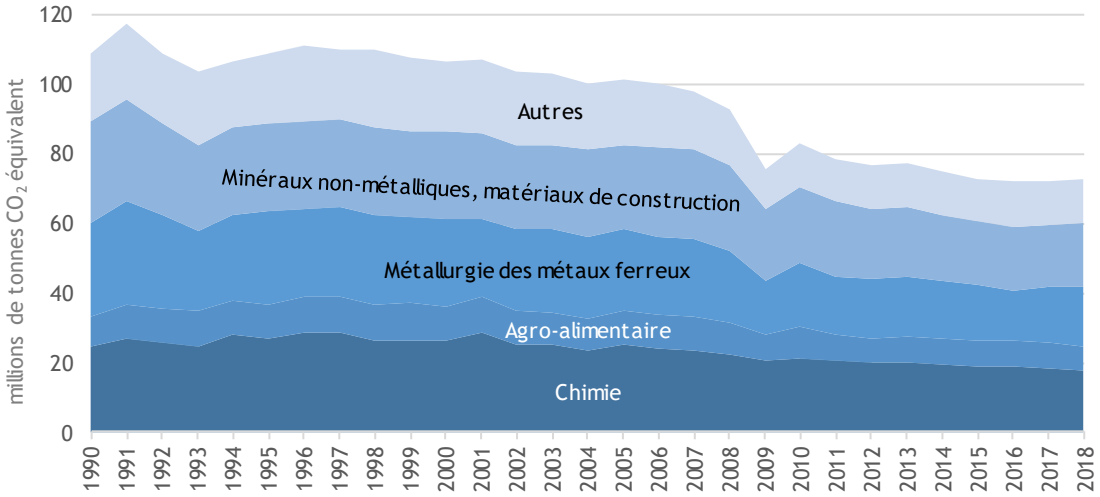
Le CO_2 étant un produit fatal de la combustion et, en l'absence à ce jour de dispositifs de captage de ce gaz sur les installations de combustion, les émissions suivent d'assez près l'évolution de la consommation d'énergie fossile.

En termes d'évolution entre 1990 et 2019, les émissions de CO_2 de l'industrie manufacturière en France métropolitaine (hors biomasse) ont baissé de 36,4 Mt, soit une baisse de 33,4%. Cette diminution s'observe dans tous les sous-secteurs mais dans des proportions différentes compte tenu de la variabilité de leur consommation énergétique et de l'évolution du mix des combustibles.

Toutefois, en 2009, une baisse importante des émissions de CO_2 a été observée (-18% entre 2008 et 2009) du fait de la crise économique. Les sous-secteurs les plus touchés par cette crise sont ceux des minéraux non-métalliques et de la métallurgie des métaux ferreux. Depuis la reprise de l'activité amorcée dès 2010, les émissions fluctuent (tendance à la baisse) entre 83 et 72 Mt (niveau le plus bas atteint en 2016 depuis 1990). Une légère hausse des émissions a été constatée en 2017, notamment due à une utilisation moindre de la biomasse durant cette dernière année. Cette légère hausse se confirme en 2018.

Concernant les émissions de CO_2 de la biomasse comptabilisées dans la catégorie "hors total national" (conformément aux exigences internationales), entre 1990 et 2018, elles ont doublé (+100%). Ces émissions varient légèrement entre les années du fait principalement de la variation de la consommation de bois et de la liqueur noire dans le sous-secteur du papier/carton. Les émissions de CO_2 liées à la biomasse présentent un maximum en 2018.

Répartition des émissions de CO_2 du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole et Outre-mer UE)



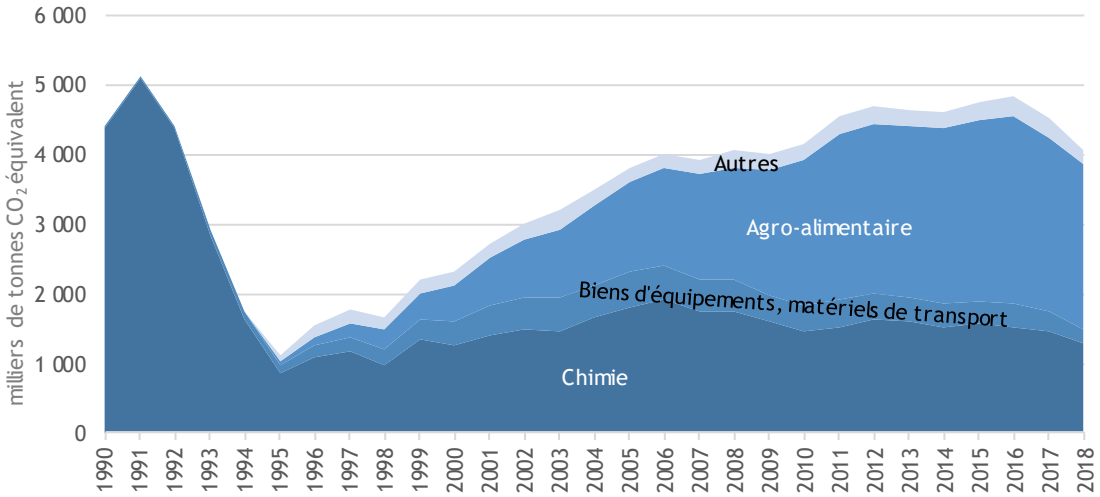
HFC

Même si le niveau des émissions est sensiblement le même entre les années 1990 et 2018 (avec une légère baisse toutefois), de fortes variations s'observent sur cette période.
Deux phases peuvent ainsi être distinguées :

- de 1990 à 1995, les émissions sont en baisse (-75%) du fait de la mise en œuvre de traitements (oxydation, renouvellement d'ateliers) dans le secteur de la chimie,
- à partir de 1996, les émissions sont orientées à la hausse suite à l'utilisation de HFC en substitution des CFC du fait de l'interdiction de ces derniers.

Après un pic des émissions observé en 2016, les émissions de HFC sont, en 2018, à leur plus faible niveau depuis 2009.

Répartition des émissions de HFC du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole et Outre-mer UE)



PFC

Entre 1990 et 1999, toutes les émissions nationales de PFC sont imputables au secteur de l'industrie manufacturière alors qu'à partir de 2000, d'autres secteurs contribuent également au total national. Cela reste toutefois marginal, puisqu'en 2018, l'industrie manufacturière est responsable de 98% des émissions de PFC.

Dans le secteur de l'industrie manufacturière, les principales sources d'émissions de PFC sont les suivantes :

- la production d'aluminium de première fusion,
- la production de trifluoroacétique ou TFA,
- la fabrication des semi-conducteurs,
- l'utilisation de PFC comme solvant et fluide.

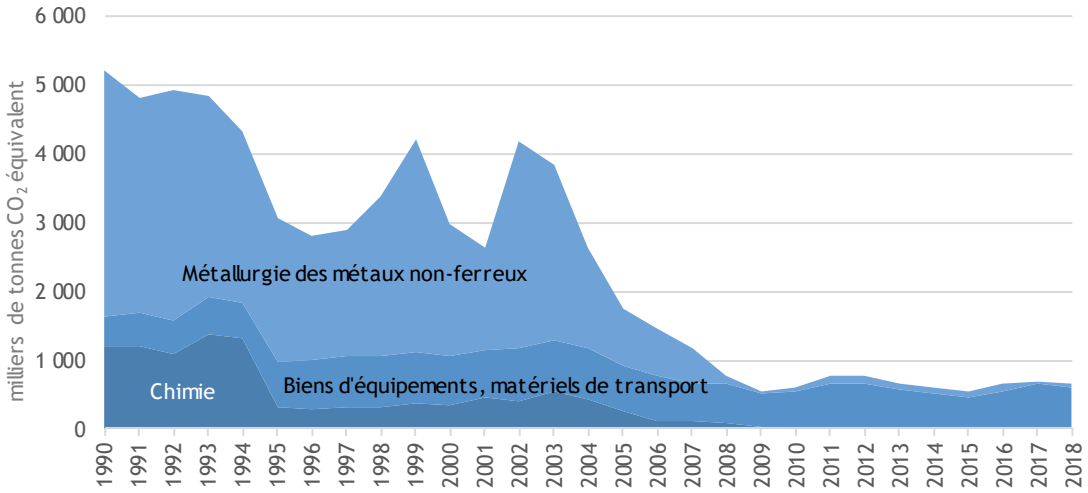
Sur la période 1990-2018, les émissions du secteur ont diminué d'environ 87% avec des fluctuations importantes selon les années du fait de la variation des activités de production d'une année à l'autre et de l'efficacité accrue des procédés et des traitements des émissions. L'année 2015 correspond au niveau le plus bas observé sur la période. En 2018 , les émissions sont supérieures de 26% au niveau de 2015

Entre 1990 et 2015, la forte baisse observée dans le sous-secteur de la métallurgie des métaux non ferreux (-98%) s'explique, d'une part, par les progrès réalisés par les industriels, en particulier les efforts portés sur la limitation de l'effet d'anode qui est responsable des émissions de PFC-14 et PFC-116 lors de la production d'aluminium de première fusion et, d'autre part, par la fermeture de deux sites de production d'aluminium de première fusion, l'un en 2003 et l'autre en 2008. Depuis 2009, les émissions restent relativement stables, avec un pic en 2012.

En ce qui concerne le sous-secteur de la chimie, sur cette même période, il a lui aussi connu une très forte baisse de ses émissions (-99,8%), en particulier en 1995 et en 2006 suite à la mise en place de dispositifs de réduction des émissions sur les différents sites de production puis, à partir de 2008, suite à la mise en place d'un oxydateur sur un site de production de trifluoroacétique (TFA) (forte baisse des émissions de CF_4).

Depuis 2007, le sous-secteur des biens d'équipements et matériels de transports est le principal contributeur. Sa contribution a augmenté de 48% en 2008, pour s'établir à 88% en 2018. Les émissions sont toutefois restées relativement stables depuis 2005, après un pic observé en 2002.

Répartition des émissions de PFC du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole et Outre-mer UE)



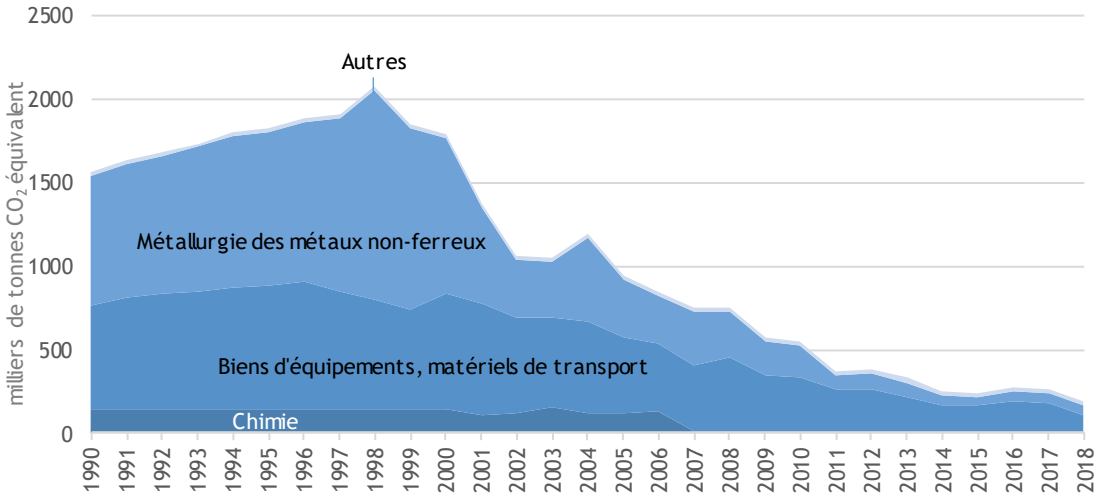
SF_6

Sur la période 1990-2018, les émissions de ce secteur ont baissé de 88%. Le niveau d'émission le plus bas a été atteint en 2018 (194 kt CO_2e). A titre de comparaison, le deuxième plus faible total d'émission correspond à celui de l'année 2015, avec 251 kt CO_2e.

Cette réduction (depuis 1990) est plus marquée dans le sous-secteur de la métallurgie des métaux non ferreux (-93%), en particulier, du fait de la baisse de la consommation de SF_6 dans l'industrie du magnésium, à la fois dans l'activité des fondeurs et pour le seul site de 1ère fusion qui, de plus, a arrêté son activité en 2002. Il convient de noter que ce dernier s'est reconverti pour recycler le magnésium et consomme à nouveau du SF_6 à partir de 2003. Depuis 2006, le SF_6 n'est plus utilisé par ce site puisque le nouvel exploitant a substitué son utilisation par un autre produit, le NaCl. Cette fonderie a fermé début 2010.

Le sous-secteur de la chimie a connu également une très forte baisse sur la période 1990-2018 (-91%), et plus particulièrement entre 2006 et 2007 suite à la mise en place en 2007, pour un site de transformation du tétrafluorure d'uranium en hexafluorure d'uranium, d'un procédé qui recycle le fluor. Les émissions sont stables (environ 12 kt CO_2e) depuis 2007.

Répartition des émissions de SF_6 du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole et Outre-mer UE)



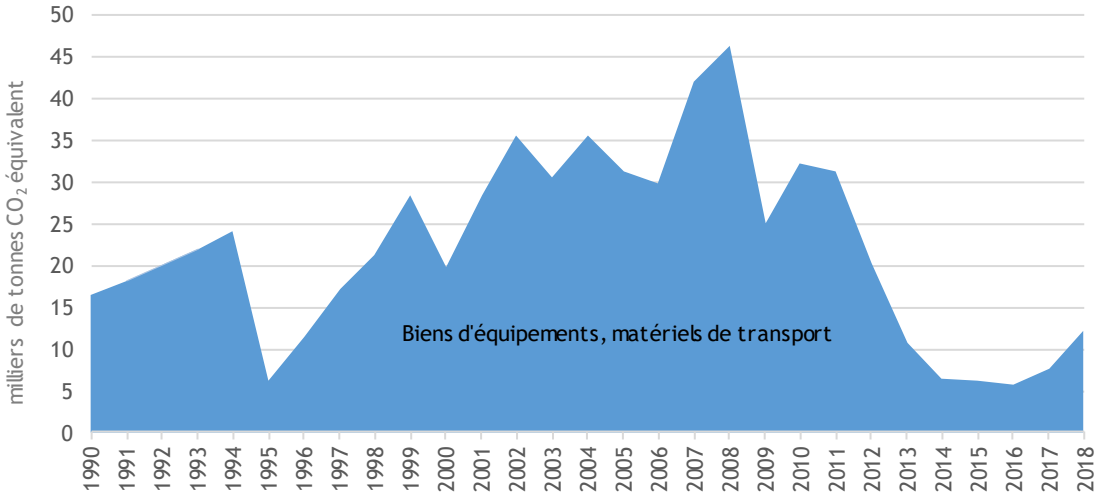
NF_3

Depuis 1990, toutes les émissions nationales de NF_3 sont imputables au secteur de l'industrie manufacturière du fait de la fabrication de semi-conducteurs.

Sur la période 1990-2016, les émissions de ce secteur ont diminué de 65% (-10,7 kt CO_2e). Une hausse des émissions est observée sur les deux dernières années, après que le niveau minimal a été atteint en 2016 (+6,5 kt CO_2e en 2018 par rapport à 2016).

Les évolutions des émissions de NF_3 sur la période 1990-2018 sont liées aux fluctuations annuelles des quantités de NF_3 achetées et utilisées par les différentes usines pour la gravure des micro-processeurs et le nettoyage des chambres CVD (Clean Vapour Deposition) ainsi qu'à la mise en place d'une technique de réduction des émissions.

Répartition des émissions de NF_3 du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole et Outre-mer UE)



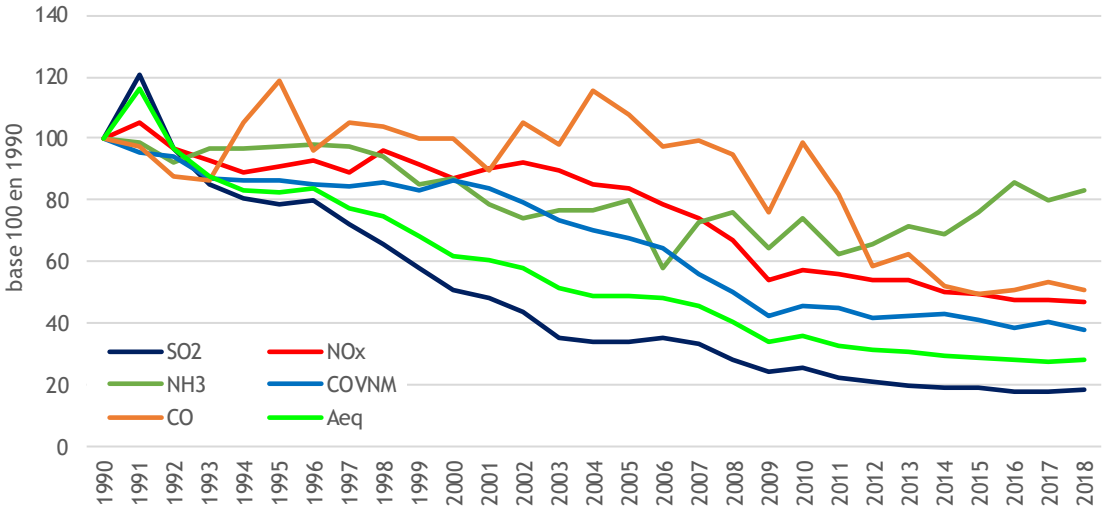
Emissions de Polluants atmosphériques

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique (AEPP)

Tendances des émissions d'AEPP

Tous les polluants responsables de l'acidification, de l'eutrophisation et de la pollution chimique de l'atmosphère ont vu leurs émissions baisser depuis 1990. La tendance est très bien marquée pour les NOx, les COVNM et le SO_2. Les autres polluants ont connu des variations plus ou moins marquées depuis 1990. Les émissions d'acide équivalent (Aeq), étant calculées comme étant un composite en masse des ions H+ du SO_2, des NOx et du NH_3, il est attendu qu'elles suivent la tendance imprimée par ces trois substances.

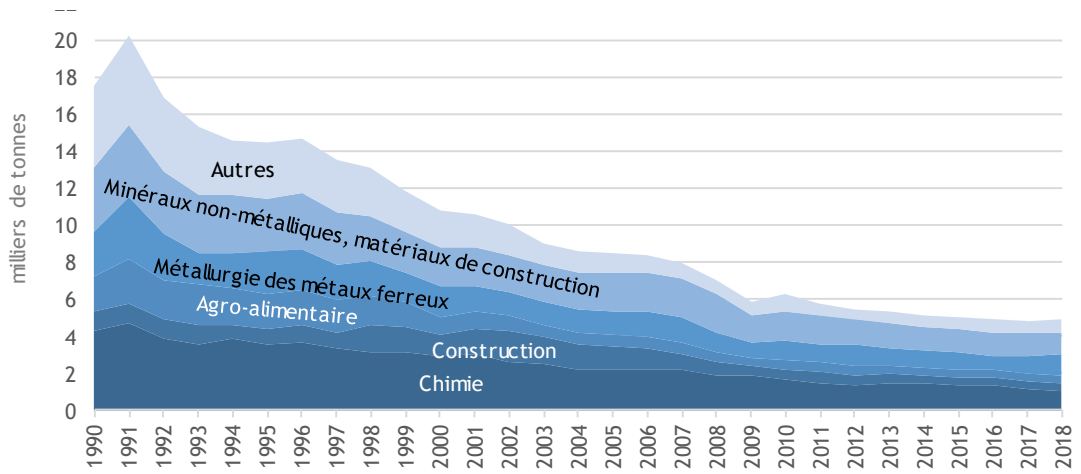
Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie manufacturière et construction des substances de l'AEPP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



Le secteur de l'industrie manufacturière et construction contribue de la façon pour les différents polluants responsables de l'acidification, de l'eutrophisation et de la pollution chimique de l'atmosphère :

- SO_2 : 35% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 52% du total national en 2018, contre 30% en 1990 ;
- NOx : 12% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 14% du total national en 2018, contre 11% en 1990 ;
- As : 52% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 41% du total national en 2018, contre 58% en 1990 ;
- NH_3 : la contribution du secteur au total national est restée stable depuis 1990, autour de 1% ;
- COVNM : 30% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 37% du total national en 2018, contre 23% en 1990 ;
- CO : 27% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 33% du total national en 2018, contre 16% en 1990 ;

Répartition des émissions de Aeq du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



SO_2

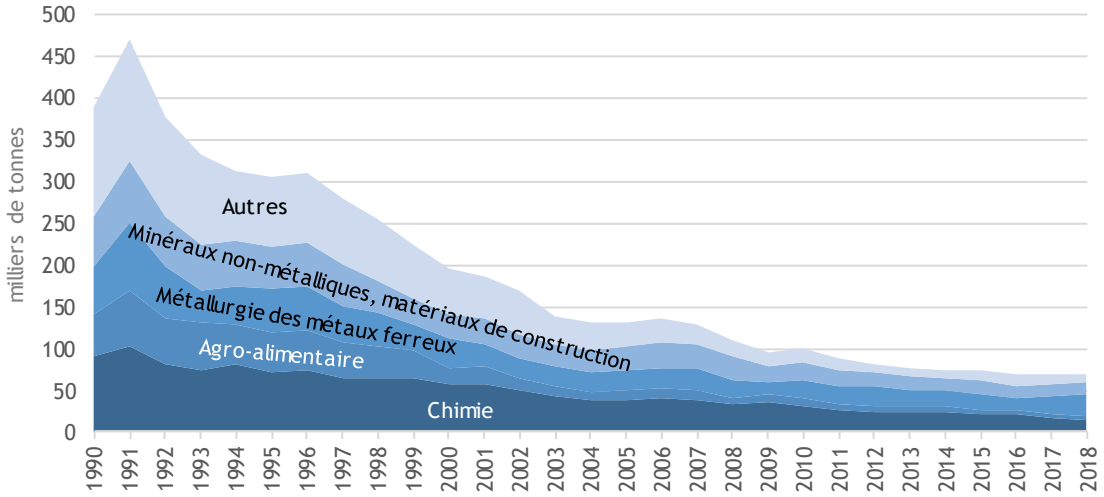
La répartition des émissions de SO_2 par sous-secteur de l'industrie manufacturière et construction pour les années 1990 et 2018 est présentée sur le graphique ci-après.

Les émissions de SO_2 sur la période 1990-2018 ont très fortement baissé (-82%). La majeure partie de cette baisse a eu lieu jusqu'en 2003. L'année 2016 représente le niveau le plus bas observé depuis 1990. A noter qu'à la suite de la crise financière, entre les années 2008 et 2009, la plus forte baisse interannuelle sur la période (-17%) est observée. Dès 2010, les émissions sont reparties à la hausse pour à nouveau baisser depuis 2012. Les émissions sont relativement stables depuis.

La diminution globale des émissions de SO_2 s'observe sur l'ensemble des sous-secteurs. La baisse des émissions de SO_2 de ce secteur s'explique essentiellement par :

- l'évolution du mix énergétique (le gaz naturel est de plus en plus utilisé),
- la baisse d'activité observée dans certains secteurs,
- la mise en conformité des Grandes Installations de Combustion (GIC) avec la réglementation,
- la réduction de la teneur en soufre de certains produits pétroliers, en particulier le fioul lourd ainsi que le fioul domestique au 1er janvier 2008,
- la mise sur le marché du gazole non routier (GNR) en 2011 en remplacement du fioul domestique pour les engins notamment du BTP.

Répartition des émissions de SO_2 du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



NO_X

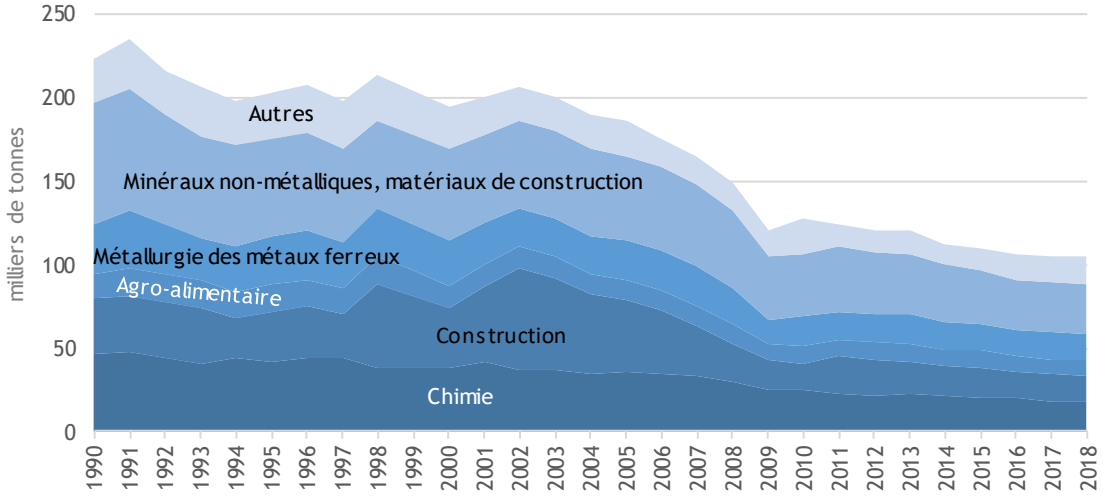
La combustion des combustibles fossiles et de la biomasse est la principale source d'émissions de NOx dans le secteur de l'industrie manufacturière et construction.

Sur la période 1990-2018, les émissions de NOx du secteur de l'industrie manufacturière et construction ont baissé de plus de la moitié (baisse de 53%). Cette baisse est imputable essentiellement aux progrès réalisés par les industriels depuis de nombreuses années, en particulier du fait d'une meilleure performance des installations industrielles et de la mise en œuvre de techniques de réduction des NOx sur certains sites industriels (notamment dans le sous-secteur des minéraux non-métalliques et des matériaux de construction et celui de la chimie), ainsi qu'aux réglementations sur les engins mobiles non routiers.

Deux baisses successives trouvent des explications dans les règlementations mises en place et dans la situation économique, particulièrement pour les sous-secteurs de la construction et de la métallurgie des métaux ferreux. . La première entre 2007 et 2008 (-16 kt, soit -10%) résulte en partie de la mise en œuvre des textes transposant la directive sur les grandes installations de combustion (nouvelles valeurs limites d'émission à respecter à partir de 2008). La seconde entre 2008 et 2009 s'explique en grande partie par la conjoncture économique de la France (-19%, soit -29 kt). Après une légère augmentation des émissions en 2010 du fait d'une certaine reprise de l'activité économique, les celles-ci sont en baisse (excepté en 2013, +1% par rapport à 2012) pour atteindre le niveau le plus bas sur la période 1990-2018 en 2018 (baisse de 16% entre 2011 et 2018).

Concernant spécifiquement le sous-secteur de la construction, la baisse graduelle observée des émissions à partir de 2002 est liée majoritairement à la mise en application des règlementations sur les engins mobiles non-routiers (EMNR) utilisés dans le Bâtiment et les Travaux Publics. Le renouvellement du parc des EMNR dans le secteur du BTP est également une des causes de cette diminution des émissions.

Répartition des émissions de NOx du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



COVNM

Entre 1990 et 2017, les émissions de COVNM ont diminué de 62% du fait essentiellement de deux sous-secteurs : les autres industries manufacturières (-93 kt) et les biens d'équipement et matériels de transport (-110 kt). Toutefois, tous les sous-secteurs ont connu une baisse de leurs émissions, à l'exception du sous-secteur de l'agro-alimentaire qui a vu ses émissions se stabiliser.

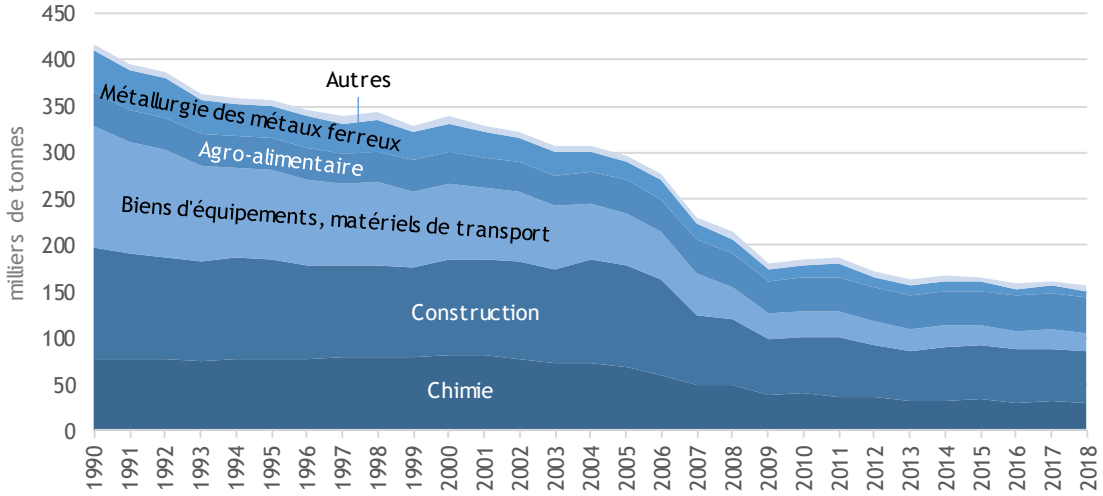
Sur l'ensemble de la période, les principales sources de réduction correspondent :

- aux applications de peinture et à l'imprimerie du fait des actions combinées de la mise en œuvre de dispositifs de réduction des émissions (oxydateur, adsorption), de la substitution par des produits à plus faible teneur en solvants, l'automatisation des lignes de productions et enfin de la fermeture de certains sites,
- au dégraissage des métaux suite à l'introduction progressive de machines hermétiques et à la substitution des produits chlorés utilisés par des produits lessiviels non solvantés.

En 2009, la baisse observée des émissions est imputable, d'une part, à la baisse dans le sous-secteur des autres industries manufacturières (principalement du fait du ralentissement de l'activité de l'imprimerie) et, d'autre part, à la diminution dans le sous-secteur de la construction (suite à une réduction en 2009 de la consommation de peinture dans le bâtiment et de la quantité de solvants associée suite à la crise économique de 2008).

Une baisse importante (-7%) des émissions de COVNM est constatée entre 2011 et 2012, imputable essentiellement au secteur de l'imprimerie du fait de la réduction à la source des consommations de solvants, et de la construction.

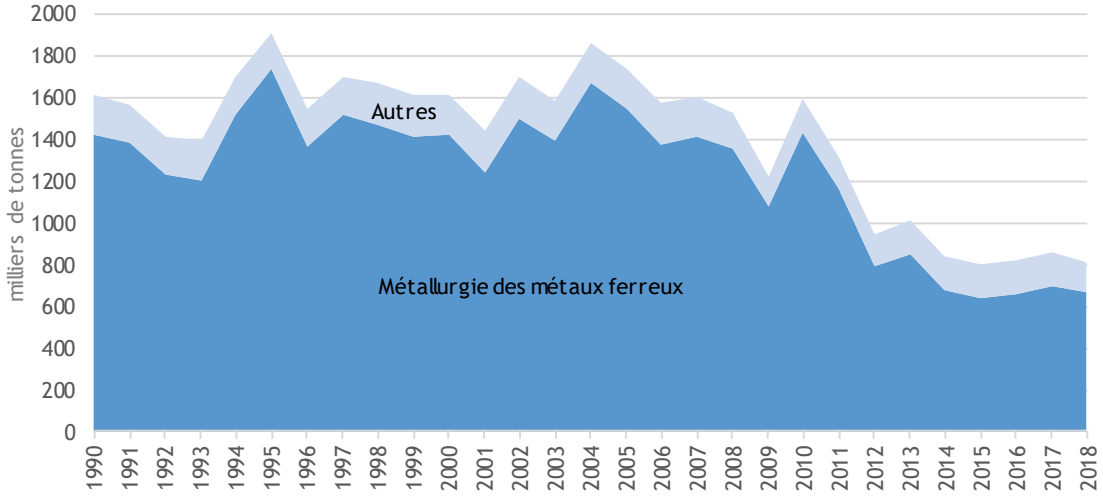
Répartition des émissions de COVNM du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



CO

Sur la période 1990-2018, une baisse des émissions de CO de 49% est observée pour le secteur de l'industrie manufacturière et construction du fait principalement du sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux (le sous-secteur est responsable d'environ 80% des émissions totales de l'industrie manufacturière et construction). La plus faible valeur a été atteinte au cours de la période a été atteinte en 2015.
Toutefois, sur cette même période, de fortes fluctuations sont observées dans ce même sous-secteur à cause, d'une part, des fortes variations de production (fonte, acier, aggloméré) et, d'autre part de la dépendance du facteur d'émission à la valorisation des gaz sidérurgiques. En effet, la composition des gaz sidérurgiques peut varier au cours du temps, selon les productions sur site. Les émissions sont reparties à la hausse en 2016 et 2017 au sein de l'industrie, résultat d'une augmentation des émissions dans le sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux pour les raisons présentées plus haut.
Par ailleurs, en 2009, la baisse des émissions de CO est liée à la crise financière qui a fortement ralenti les activités sidérurgiques. La baisse observée en 2012 fait suite à la fermeture des hauts-fourneaux, de l'aciérie et de l'agglomération de minerais du site sidérurgique de Florange. Depuis 2012, les émissions sont relativement stables, avec une tendance générale à la baisse, malgré une augmentation des émissions en 2013 par rapport à 2012.

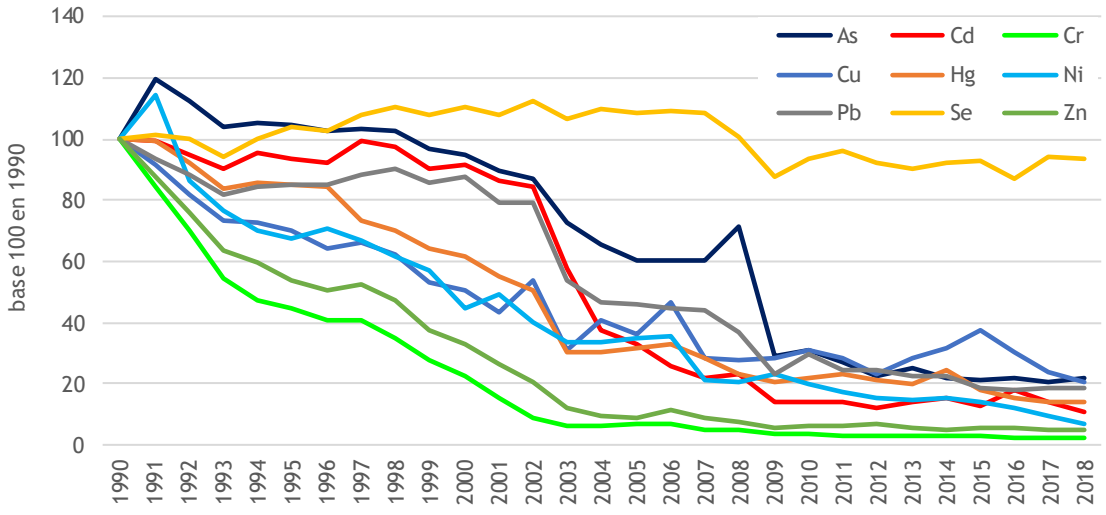
Répartition des émissions de CO du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



Métaux lourds

Tendances des émissions de métaux lourds

Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie manufacturière et construction des métaux lourds en France (Métropole) (base 100 en 1990)



Les émissions de métaux lourds au sein de l'industrie manufacturière et de la construction sont en baisse entre 1990 et 2018. La baisse est très marquée pour chacun des métaux (entre 78% pour l'arsenic et 97% pour le chrome rapport à

1990), exception faite du Sélénium, dont la réduction des émissions s'élève à 6% en 2018, par rapport à 1990.

Le secteur de l'industrie manufacturière et construction contribue de manière hétérogène aux émissions nationales de métaux lourds :

- As : 52% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 41% du total national en 2018, contre 58% en 1990 ;
- Cd : 54% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 42% du total national en 2018, contre 50% en 1990 ;
- Cr : 65% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 46% du total national en 2018, contre 93% en 1990 ;
- Cu : 8% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 4% du total national en 2018, contre 16% en 1990 ;
- Hg : 47% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 47% du total national en 2018, contre 41% en 1990 ;
- Ni : 43% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 36% du total national en 2018, contre 56% en 1990 ;
- Pb : 31% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 30% du total national en 2018, alors qu'en 1990, il représentait moins de 5% des émissions de plomb en France, malgré une forte baisse des émissions en valeur absolue. La forte évolution relative observée entre 1990 et aujourd'hui est liée à la suppression de l'essence plombée dans le secteur du transport routier ;
- Se : 80% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 86% du total national en 2018, contre 74% en 1990. Cette forte contribution (et en augmentation au cours de la période) au total national, s'explique par le fait que les émissions dans le secteur de l'industrie manufacturière et construction sont restées relativement stables (légère baisse : -6%), alors que dans le même temps les émissions au niveau national ont diminué de 20% ;
- Zn : 40% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 17% du total national en 2018, contre 75% en 1990.

Pour une description détaillée des métaux lourds (sources d'émission, effets sur la santé, effets sur l'environnement, etc.), des réglementations en vigueur, ou des mesures mises en place pour réduire les émissions, consulter le chapitre dédié dans ce rapport.

As

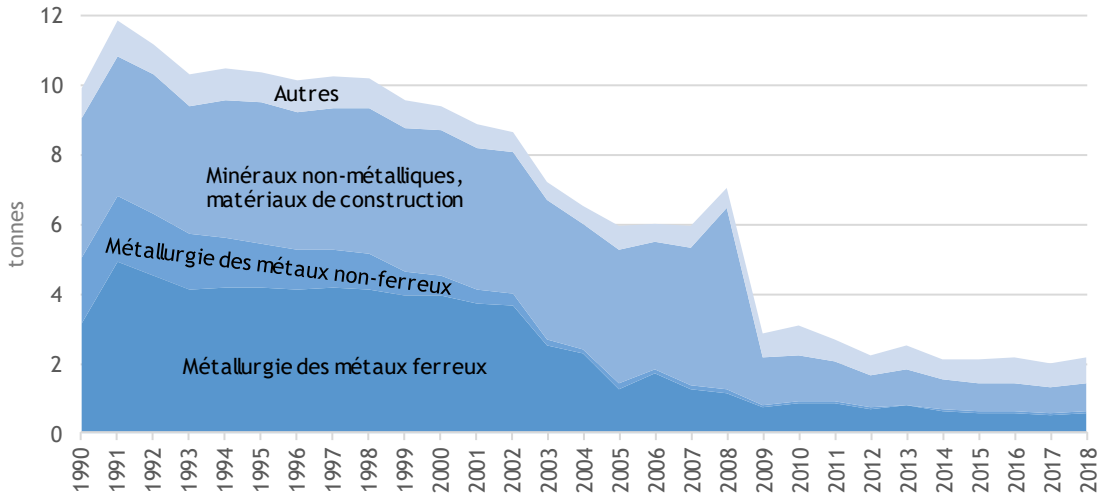
Depuis 1990, les émissions du secteur ont diminué d'environ 80% et demeurent stables depuis 2014.

La baisse des émissions est importante pour :
- les minéraux non métalliques et les matériaux de construction,
- la métallurgie des métaux ferreux,
- la métallurgie des métaux non-ferreux.

Ces réductions font notamment suite à la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux sur les sites de production.

Le niveau élevé des émissions observé en 2008 dans le sous-secteur des minéraux non métalliques s'explique par un dysfonctionnement cette année-là des filtres à particules sur une installation de production de verre. La baisse observée dès 2009 est liée à la mise en service d'électrofiltres sur plusieurs installations de production de verre creux ainsi qu'à une utilisation plus limitée de l'arsenic (moins d'ajouts dans le procédé). La crise financière a également joué un rôle dans cette baisse, avec un ralentissement de l'activité économique.

Répartition des émissions de As du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



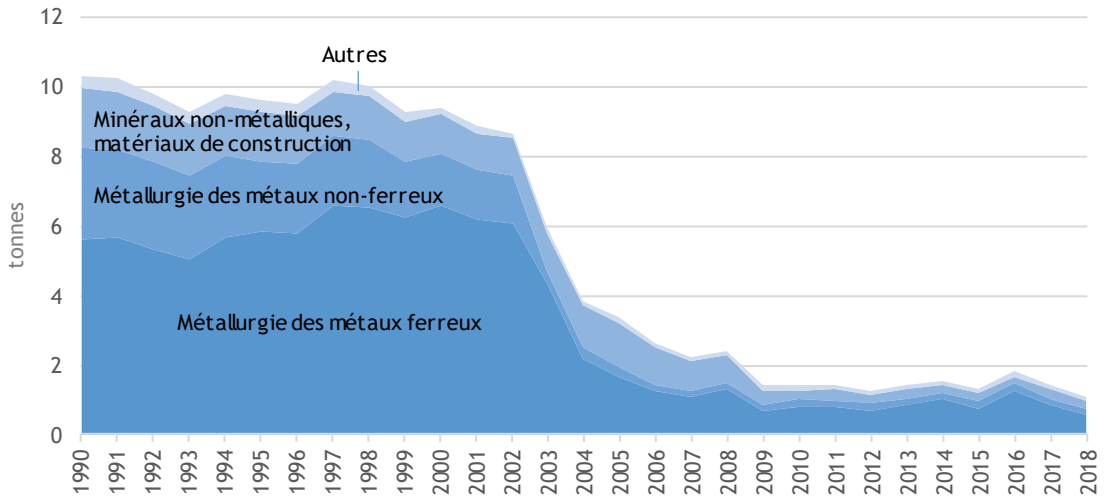
Cd

En France, depuis 1990, les émissions de cadmium ont baissé de 89%, atteignant leur plus faible niveau en 2018. Cette baisse (avec une légère hausse en 2016 et 2017) est engendrée principalement par le sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux suite à l'amélioration des équipements de réduction de particules (sidérurgie).

Entre 2008 et 2009, le secteur de l'industrie manufacturière et construction a connu une forte réduction de ses émissions (-37%) du fait, d'une part, d'une meilleure gestion du minerai de fer (contient moins de métaux lourds) pour fabriquer l'aggloméré dans le procédé sidérurgique et, d'autre part, de la mise en place de dépoussiéreurs en 2009 sur plusieurs fours du secteur verrier (verre creux).

Depuis 2009, le niveau des émissions est relativement stable (aux alentours de 1,5 t). Auparavant, une forte baisse a été observée entre 2002 et 2004 (-56%), provenant des secteurs de la métallurgie des métaux ferreux et non-ferreux. Cette baisse s'explique par les progrès réalisés dans la sidérurgie et dans le traitement des fumées des usines d'incinération.

Répartition des émissions de Cd du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



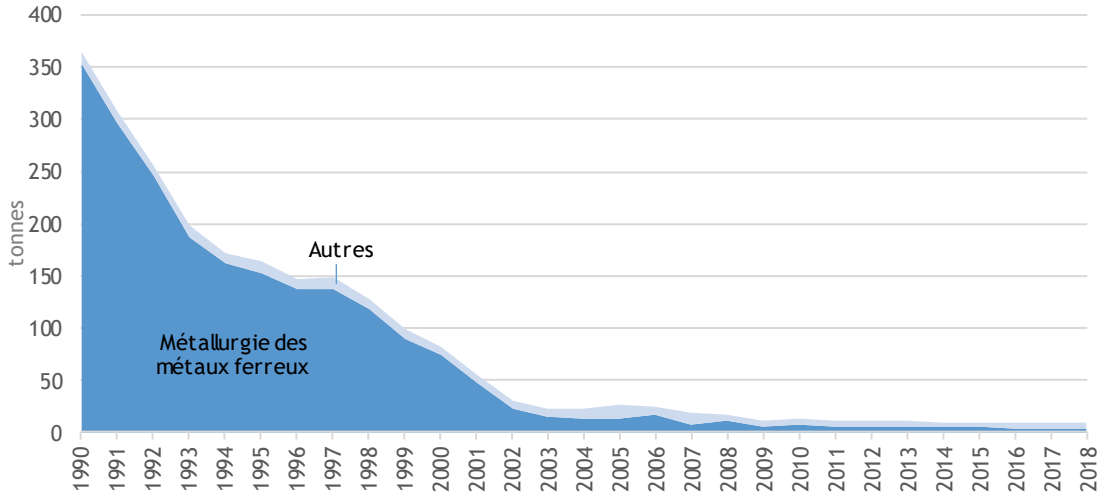
Cr

Depuis 1990, les émissions de chrome ont très fortement diminué (-97%). Cette forte baisse est induite presque exclusivement par la métallurgie des métaux ferreux, en particulier par les aciéries électriques grâce à l'efficacité des techniques de réduction mises en place dans ce sous-secteur.

Entre 2006 et 2007, les émissions ont baissé de 27%, en particulier suite à la mise en place d'un dépoussiéreur sur la plus grosse aciérie électrique émettrice.

Depuis 2010, le niveau des émissions est stable, oscillant entre 9 et 12 t, le niveau le plus bas ayant été atteint en 2017 (9,1 t).

Répartition des émissions de Cr du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



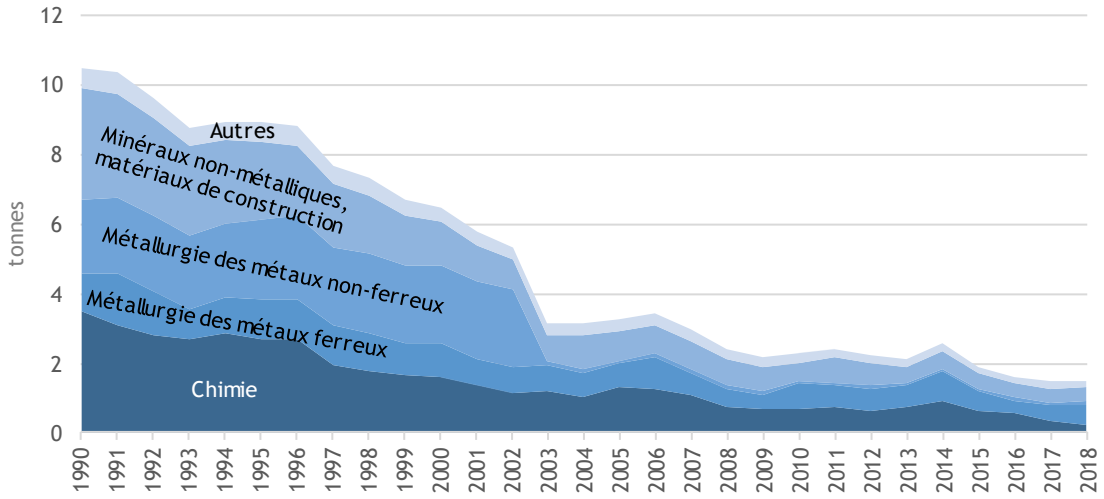
Hg

Entre 1990 et 2018, les émissions de mercure ont baissé de 86%. Le niveau atteint en 2017 constitue le plus faible niveau d'émission observé sur cette période. Cette baisse s'explique différemment selon les sous-secteurs :

- des progrès ont été réalisés dans le contrôle des émissions pour la production de chlore (sous-secteur chimie),
- dans le sous-secteur de la métallurgie des métaux non ferreux, les émissions depuis 2003 sont proches de zéro suite à la fermeture d'un important producteur de zinc et de plomb de première fusion.
- dans le sous-secteur des minéraux non-métalliques et des matériaux de construction, les émissions ont également fortement chuté (-88%), notamment grâce à une forte baisse dans le secteur du ciment (-2,5 t), cela pouvant en partie s'expliquer par une utilisation décroissante du charbon dans les cimenteries.

En 2006 et 2014, le niveau élevé des émissions est lié aux variabilités dans le fonctionnement des aciéries électriques. Depuis 2008, le niveau des émissions de mercure se stabilise en-dessous de 3 tonnes par an, avec une nouvelle baisse constatée sur les trois dernières années.

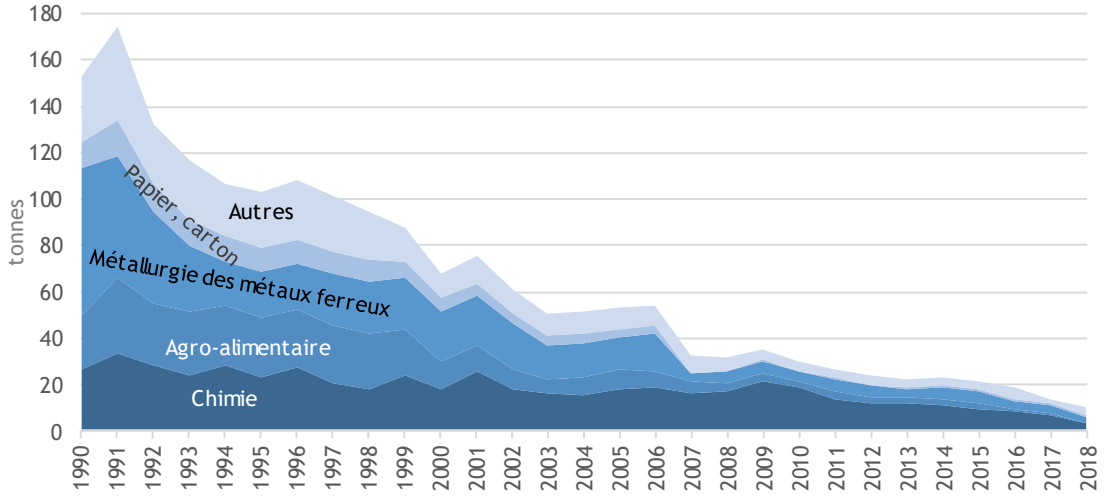
Répartition des émissions de Hg du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



Ni

Depuis 1990, les émissions de Ni ont fortement diminué (-93%). Le niveau le plus bas a été atteint en 2018, avec 10,3 tonnes émises en France pour le secteur de l'industrie manufacturière et construction.La baisse des émissions dans ce secteur s'explique, d'une part, par la mise en service de techniques de réduction des émissions plus efficaces et plus nombreuses dans le secteur des aciéries électriques et, d'autre part, par la baisse générale de la consommation de fioul lourd dans l'industrie manufacturière et construction.

Répartition des émissions de Ni du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



Pb

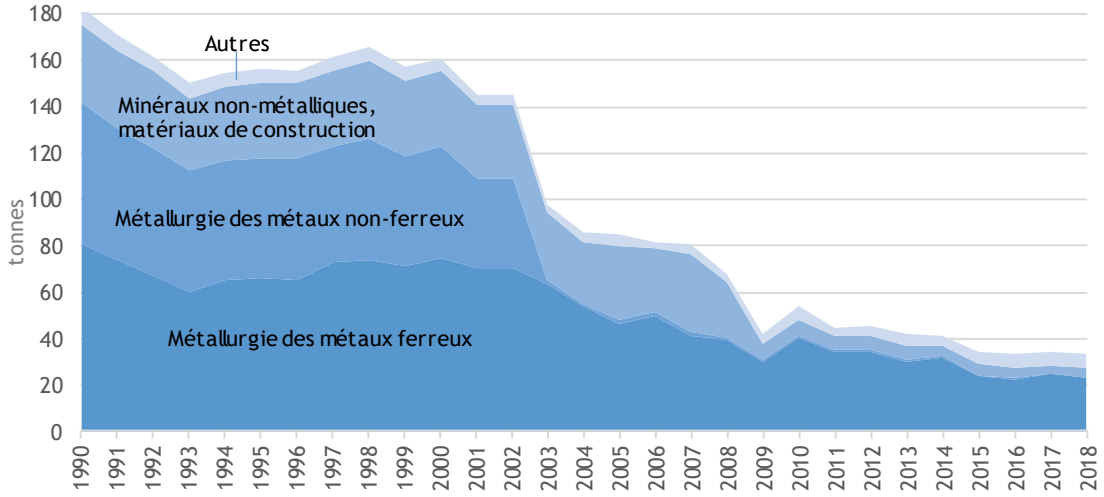
Entre les années 1990 et 2018, la baisse des émissions de ce secteur (-82%) est principalement liée, d'une part, à la fermeture d'un important producteur de zinc et de plomb de première fusion en 2003 et, d'autre part, à la mise en place de dépoussiéreurs sur de nombreuses installations industrielles.

De plus, ce secteur a connu une très forte baisse de ses émissions entre 2008 et 2009 (-26 t) suite à la mise en place en 2009 de nombreux équipements de réduction des particules sur des fours verriers (verre creux en particulier) mais aussi du fait de la baisse générale des activités (production) suite à la crise économique.

Dans le sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux, une forte baisse des émissions de plomb entre 2014 et 2015 est observée. La variabilité des résultats est importante car les rejets dépendent de la qualité des minerais approvisionnés. Les résultats sont également liés à la baisse des rejets canalisés de poussières des chaînes d'agglomération.

Depuis 2011, les niveaux d'émissions observés sont les plus sur la période 1990-2018 et atteignent leur valeur la plus faibleen 2016 avec 33 t.

Répartition des émissions de Pb du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)

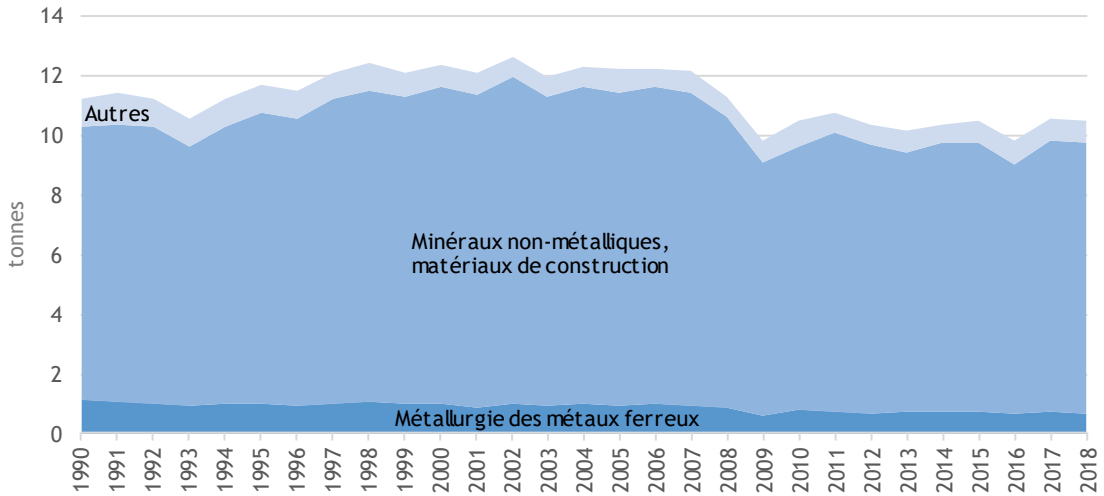


Se

Depuis 1990, les émissions de Se sont relativement stables dans ce secteur. Les émissions oscillent autour de 10 tonnes par an. On observe une baisse de 13% en 2009 par rapport à 2008, conséquence d'un ralentissement de l'activité industrielle suite à la crise économique. A l'inverse, les augmentations constatées en 2010 et 2011 peuvent probablement être attribuées à un effet rebond de l'activité.

Les émissions proviennent en partiede la combustion du fioul lourd et de la biomasse. Elles proviennent également de la production de verre, où le Se est ajouté au procédé de fabrication pour la coloration des verres. Les émissions peuvent donc varier au cours du temps selon les couleurs de verre voulues.

Répartition des émissions de Se du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



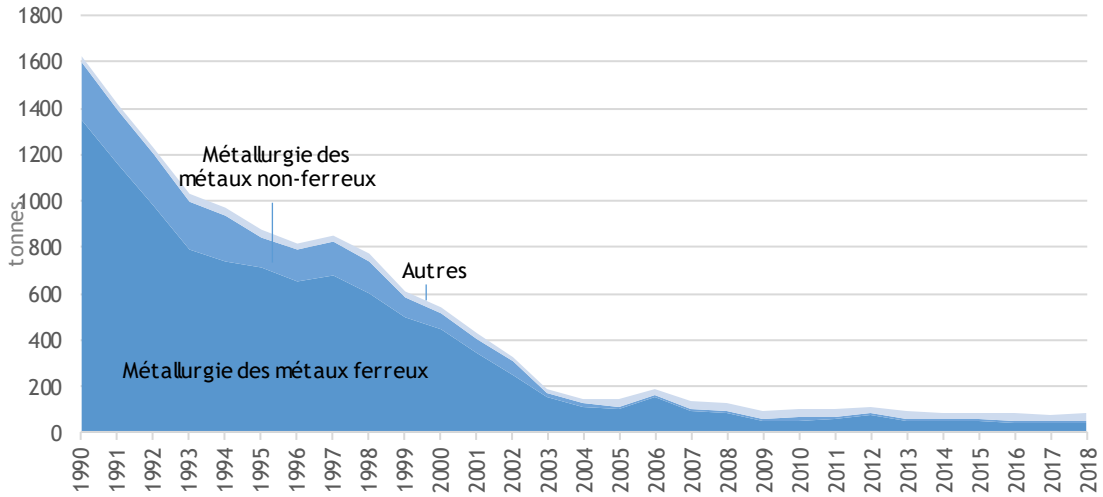
Zn

Les émissions de ce secteur ont baissé de 95% depuis 1990. Le niveau le plus faible est observé en 2017 (79 t).

Sur la période 1990-2018, la plus forte baisse en valeur absolue est observée dans le sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux (-1 307 t). Elle est liée à l'efficacité des techniques de réduction mises en place dans les aciéries électriques. Toutefois, la variabilité de procédé de ces aciéries est la cause principale des variations ponctuelles des émissions totales de zinc observées (par exemple en 2003 : -42% par rapport à 2002 ; ou en 2006 : +27% par rapport à 2005

De plus, les émissions du sous-secteur de la métallurgie des métaux non ferreux ont également fortement baissé (l'une des plus fortes baisses en valeur relative (-97%)). Cette baisse vient du fait, en particulier, de la fermeture d'un important producteur de zinc et de plomb de première fusion.

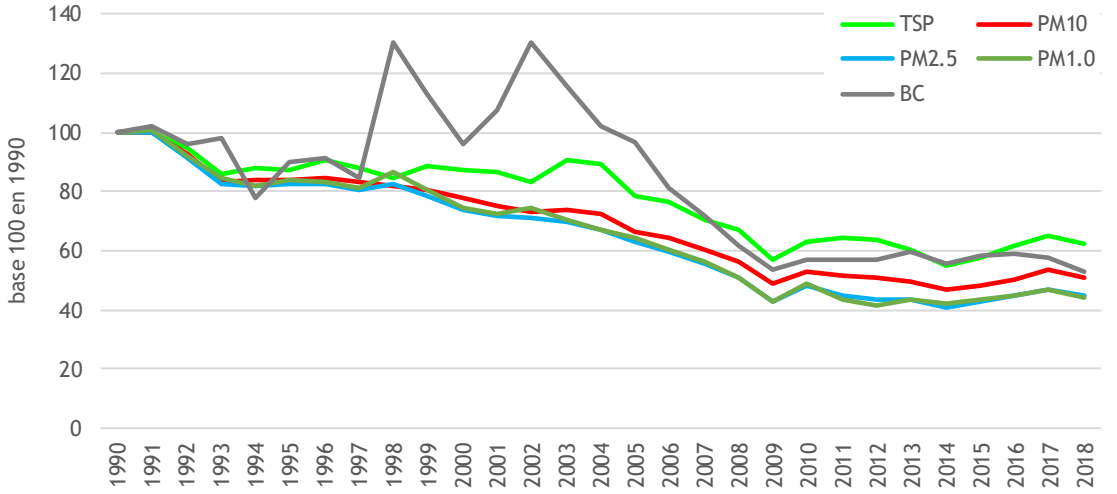
Répartition des émissions de Zn du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



Particules (PM)

Tendances des émissions des PM

Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie manufacturière et construction des PM en France (Métropole) (base 100 en 1990)



Les émissions des différentes substances composant les particules ont baissé depuis 1990, avec des diminutions allant de 38% en 2018 par rapport à 1990 pour les TSP, à 56% pour les $PM_{1.0}$. Les émissions de carbone suie lors des années 1998, 1999, 2001, 2002, 2003 et 2004 ont toutefois été supérieures aux émissions relevées en 1990.

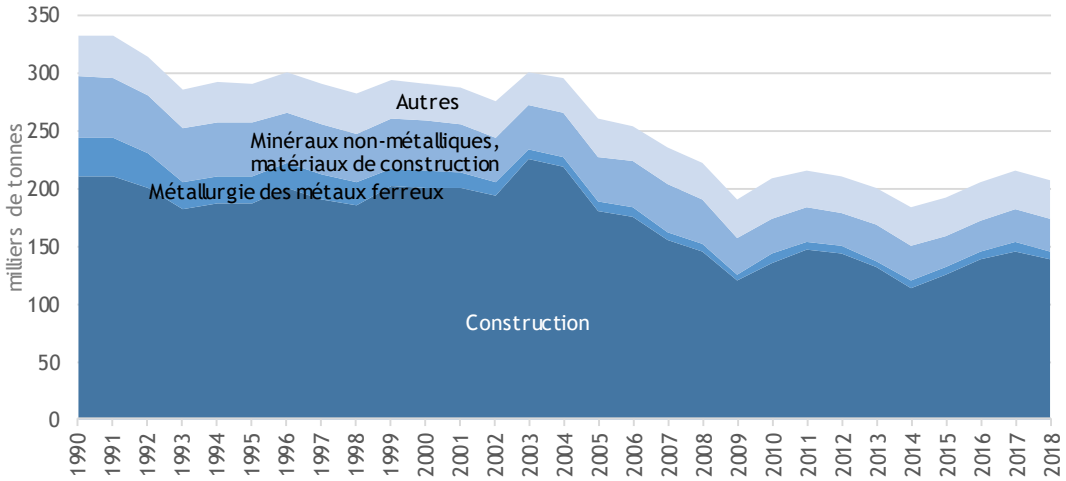
Ci-dessous, la contribution du secteur de l'industrie manufacturière et construction aux émissions nationales pour chacune des substances :

- TSP : la contribution du secteur au émissions nationales de TSP est stable au cours de la période 1990-2018, oscillant entre 23% et 30% (26% en moyenne) ;
- PM_{10} : 21% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 26% du total national en 2018, contre 21% en 1990 ;
- $PM_{2.5}$: 13% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 18% du total national en 2018, contre 13% en 1990 ;
- $PM_{1.0}$: 10% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 14% du total national en 2018, contre 9% en 1990 ;
- Carbone suie : 6% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 9% du total national en 2018, contre 6% en 1990 ;

TSP

Tous les sous-secteurs contribuent aux émissions de TSP mais le principal contributeur est le sous-secteur de la construction, du fait de la manutention des matériaux. Entre 1990 et 2018, la baisse observée de 38% est liée, d'une part, à l'évolution des activités, en particulier celles des chantiers du BTP (Bâtiments et Travaux Publics) et, d'autre part, à la mise en service de techniques de réduction (filtres à particules, dépoussiéreurs) sur plusieurs sites industriels. En 2009, suite à la crise économique, les émissions ont diminué de 15% par rapport à 2008, avant d'observer un effet rebond, causant une augmentation des émissions de 13% entre 2011 et 2009. Les émissions ne sont toutefois jamais revenues aux niveaux observés jusqu'en 2008.

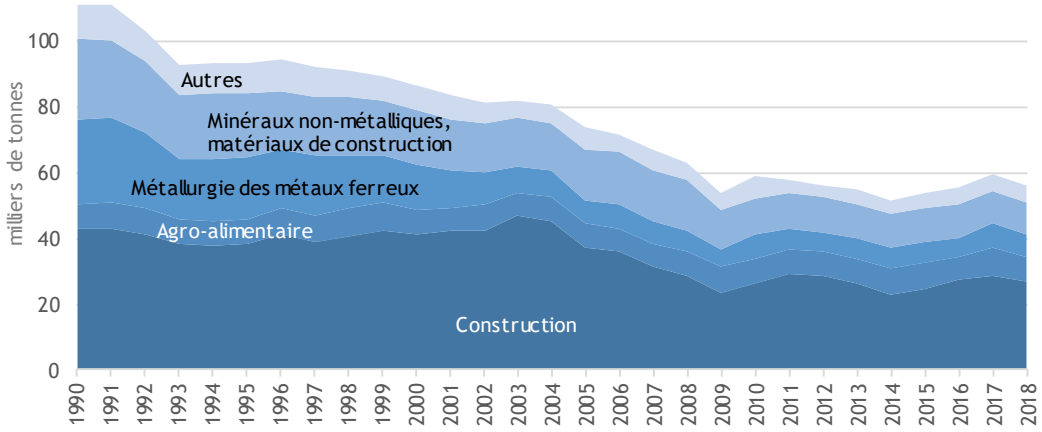
Répartition des émissions des TSP du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



PM_{10}

Comme pour les TSP, le principal contributeur est le sous-secteur de la construction.
Entre 1990 et 2018, la baisse des émissions est imputable, d'une part, à la métallurgie des métaux ferreux suite aux progrès réalisés par les sidérurgistes particulièrement dans les aciéries électriques (optimisation des procédés de combustion), d'autre part, aux variations de l'activité des chantiers du BTP (ralentissement à partir de 2009, suite à la crise économique de 2008) et enfin à la mise en place de techniques de dépoussiérage dans de nombreuses installations industrielles.

Répartition des émissions des PM_{10} du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)

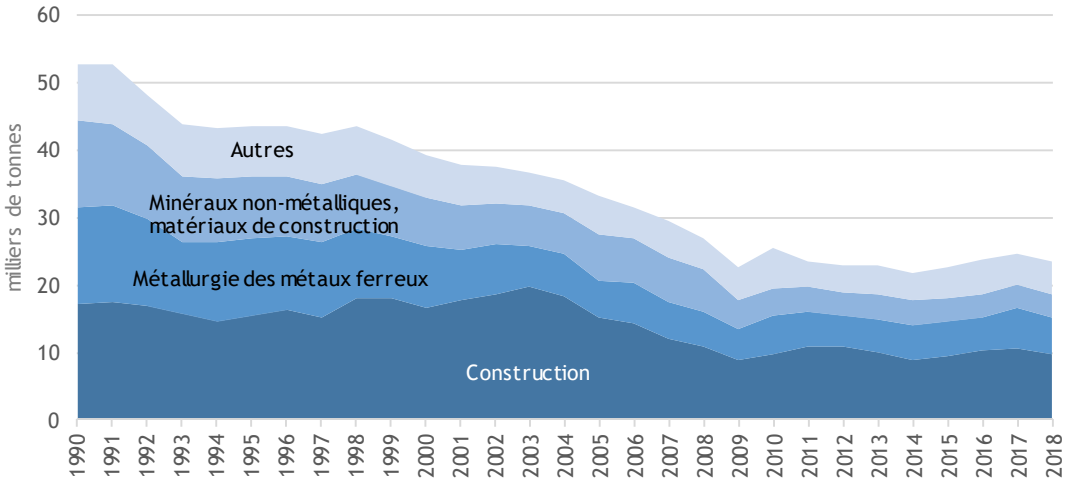


$PM_{2.5}$

En 2018, le premier sous-secteur émetteur de $PM_{2,5}$ est à celui de la construction, provenant notamment du travail et de la manipulation des matières premières. Les autres industries dont les émissions proviennent très majoritairement du travail du bois contribuent également aux émissions de $PM_{2.5}$ (4e contributeur au sein du secteur). Le secteur de la métallurgie des métaux ferreux (2e contributeur) et celui des minéraux non-métalliques et matériaux de construction (3e) sont les autres principaux contributeurs.

Entre 1990 et 2018, les émissions sectorielles ont baissé de plus de moitié (-55%). Cette baisse est essentiellement marquée dans le sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux suite aux progrès réalisés par les sidérurgistes (optimisation des procédés de combustion), particulièrement dans les aciéries électriques ainsi que dans le sous-secteur des minéraux non métalliques et matériaux de construction suite à la mise en place de techniques de réduction (filtres à particules, dépoussiéreurs) sur plusieurs sites industriels.

Répartition des émissions des $PM_{2.5}$ du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)

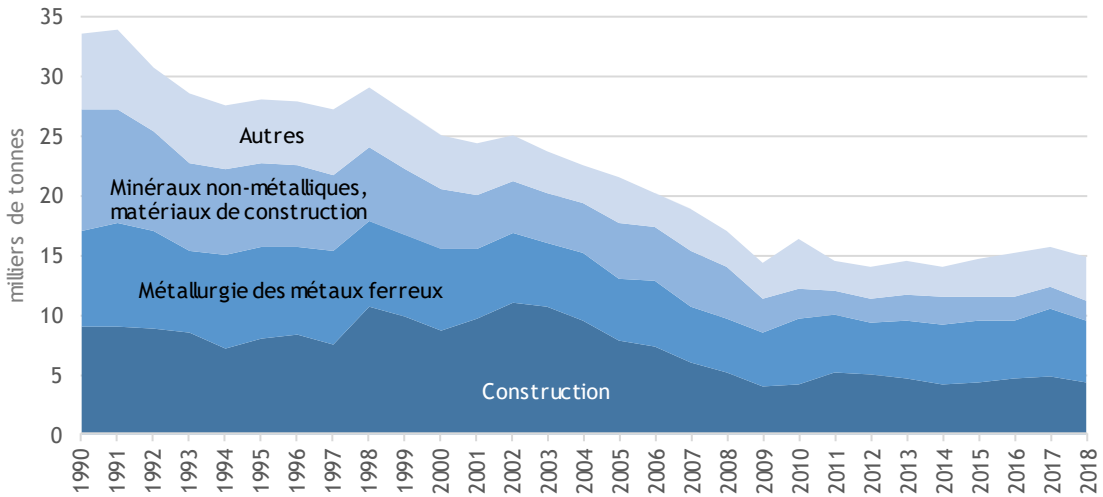


$PM_{1,0}$

Les deux principaux sous-secteurs émetteurs sont la métallurgie des métaux ferreux, dont les émissions ont peu diminué depuis 1990, et la construction.

Par rapport au niveau de 1990, les émissions ont diminué de plus de moitié suite, d'une part, aux progrès réalisés sur les sites sidérurgiques (optimisation des procédés de combustion) et plus particulièrement dans les aciéries électriques et, d'autre part, à l'efficacité des techniques de réduction (filtres à manches, filtres à particules) mises en œuvre dans les cimenteries.

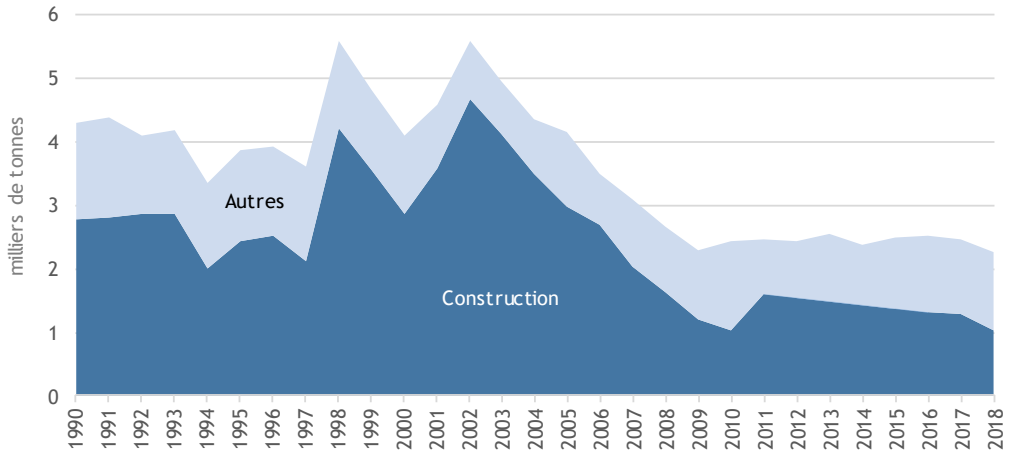
Répartition des émissions des $PM_{1.0}$ du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



Carbone suie

Les émissions de carbone suie sont issues de la combustion et plus particulièrement de la combustion dans les sources mobiles (Engins Mobiles Non Routiers : EMNR). Le sous-secteur de la construction est le principal contributeur depuis 1990. Les émissions proviennent également du sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux et des autres industries (production de papier et carton). Les variations observées peuvent être expliquées par une variabilité des volumes d'activité au sein du sous-secteur de la construction ainsi que par des changements d'utilisation des combustibles (utilisation plus ou moins intensive de biomasse ou de gazole).

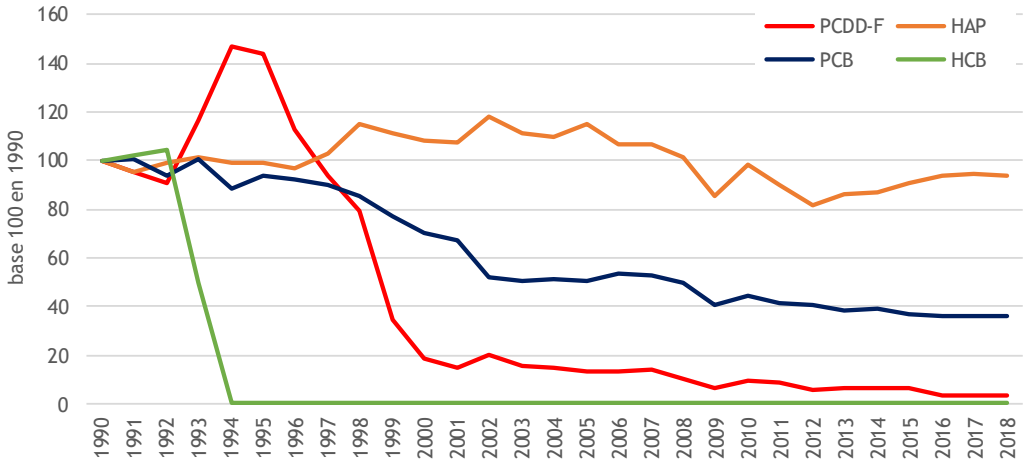
Répartition des émissions des BC du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



Polluants organiques persistants (POP)

Tendances des émissions des POP

Evolution relative des émissions du secteur de l'industrie manufacturière et construction des POP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



Les émissions des différentes substances composant les polluants organiques persistants ont baissé depuis 1990. Les émissions de HAP ont diminué de 6% par rapport au niveau observé en 1990, après avoir été supérieures sur la période 1997-2008. Les émissions de PCB ont diminué de 64% en 2018 par rapport à 1990. La baisse a pratiquement été continue sur la période, les augmentations observées étant faibles et occasionnelles. Les émissions de PCDD-F et de HCB ont été pratiquement éliminées du secteur de l'industrie avec des réductions respectives en 2018 de 97% et 99,9%, par rapport aux niveaux observés en 1990. Ci-dessous, la contribution du secteur de l'industrie manufacturière et construction aux émissions nationales pour chacune des substances :

- PCDD-F : 22% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 13% du total national en 2018, contre 21% en 1990 ;
- HAP : 3% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 5% du total national en 2018, contre 2% en 1990 ;
- PCB : 45% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 56% du total national en 2018, contre 34% en 1990 ;

- HCB : 10% du total national en moyenne sur la période 1990-2018, et 14% du total national en 2018, contre 9% en 1990 ;

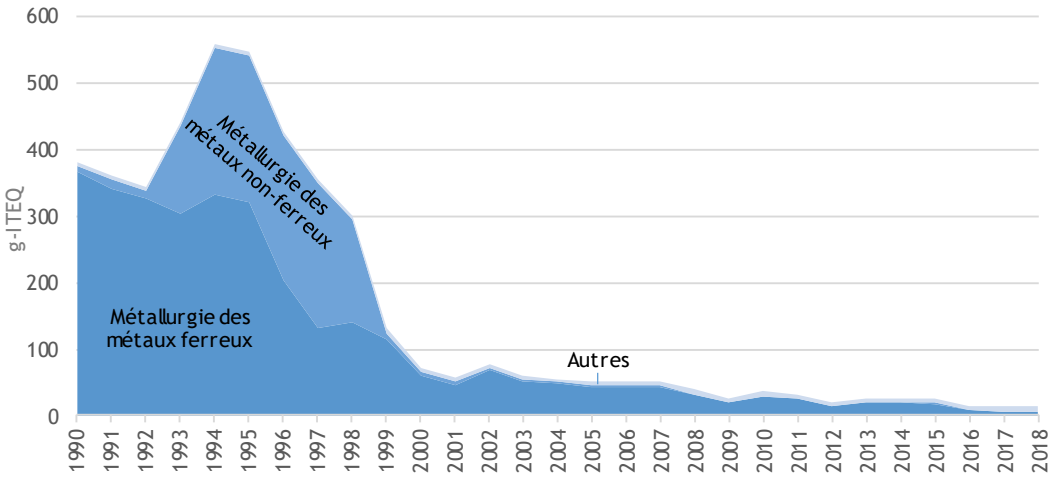
PCDD-F

En 2018, le sous-secteur des métaux ferreux est le principal contributeur du secteur de l'industrie manufacturière du fait des chaînes d'agglomération de minerai. Toutefois, la forte baisse observée dans ce sous-secteur sur la période 1990-2018 est liée aux progrès réalisés sur les sites sidérurgiques. Entre 2015 et 2016, on observe une baisse des émissions de plus de 60% dans ce sous-secteur, notamment en provenance des chaines d'agglomération en raison des progrès réalisés sur le process, l'efficacité du traitement et la qualité des mesures.

Entre 1993 et 1998, les émissions du sous-secteur de la métallurgie des métaux non-ferreux ont connu une très forte augmentation suite à l'ouverture en 1993 d'un site produisant du zinc à partir de déchets spéciaux, qui était très fortement émetteur de dioxines. A compter de 1998, ce site a mis en place des équipements de traitement des effluents gazeux d'où une baisse des émissions.

Entre 2012 et 2015, les émissions oscillent entre 20 et 25 g ITEQ. Depuis 2016, les émissions ont de nouveaux chuté, pour atteindre un niveau historiquement bas en 2017 et 2018,avec moins de 13 g ITEQ émis au sein du secteur.

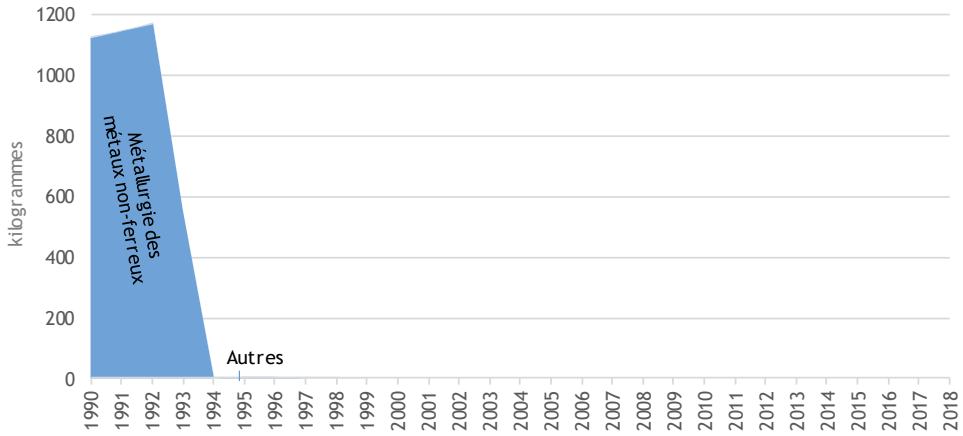
Répartition des émissions des PCDD-F du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



HCB

De 1990 à 1993, les émissions de HCB étaient dues au secteur de la métallurgie des métaux non-ferreux et plus particulièrement la production d'aluminium de seconde fusion. En effet, jusqu'en 1993, de l'hexachloroéthane était utilisé comme apport de chlore et engendrait des émissions de HCB. Cette substance a été interdite à partir de 1993 et explique la réduction drastique des émissions dans ce sous-secteur. Depuis 1994, le sous-secteur contribuant majoritairement aux émissions de HCB est la métallurgie des métaux ferreux (chaine de fabrication de l'acier). Ces émissions ne sont pas visibles sur le graphique ci-dessous car le niveau total des émissions de HCB en 2018 pour le secteur dans son ensemble est de 0,6 kg.

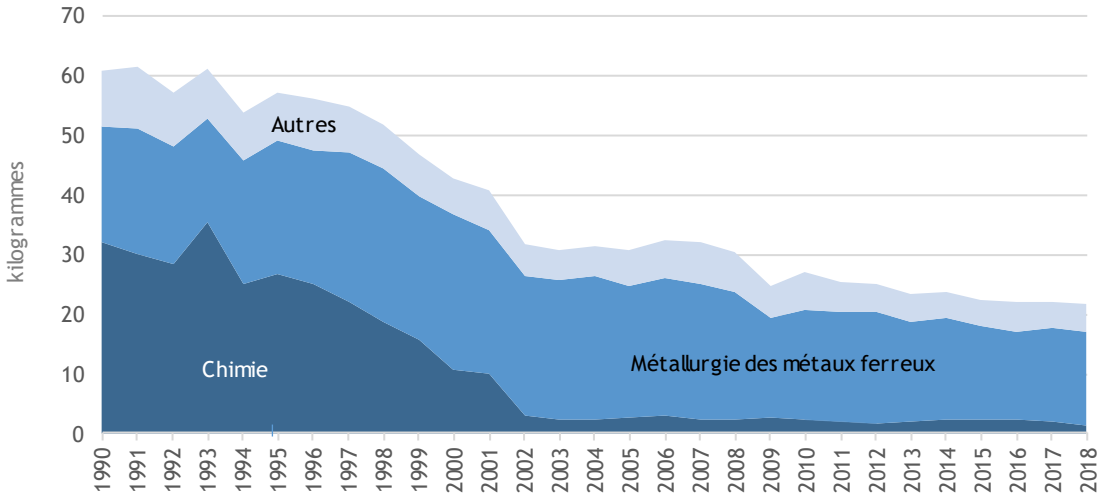
Répartition des émissions des HCB du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



PCB

Le sous-secteur de la métallurgie des métaux ferreux contribue majoritairement aux émissions de PCB du secteur de l'industrie manufacturière et construction (72%). Sur la période 1990-2018, les émissions venant de la métallurgie des métaux ferreux sont relativement stables. La baisse observée des émissions du secteur est imputable aux installations chimiques, qui étaient les principales contributrices (32 kg, 53% du total sectoriel en 1990), et qui aujourd'hui n'émettent que 1,5 kg, soit 7% du total pour l'industrie manufacturière. Entre 1995 et 2002, celles-ci ont vu leurs émissions décroître de 90%. Dans le sous-secteur de la chimie, sont rapportées les émissions de l'incinération in-situ des déchets industriels dangereux. Cette baisse est liée notamment à la mise en place de techniques d'abattement pour les PCDD-F, qui ont également eu un effet sur les PCB.

Répartition des émissions des PCB du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)

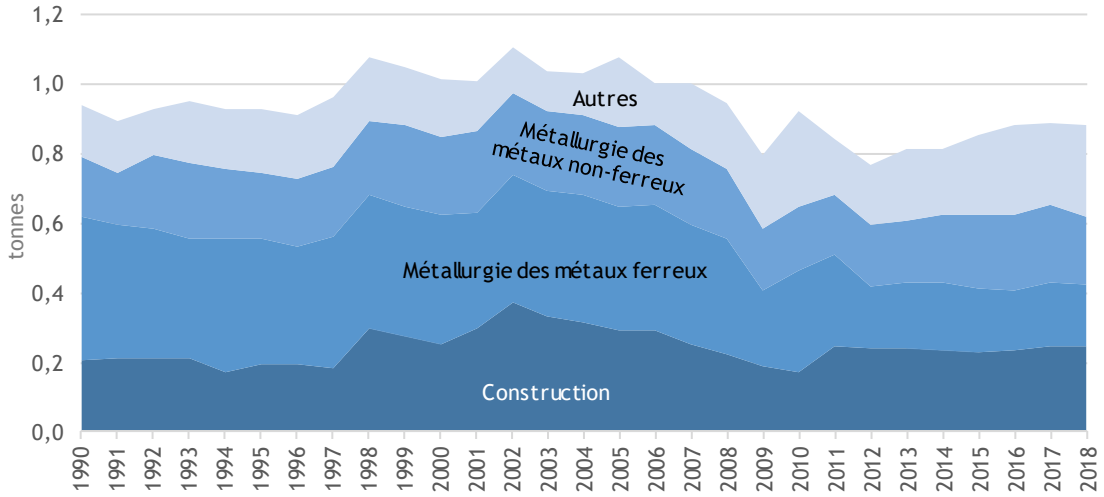


HAP

Les émissions de HAP provenant du secteur de l'industrie manufacturière et construction sont marginales (environ une tonne par an), et ne représente pas plus de 5% des émissions du total national depuis 1990, sauf pour 2018 (5,1% des émissions nationales).

Les émissions dans le secteur de l'industrie proviennent de la combustion de biomasse, de minéraux solides et de carburants. Le principal contributeur au sein du secteur industriel est celui de la construction.

Répartition des émissions des HAP du secteur de l'industrie manufacturière et construction en France (Métropole)



Liste des sources incluses dans ce secteur

Industrie de l'énergie	
Production d'électricité [Production d'électricité]	
Installations de combustion (sauf 010106)	0101xx
Autres décarbonatations (désulfuration et déNOx - SCR)	040631 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Chauffage urbain [Chauffage urbain]	
Chauffage urbain	0102xx
Autres décarbonatations (désulfuration)	040631 (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Raffinage du pétrole [Raffinage du pétrole]	
Installations de combustion et fours de raffinage	0103xx
Elaboration de produits pétroliers	040101
Craqueur catalytique - chaudière à CO	040102
Récupération de soufre (unités Claus)	040103 (*)
Stockage et manutention de produits pétroliers en raffinerie	040104
Autres procédés	040105
Production d'acide sulfurique	040401 (*)
Station d'expédition en raffinerie	050501
Soufflage de l'asphalte	060310
Torchères en raffinerie de pétrole	090203
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Transformation des combustibles minéraux solides [Transformation des -combustibles minéraux solides]	
Installations de combustion	0104xx
Four à coke	010406
Fours à coke (fuites et extinction)	040201
Fabrication de combustibles solides défumés	040204
Production de sulfate d'ammonium	040404 (*)
Extraction des combustibles fossiles solides et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles solides]	
Extraction des combustibles fossiles solides	0501xx
Extraction des combustibles liquides et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles liquides]	
Extraction des combustibles fossiles liquides	050201
Distribution de combustibles liquides (sauf essence)	0504xx
Distribution essence, transport et dépôts (excepté stations service)	050502
Stations service (y compris refoulement des réservoirs)	050503
Torchères dans l'extraction de gaz et de pétrole	090206 (*)
Extraction des combustibles gazeux et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles gazeux]	
Installations de combustion et stations de compression	0105xx
Extraction des combustibles fossiles gazeux	0503xx
Réseaux de distribution de gaz	0506xx
Torchères dans l'extraction de gaz et de pétrole	090206 (*)
Extraction énergie et distribution autres (géothermie, …) [Extraction et distribution de combustibles - autres]	
Géothermie	050700
Autres secteurs de l'industrie de l'énergie [Autres secteurs de l'industrie de l'énergie]	
Production d'électricité - Autres équipements (incinération de déchets domestiques avec récupération d'énergie)	010106
Transformation des combustibles solides autres	010407
Autres mises en décharge de déchets solides	090403 (*)
Chimie organique, non-organique et divers [Chimie]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Autres fours sans contact	030205
Récupération de soufre (unités Claus)	040103 (*)
Production de silicium	040303
Production d'acide sulfurique	040401 (*)
Production d'acide nitrique	040402
Production d'ammoniac	040403
Production de sulfate d'ammonium	040404 (*)
Production de nitrate d'ammonium	040405
Production de phosphate d'ammonium	040406
Production d'engrais NPK	040407
Production d'urée	040408
Production de noir de carbone	040409
Production de dioxyde de titane	040410
Production de graphite	040411
Production de carbure de calcium	040412
Production de chlore	040413

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Résidentiel, Tertiaire, Commercial, Institutionnel

Rédaction | **Stéphanie BARRAULT**
Benjamin CUNIASSE

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Description du secteur 312
Panorama et enjeux 312
Emissions incluses dans ce secteur 312
Principales substances émises par le secteur 313
Emissions de gaz à effet de serre 314
Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO_2e 314
Détail par gaz à effet de serre 315
Emissions de polluants atmosphériques 317
Acidification, eutrophisation, pollution photochimique 317
Métaux lourds 319
Polluants organiques persistants 323
Particules 325
Liste détaillée des sources d'émissions incluses dans le secteur 328

En bref

Ce secteur regroupe diverses sources d'émissions rassemblées en deux grands secteurs : le résidentiel (chauffage, climatisation des bâtiments d'habitation, engins de loisirs et jardinage, utilisation domestique de solvants, etc.) et le tertiaire (chauffage, refrigération, climatisation des bâtiments des entreprises, commerces, institutions et. Services publics, etc.). Les émissions de ce secteur, pour les GES comme pour la plupart des polluants, sont dominées par les appareils de combustion. La climatisation, la réfrigération commerciale et l'utilisation de solvants ont aussi des impacts importants sur les émissions de certains polluants.

Afin de pouvoir réduire à la fois les émissions de GES mais aussi celles de polluants liées à ce secteur, les principaux enjeux sont ceux de la rénovation énergétique des bâtiments et du choix des sources de combustion.

Description du secteur

Panorama et enjeux

Ce secteur rassemble diverses activités non seulement liées à la combustion (fioul domestique, gaz naturel, biomasse comme le bois) en particulier pour les appareils de chauffage des bâtiments, mais aussi à des activités domestiques (usage de solvants, de tabac, traitement des eaux usées, etc.).

Globalement, les émissions du secteur résidentiel/tertiaire en France métropolitaine ont diminué sur la période 1990-2018, aussi bien pour les polluants atmosphériques que les gaz à effet de serre. Les émissions liées à la combustion sont en baisse pour la plupart des polluants. Cette tendance trouve son origine essentiellement dans l'amélioration des performances énergétiques des appareils domestiques brûlant du bois, mais provient également de l'évolution des types de combustibles utilisés.

A noter, ce secteur est très dépendant des conditions climatiques et les consommations d'énergie, et donc les émissions de CO_2, mais aussi des polluants, suivent généralement les fluctuations de l'indice de rigueur climatique. D'autres éléments tels que les caractéristiques des combustibles mais aussi l'amélioration continue des technologies de combustion, l'isolation des bâtiments, etc. peuvent aussi influer fortement sur les émissions.

Les enjeux du secteur, pour les sources combustion notamment sont liés à la réduction nécessaire des émissions de GES et la lutte contre la pollution atmosphérique. Ces politiques doivent être coordonnées car il y a des risques d'antagonismes, le plus connu étant celui de la combustion de biomasse ayant des impacts positifs sur les émissions de GES mais associée à des émissions de PM et carbone suie pouvant conduire à plus de risque de non-respect des valeurs limites en termes de qualité de l'air et un impact climat pour le carbone suie de surcroit. Par ailleurs, l'utilisation de biomasse énergie n'est pas neutre du point de vue climatique (voir secteur UTCATF et l'analyse complémentaire : la biomasse énergie est-elle neutre en carbone ?). L'atteinte des budgets carbone de la SNBC et des réductions des émissions de polluants requis par le PREPA, le respect des normes de qualité de l'air notamment pour les PM, dépondront des progrès accomplis dans ce secteur. Ces progrès passent notamment par la rénovation énergétique, les choix adaptés des sources d'énergie et les progrès techniques mais aussi les comportements sociétaux (bien utiliser ses équipements bois…).

Emissions incluses dans ce secteur

Pour l'analyse des émissions du secteur résidentiel/tertiaire, présentée ci-après, une distinction est faite entre les émissions des sous-secteurs résidentiel et tertiaire, de telle sorte que chaque sous-secteur représente :

- **Résidentiel** : Emissions liées aux activités domestiques, notamment dans les bâtiments d'habitation (combustion des appareils de chauffage (chaudières, poêles…), feux ouverts (cheminées…), engins mobiles non routiers pour le loisir/jardinage, utilisation domestique de solvants, réfrigération et air conditionné, consommation de tabac, traitement des eaux usées, etc.)

- **Tertiaire** : Emissions liées aux activités et bâtiments des entreprises, commerces, institutions et services publics (combustion des appareils de chauffage, utilisation de solvants, réfrigération et air conditionné, bombes aérosols, utilisation de feux d'artifices, etc.)

Ce secteur, bien qu'appelé « Bâtiments » pour « bâtiments du résidentiel-tertiaire » dans les graphes SNBC, ne correspond pas exactement au secteur bâtiments tel qu'il est pris en compte dans certaines réglementations ou par la profession. Notons en particulier que :

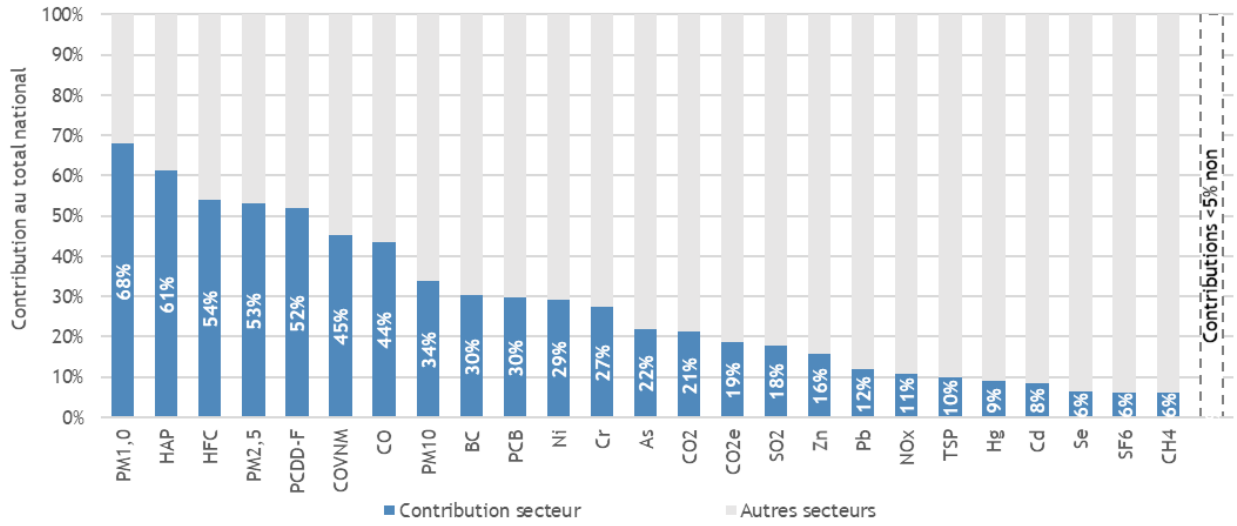
- La construction n'est pas incluse dans ce secteur mais dans *Industrie manufacturière et construction* ;
- L'artificialisation des sols est incluse dans le secteur UTCATF ;
- Les émissions liées aux réseaux de chaleur ou au chauffage électrique sont comptabilités dans le secteur Industrie de l'énergie.

A noter

Ce chapitre sera revu en profondeur lors de la prochaine édition du rapport Secten de façon, notamment, à faire apparaître une décomposition des deux secteurs « Résidentiel » et « Tertiaire » et ainsi mettre en évidence les activités les plus impactantes.

Principales substances émises par le secteur

Substances pour lesquelles le secteur résidentiel/tertiaire contribue pour au moins 5% aux émissions en 2018



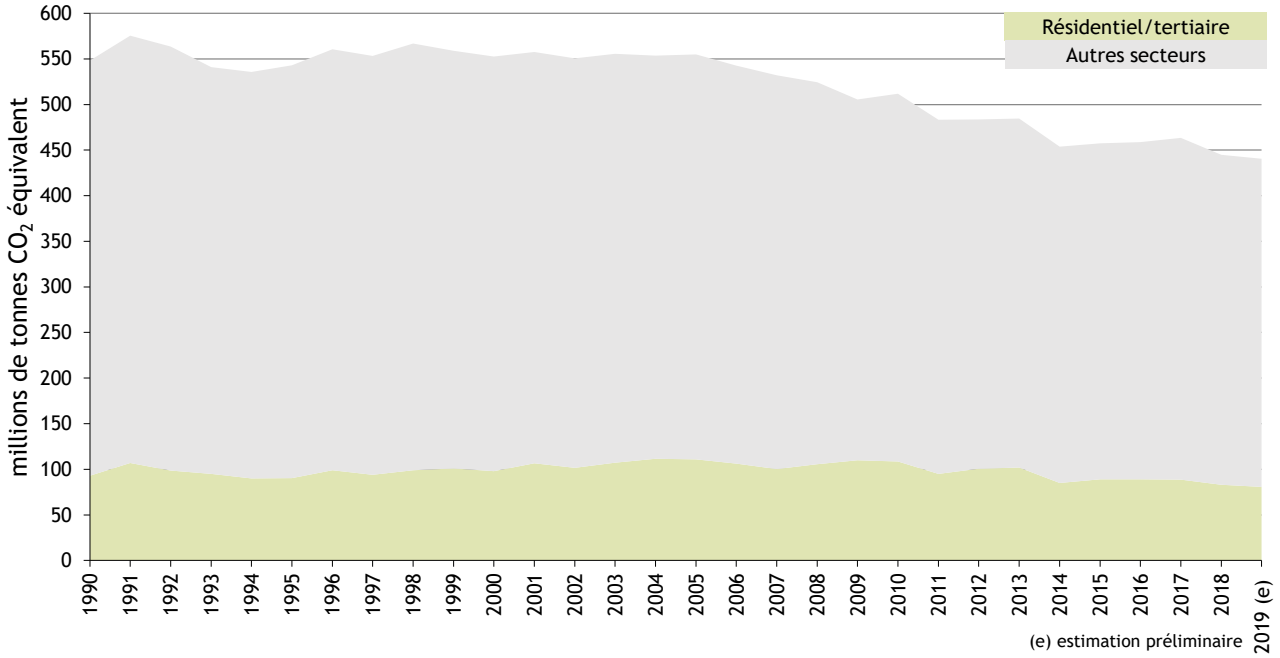
Le secteur du résidentiel-tertiaire contribue pour plus de 50 % aux émissions nationales de plusieurs familles de polluants : PM_1, $PM_{2,5}$, HAP, HFC, et dioxines et furanes.

Emissions de Gaz à effet de serre

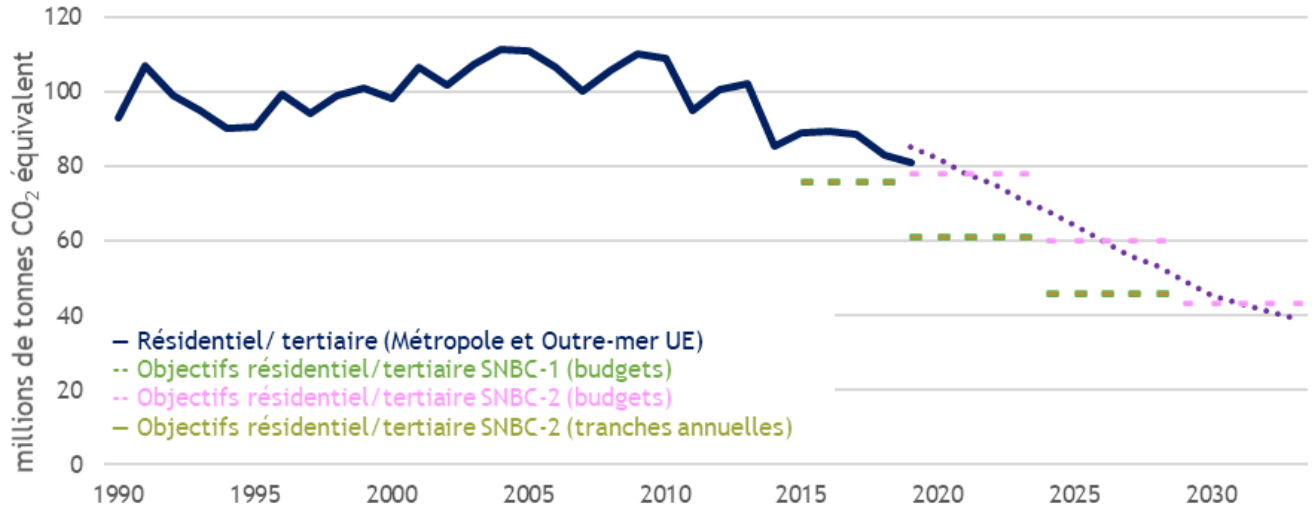
Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO_2e

Le graphe ci-dessous présente l'évolution des émissions du secteur résidentiel tertiaire comparée aux émissions totales de GES. L'allure est relativement stable. Depuis 2017, une baisse des émissions de GES est notable, principalement liée à la réduction des émissions de CO_2 et de HFC. Si cette baisse se confirme, ce qui est probable étant donnée la tendance observée sur les HFC, l'objectif SNBC devrait être atteint en 2019.

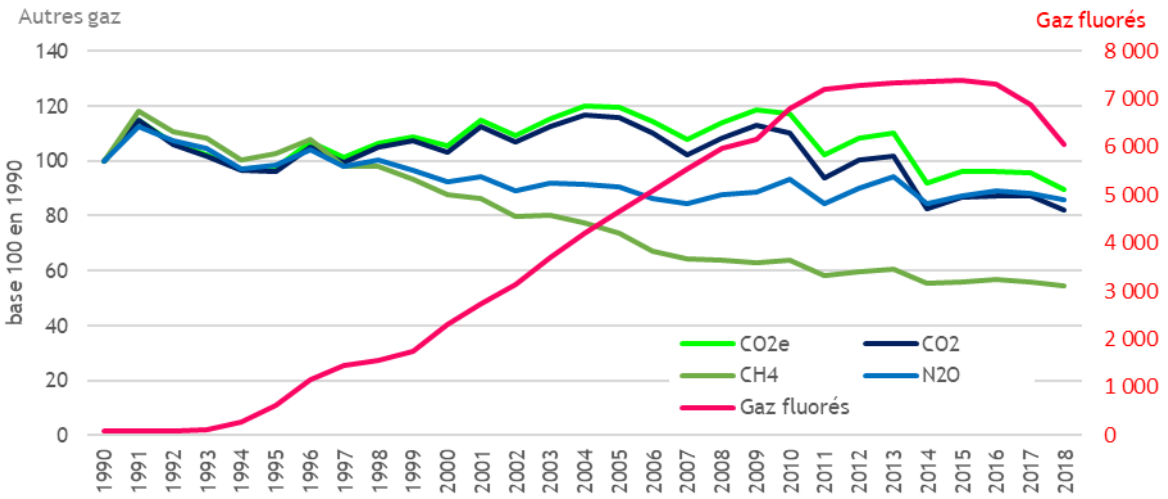
Contribution du secteur aux émissions totales de GES de la France



Emissions de GES du secteur et objectifs SNBC



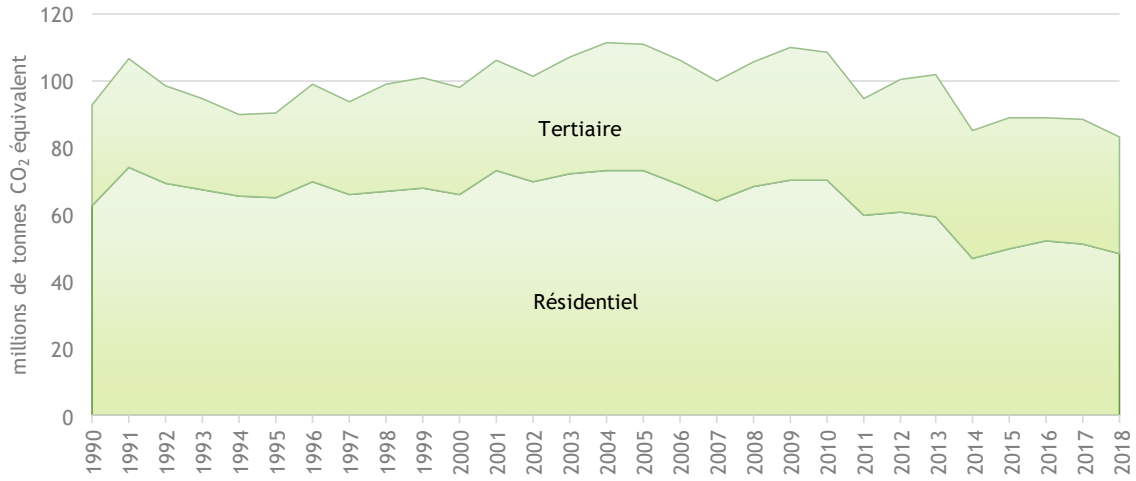
Tendance d'évolution des émissions de GES du Résidentiel-Tertiaire



Evolution relative des émissions du secteur du Résidentiel-Tertiaire des différents GES en France (Métropole et Outre-mer UE) (base 100 en 1990)

L'allure des émissions de gaz à effet de serre est fortement impactée par celle des émissions de CO_2 étant donné qu'elles ont toujours représenté, pour le résidentiel-tertiaire, plus de 85% des émissions de gaz à effet de serre en CO_2 équivalent (entre 85 et 92%). La part de la contribution des gaz fluorés est croissante, de 1% en 1995 à 10% en 2018 (le pic ayant été atteint en 2014 avec 12% des émissions de GES du secteur). La contribution du CH_4 au émissions GES du secteur a baissé de 7% dans les années 1990 à 4% depuis 2014. Enfin, la contribution du N_2O est très faible : elle ne représente qu'1% des émissions de GES du secteur résidentiel tertiaire, part stable sur l'historique.

Répartition des émissions de CO_2e du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole et Outre-mer UE)



Détail par gaz à effet de serre

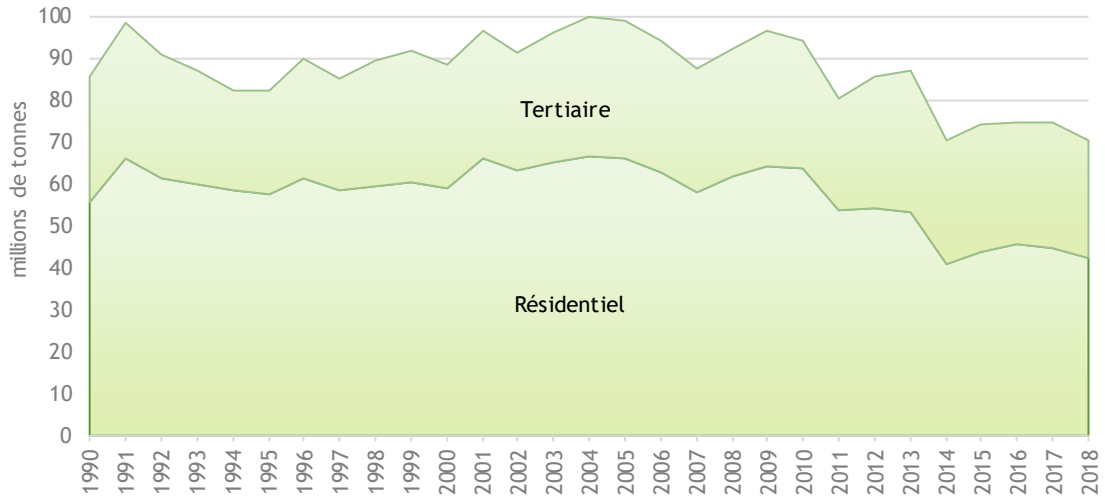
CO_2

Entre 1990 et 2010, les émissions de CO_2 (hors biomasse) ont légèrement augmenté du fait de la hausse des consommations énergétiques du secteur. Les variations constatées depuis 2010 sont liées aux variations climatiques entre ces années (les années 2011, 2014 et 2015 ont été extrêmement douces).

Les émissions de CO_2 de la biomasse, comptabilisées hors total, ont connu une hausse de 2007 à 2010 due à des consommations plus importantes résultant notamment de la mise en place de politiques nationales incitant à la consommation de biomasse (PPI Chaleur : Programmation Pluriannuelle des Investissements de production de chaleur ; projet BCIAT (Biomasse, Chaleur, Industrie, Agriculture, Tertiaire) de l'ADEME)). Depuis 2010, les évolutions interannuelles sont majoritairement liées aux

variations climatiques.

Répartition des émissions de CO_2 du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole et Outre-mer UE)



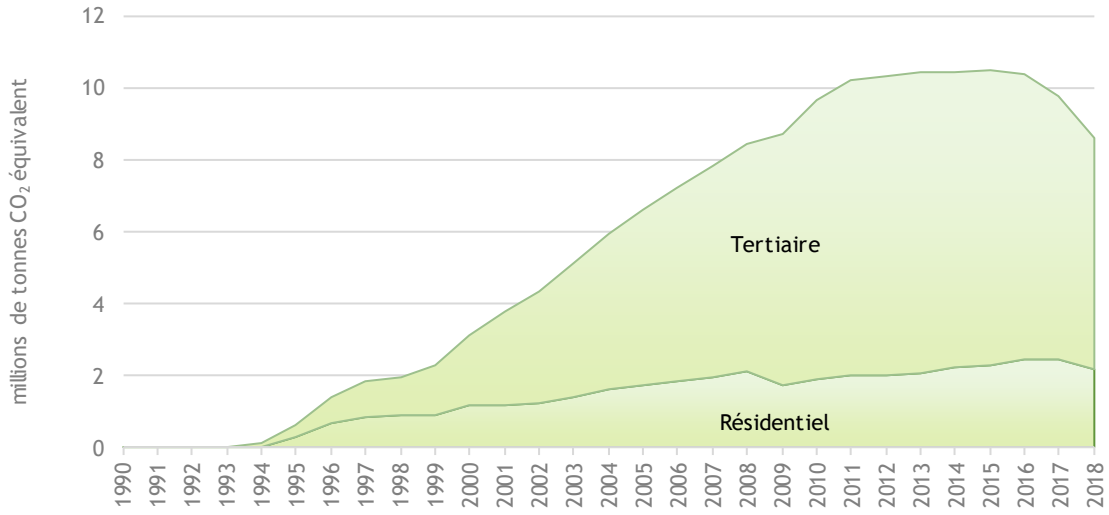
HFC

Les émissions de HFC du secteur résidentiel/tertiaire sont en forte croissance depuis les années 1995, car les HFC ont progressivement remplacé les CFC et HCFC, substances appauvrissant la couche d'ozone, dans les équipements de froid, de climatisation et les aérosols. Le secteur résidentiel tertiaire contribue à une part importante des émissions de la France métropolitaine (54% en 2018).

Après une période de stabilité de 2011 à 2016, les émissions de HFC du résidentiel tertiaire sont en baisse : cela résulte notamment de l'application de la réglementation F-Gas (EU) N 517/2014 ayant imposé une réduction des quantités de HFC mises sur le marché Européen, en équivalent CO_2. Ces dernières années, des alternatives aux HFC à fort PRG ont été développées : Le R-32 (PRG = 675) remplace progressivement le R-410A (PRG=2100) en climatisation par exemple, le R-404A (PRG=3900) cesse d'être utilisé en froid commercial. Par ailleurs, les pratiques de maintenance se sont améliorées, conduisant à une réduction des taux d'émissions ; de plus, la pénurie de fluides sur le marché européen encourage à la réutilisation et au recyclage, limitant également les émissions en fin de vie des équipements.

Le secteur tertiaire représente les 3/4 des émissions de HFC du secteur. Plus de détails seront apportés lors de la prochaine édition Secten afin de préciser les types d'équipements concernés.

Répartition des émissions de HFC du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole et Outre-mer UE)

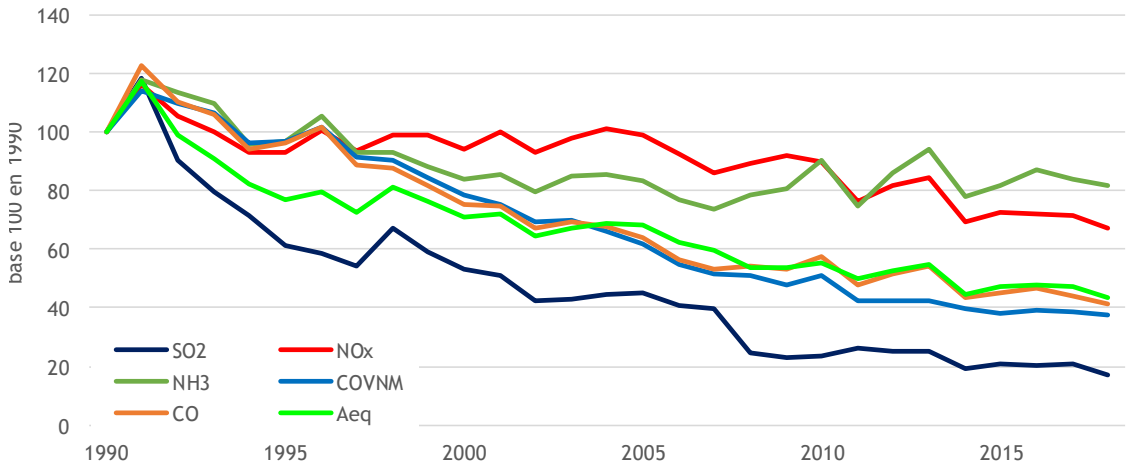


Emissions de polluants atmosphériques

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique

Tendance des émissions d'AEPP

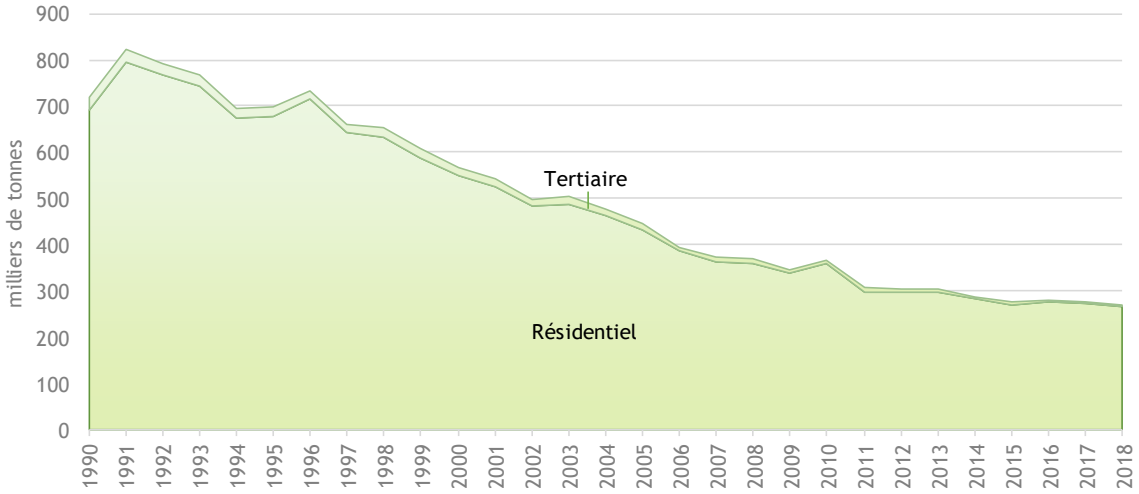
Evolution relative des émissions du secteur Résidentiel/tertiaire des substances de l'AEPP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



COVNM

La part des émissions de COVNM du secteur résidentiel-tertiaire dans le total national demeure élevée (45 % des émissions nationales) malgré un recul significatif des émissions depuis 1990. Cette baisse est imputable en grande partie aux améliorations des performances des équipements fonctionnant au bois dans le résidentiel ainsi qu'à la baisse de la teneur en solvants des peintures domestiques.

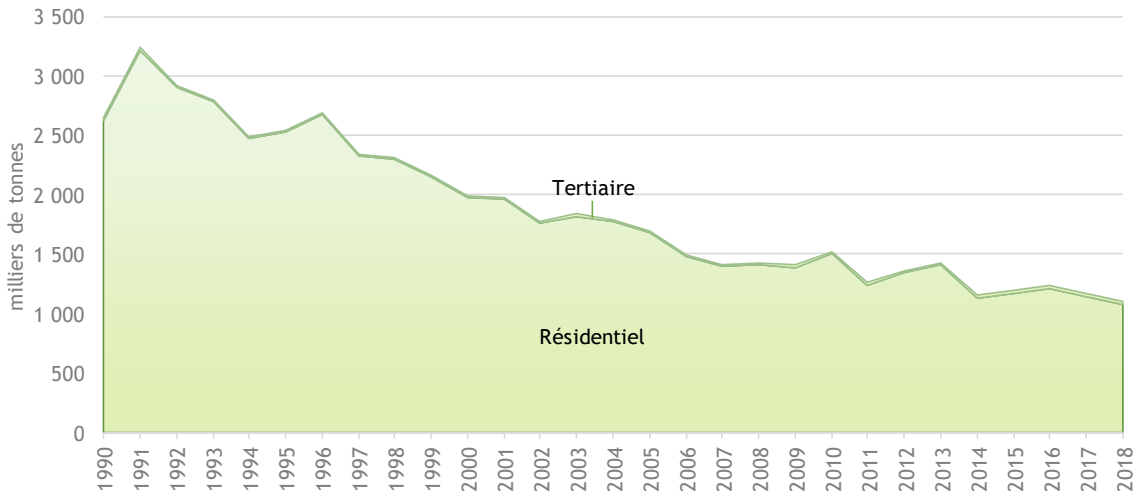
Répartition des émissions de COVNM du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



CO

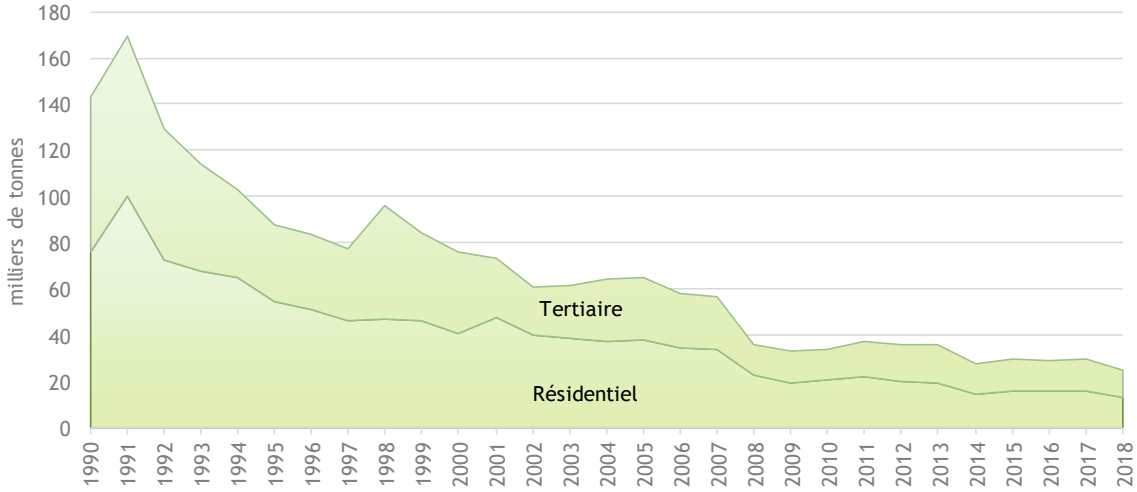
Les émissions de CO du secteur résidentiel-tertiaire représentent aussi une part élevée des émissions nationales (44 % en 2018). Elles proviennent principalement de la combustion du bois dans les équipements domestiques. Le renouvellement progressif du parc d'appareils depuis 1990 vers des équipements ayant de meilleures performances environnementales a néanmoins permis une baisse sensible des émissions.

Répartition des émissions de CO du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



SO_X

Répartition des émissions de SO_2 du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Les émissions de SO_2 issues de la combustion dans le secteur résidentiel/tertiaire sont en forte baisse depuis 1990. Cette baisse est imputable à la baisse de la teneur en soufre des combustibles et à l'évolution du mix énergétique.

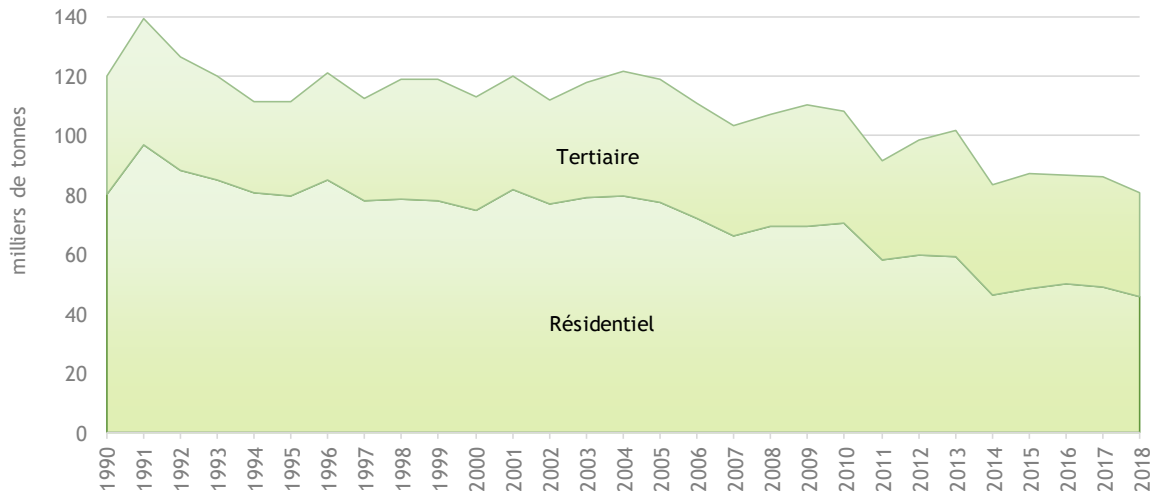
La baisse constatée entre 2007 et 2008 est liée à la réduction de la teneur en soufre du fioul domestique depuis le 1er janvier 2008 (teneur fixée à 0,1% au lieu de 0,2%).

La baisse observée en 2014 provient d'une moindre consommation énergétique du fait d'une année particulièrement chaude. L'année 2018 constitue le niveau le plus bas observé sur la période 1990-2018, soit une baisse de 83 % par rapport à 1990.

NO_X

Les émissions de NOx de ce secteur sont relativement stables. Les légères variations annuelles observées sont liées aux consommations énergétiques dépendant des conditions climatiques. Lors des années plus douces (1990, 2002, 2007, 2011, 2014), les demandes énergétiques pour le chauffage sont plus faibles qu'en année "moyenne" et inversement lors des années avec des conditions climatiques plus rigoureuses (1991, 1996, 2010).

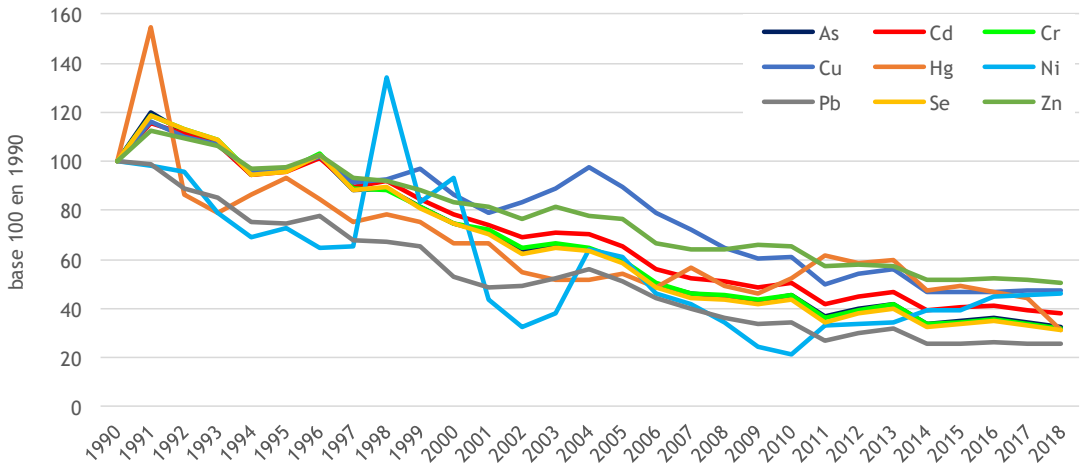
Répartition des émissions de NOx du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Métaux lourds

Tendance des émissions de Métaux lourds

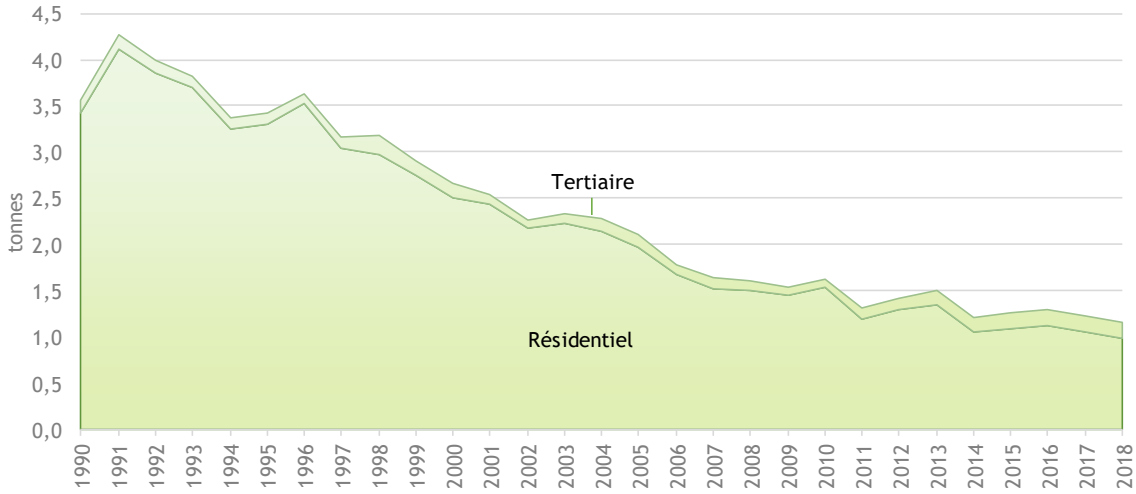
Evolution relative des émissions du secteur Résidentiel/tertiaire des métaux lourds en France (Métropole) (base 100 en 1990)



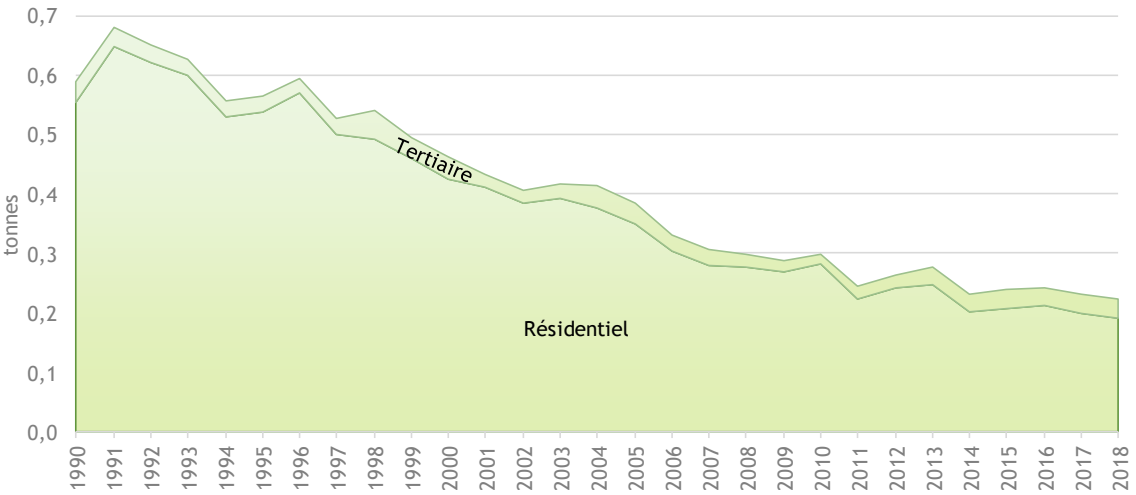
As, Cd, Cr, Se, Zn

Malgré les effets positifs de l'évolution des consommations de combustibles et un recul notable des émissions depuis 1990, la part des émissions de métaux lourds demeure relativement importante du fait de leur présence dans le bois notamment, largement consommé dans le résidentiel.

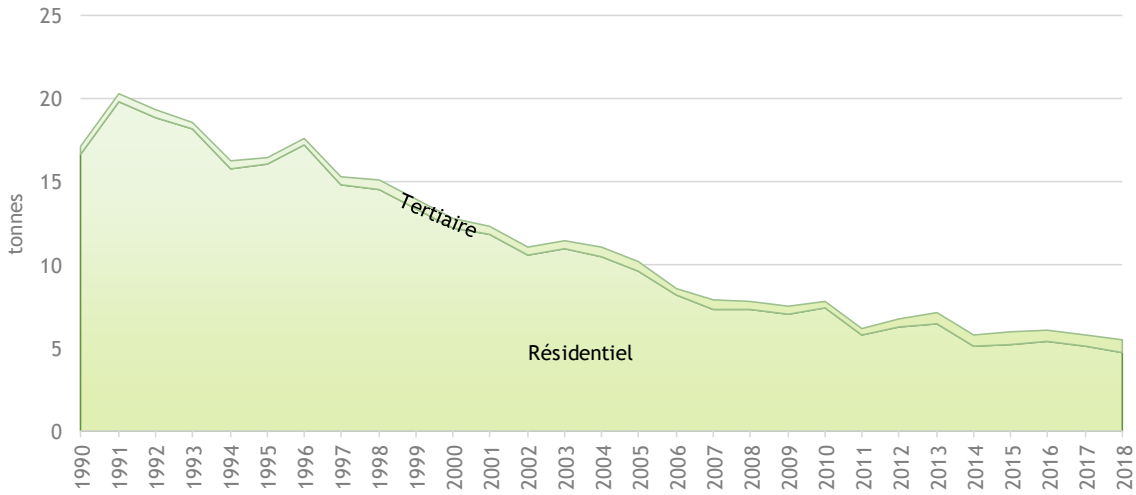
Répartition des émissions de As du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



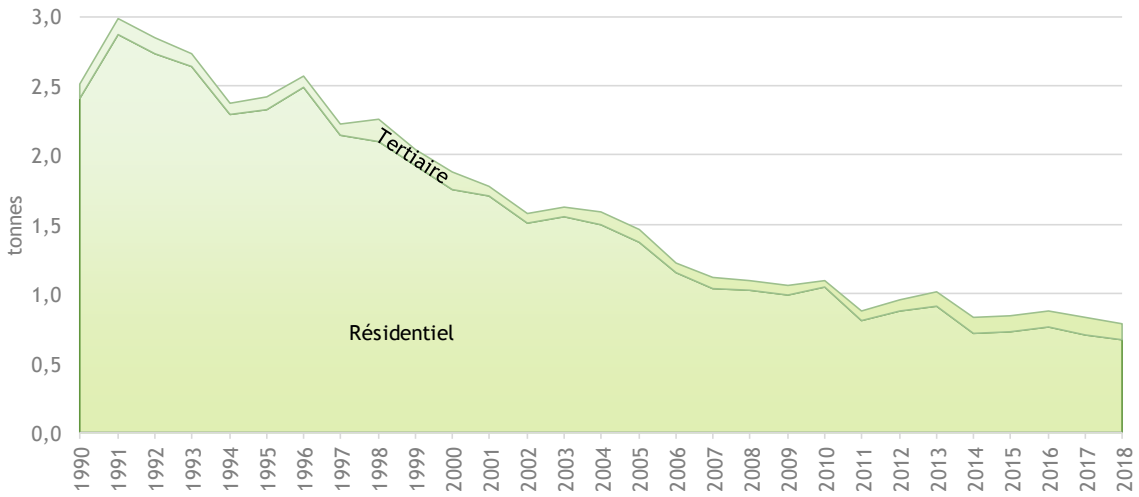
Répartition des émissions de Cd du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



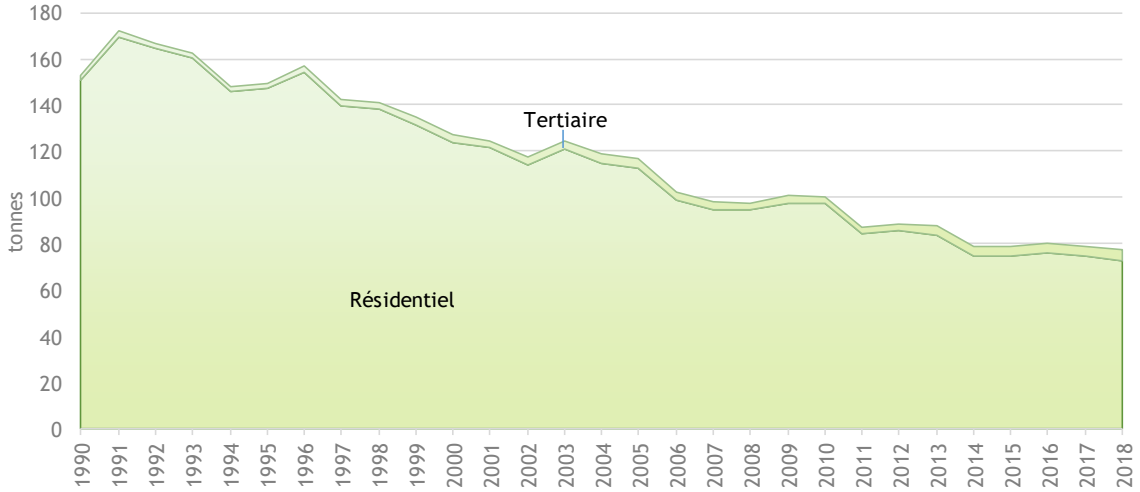
Répartition des émissions de Cr du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Répartition des émissions de Se du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



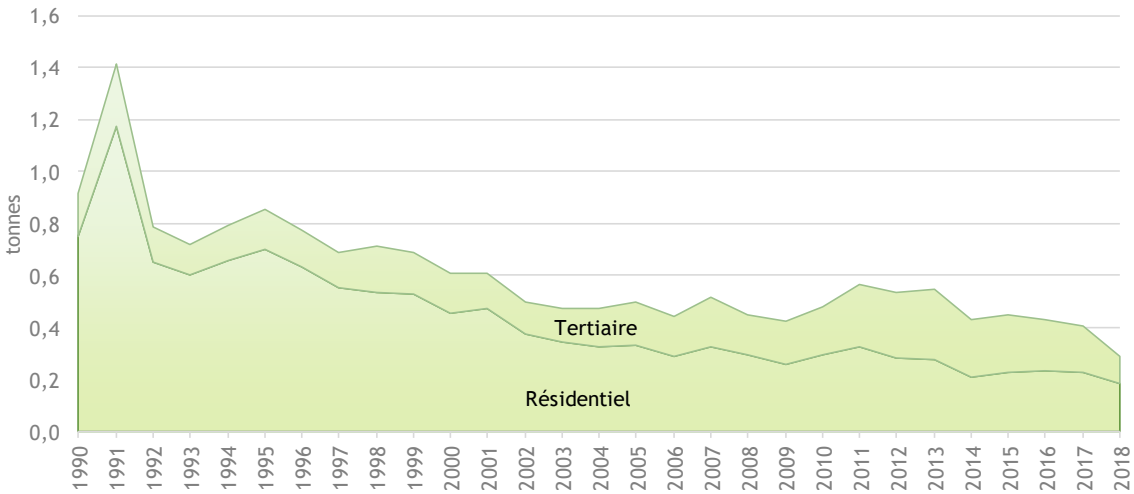
Répartition des émissions de Zn du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Hg

Les émissions de mercure proviennent des traces de ce métal dans les Combustibles Minéraux Solides (CMS), les combustibles liquides et le bois. La réduction des consommations de CMS et des combustibles liquides au profit du gaz naturel contenant peu de mercure a contribué à la baisse des émissions dans ce secteur.

Répartition des émissions de Hg du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)

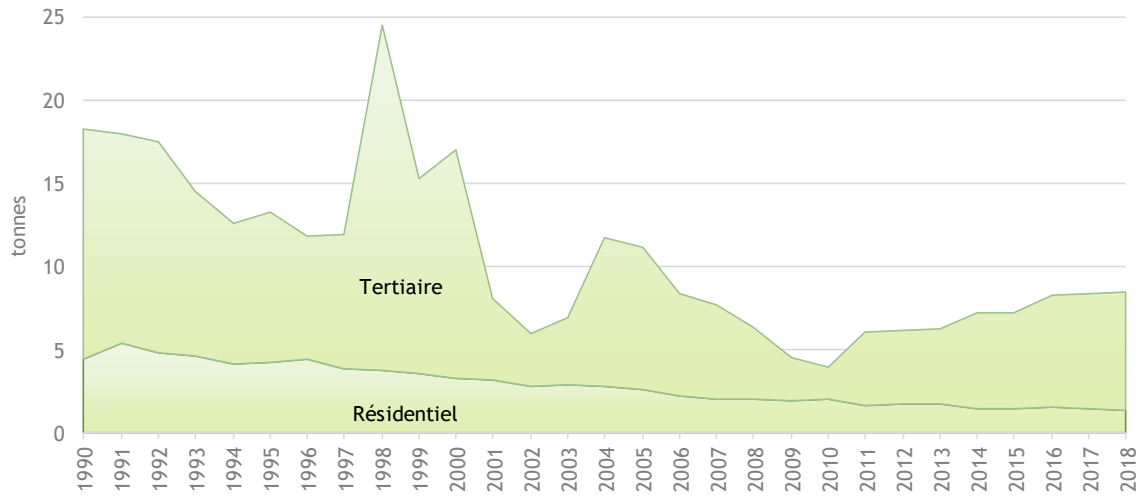


Ni

Les émissions de nickel proviennent en grande partie des traces de ce métal dans le fioul lourd et, dans une moindre mesure, dans le bois.

Le tertiaire, représente la majorité des émissions de ce secteur du fait de sa consommation de fioul lourd. Malgré une baisse globale des émissions de Ni depuis 1990, le secteur du résidentiel/tertiaire contribue à hauteur de 29 % aux émissions nationales en 2018. Depuis 2010, une augmentation des émissions de Ni du tertiaire est observé du fait d'une consommation à nouveau croissante de fioul lourd (+240% entre 2010 et 2011 et +380% entre 2010 et 2017), même si sa part dans le mix énergétique reste relativement marginale.

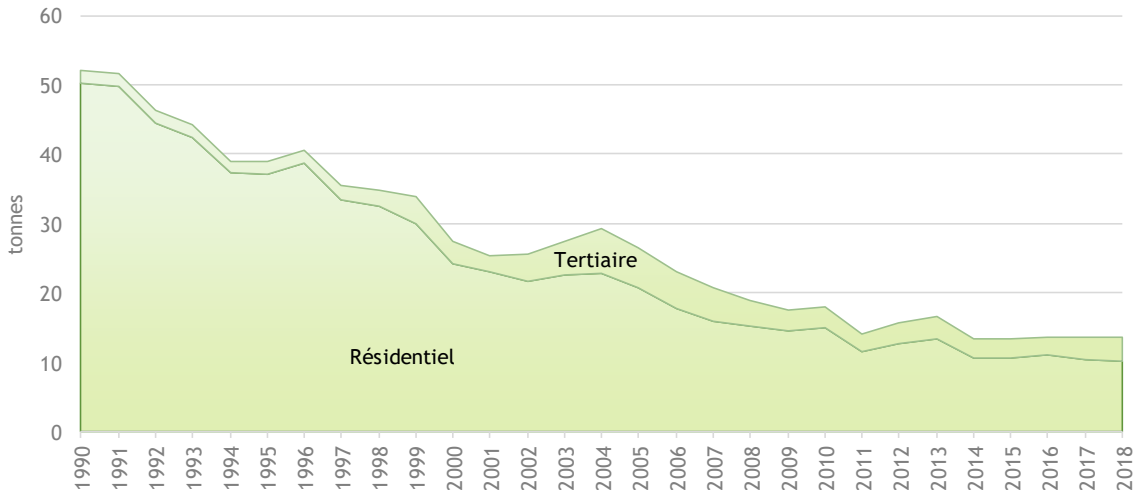
Répartition des émissions de Ni du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Pb

La baisse des émissions de plomb liées à la combustion depuis 1990 est importante (-74% entre 1990 et 2018). Elle s'explique, d'une part, par une meilleure performance des équipements individuels fonctionnant au bois (abattement des émissions particulaires) et, d'autre part, l'arrêt d'utilisation de l'essence au plomb dans les engins mobiles non routiers du secteur résidentiel.

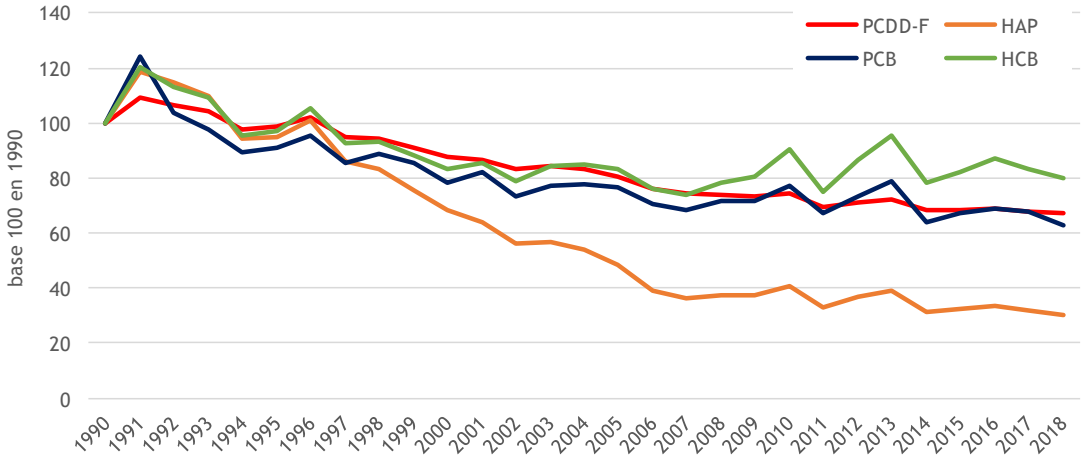
Répartition des émissions de Pb du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Polluants organiques persistants

Tendance des émissions de POP

Evolution relative des émissions du secteur Résidentiel/tertiaire des POP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



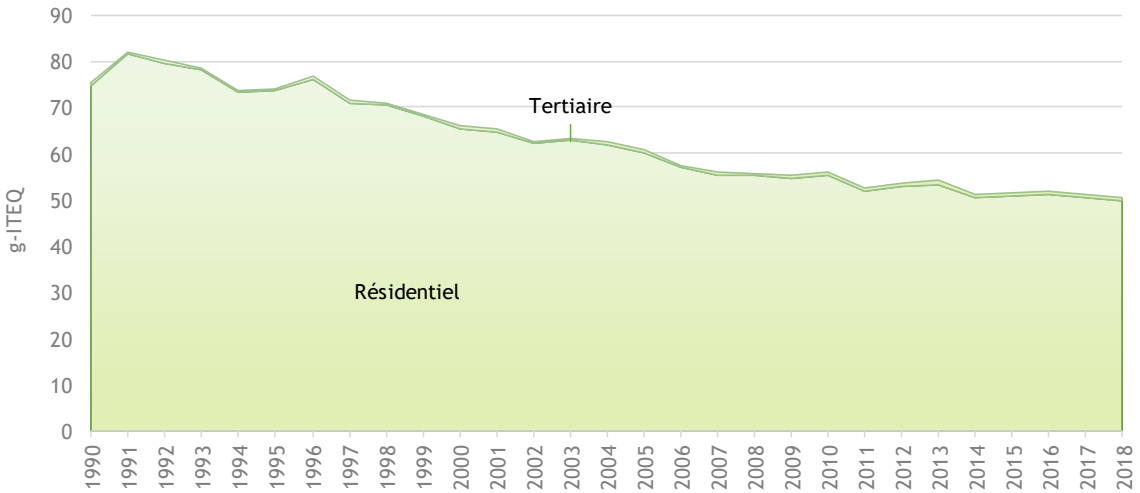
PCDD-F, HAP

Le secteur résidentiel/tertiaire représente une part très significative des émissions nationales de HAP et de dioxines et furannes en 2018 (61% et 51 % respectivement).

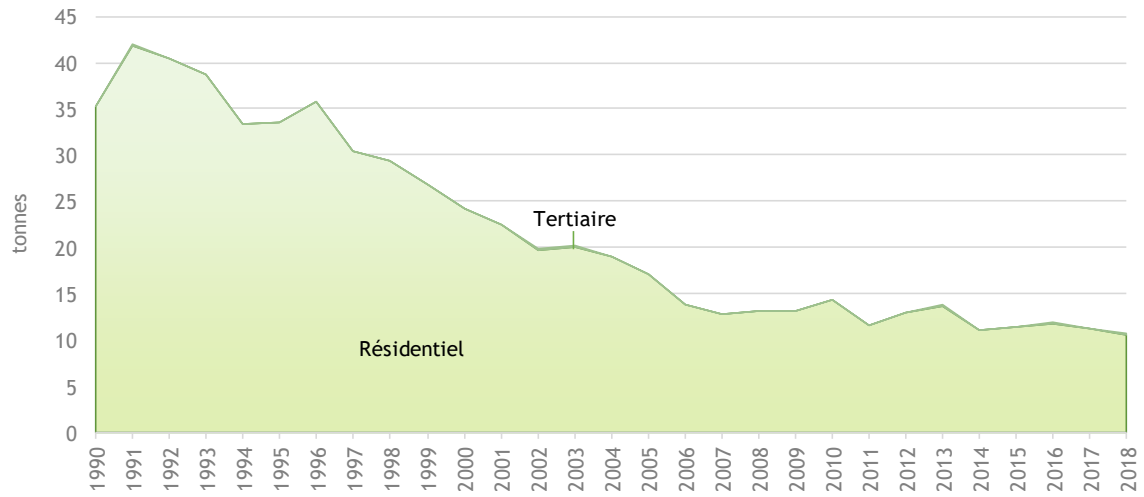
La part des émissions de ces polluants liées à la combustion est en baisse depuis 1990. Ce recul est imputable, d'une part, à l'amélioration des équipements de chauffage fonctionnant au bois dans le résidentiel et, d'autre part, à la baisse des consommations de charbon et de bois depuis 1990.

Ce secteur comptabilise également les émissions induites par les feux de déchets verts, les feux de véhicules et le brûlage de câbles.

Répartition des émissions de PCDD-F du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



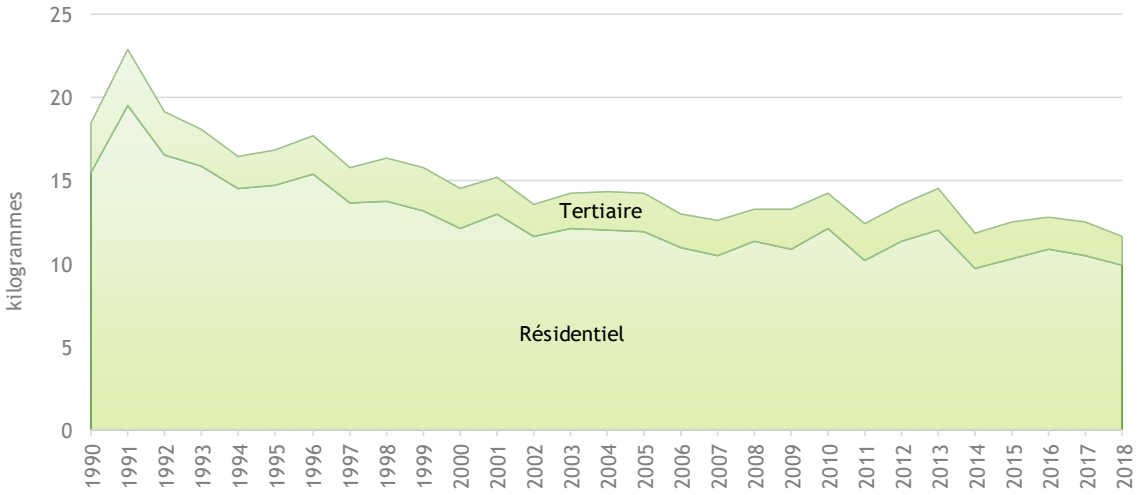
Répartition des émissions de HAP du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



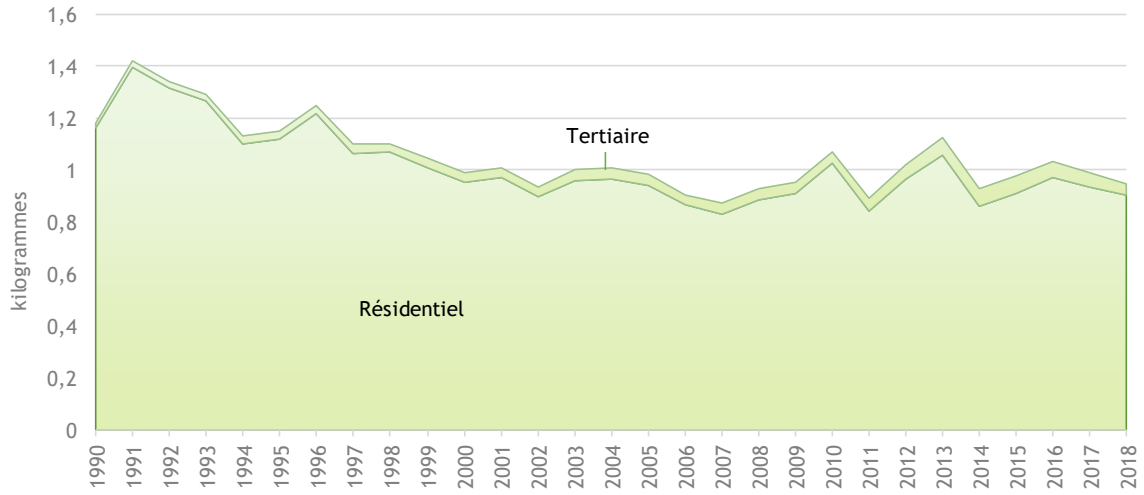
PCB, HCB

Depuis 1990, les émissions de PCB et de HCB dues au résidentiel tertiaire sont globalement en baisse, mais tendent à stagner depuis les années 2000. Les émissions évoluent selon les consommations respectives de combustibles.

Répartition des émissions de PCB du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



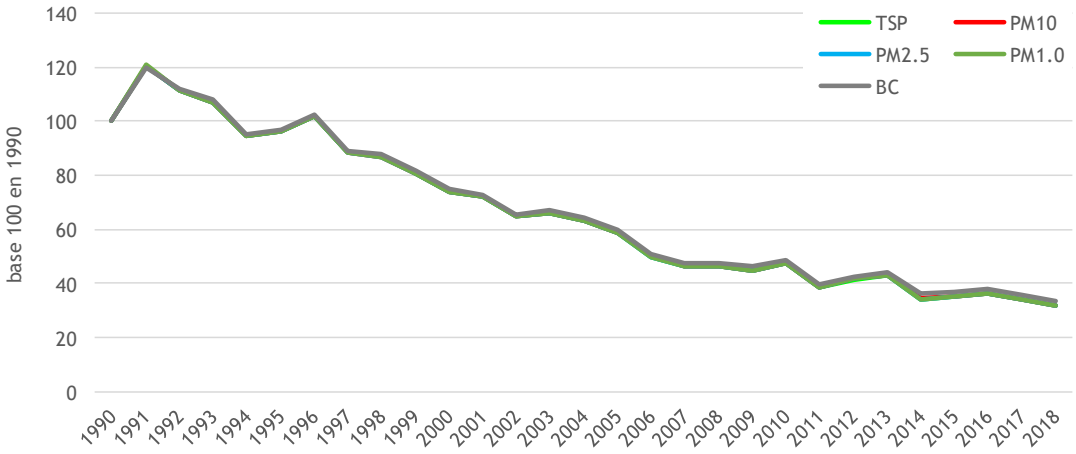
Répartition des émissions de HCB du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Particules et carbone suie

Tendance des émissions de particules

Evolution relative des émissions du secteur Résidentiel/tertiaire des PM en France (Métropole) (base 100 en 1990)



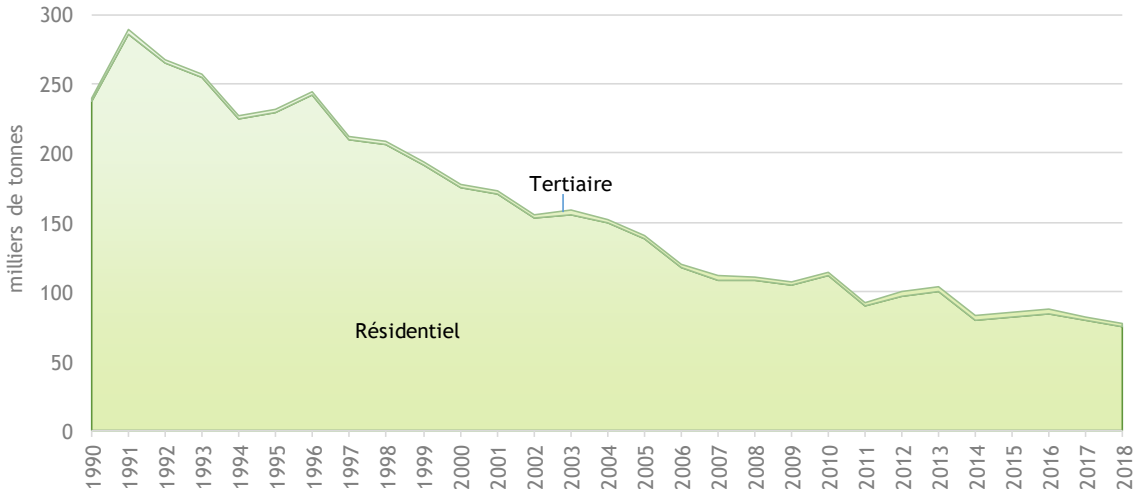
TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$, BC

Le résidentiel représente la quasi-totalité des émissions de particules du secteur. Les émissions de particules proviennent principalement de la combustion de bois. En effet, la biomasse représente 69% des émissions de TSP liées aux combustibles en 2018.

Depuis 1990, les émissions de particules de ce secteur ont fortement baissé à l'instar des observations faites pour d'autres polluants tels que SO_2, CO ou COVNM. L'augmentation des consommations de gaz naturel au détriment des combustibles minéraux solides et combustibles liquides ainsi que les améliorations des performances des équipements fonctionnant au bois dans ce secteur expliquent la diminution de ces émissions.

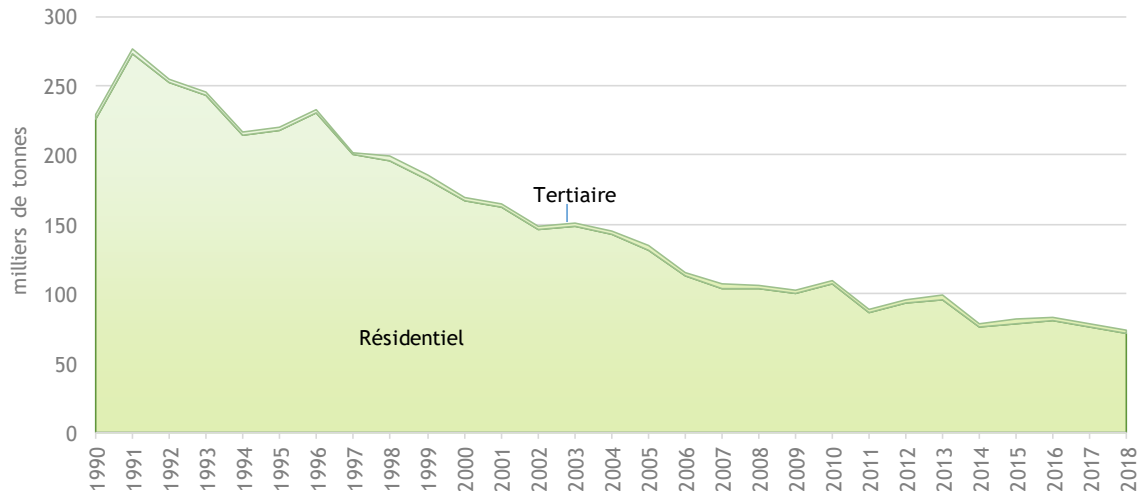
Les émissions TSP sont dominées par le résidentiel et sont dues, à 82 %, à la combustion (contre 93% en 1990).

Répartition des émissions de TSP du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



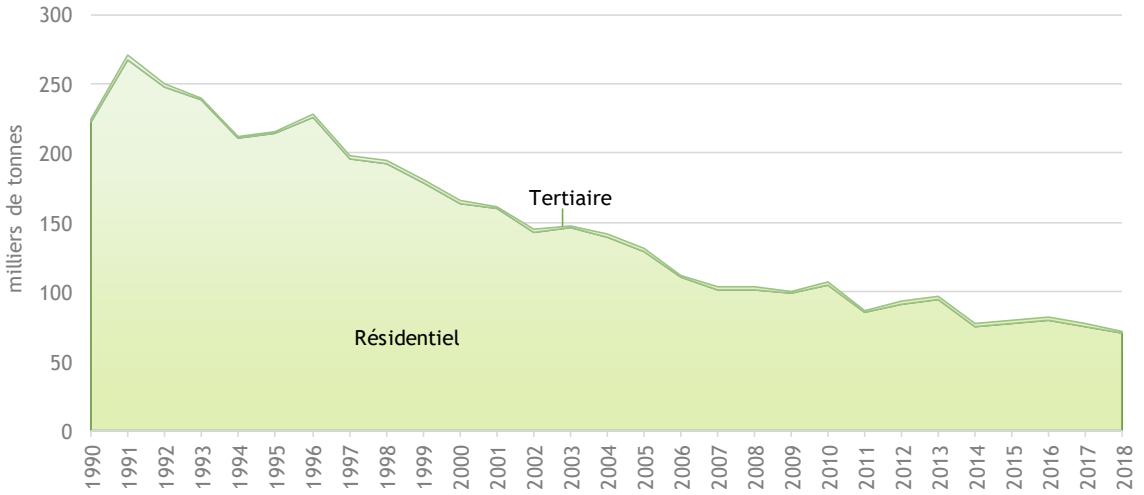
Les émissions PM_{10} sont dominées par le résidentiel et sont dues, à 81 %, à la combustion (contre 93% en 1990).

Répartition des émissions de PM_{10} du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



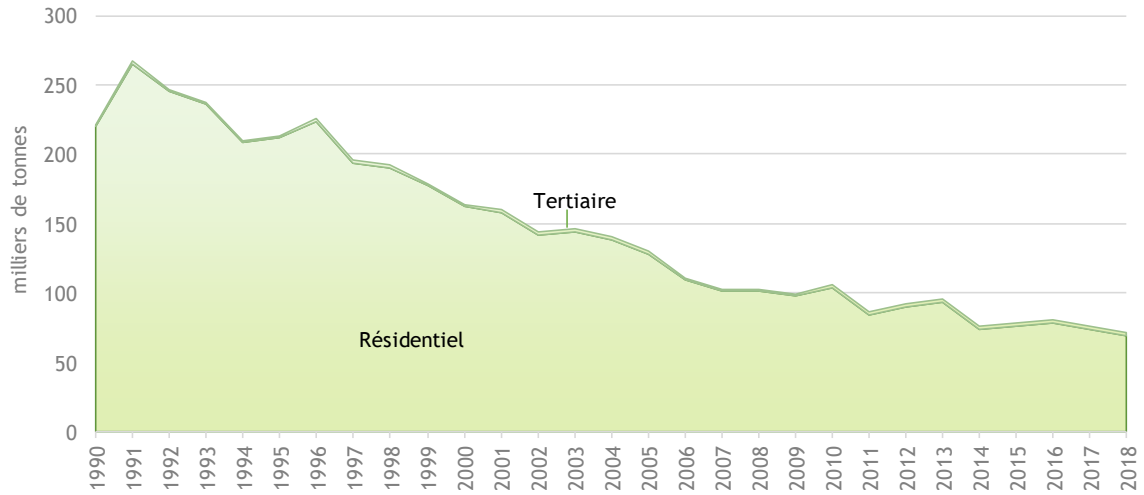
Les émissions $PM_{2,5}$ sont dominées par le résidentiel et sont dues, à 82 %, à la combustion (contre 93% en 1990).

Répartition des émissions de $PM_{2.5}$ du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



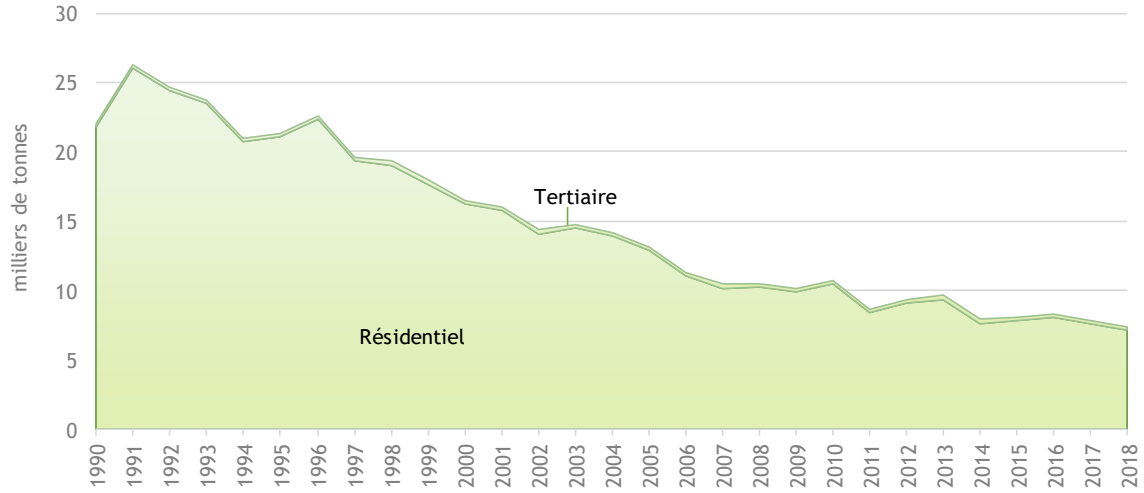
Les émissions PM_1 sont dominées par le résidentiel et sont dues, à 81 %, à la combustion (contre 93% en 1990).

Répartition des émissions de $PM_{1.0}$ du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Les émissions carbone suie (*black carbon* ou BC) sont dominées par le résidentiel et sont dues, à 78 %, à la combustion (contre 93% en 1990).

Répartition des émissions de BC du secteur du résidentiel/tertiaire en France (Métropole)



Liste des sources incluses dans ce secteur

Résidentiel, tertiaire, commercial et institutionnel	
Résidentiel [Résidentiel]	
Résidentiel (combustion)	0202xx
Utilisation domestique de peinture (sauf 060107)	060104
Application de peinture - Bois	060107 (*)
Autres applications de peinture (hors industrie)	060109
Application de colles et adhésifs	060405 (*)
Utilisation domestique de solvants (autre que la peinture)	060408
Utilisation domestique de produits pharmaceutiques	060411
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Mise en œuvre de mousse (excepté 060304)	060504 (*)
Bombes aérosols	060506 (*)
Autres utilisations de HFC, PFC, SF_6	060508 (*)
Utilisation des feux d'artifice	060601 (*)
Consommation de tabac	060602
Usure des chaussures	060603 (*)
Utilisation non énergétique de produits combustibles et solvants	060604 (*)
Engins spéciaux - Loisir, jardinage	0809xx
Incinération des déchets industriels (sauf torchères)	090202 (*)
Feux ouverts de déchets verts	090702
Feux ouverts - Autres (feux de véhicules, etc.)	090703
Traitement des eaux usées dans le secteur résidentiel/commercial	091002 (*)
Tertiaire, commercial et institutionnel [Tertiaire]	
Commercial et institutionnel (combustion)	0201xx
Réparations de véhicules	060102
Application de peinture - Bois	060107 (*)
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Nettoyage à sec	060202
Préparation des carrosseries de véhicules	060409
Anesthésie	060501
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Mise en œuvre de mousse (excepté 060304)	060504 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Bombes aérosols	060506 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Autres utilisations du HFC, PFC et SF_6	060508 (*)
Utilisation des feux d'artifice	060601 (*)
Usure des chaussures	060603 (*)
Activités militaires	080100

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Agriculture et sylviculture

Rédaction

Anaïs DURAND
Gwenaëlle LE BORGNE
Etienne MATHIAS

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Description du secteur 331

Panorama et enjeux 331

Emissions incluses dans ce secteur 332

Principales substances émises par le secteur 333

Emissions de gaz à effet de serre 334

Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e 334

Détail par gaz à effet de serre 336

Emissions de polluants atmosphériques 338

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique 338

Métaux lourds 341

Particules 342

Polluants organiques persistants 344

Liste détaillée des sources d'émissions incluses dans le secteur 346

En bref

Le secteur agriculture et sylviculture regroupe essentiellement les émissions liées à l'agriculture. Les émissions de la sylviculture ne représentent qu'une très faible fraction des émissions du secteur agriculture et sylviculture, elles ne correspondent qu'aux émissions des engins sylvicoles.

Le secteur distingue les émissions de l'élevage et celles des cultures, mais certaines émissions peuvent être associées à la fois aux élevages et aux cultures, c'est le cas des épandages d'engrais et amendements organiques. Certaines émissions ne sont pas directement associées à une orientation économique connue. C'est le cas des tracteurs, ces derniers étant aussi bien utilisés en élevage qu'en grandes cultures.

Il est important d'indiquer que les émissions et absorptions de carbone liées à l'usage des terres agricoles (biomasse et sol) et aux changements d'affectation des terres ne sont pas incluses dans le secteur agriculture et sylviculture, mais dans le secteur UTCATF (Utilisation des Terres, leur Changement d'Affection, et la Forêt). Cette distinction tient à des spécificités dans la comptabilité des éventuels puits de carbone.

Dans les catégories Secten suivantes on notera que la catégorie élevage n'inclut que les émissions des animaux (fermentation entérique) et les émissions des effluents d'élevage au bâtiment et au stockage. Les émissions liées à l'épandage des effluents d'élevages sont incluses dans la catégorie engrais et amendements organiques, rapportée en cultures ainsi que les émissions liées à la pâture dont les émissions sont liées au sol.

Elevage	Bovins
	Porcins
	Volailles
	Autres émissions de l'élevage
Cultures	Engrais et amendements minéraux
	Engrais et amendements organiques
	Pâture
	Brûlage de résidus agricoles
	Autres émissions des cultures
Engins, moteurs et chaudières en agriculture/sylviculture	

Le secteur est à l'origine de l'émission de nombreuses substances, aussi bien des gaz à effet de serre que des polluants atmosphériques. Les processus émetteurs peuvent être :

- Biologiques (fermentation entérique chez les ruminants, processus microbiens dans les sols cultivés et les effluents d'élevage) ;
- Physiques (émission par diffusion à l'interface sol-atmosphère, mise en suspension de particules par les outils, pulvérisation) ;
- Chimiques (décarbonatation des amendements basiques, hydrolyse de l'urée, combustion)

L'inventaire national des émissions françaises de GES attribue à l'agriculture 19 % de ses émissions en 2018, soit 85,3 Mt CO_2e. Les émissions liées à la consommation d'énergie du secteur ne représentent que 12,2 % du total, l'essentiel étant constitué de méthane (CH_4 – 45%), principalement liées à l'élevage et de protoxyde d'azote (N_2O – 42%), principalement liées à la fertilisation des cultures. Les émissions de CO_2e du secteur agricole ont diminué de 8% depuis 1990 : cette baisse est principalement liée à la diminution de la taille du cheptel bovin (animaux moins nombreux mais plus productifs) ; à l'intensification des systèmes d'élevage (optimisation des rations en porcs et volailles) ; à la baisse de la fertilisation azotée en culture.

En 2018, ce secteur est un contributeur majeur aux émissions nationales de N_2O (36 MtCO_2e soit 89%), CH_4 (38 MtCO2e soit 68 %), NH_3 (556 kt soit 94%), HCB (70%), et un contributeur notable pour les émissions de PM_{10} (24%), BC (15%), $PM_{2.5}$ (10%), Cd (12%), HAP (10%), NOx (6%), PCDD-F (6%), CO (5%).

Compte tenu de son poids dans les émissions nationales, l'agriculture est appelée à contribuer à l'effort général de réduction des GES et à l'atteinte des objectifs fixés aux niveau national et international. Il en est de même pour l'atteinte des objectifs en matière de qualité de l'air (respect des plafonds NH_3 et $PM_{2.5}$ en particulier).

Une des spécificités du secteur agricole est le caractère diffus des émissions et la complexité des processus qui rendent parfois difficiles la quantification des émissions. Ces dernières sont donc associées à de fortes incertitudes. Les améliorations mises en place au fur et à mesure dans l'inventaire national permettent de quantifier avec une précision croissante les émissions ce qui offre la possibilité de suivre les efforts d'atténuation entrepris par ce secteur.

Description du secteur

Panorama et enjeux concernant les gaz à effet de serre

Les activités agricoles sont émettrices de gaz à effet de serre (GES). Elles produisent en particulier du méthane (CH_4) émis par fermentation entérique chez les ruminants, la fermentation des lisiers et fumiers et la riziculture, et du protoxyde d'azote (N_2O) produit dans les sols du fait de la fertilisation azotée importante des terres agricoles.

En 2018, l'inventaire national des émissions françaises de GES attribue à l'agriculture 19 % de ses émissions, soit 85,3 Mt CO_2e. Ces émissions se répartissent comme suit :

- Elevage (48%) ;
- Cultures (40%) ;
- Engins, moteurs et chaudières en agriculture/sylviculture (12%).

Les émissions de GES du secteur agricole ont diminué de 8% depuis 1990. Cette baisse est principalement liée à la diminution de la taille du cheptel bovin (animaux moins nombreux mais plus productifs). L'intensification de certains systèmes et les progrès dans l'optimisation de la fertilisation azotée participent également à ces réductions observées sur le secteur.

Sur la période récente 2015-2018, les émissions de GES du secteur de l'agriculture sont pratiquement stables (-0,9% par an). Ce résultat est en phase avec l'objectif de stabilité pour ce secteur stipulé dans la première version de la Stratégie nationale bas-carbone adoptée en 2015 (SNBC1). En revanche, la révision de cette stratégie (SNBC2) vise une réduction de 18 % des émissions du secteur en 2030 par rapport à 2015 et de 46 % à l'horizon 2050. L'effort à produire est donc important.

Pour atteindre ce niveau de réduction la France mise sur la poursuite des actions liées au projet agroécologique, lancé en 2012 par le Ministère de l'Agriculture. Ce projet incite les agriculteurs à produire autrement en repensant les systèmes de production, en optimisant les ressources et en développant l'agriculture de précision. Dans l'étude de l'INRA « *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques* » (Pellerin S. et al, 2013), les chercheurs s'accordent sur les marges de progrès importantes de l'agriculture pour participer à la diminution des émissions de GES. Ils identifient trois leviers majeurs : la réduction des émissions de N_2O et de CH_4, le stockage de carbone dans les sols et dans la biomasse, et la production d'énergie à partir de biomasse (biocarburants, biogaz) réduisant les émissions du territoire par effet de substitution à des énergies fossiles. Sur ces trois leviers, deux sont en fait surtout visibles dans d'autres secteurs de l'inventaire Secten, distincts du secteur agriculture et sylviculture. Le stockage de carbone dans les sols et la biomasse est couvert par le secteur UTCATF. Les réductions d'émission liées aux biocarburants sont surtout tangibles pour le secteur du transport routier.

Le rapport du Haut Conseil pour le Climat (juin 2019) mentionne également les apports de certaines lois, telle que la loi Agriculture et Alimentation (EGalim) votée le 2 octobre 2018, qui « ont des effets directs sur leur secteur mais aussi des effets indirects sur d'autres domaines impactant les émissions de GES ». En 2018, selon cette instance, les investissements « climat » du secteur agricole – c'est-à-dire qui contribuent directement ou indirectement à la réduction des GES et à la transition énergétique – ont atteint 400 millions d'euros. Cependant, le HCC juge les dispositifs actuels insuffisants et préconise de renforcer le niveau et le contrôle des exigences environnementales liées à la Politique agricole commune (PAC) mais aussi de mobiliser le puits de carbone des sols agricoles (objectif 4 pour 1000).

La négociation de la future Politique agricole commune (PAC) post 2020 pourrait en effet renforcer l'exigence environnementale au niveau européen, et soutenir les changements de pratiques et de systèmes de production en faveur de la protection de l'environnement et de la lutte contre le changement climatique. Les nouveaux outils proposés par la Commission et le principe d'un seuil minimum de dépenses, intégrant les enjeux liés au climat, pourraient permettre d'accompagner la transition de l'agriculture vers des systèmes moins émetteurs de GES.

Du fait de son emprise sur la planète l'agriculture est un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre, elle est donc en partie responsable des changements climatiques qui en découlent. Mais l'agriculture est aussi très impactée par les changements climatiques (modifications des températures et précipitations). C'est donc un sujet majeur pour les acteurs agricoles. Enfin l'agriculture peut aussi participer à la lutte contre les changements climatiques : elle peut stocker des quantités de carbone importantes dans ses sols et les arbres des systèmes agroforestiers (couverture des sols entre deux cultures, reconstitution des haies entre les champs, non retournement des prairies…). Ces actions, bénéfiques pour la lutte contre les changements climatiques pourront trouver aussi des échos favorables en termes de préservation de la biodiversité et même de productivité agricole.

Panorama et enjeux concernant la qualité de l'air

Les activités agricoles sont des sources d'émissions de polluants atmosphériques en particulier de NH_3, particules, et COVNM. En 2018, le secteur a contribué à 93% des émissions d'ammoniac (NH_3) et 11% des émissions de $PM_{2.5}$ quant aux

COVNM de l'agriculture ils sont en très grande partie rapportés hors des totaux nationaux, pour des raisons historiques. Il ne convient donc pas de les comparer à ces totaux. Ces substances ont un impact sanitaire et environnemental important.

Pour pallier les problèmes liés à la qualité de l'air, ces polluants font l'objet de réglementations à l'échelle internationale, européenne, nationale, régionale ou infrarégionale. Au niveau européen, la directive (UE) 2016/2284, révisant la directive NEC (National Emission Ceilings), fixe pour la France un objectif de réduction d'émissions de NH_3 de 13% en 2030 et un objectif de réduction de 57 % pour les $PM_{2,5}$ en 2030 par rapport au niveau d'émissions de 2005. Or, les émissions de NH_3 étant très stables sur la période, il est difficile d'anticiper l'atteinte ou non des engagements de réduction. Différentes pistes de réduction des émissions pour le secteur sont mentionnées dans le PRÉPA : utilisation d'engrais moins émissifs, utilisation de matériels d'épandage moins émissifs (pendillards, injecteurs, enfouissement post-épandage rapide), financement de projets pilotes et mobilisation des financements (exemple des projets AGR'AIR). Un accompagnement du secteur agricole est également prévu dans le plan pour la diffusion des bonnes pratiques avec, entre autres, la diffusion en 2019 d'un guide des bonnes pratiques agricoles[1] à destination des agriculteurs et des conseillers agricoles qui répertorie les bonnes pratiques connues comme étant les plus pertinentes pour réduire les émissions de polluants dans l'air.

D'autres réglementations s'appliquent aux exploitations agricoles et encadrent les pratiques sur différentes postes (gestion des effluents au bâtiment, au stockage, à l'épandage, chargement animal à la pâture…) en lien avec de nombreux enjeux environnementaux (qualité de l'eau, sols…) :

• La Directive 2010/75/UE dite « Directive IED » : pour réduire les émissions au niveau de l'exploitation, les meilleures techniques disponibles (MTD) doivent être appliquées d'ici le 21 février 2021 pour les élevages intensifs de porcs (>2000 emplacements en porcs charcutiers ou >750 emplacements en truies), et les élevages intensifs de volailles (>40000 volailles) ;

• La Directive n° 91/676/CEE, dite « Directive Nitrates » : elle définit les grandes lignes de la politique de lutte contre la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole ;

• La législation des installations classées pour l'environnement (ICPE) : elle réglemente le fonctionnement de toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains (formalités de création, respect de la réglementation, prescriptions techniques de fonctionnement…)

Enfin, l'agriculture est aussi un secteur impacté, par la pollution de l'air. En particulier, la pollution par l'ozone a des effets au niveau de la qualité des productions et sur les rendements. L'INERIS estime une perte de 14 % des rendements de blé en Europe en 2000 du fait de l'ozone, soit environ 3,2 milliards d'euros[2]. L'amélioration de la connaissance et de l'évaluation des effets de la pollution de l'air sur l'agriculture constitue un axe de recherche stratégique pour le secteur.

Emissions incluses dans ce secteur

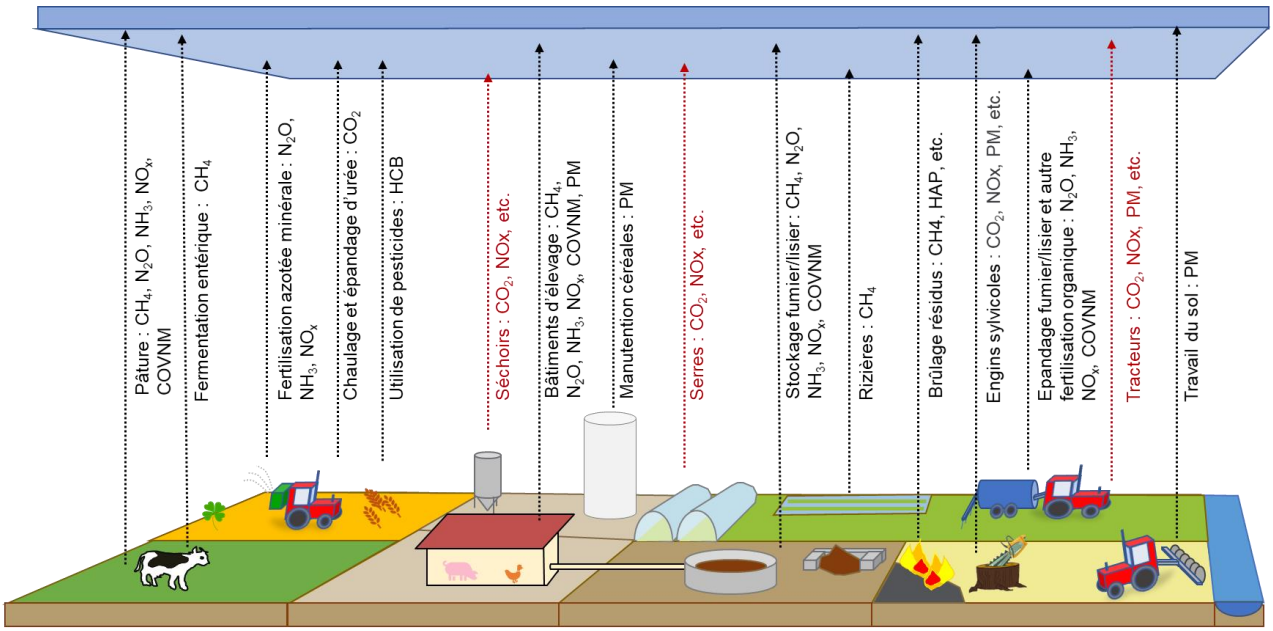
Le secteur agriculture/sylviculture distingue les trois sous-secteurs suivants :

- **Elevage** : Emissions liées à la fermentation entérique des animaux d'élevage et à la gestion de leurs déjections au bâtiment et au stockage. Ces émissions sont présentées séparément pour les bovins, porcins, et volailles. La catégorie « Autres émissions » concerne les autres animaux ainsi que les émissions indirectes de N_2O (lessivage, redéposition) ;
- **Cultures** : Emissions des sols cultivés liées à la fertilisation azotée minérale et organique (engrais minéraux, boues, composts, déjections animales), aux déjections déposées à la pâture, à l'apport d'amendements basiques (calcaire, dolomie), d'urée et de pesticides, à la riziculture et au brûlage des résidus agricoles ;
- **Engins, moteurs et chaudières en agriculture et sylviculture** : Emissions liées à la combustion dans les engins, moteurs et chaudières des secteurs agricoles et sylvicoles.

[1] **ADEME. 2019.** Guide des bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air. Synthèse de l'étude. 7 pages.

[2] Rapport de la commission d'enquête du Sénat sur le coût économique et financier de la pollution de l'air http://www.senat.fr/commission/enquete/cout_economique_et_financier_de_la_pollution_de_lair.html

Postes d'émission et polluants associés en agriculture/sylviculture



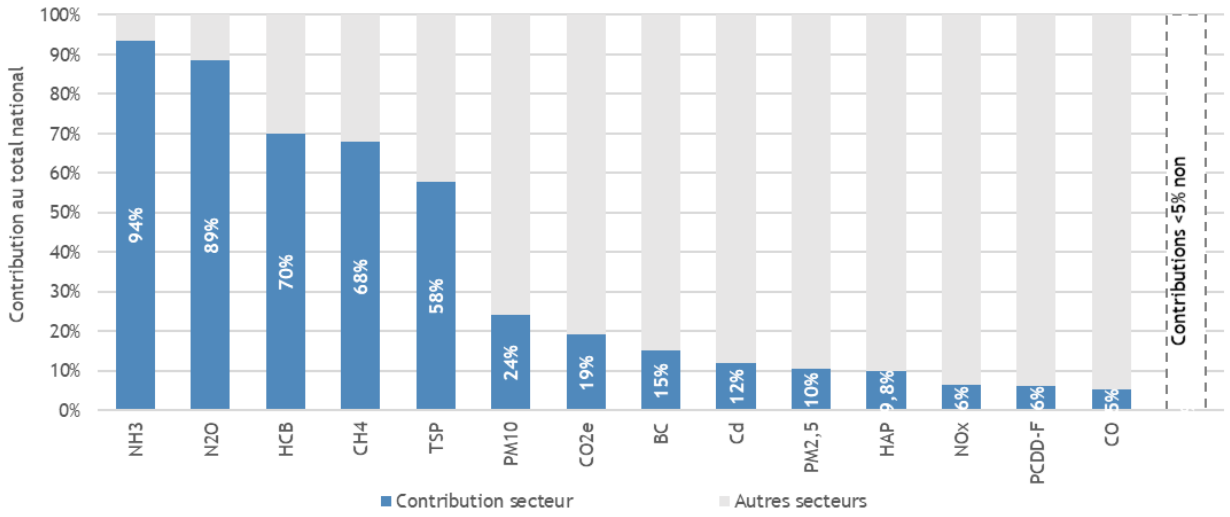
Source CITEPA / format SECTEN – mai 2020

Cette section ne concerne pas les questions relatives au carbone des sols et de la biomasse, qui sont traitées dans le secteur UTCATF (Utilisation des Terres, leur Changement d'Affection, et la Forêt). Elle n'inclut pas non plus l'industrie agroalimentaire (comptabilisée dans le secteur industrie) ni les transports associés à l'agroalimentaire (comptabilisés dans le secteur transport). De même, les émissions liées à la production d'intrants (industries des engrais par exemple) ne sont pas incluses ici mais sont comptabilisées dans le secteur industrie. Enfin, l'achat d'aliments (importation de soja à destination de l'alimentation animale par exemple) n'est pas pris en compte dans ce secteur : pour rappel, seules les émissions ayant lieu sur le territoire national sont comptabilisées dans le total national de l'inventaire français.

Pour rappel, les inventaires se basent sur les activités effectivement constatées sur le territoire pour calculer les émissions directes produites sur les exploitations françaises agricoles (atelier d'élevage, atelier de culture, consommation d'énergie dans les bâtiments). Les inventaires diffèrent des approches « Empreinte carbone » ou « Analyse en Cycle de Vie ». Ces dernières conçues sur la base des produits agricoles, considèrent l'ensemble des étapes liées à la production d'un produit : depuis la fabrication des intrants (fertilisants, concentrés, électricité…) jusqu'à la commercialisation du produit fini (transport, réfrigération…).

Principales substances émises par le secteur

Substances pour lesquelles le secteur agriculture/sylviculture contribue pour au moins 5% aux émissions en 2018



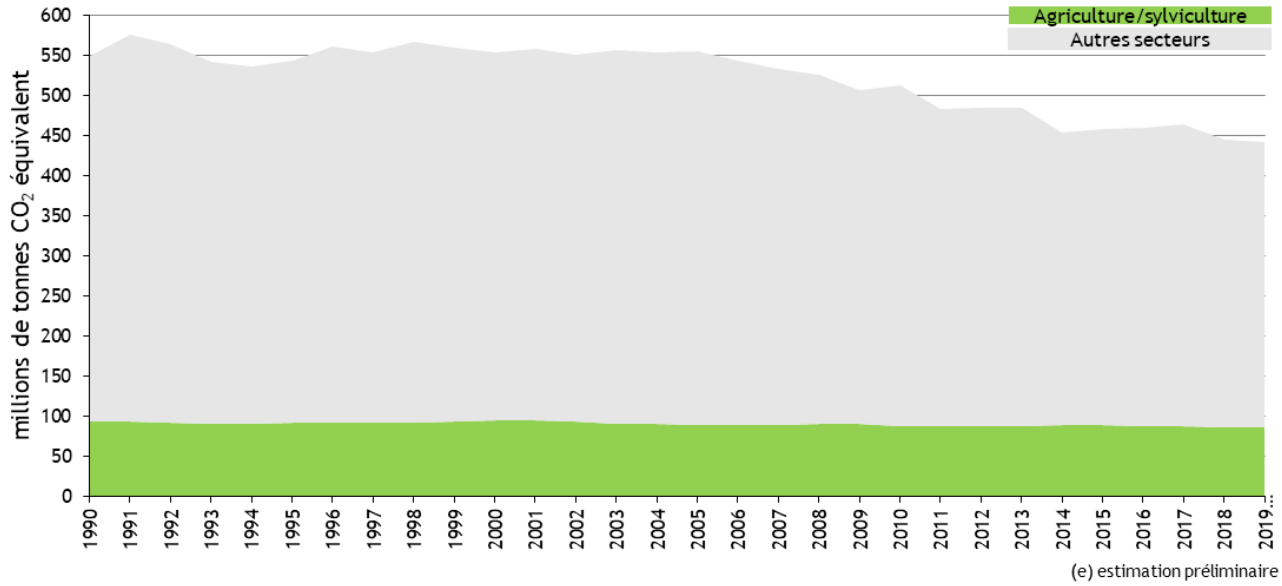
Les substances pour lesquelles le secteur agriculture/sylviculture contribue pour plus de 5% aux émissions totales de la France métropolitaine, en 2018, sont présentées ci-dessus.

En 2018, ce secteur est un contributeur majeur aux émissions nationales de N_2O (36 $MtCO_2e$ soit 89%), CH_4 (38 MtCO2e soit 68 %), NH_3 (556 kt soit 94%), HCB (70%), et un contributeur notable pour les émissions de PM_{10} (24%), BC (15%), $PM_{2.5}$ (10%), Cd (12%), HAP (10%), NOx (6%), PCDD-F (6%), CO (5%).

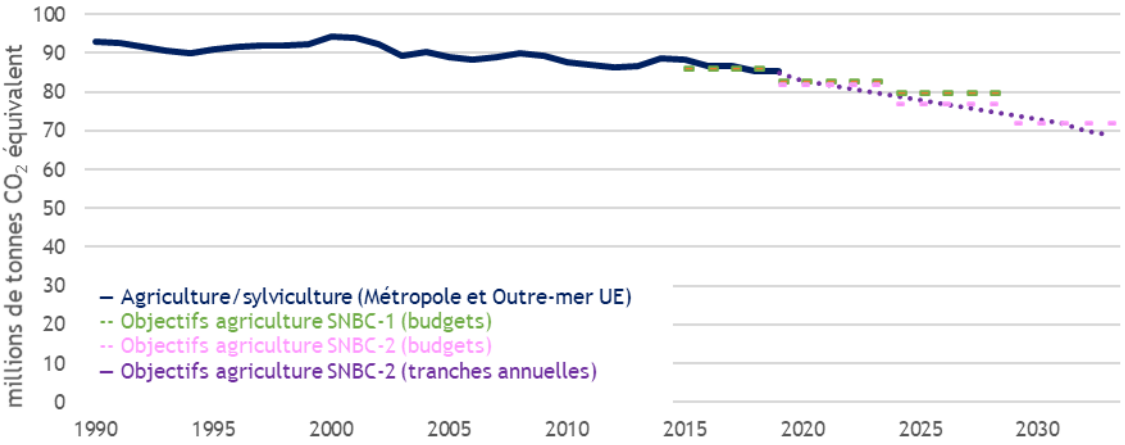
Émissions de Gaz à effet de serre

Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e

Contribution du secteur aux émissions totales de GES de la France

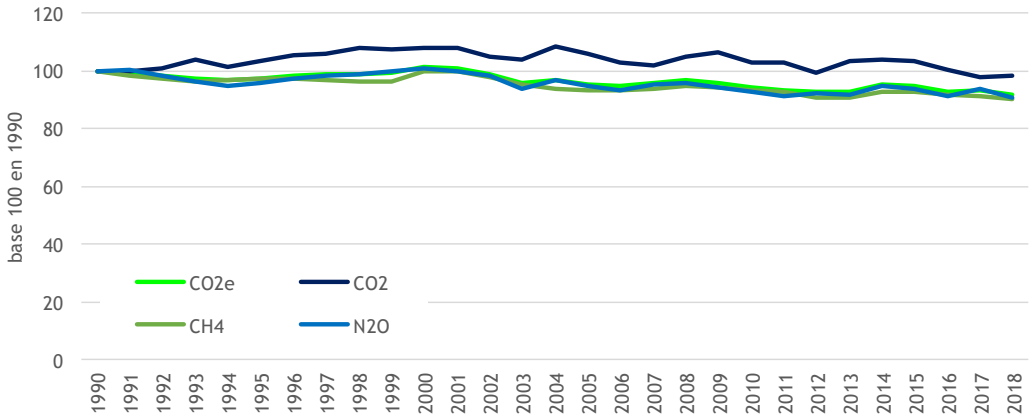


Emissions de GES du secteur et objectifs SNBC



Tendance d'évolution des émissions de GES de l'Agriculture

Evolution relative des émissions du secteur de l'agriculture/sylviculture des différents GES en France (Métropole et Outre-mer UE) (base 100 en 1990)



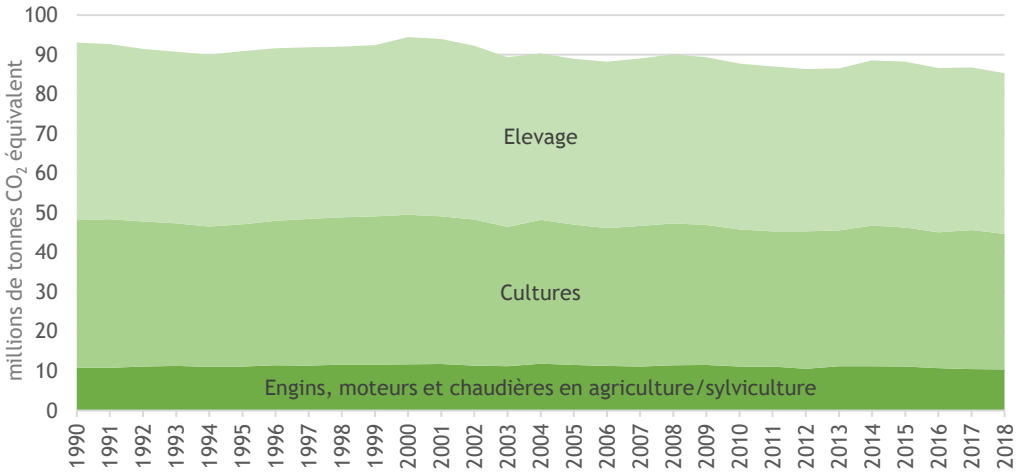
La SNBC révisée en 2018-2019 vise à atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 tous secteurs confondus. Pour l'agriculture, la stratégie vise à réduire les émissions de 18% en 2030 par rapport à 2015, puis de 46% des émissions du en 2050. En termes de rythme de réduction, cela suppose une accélération par rapport au passé : - 1,35% par an environ seront nécessaires sur la période 2015-2030 en comparaison des - 0,20% par an observés sur la période 2005-2015.

Techniques de réduction

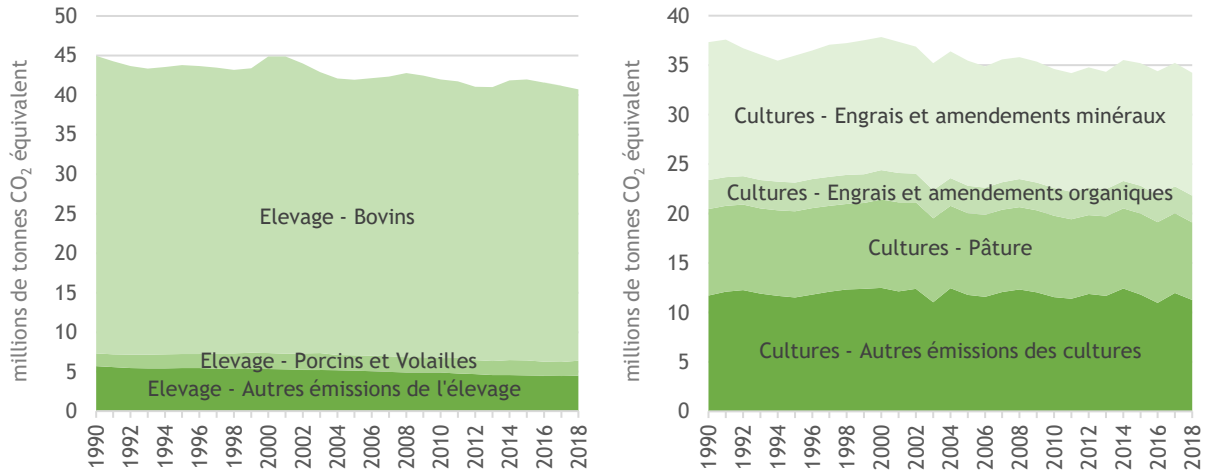
Les émissions pourraient être réduites par une optimisation des pratiques agricoles mais ces émissions restent liées à des mécanismes difficiles à contenir : les émissions de N_2O sont liées à la chimie et la biologie des sols et les émissions de CH_4 sont liées à la vie microbienne au sein du rumen des ruminants laquelle est nécessaires à leur bonne santé. La stratégie promeut le développement de l'agroécologie (dont l'agriculture biologique) et l'agriculture de précision. Pour les émissions de N_2O, les leviers résident dans la diminution de l'apport d'azote aux cultures, la diminution des excédents d'apports protéiques dans les rations animales et dans le développement de l'autonomie en protéines végétales. Pour les émissions de CH_4, les principales techniques envisagées pour respecter la trajectoire sont l'amélioration de la gestion des effluents d'élevage, l'optimisation de la conduite des troupeaux et la limitation de la fermentation entérique via des ajustements de l'alimentation animale (apport de lin par exemple), ou la sélection génétique.

Concernant les émissions énergétiques, la SNBC montre un objectif de division par deux de la consommation d'énergie d'ici 2050 : cela passe par le développement des énergies renouvelables, jusqu'à une décarbonation complète de l'énergie consommée par le secteur en 2050.

Répartition des émissions de CO_2e du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole et Outre-mer UE)



Répartition des émissions de CO_2e du secteur des sous-secteurs Elevage et Cultures en France (Métropole et Outre-mer UE)



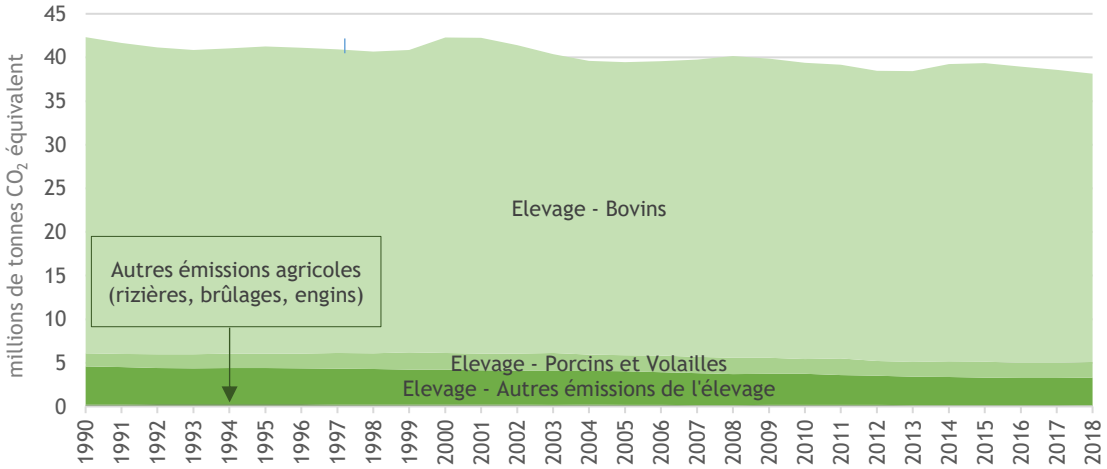
Entre 1990 et 2018, les émissions cumulées de tous les GES (hors CO_2 biomasse) du secteur agricole ont légèrement diminué (8,3%). Cependant, la contribution de ce secteur aux émissions totales de CO_2e en France métropolitaine a légèrement augmenté sur la période : il était responsable de 17 % des émissions en 1990, contre 19% en 2018. Les deux sous-secteurs culture et élevage ont connu une évolution à peu près semblable sur la période et contribuent plus ou moins équitablement à ces émissions (respectivement 41 % et 48%), l'un principalement du fait du N_2O, l'autre du fait du CH_4. La part des émissions liées à la consommation énergétique liée au tracteurs, engins et chaudières agricoles est pratiquement stable sur la période (environ 12%).

Détail par gaz à effet de serre

CH_4

Le CH_4 est un produit de la fermentation (processus métabolique des populations microbiennes en milieu anaérobie). Cette fermentation a lieu au sein même du système digestif des animaux, on parle alors de fermentation entérique, dans les litières des bâtiments d'élevage, dans les zones de stockage des déjections et dans les zones inondées (rizières).

Répartition des émissions de CH_4 du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole et Outre-mer UE)

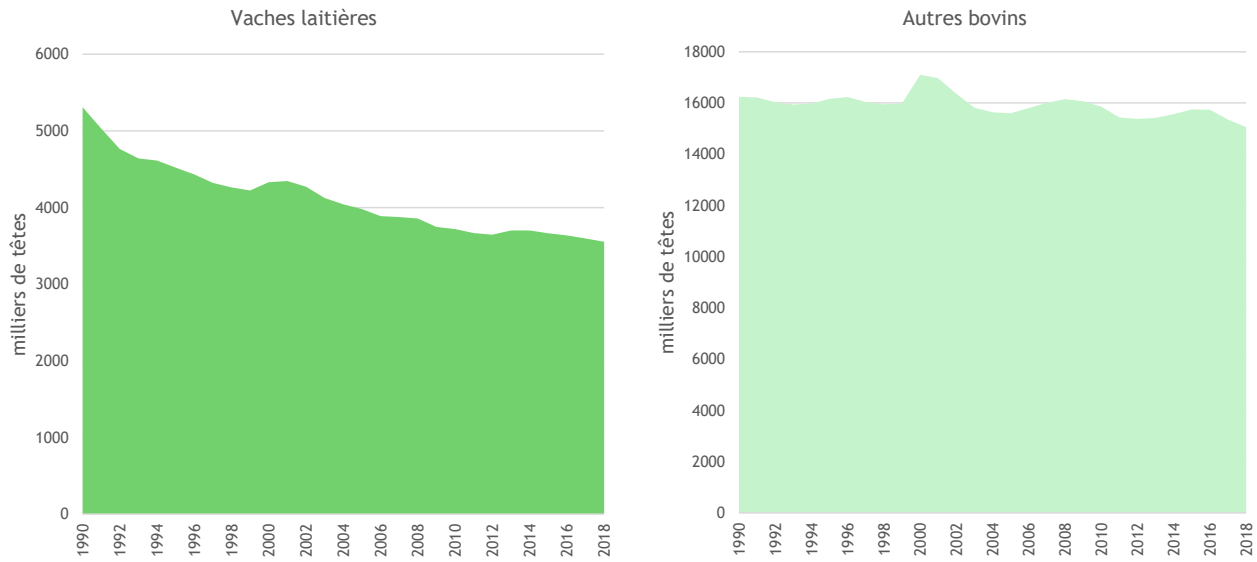


La principale source d'émissions de CH_4 est l'élevage (fermentation entérique et gestion des déjections animales), le solde correspondant aux émissions des rizières, du brûlage de résidus et des engins agricoles.

Entre 1990 et 2018, ces émissions ont légèrement diminué du fait notamment, de la baisse du cheptel des vaches laitières (-1,76 millions de vaches laitières soit -33%). Les émissions ne baissent revanche pas du même ordre de grandeur car cette baisse du cheptel a été compensée par un troupeau de plus en plus performant. Les émissions de CH_4 de la fermentation entérique des vaches laitières ont baissé d'environ 2,2 Mt CO_2e soit –17% sur la période.

La suppression des quotas laitiers en 2015 n'a pour l'instant pas d'effet marqué sur le cheptel français. Pour le reste du cheptel bovin, les effectifs sont eux assez stables sur la période. Les variations ont été plus discrètes avec des émissions légèrement à la baisse pour la fermentation entérique (-0,97 Mt CO_2e soit -5%). Inversement, d'autres tendances comme l'augmentation des systèmes de gestion des déjections sous forme de lisier contribuent à une hausse des émissions de CH_4.

Evolution des cheptels bovins (périmètre Métropole et Outre-Mer inclus dans l'UE)



Techniques de réduction

Peu de techniques permettent une réduction des émissions de CH_4. La principale méthode répertoriée est la méthanisation des effluents d'élevage. La méthanisation des déjections permet de récupérer le CH_4 émis pour le valoriser énergétiquement. Le développement de cette pratique permet de réduire les émissions imputées au secteur agricole et constitue le principal levier évoqué pour baisser les émissions de CH_4 de l'agriculture dans les politiques actuelles (Plan Energie Méthanisation Autonomie Azote – EMAA, SNBC).

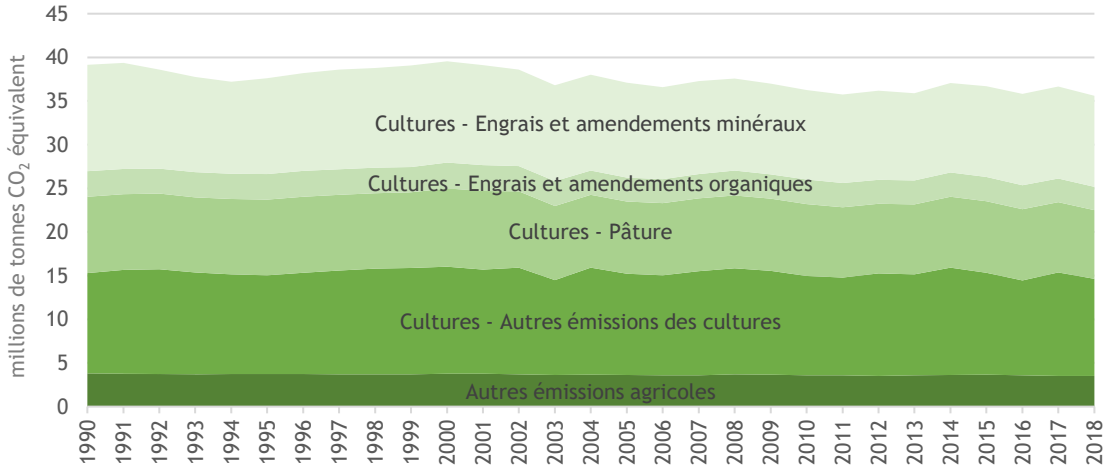
Actuellement dans l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre publié par le Citepa, la méthanisation des déjections animales est prise en compte en tant que technique de réduction des émissions de méthane (CH_4) : les tonnages de déjections méthanisées, centralisée ou à la ferme, sont estimés en croisant plusieurs données (base SINOE, ADEME, données de constructeurs…) et les émissions réduites grâce à la méthanisation sont calculées au niveau de la gestion des déjections pour le cheptel bovin et porcin uniquement. Il faut noter que les demandes de construction de nouvelles unités de méthanisation sont en croissance forte. Actuellement, le territoire comptabilise en 2018 près de 700 unités de méthanisation, dont 442 utilisant des ressources agricoles (source : base SINOE). Le détail du calcul se trouve dans notre rapport *méthodologique OMINEA*.

N_2O

L'agriculture contribue majoritairement aux émissions nationales de N_2O (89%). Ces émissions sont principalement liées aux cultures, en particulier du fait de l'épandage de fertilisants azotés minéraux et organiques. Les émissions directes de N_2O sont produites lors des réactions de nitrification-dénitrification, par les bactéries présentes dans le sol et dans les effluents d'élevage. D'autres émissions, dites « indirectes », ont également lieu, soit après lixiviation du NO_3- dans le sol puis dénitrification ; soit après volatilisation de NH_3, redéposition puis nitrification/dénitrification.

La baisse des émissions constatée sur toute la période 1990-2018 (-3,5 $MtCO_2e$ soit -9%) s'explique par une moindre utilisation de fertilisants azotés minéraux et une diminution du cheptel bovin engendrant une réduction à la fois de l'azote excrété à la pâture et de l'azote organique à épandre. Entre 2011 et 2014, elles ont légèrement augmenté avant de repartir à la baisse et d'atteindre, en 2018, le niveau le plus bas rencontré sur la période.

Répartition des émissions de N_2O du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole et Outre-mer UE)



Techniques de réduction

Peu de solutions techniques sont actuellement disponibles pour limiter les émissions de N_2O des sols, qui sont très dépendantes des conditions pédoclimatiques (les plus fortes émissions ayant lieu, après les épandages d'azote et après des épisodes pluvieux) : la variabilité interannuelle des émissions est par conséquent très forte.

L'optimisation de la fertilisation azotée en lien avec les préconisations d'apports adaptés aux besoins des cultures est déjà bien avancée et il est donc aujourd'hui difficile de prévoir une réduction forte de la fertilisation azotée dans les années futures.

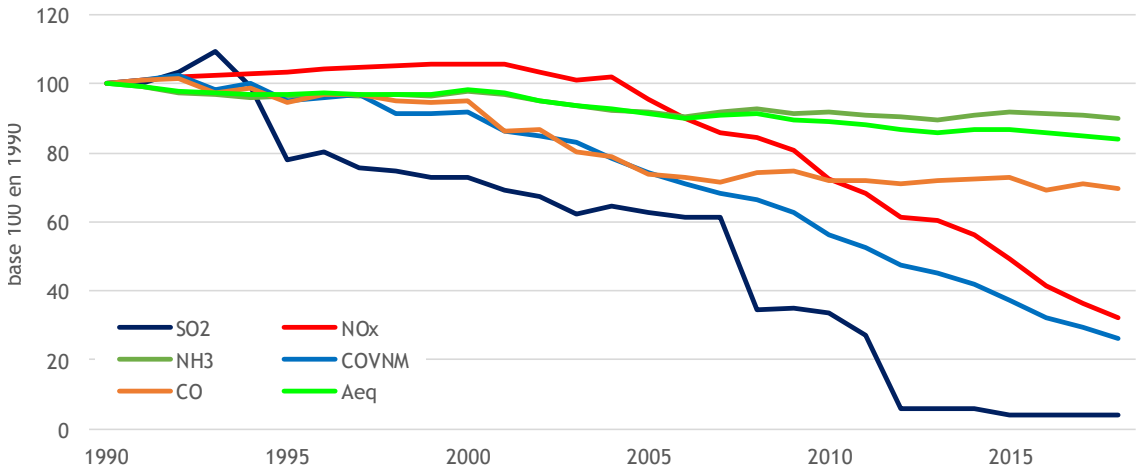
Le développement de sélections variétales adaptées à un bas niveau d'intrants ou encore l'amélioration des conditions du sol pour diminuer les émissions de N_2O (pH, par exemple, effet du chaulage) sont des pistes en phase d'expérimentation actuellement.

Émissions de polluants atmosphériques

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique

Tendance des émissions d'AEPP

Evolution relative des émissions du secteur de l'agriculture/sylviculture des substances de l'AEPP en France (Métropole) (base 100 en 1990)

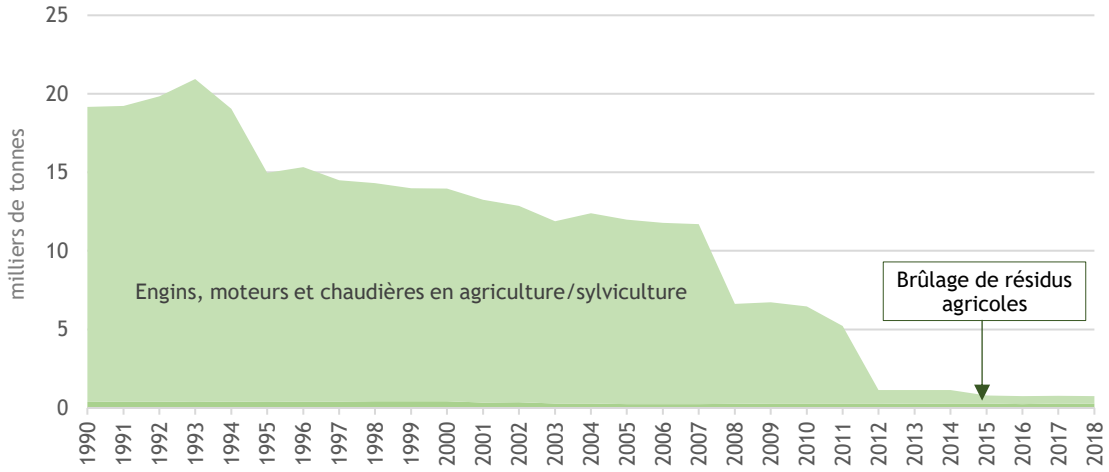


Les émissions des polluants SO_2, NO_x, COVNM du secteur agricole ont **fortement diminué sur la période, à l'exception du NH_3** qui connait une très faible diminution (7% par rapport à 1990), et du CO qui stagne depuis les années 2000 autour de 130 kt.

SO_2

Les émissions de SO_2 du secteur agriculture/sylviculture proviennent de la combustion, elles ont quasiment disparu entre 1990 et 2018. La forte baisse observée depuis 2011 s'explique par l'obligation de consommer du gazole non routier moins soufré en remplacement du fioul domestique.

Répartition des émissions de SO_2 du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



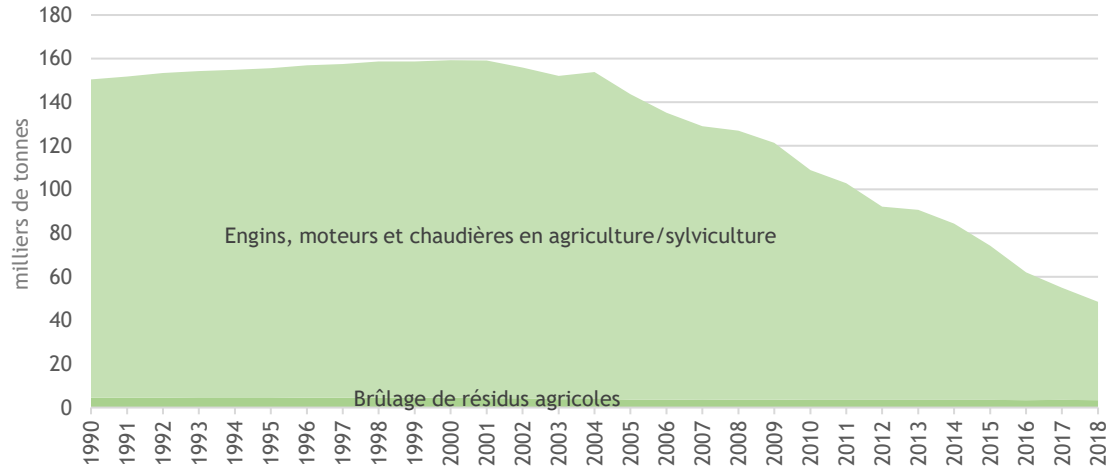
NO_X

Les émissions de NO_x du secteur agriculture/sylviculture sont principalement générées par les moteurs des engins. La diminution des émissions de NO_x depuis 1990 est à mettre en lien avec le renouvellement du parc de tracteurs (-69% d'émissions sur la période 1990-2018).

Une faible part des émissions de NOx provient aussi du brûlage de résidus agricoles. Le brûlage de résidus agricoles est une pratique interdite en France, sauf dans le cas de dérogations préfectorales pour des raisons sanitaires. Les émissions de ce poste ont diminué de 24% entre 1990 et 2019. Environ ¾ des émissions de NOx proviennent du brûlage des sarments de vigne dont l'activité peut être autorisée à titre dérogatoire selon la période de l'année et sous certaines conditions selon les préfectures. En particulier : des restrictions peuvent être émises en cas de pic de pollution. Les émissions liées au brûlage ont régressé sur la période.

On notera que les émissions de NOx liées à la fertilisation azotée minérale et organique sont rapportées « hors total national » et ne sont pas représentées sur le graphique ci-dessous.

Répartition des émissions de NOx du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



NH_3

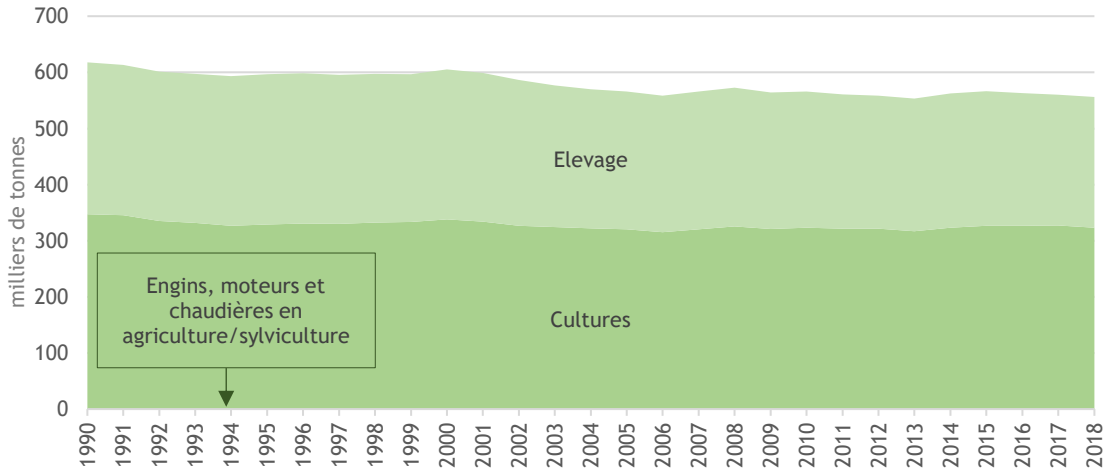
Aujourd'hui, l'ammoniac est un polluant presque exclusivement d'origine agricole en France : 94% des émissions nationales en 2018 sont issues de sources agricoles. Une faible baisse des émissions (-10%) est observée au global du secteur agricole sur la période 1990-2018, avec une stabilité forte ces dernières années.

Les émissions liées à la fertilisation azotée minérale et organique des sols agricoles représentent 58% des émissions agricoles de NH_3 en 2018. Pour ces émissions, on constate une légère augmentation au cours des dernières années du fait d'un usage en hausse des formes d'engrais émettrices (urée) au détriment d'autres formes azotées moins émettrices (ammonitrate). Cette tendance à la hausse constatée depuis 2013 semble ralentir en 2017, avec même une légère

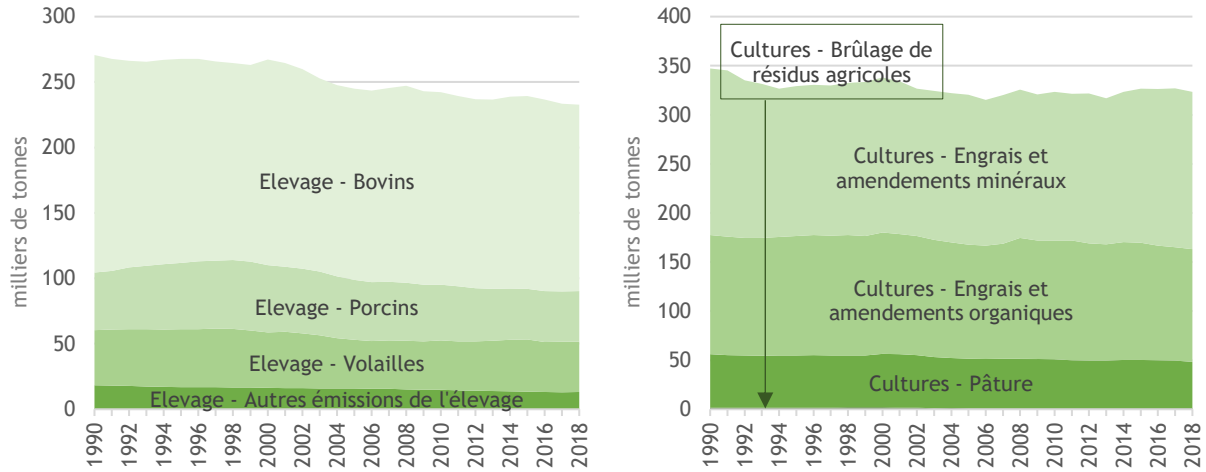
inflexion des émissions en 2018. Le développement de bonnes pratiques comme l'enfouissement rapide des engrais permet de limiter cette hausse.

Les émissions liées à la gestion des déjections animales au bâtiment et au stockage représentent 42% des émissions agricoles de NH_3 en 2018. La majeure partie de ces émissions est à imputer au cheptel bovin (61%), suivi des cheptels porcins et volailles (respectivement 17% et 16%). Les émissions de l'élevage ont globalement diminué depuis 1990. Cela est dû principalement à la baisse du cheptel bovin. Cependant, des réductions notables se retrouvent également chez les porcins, du fait de la progression de l'alimentation biphase et du traitement des effluents par nitrification-dénitrification, et enfin au niveau des volailles, avec la disparition progressive des systèmes en fosse profonde chez les poules pondeuses (systèmes très émetteurs) et l'ajustement de l'alimentation aux besoins en azote des volailles.

Répartition des émissions de NH_3 du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



Répartition des émissions de NH_3 des sous-secteurs Elevage et Cultures en France (Métropole)



Techniques de réduction, politiques et mesures en place

La profession agricole entreprend des efforts de réduction des émissions de NH_3. Des progrès ont déjà été accomplis par le secteur, par exemple au niveau de l'alimentation animale avec l'ajustement des apports protéiques dans les rations, au niveau du bâtiment avec la mise en place de laveurs d'air, au niveau du stockage par la couverture de fosses et au niveau de l'épandage avec l'utilisation de matériels moins émissifs.

En particulier, il est indiqué dans le PREPA qu'un plan d'actions devrait être mis en place pour assurer l'utilisation de matériels moins émissifs (pendillards, injecteurs) ou l'enfouissement des effluents, dans des délais adaptés, en distinguant les différents types d'effluents et leurs caractéristiques, ainsi que la nature et la taille des élevages, dans la perspective de supprimer l'utilisation des matériels les plus émissifs d'ici 2025. Ce plan devrait bientôt voir le jour.

Selon les techniques mises en place, les coûts associés peuvent être très importants. De tels investissements peuvent à l'heure actuelle être soutenus par le biais de plans de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE). En revanche, dans la Politique Agricole Commune actuelle (2014-2020), il n'existe pas de mesures financières ciblant exclusivement la réduction des émissions de NH_3 et l'amélioration de la qualité de l'air.

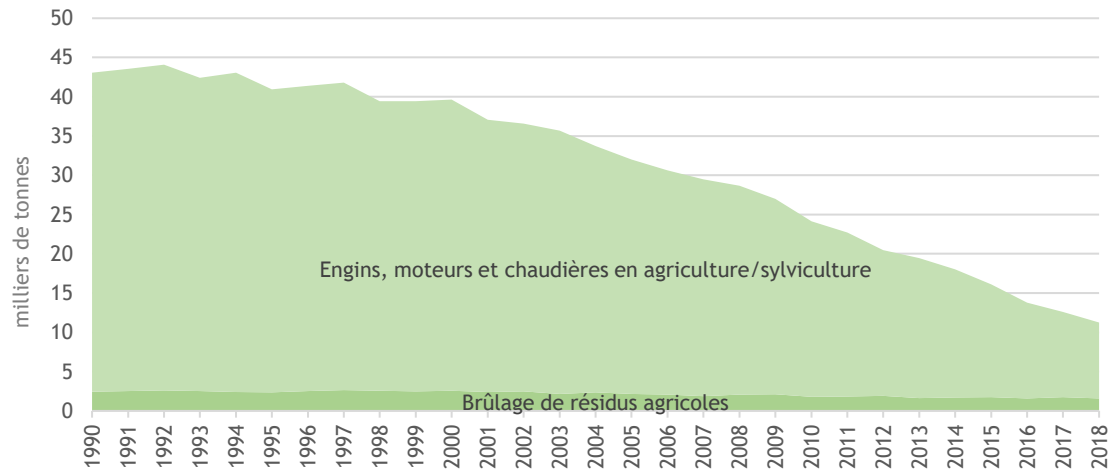
COVNM

Dans le secteur Agriculture/sylviculture, les émissions de COVNM rapportées sont principalement générées par les moteurs des engins.

Une faible part des émissions de COVNM provient aussi du brûlage de résidus agricoles. Le brûlage de résidus agricoles est une pratique interdite en France, sauf dans le cas de dérogations préfectorales pour des raisons sanitaires. En 2018, les émissions de COVNM proviennent essentiellement du brûlage des sarments de vigne (32%), des résidus d'orge (28%) et de riz (26%). Les émissions liées au brûlage ont régressé sur la période.

Enfin il est important de rappeler que les cultures sont fortement émettrices de COVNM de même que l'élevage mais les quantités n'apparaissent pas sur ce graphique car elles sont actuellement comptabilisées hors total national.

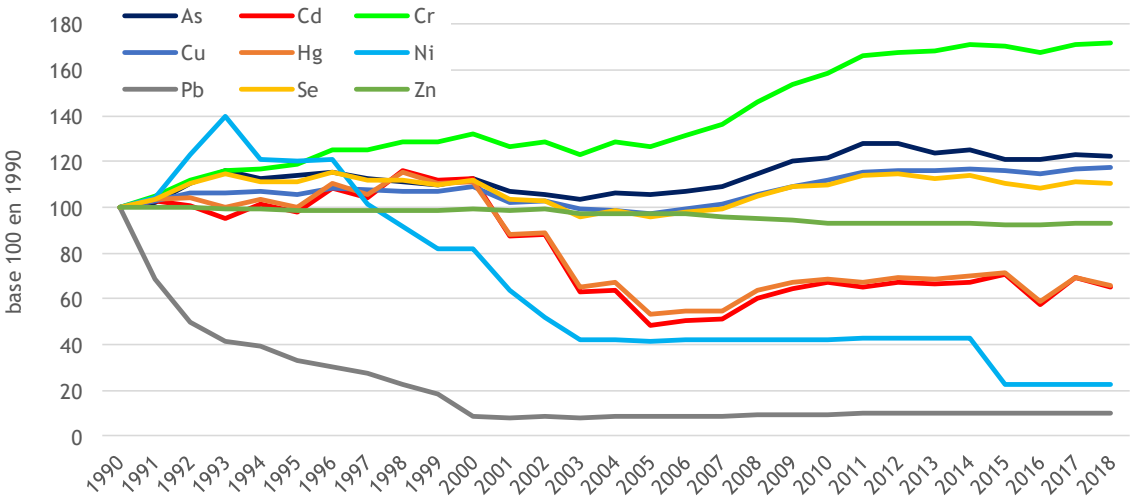
Répartition des émissions de COVNM du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



Métaux lourds

Tendance des émissions de métaux lourds

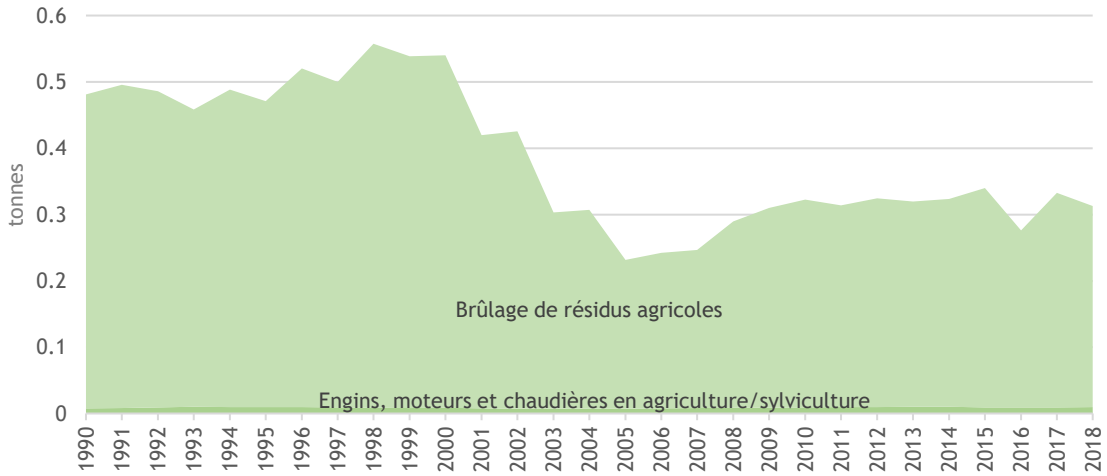
Evolution relative des émissions du secteur de l'agriculture/sylviculture des métaux lourds en France (Métropole) (base 100 en 1990)



Cd

Les émissions de Cd du secteur agriculture/sylviculture sont essentiellement induites par le brûlage des résidus de culture (brûlage des sarments en viticulture, résidus de récolte tels que les pailles en grandes cultures). La baisse des émissions observée depuis 1990 est à mettre en lien avec la diminution progressive de ces pratiques de brûlage.

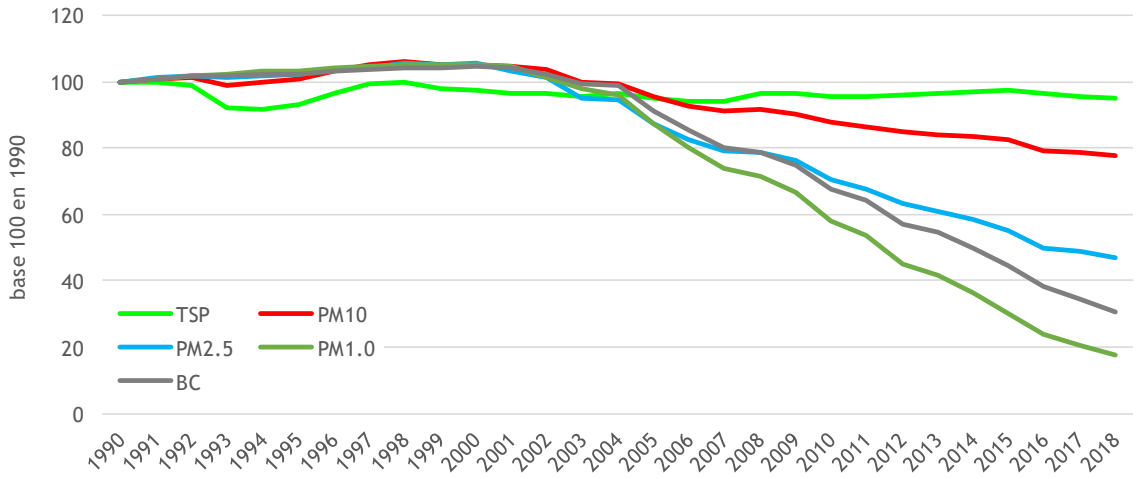
Répartition des émissions de Cd du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



Particules et carbone suie

Tendance des émissions de particules

Evolution relative des émissions du secteur de l'agriculture/sylviculture des PM en France (Métropole) (base 100 en 1990)



L'importance de la contribution du secteur agriculture/sylviculture aux émissions de particules décroît d'autant plus que la granulométrie considérée est fine. En effet, les travaux agricoles émettent généralement des particules à plus gros diamètre. En 2018, le secteur agricole contribue à 58% des émissions nationales de TSP, 25% des émissions nationales de PM_{10} et 11% des émissions nationales de $PM_{2,5}$.

La majeure partie des émissions de particules totales en suspension (TSP) primaires de la France métropolitaine provient des activités liées aux cultures (labours, moissons). Vient ensuite la gestion des animaux en bâtiment, pour laquelle les émissions de particules dépendent principalement de l'activité des animaux, du type d'aliment distribué, du type de litière et du système de ventilation. C'est le cheptel volailles qui endosse la responsabilité de la majorité des émissions en élevage : en 2018, 67% des émissions de PM_{10} en élevage sont liées aux bâtiments volailles.

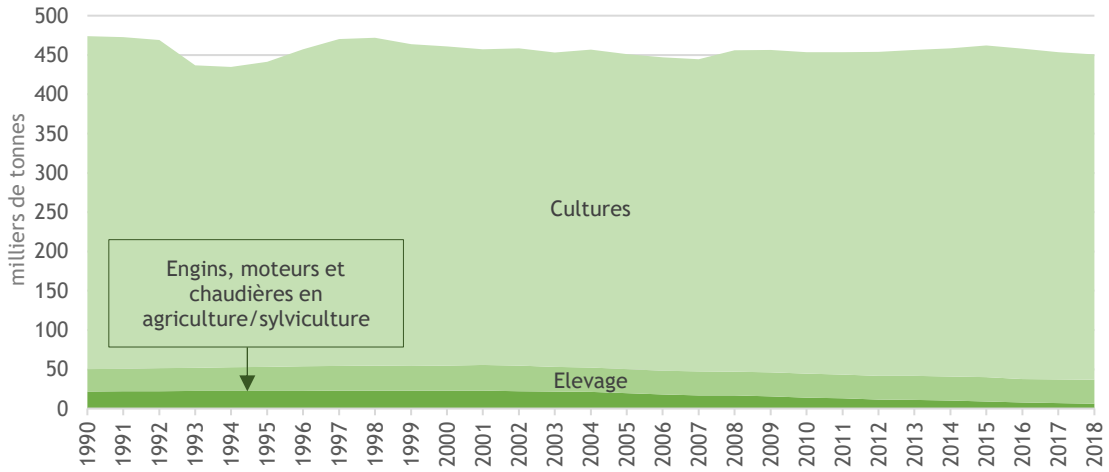
Entre 1990 et 2018, les émissions de particules totales en suspension du secteur agriculture/sylviculture ont globalement diminué du fait de légères réductions des surfaces agricoles et de l'amélioration du parc des tracteurs. Cependant, en considérant uniquement le sous-secteur « Elevage », celles-ci ont augmenté de 2kt sur la période (+8%).

Les émissions de $PM_{2,5}$ du secteur agricole ont quant à elles sensiblement diminué sur la période 1990-2018, passant de 29 kt $PM_{2,5}$ en 1990 à 14 kt $PM_{2,5}$ en 2018 (soit une baisse de 53%), mais dans une moindre mesure en comparaison des

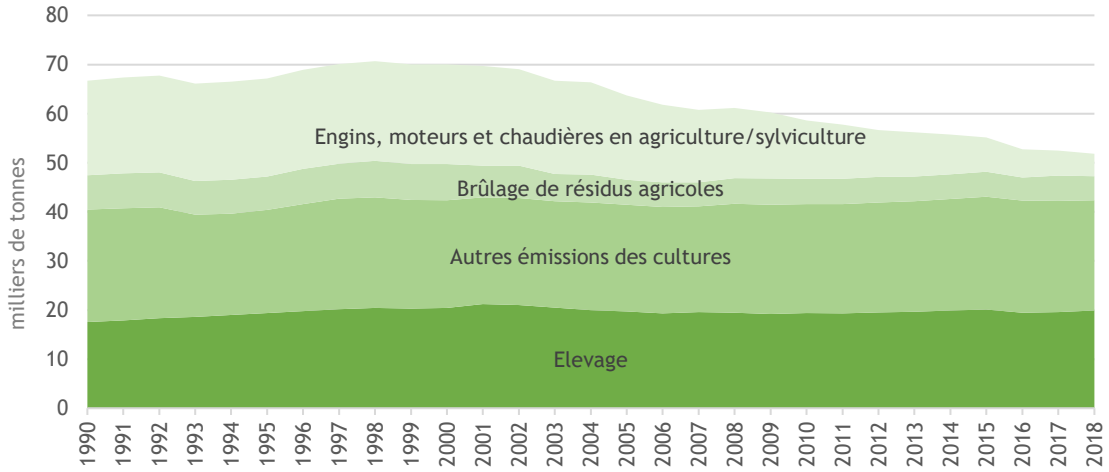
autres secteurs. La principale baisse observée pour le secteur agricole concerne les engins, du fait d'une importante amélioration du parc des tracteurs : celle-ci est liée au renouvellement du parc combiné aux avancées technologiques réalisées sur les moteurs, auxquels sont associés des normes européennes plus strictes en termes de valeurs limites d'émission.

Pour le carbone suie dont les émissions sont issues des processus de combustion incomplète, la part liée à l'agriculture est stable sur la période, située autour de 17% des émissions nationales. Les évolutions constatées sont très similaires à celles des $PM_{2,5}$: les postes émetteurs sont le brûlage des résidus et les consommations énergétiques, avec une forte baisse liée à l'amélioration du parc.

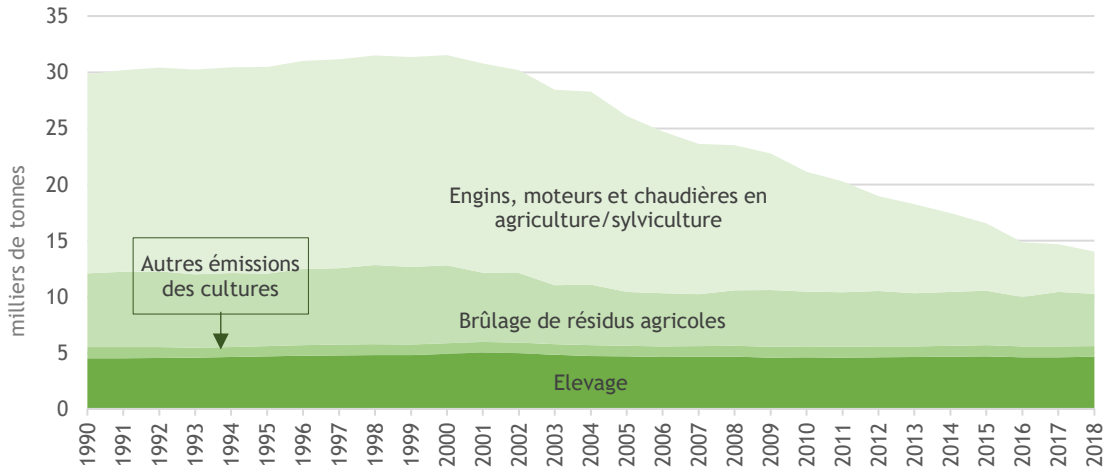
Répartition des émissions de TSP de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



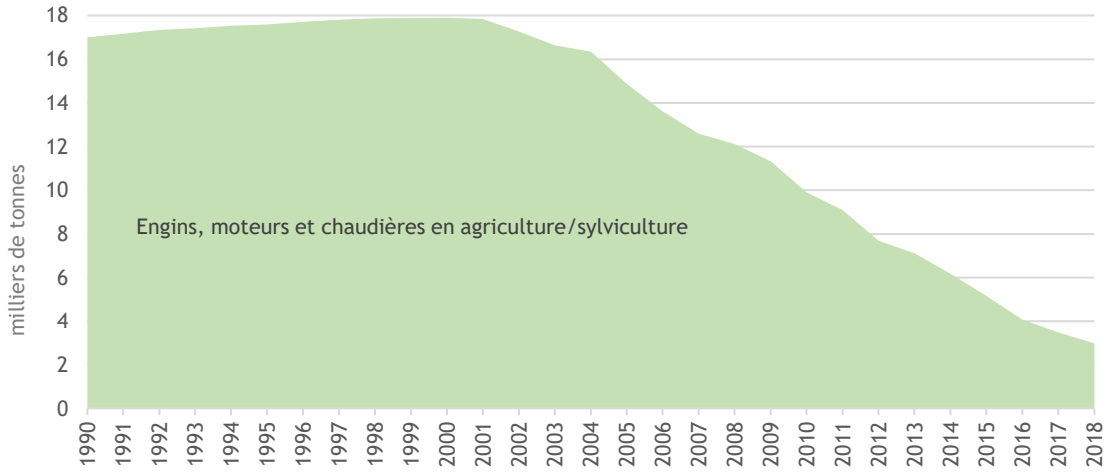
Répartition des émissions de PM_{10} de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



Répartition des émissions de $PM_{2,5}$ de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



Répartition des émissions de $PM_{1,0}$ de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



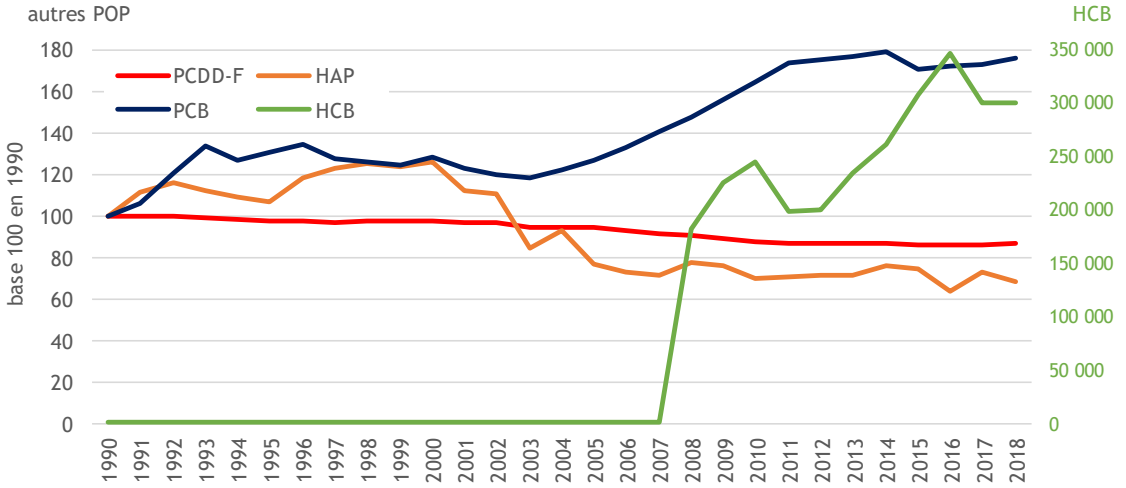
Techniques de réduction

Les laveurs d'air et l'utilisation des systèmes de brumisation dans les bâtiments (porcs et volailles) permettent de réduire les émissions de particules ($PM_{2,5}$).

Polluants organiques persistants

Tendance des émissions de POP

Evolution relative des émissions du secteur de l'agriculture/sylviculture des POP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



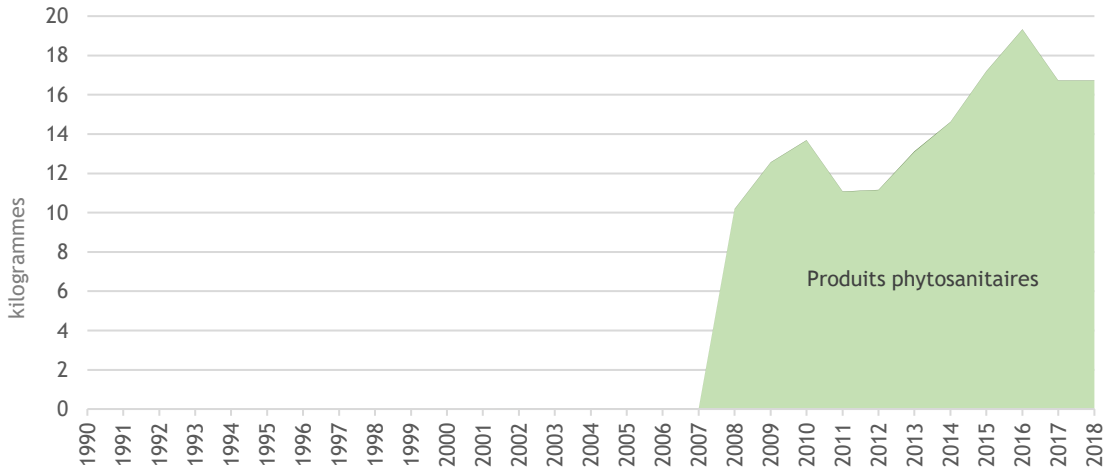
HCB

Les émissions d'hexachlorobenzène (HCB) du secteur agriculture/sylviculture sont dues à l'application de certains pesticides. Elles font l'objet d'une quantification depuis la soumission de l'inventaire en 2020. Les données d'activité sont les données de vente de produits phytopharmaceutiques issues de la banque nationale des ventes réalisées par les distributeurs de produits phytopharmaceutiques (dite BNV-D). Ces données ne sont disponibles que depuis 2008, année de création de la base de données dans le cadre du premier plan Ecophyto. En France, les produits concernés par des traces de HCB dans leur composition sont le piclorame, le chlorothalonil, le téfluthrine et le chlorthal. Le chlorothalonil fait l'objet d'un enjeu majeur car il représente la quasi-totalité des émissions.

En tendance, les données montrent que le recours aux substances contenant des HCB a connu une baisse de -19 % en 2018 par rapport à 2016.

Attention, les quantités de substances actives vendues ne reflètent pas forcément le lieu d'utilisation, la quantité réelle appliquée ou la période d'application des traitements (constitution de stocks possible dans les exploitations par exemple).

Répartition des émissions de HCB de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



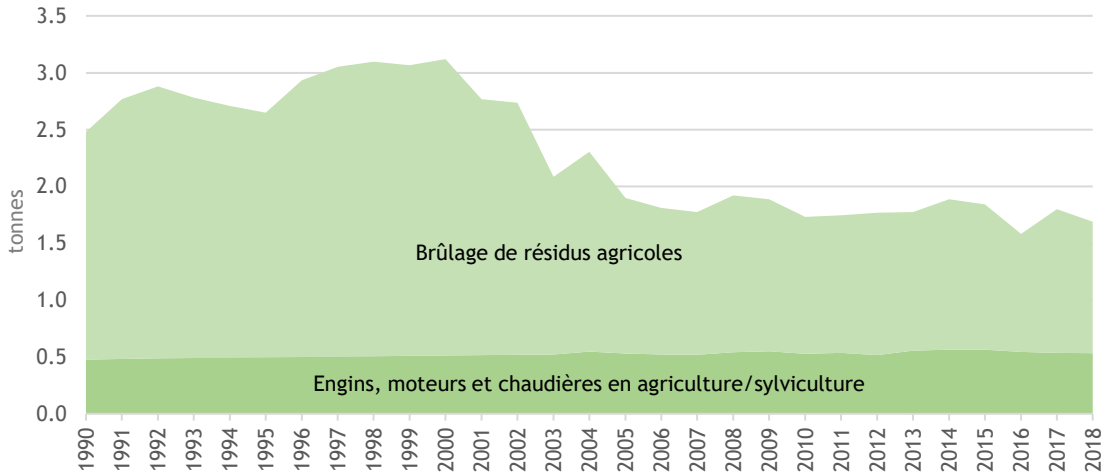
Evolution future de la réglementation

L'approbation européenne du chlorothalonil, qui concentre la totalité des émissions estimées, n'a pas été renouvelée (règlement UE 2019/677 du 29/04/2019). En conséquence, les États Membres ont dû retirer les Autorisations de Mise sur le Marché (AMM) au plus tard le 20 novembre 2019 avec un délai de grâce le plus court possible et au plus tard le 20 mai 2020. Les émissions de HCB en provenance du chlorothalonil devraient donc reculer voire disparaitre dès l'année 2020.

HAP

Les émissions de HAP du secteur agriculture/sylviculture sont principalement générées par le brûlage des résidus de culture. La baisse des émissions depuis 1990 est à mettre en lien avec la diminution progressive de ces pratiques de brûlage.

Répartition des émissions de HAP de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole)



Liste des sources incluses dans ce secteur

Agriculture, sylviculture et aquaculture	
Bovins [Bovins]	
Fermentation entérique – Vaches laitières	100401
Fermentation entérique – Autres bovins	100402
Déjections animales- Vaches laitières (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100501 (*)
Déjections animales – Autres bovins (Bâtiments / Stockage et NH_3 à l'épandage) (sauf COVNM et NOx)	100502 (*)
Porcins [Porcins]	
Fermentation entérique – Porcins à l'engraissement	100404
Fermentation entérique – Truies	100412
Déjections animales- Porcins à l'engraissement (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100503 (*)
Déjections animales – Truies (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100504 (*)
Volailles [Volailles]	
Fermentation entérique – Poules	100408
Fermentation entérique – Poulets	100409
Fermentation entérique – Autres volailles (canards, oies, …)	100410
Déjections animales- Poules (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100507 (*)
Déjections animales – Poulets (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100508 (*)
Déjections animales – Autres volailles (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100509 (*)
Autres émissions de l'élevage [Autres émissions de l'élevage]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Fermentation entérique – Ovins	100403
Fermentation entérique – Chevaux	100405
Fermentation entérique – Mules et ânes	100406
Fermentation entérique – Caprins	100407
Fermentation entérique – Chameaux	100413
Fermentation entérique – Buffles	100414
Fermentation entérique – Autres	100415
Déjections animales – Moutons (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100505 (*)
Déjections animales – Chevaux (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100506 (*)
Déjections animales – Animaux à fourrure (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100510 (*)
Déjections animales – Caprins (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100511 (*)
Déjections animales – Ânes et mulets (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100512 (*)
Déjections animales – Chameaux (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100513 (*)
Déjections animales – Buffles (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100514 (*)
Déjections animales – Autres (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100515 (*)
Composés azotés issus des déjections animales	1009xx
Engrais et amendements minéraux [Engrais et amendements minéraux]	
Culture avec engrais- Cultures permanentes (sauf COVNM et NOx)	100101 (*)
Culture avec engrais - Terres arables (sauf COVNM et NOx)	100102 (*)
Culture avec engrais - Rizières (sauf COVNM et NOx)	100103 (*)
Culture avec engrais - Vergers (sauf COVNM et NOx)	100104 (*)
Culture avec engrais - Prairies (sauf COVNM et NOx)	100105 (*)
Utilisation de pesticides et de calcaire – Agriculture	100601
Engrais et amendements organiques [Engrais et amendements organiques]	
Culture avec engrais- Cultures permanentes (sauf COVNM et NOx)	100101 (*)
Culture avec engrais - Terres arables (sauf COVNM et NOx)	100102 (*)
Culture avec engrais - Rizières (sauf COVNM et NOx)	100103 (*)
Culture avec engrais - Vergers (sauf COVNM et NOx)	100104 (*)
Culture avec engrais - Prairies (sauf COVNM et NOx)	100105 (*)
Epandage des boues	091003
Pâtures [Pâtures]	
Culture avec engrais- Cultures permanentes (sauf COVNM et NOx)	100101 (*)
Culture avec engrais - Terres arables (sauf COVNM et NOx)	100102 (*)
Culture avec engrais - Rizières (sauf COVNM et NOx)	100103 (*)
Culture avec engrais - Vergers (sauf COVNM et NOx)	100104 (*)
Culture avec engrais - Prairies (sauf COVNM et NOx)	100105 (*)
Brûlage de résidus agricoles [Brûlage de résidus agricoles]	
Brûlage de résidus agricoles - Céréales	100301
Brûlage de résidus agricoles - Légumes	100302
Brûlage de résidus agricoles - Racines et tubercules	100303
Brûlage de résidus agricoles -Cannes à sucre	100304
Brûlage de résidus agricoles - Autres	100305
Feux ouverts de déchets agricoles (hors 1003xx)	090701 (*)
Autres émissions des cultures [Autres émissions des cultures]	

Culture avec engrais- Cultures permanentes (sauf COVNM et NOx)	100101 (*)
Culture avec engrais - Terres arables (sauf COVNM et NOx)	100102 (*)
Culture avec engrais - Rizières (sauf COVNM et NOx)	100103 (*)
Culture avec engrais - Vergers (sauf COVNM et NOx)	100104 (*)
Culture avec engrais - Prairies (sauf COVNM et NOx)	100105 (*)
Engins, moteurs et chaudières en l'agriculture/sylviculture [Engins, moteurs et chaudières en l'agriculture/sylviculture]	
Installations de combustion - Agriculture, sylviculture	0203xx
Engins spéciaux - Agriculture	0806xx
Engins spéciaux - Sylviculture	0807xx
Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTCATF - non incluse dans le total France *[Agriculture - hors total]*	
Sources biotiques agricoles [Sources biotiques agricoles]	
Culture avec engrais (COVNM et NOx de l'agriculture)	1001xx (*)
Culture sans engrais (COVNM)	1002xx
Déjections animales (COVNM et NOx)	1005xx (*)

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Transports

Rédaction | **Jean-Marc ANDRÉ**
Thamara VIEIRA DA ROCHA

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Description du secteur 350
Emissions incluses dans ce secteur 350
Principales substances émises par le secteur 351
Emissions de gaz à effet de serre 353
Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e 353
Détail par gaz à effet de serre 355
Emissions de polluants atmosphériques 358
Acidification, eutrophisation, pollution photochimique 358
Métaux lourds 363
Polluants organiques persistants 368
Particules 370
L'utilisation des agro-carburants dans les transports 375
Rétrospective du parc routier depuis 1960 377
Transport de marchandises et transport de voyageurs 383
Emissions internationales du transport, exclues du total national 385
Liste détaillée des sources d'émissions incluses dans le secteur 386

En bref

Le secteur intègre d'une part les sources routières des différentes catégories de véhicules et d'autre part les sources non routières. Ces dernières incluent les transports aérien, ferroviaire, maritime (dont pêche), fluvial de marchandises et autres modes de navigation (bateaux de plaisance et autres petits bateaux).

Ce secteur est la source clé des émissions des gaz à effet de serre, notamment dues aux émissions de CO_2 du transport routier. Ces émissions sont globalement stables depuis la dernière décennie. Ceci s'explique par la stagnation des émissions du routier et du fluvial et des diminutions importantes du ferroviaire et du maritime alors que les autres navigations ont augmenté.

Les émissions des gaz à effet de serre du transport sont une conséquence de la demande, lui-même liée majoritairement à la démographie, aux politiques publiques (e.g. report modal et prime à la conversion des véhicules) et à l'évolution du prix des carburants. Ceci a un effet combiné et associé avec le renouvellement du parc (plus ou moins important selon le mode de transport) et l'introduction des agro-carburants.

Concernant les polluants atmosphériques, les émissions de l'ensemble des transports ont essentiellement diminué la dernière décennie grâce au renouvellement du parc des véhicules routier.

Description du secteur

Emissions incluses dans ce secteur

Les émissions du transport sont issues d'une part de la combustion des combustibles mais aussi de l'évaporation de l'essence et des abrasions (freins, pneus, route, caténaires, etc.). Les émissions sont distinguées par type d'énergie utilisée (Diesel, essence, GPL, GNV, électrique, etc.).

Seule une partie des émissions des aéronefs et des bateaux est prise en compte dans les émissions totales en France métropolitaine.

Chacun de ces sous-secteurs du transport peut lui-même être partagé en :

- Trafic domestique : défini par les liaisons entre deux points situés dans le pays considéré, en l'occurrence la France ;
- Trafic international : défini par liaisons entre deux points, l'un en France l'autre à l'étranger.

Dans ce rapport sont ainsi exclus du total national les rejets

- du trafic maritime international,
- du trafic aérien international (LTO et croisières), pour les gaz à effet de serre,
- du trafic aérien domestique et international au-dessus de 1 000 m d'altitude (i.e. les croisières) pour les autres substances,
- du trafic du transport fluvial de marchandises international, pour les gaz à effet de serre.

		Inclus dans le total national ?	
Type de Transport	**Type de substances émises**	**Trafic domestique**	**Trafic international**
Routier	Tous	Oui	*
Aérien	Gaz à effet de serre	Oui	Non
	Polluants émis <1 000 m	Oui	Oui
	Polluants émis >1 000 m	Non	Non
Ferroviaire	Tous	Oui	*
Maritime	Tous	Oui	Non
dont pêche	Tous	Oui	*
Fluvial de marchandise	Gaz à effet de serre	Oui	Non
	Polluants	Oui	Oui
Autres Navigations	Tous	Oui	*

* Le trafic pour ces sous-secteurs est comptabilisé uniquement en métropole.

Le transport routier est une importante source d'émissions du secteur. Par conséquent, ces émissions peuvent être désagrégées dans ce rapport selon les catégories suivantes pour une analyse plus fine des sources clés.

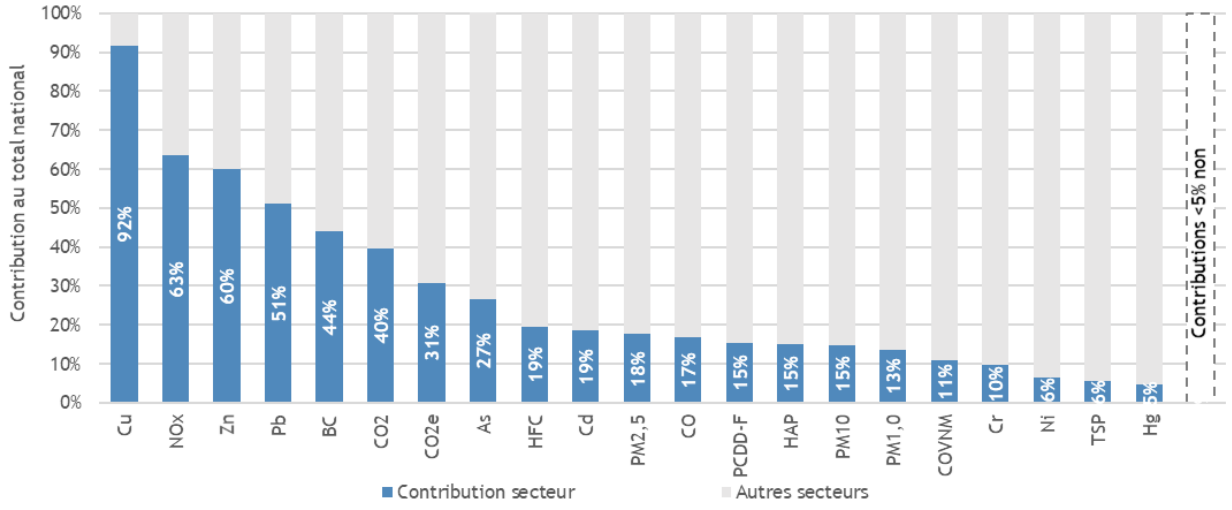
Le tableau ci-dessous montre l'attribution des différents modes de transport au secteurs Secten.

Secten niv 2	Secten niv 3
Routier	VP diesel
	VP essence
	VP GPL
	VP GNV
	VP électriques
	VUL diesel
	VUL essence
	VUL électriques
	PL diesel (y.c. bus et cars)
	PL essence (y.c. bus et cars)
	PL GNV (y.c. bus et cars)
	PL électriques (y.c. bus et cars)
	Deux roues* essence
	Deux roues* diesel
	Deux roues* électriques
Ferroviaire	Trains Diesel et électriques
Fluvial	Transport fluvial de marchan-dises.
Autres navigations	les bateaux de plaisance et autres petits bateaux
Maritime	Transport maritime domestique et pêche
Aérien	

*Les deux roues incluent les cyclomoteurs, les motocycles, les tricycles, les quadricycles ainsi que les voiturettes sans permis.

Principales substances émises par le secteur

Substances pour lesquelles le secteur des transports contribue pour au moins 5 % aux émissions en 2018



Les substances pour lesquelles le secteur des transports (transport routier et autres transports) contribue pour plus de 5 % aux émissions totales de la France métropolitaine pour cette année sont présentées ci-dessus.

Comme le montrent le tableau et les figures ci-après, le transport routier domine très largement les autres modes de transport.

Bien qu'il faille raisonner plus en détail par mode de transport, les émissions du secteur des transports en France métropolitaine ont globalement diminué au cours des 20 dernières années sauf pour le CO_2, le CO_{2e}, l'As, le Cr, le Cu et le Zn. Les baisses enregistrées sont à mettre très largement à l'actif du transport routier.

Citepa_Transports_Secten_ed2020.xlsx

	Total National			Total transports			Routier [c]			Ferroviaire			Fluvial [a]		
	2018	1990	Δ% 2018 / 90	2018	% par rapport au total national (b)	Δ% 2018 / 90	2018	% par rapport au total national (b)	Δ% 2018 / 90	2018	% par rapport au total national (b)	Δ% 2018 / 90	2018	% par rapport au total national (b)	Δ% 2018 / 90
NO_X (Gg)	749	1 973	-62	475	63	-64	422	56	-66	8.8	1.2	-59	2.0	0.27	-21
COVNM (Gg)	595	2 466	-76	65	11	-93	52	8.8	-94	0.67	0.11	-59	0.38	0.06	-23
CO (Gg)	2 514	10 287	-76	421	17	-93	296	12	-95	2.5	0.10	-59	1.1	0.04	-16
HFC (Gg CO2e)	15 900	4 402	261	3072	19	-	3007	19	-	46	0.29	-	-	-	-
CO_2 (Tg)	332	401	-17	131	40	7.6	124	37	8.1	0.41	0.12	-62	0.11	0.03	-14
CO_{2e} (Tg CO2e)	441	548	-20	136	31	9.6	128	29	10	0.46	0.10	-58	0.11	0.02	-14
As (Mg)	5.3	17	-69	1.4	27	34	1.4	27	35	0.00	0.00	-59	0.00	0.00	-12
Cd (Mg)	2.6	20	-87	0.49	19	38	0.49	18	42	0.00	0.00	-59	0.00	0.00	-12
Cr (Mg)	20	392	-95	1.9	9.6	57	1.9	9.6	61	0.00	0.01	-59	0.00	0.00	-12
Cu (Mg)	206	225	-8.3	188	92	19	144	70	36	45	22	-15	0.00	0.00	-12
Ni (Mg)	29	276	-90	1.9	6.5	-24	1.4	4.8	36	0.00	0.00	-59	0.00	0.00	-12
Pb (Mg)	114	4 294	-97	58	51	-99	53	47	-99	0.00	0.00	-59	0.00	0.00	-12
Zn (Mg)	486	2 166	-78	291	60	40	291	60	41	0.00	0.00	-59	0.00	0.00	-12
TSP (Gg)	780	1 201	-35	44	5.6	-51	37	4.7	-54	4.2	0.54	-32	0.23	0.03	-24
PM_{10} (Gg)	216	544	-60	32	15	-59	28	13	-63	2.0	0.95	-29	0.22	0.10	-24
PM2,5 (Gg)	134	424	-68	24	18	-67	21	15	-70	0.77	0.58	-39	0.21	0.16	-24
PM1,0 (Gg)	104	367	-72	14	13	-76	12	12	-79	-	-	-	0.19	0.18	-24
BC (Gg)	24	75	-68	11	44	-67	10.0	41	-68	0.11	0.46	-59	0.12	0.47	-24
HAP (Mg) (*)	17	46	-62	2.6	15	-16	2.5	14	-15	0.03	0.15	-59	0.01	0.06	-12
PCDD-F (g-ITEQ)	97	1 782	-95	15	15	-20	15	15	-20	0.04	0.04	-59	0.01	0.01	-12

Citepa_Transports_Secten_ed2020.xlsx

	Total National			Maritime [a] [d]			Autres Navigations [e]			Aérien [a]		
	2018	1990	Δ% 2018 / 90	2018	% par rapport au total national (b)	Δ% 2018 / 90	2018	% par rapport au total national (b)	Δ% 2018 / 90	2018	% par rapport au total national (b)	Δ% 2018 / 90
NO_X (Gg)	749	1 973	-62	24	3.2	-37	8.0	1.1	66	10	1.4	57
COVNM (Gg)	595	2 466	-76	1.7	0.29	-19	9.0	1.5	-32	1.2	0.21	-66
CO (Gg)	2 514	10 287	-76	11	0.42	-3.2	102	4.1	-20	8.6	0.34	-15
HFC (Gg CO2e)	15 900	4 402	261	10.0	0.06	-	-	-	-	9.3	0.06	-
CO_2 (Tg)	332	401	-17	1.1	0.34	-35	1.0	0.31	59	5.2	1.6	19
CO_{2e} (Tg CO2e)	441	548	-20	1.1	0.26	-34	1.1	0.24	60	5.3	1.2	19
As (Mg)	5.3	17	-69	0.00	0.06	-66	0.00	0.00	84	-	-	-
Cd (Mg)	2.6	20	-87	0.00	0.06	-52	0.00	0.00	-99	-	-	-
Cr (Mg)	20	392	-95	0.01	0.05	-57	0.00	0.01	-74	-	-	-
Cu (Mg)	206	225	-8.3	0.01	0.00	-52	0.00	0.00	-95	-	-	-
Ni (Mg)	29	276	-90	0.48	1.7	-66	0.00	0.00	-97	-	-	-
Pb (Mg)	114	4 294	-97	0.01	0.01	-100	0.00	0.00	-100	4.7	4.2	-48
Zn (Mg)	486	2 166	-78	0.15	0.03	-13	0.01	0.00	-99	-	-	-
TSP (Gg)	780	1 201	-35	0.56	0.07	-43	1.2	0.16	72	0.66	0.08	14
PM_{10} (Gg)	216	544	-60	0.54	0.25	-43	1.2	0.56	72	0.52	0.24	20
PM2,5 (Gg)	134	424	-68	0.51	0.38	-43	1.0	0.77	71	0.40	0.30	22
PM1,0 (Gg)	104	367	-72	0.47	0.45	-43	0.98	0.94	292	0.26	0.25	31
BC (Gg)	24	75	-68	0.13	0.54	-39	0.15	0.61	43	0.19	0.78	30
HAP (Mg) (*)	17	46	-62	0.06	0.34	-37	0.03	0.18	71	-	-	-
PCDD-F (g-ITEQ)	97	1 782	-95	0.04	0.04	-44	0.04	0.04	74	-	-	-

(*) Somme des HAP tels que définis par la CEE-NU : benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène et indeno(1,2,3-cd)pyrène

(a) CO2, N2O et autres gaz à effet de serre : selon définitions de la CCNUCC - les émissions répertoriées hors total ne sont pas incluses, à savoir les émissions internationales maritimes, fluviales et aériennes
Autres substances : selon définitions de CEE - NU - les émissions répertoriées hors total ne sont pas incluses, à savoir les émissions maritimes internationales, les émissions de la phase croisière (≥ 1000 m) des trafics aériens domestique et international.

(b) émissions hors UTCATF

(c) L'usure des routes, des pneumatiques et des freins est prise en compte en plus de l'échappement pour les particules (sauf $PM_{1,0}$).

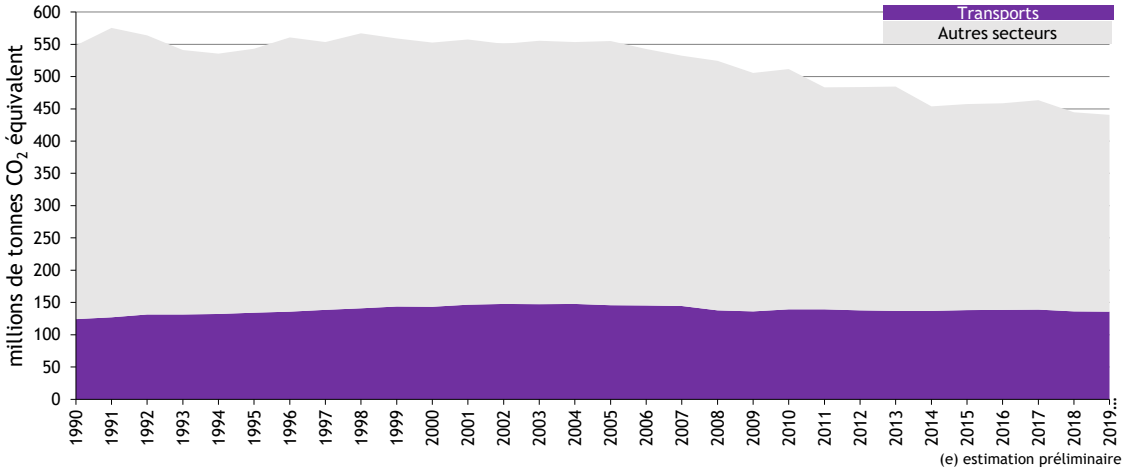
(d) Dans le format SECTEN, la pêche nationale est incluse dans le sous-secteur "Maritime".

(e) Le poste "Autres Navigations" comprend les bateaux de plaisance et autres petits bateaux.

Émissions de Gaz à effet de serre

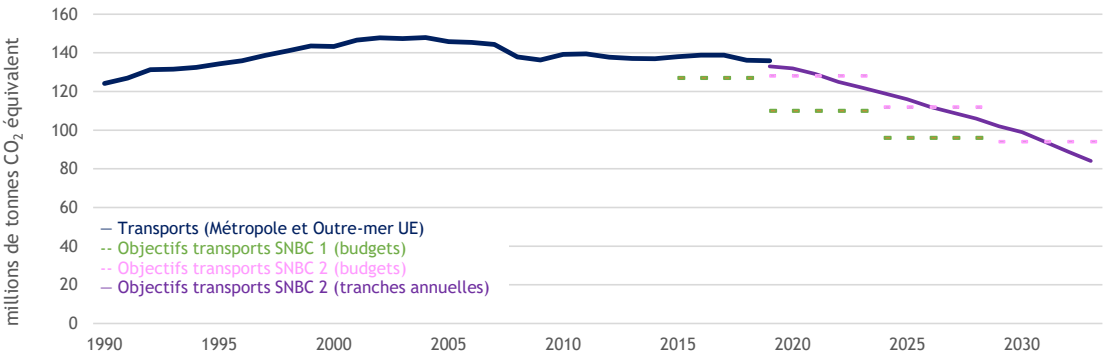
Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e

Contribution du secteur aux émissions totales de GES de la France

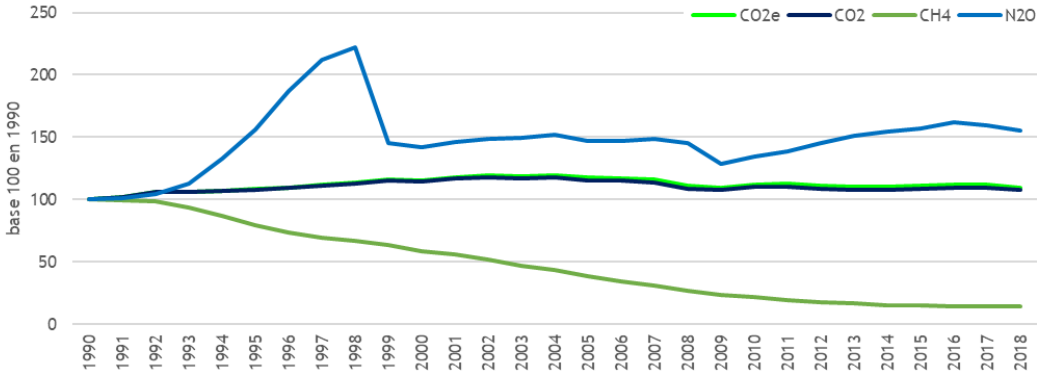


(e) estimation préliminaire

Emissions de GES du secteur et objectifs SNBC

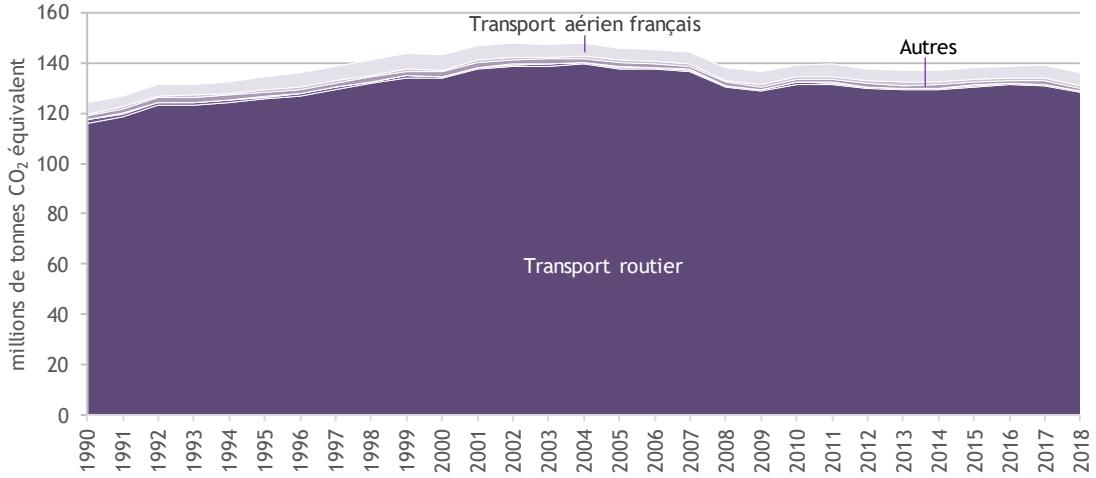


Tendance d'évolution des émissions de GES en base 100

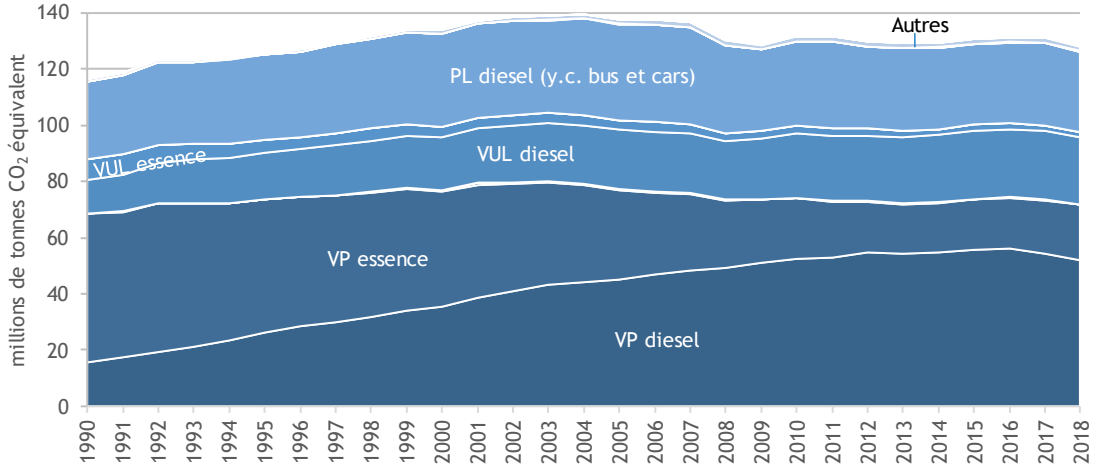


Evolution relative des émissions du secteur des transports des différents GES en France (Métropole et Outre-mer UE) (base 100 en 1990)

Evolution des émissions dans l'air de CO_2e du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de CO_2e du transport routier depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Dans le secteur des transports, le transport routier prédomine largement en termes de CO_{2e}.

Le CO_{2e} (hors biomasse) maximal a été atteint en 2004. Le profil d'évolution est lié à celui du CO_2 qui prédomine dans les émissions de GES de ce secteur. La très forte croissance des émissions de HFC depuis 1993 (cf. ci-dessous) n'a qu'un impact relativement faible sur le CO_{2e}.

Détail par gaz à effet de serre

CO_2

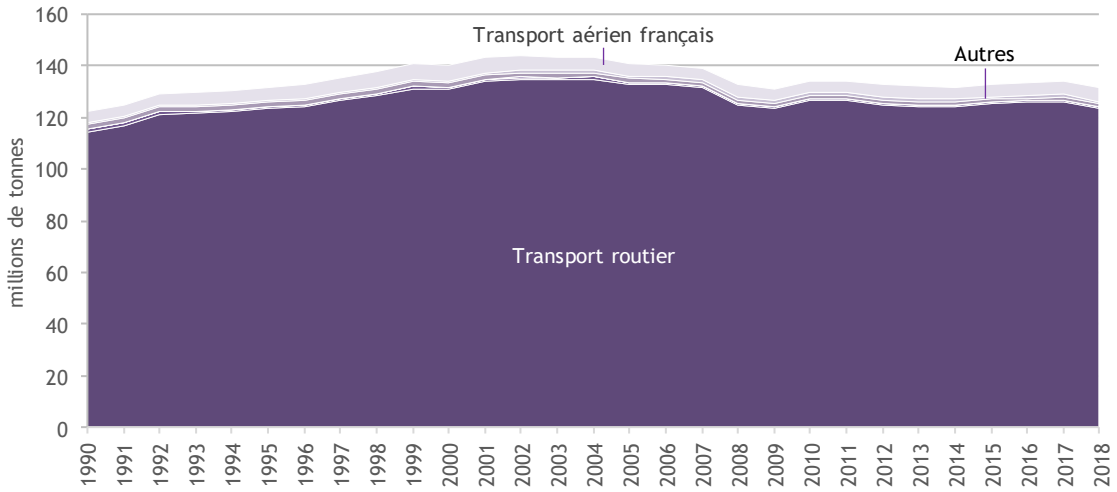
Le mode routier est le principal contributeur aux émissions de CO_2 du secteur des transports.

Les émissions du transport routier ont augmenté régulièrement jusqu'en 2004 en lien avec la hausse du trafic.

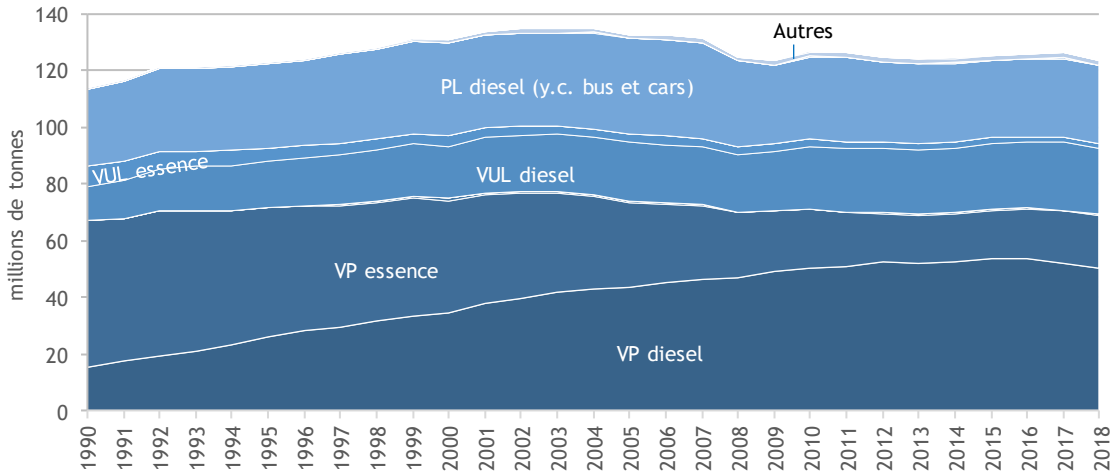
Depuis les émissions se sont décorrélées du trafic, d'une part par le recours accru aux agro-carburants comptés hors total national selon les exigences internationales, ainsi qu'au renouvellement du parc automobile par des véhicules moins énergivores. Néanmoins, une forte diminution s'est produite entre 2007 et les niveaux de 2008 et 2009. Cette dernière est liée principalement à la crise, à l'augmentation des prix des carburants au cours du premier semestre 2008, à la mise en place de la prime à la casse et du bonus-malus sur l'achat de véhicules neufs énergétiquement plus ou moins performants. Les émissions sont quasi stables depuis 2008.

Concernant les autres modes de transport, les diminutions les plus importantes sont imputables au transport ferroviaire et au trafic maritime alors que les autres navigations ont augmenté.

Evolution des émissions dans l'air de CO_2 du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



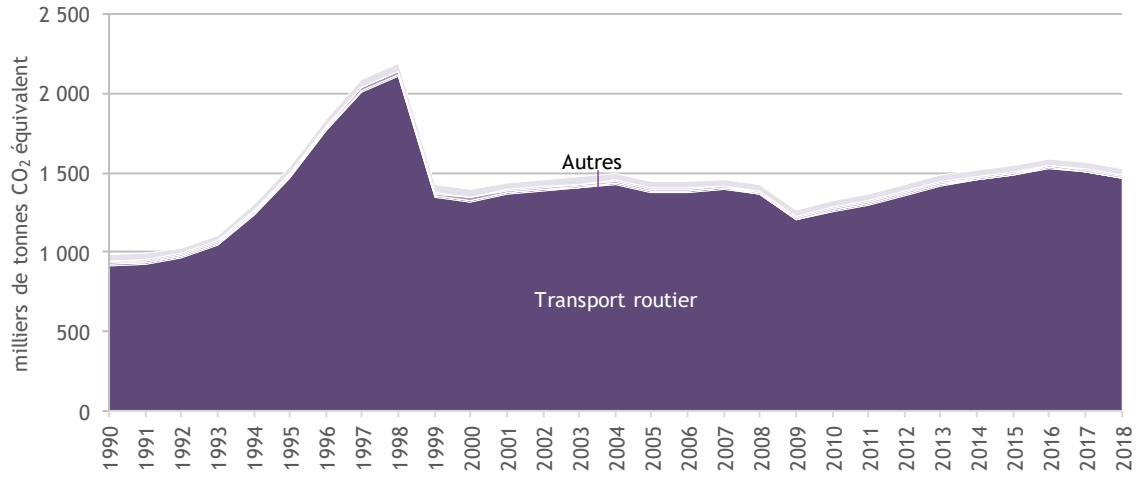
Evolution des émissions dans l'air de CO_2 du transport routier depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



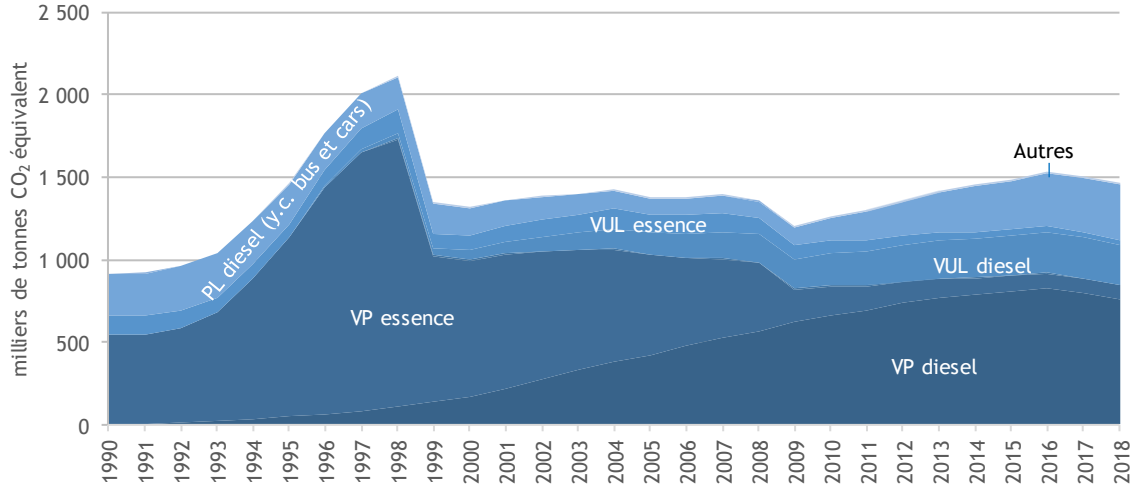
N_2O

Les émissions de N_2O du secteur sont en augmentation depuis 1990, principalement dû au fait du transport routier. Néanmoins, le transport n'est pas une source clé, avec des contributions aux émissions totales inférieures à 5 %.

Evolution des émissions dans l'air de N_2O du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de N_2O du transport routier depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



HFC

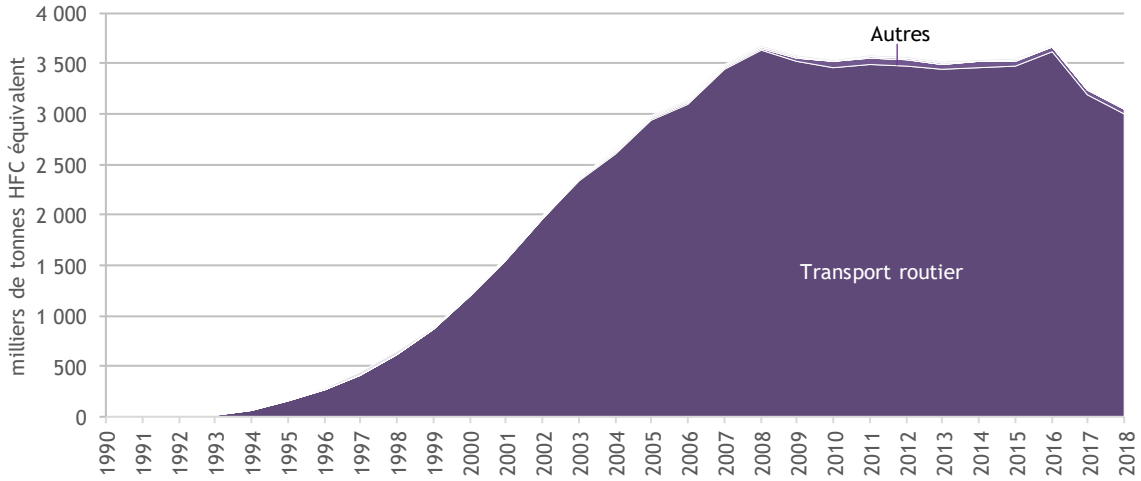
Dans le transport routier, les émissions, qui sont nulles entre 1990 et 1992, sont en très forte croissance depuis 1993 en raison, d'une part, de l'utilisation de HFC-134a dans les climatisations automobiles en remplacement des CFC interdits par le Protocole de Montréal et, d'autre part, de la généralisation de la climatisation sur l'ensemble des gammes de véhicules.

Toutefois, une légère diminution du secteur du transport routier est observée depuis 2008 en raison de nouveau système de climatisation à taux de fuite très bas.

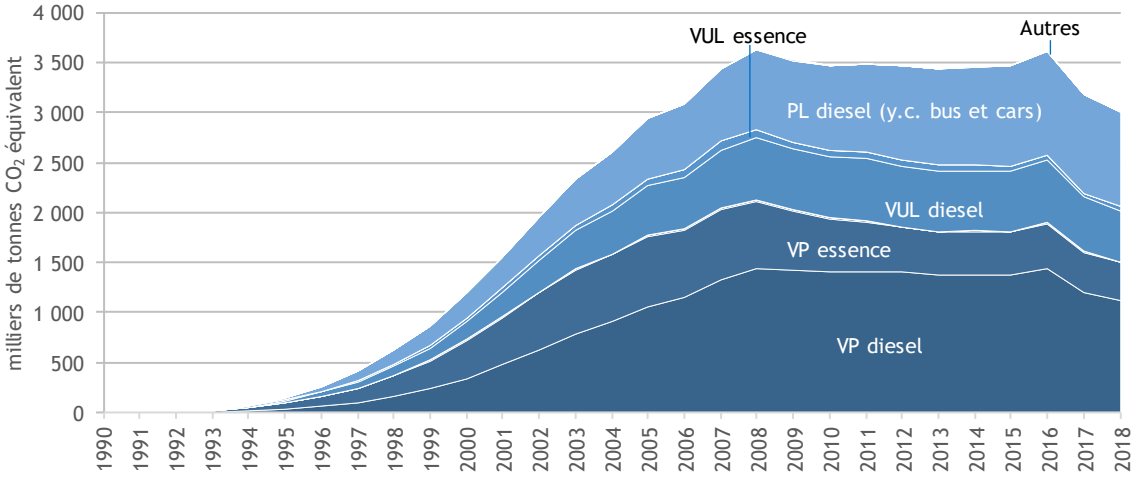
Le transport ferroviaire a également connu une croissance des émissions depuis l'an 2000 bien qu'une diminution soit observée depuis 2011.

L'ensemble des émissions de HFC du transport, exprimé en équivalent CO_2, a augmenté très nettement depuis 1994. Celles-ci diminuent depuis 2011. Il sera intéressant de vérifier si cette tendance à la baisse se poursuit dans les années à venir, en raison notamment de l'utilisation de HFC à faible PRG.

Evolution des émissions dans l'air de HFC du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de HFC du transport routier depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)

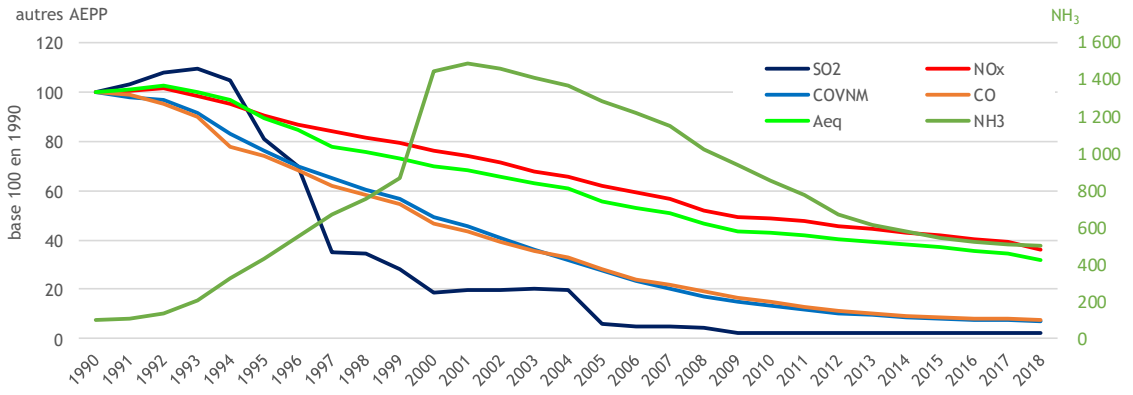


Émissions de polluants atmosphériques

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique

Tendance des émissions d'AEPP

Evolution relative des émissions du secteur des transports des substances de l'AEPP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



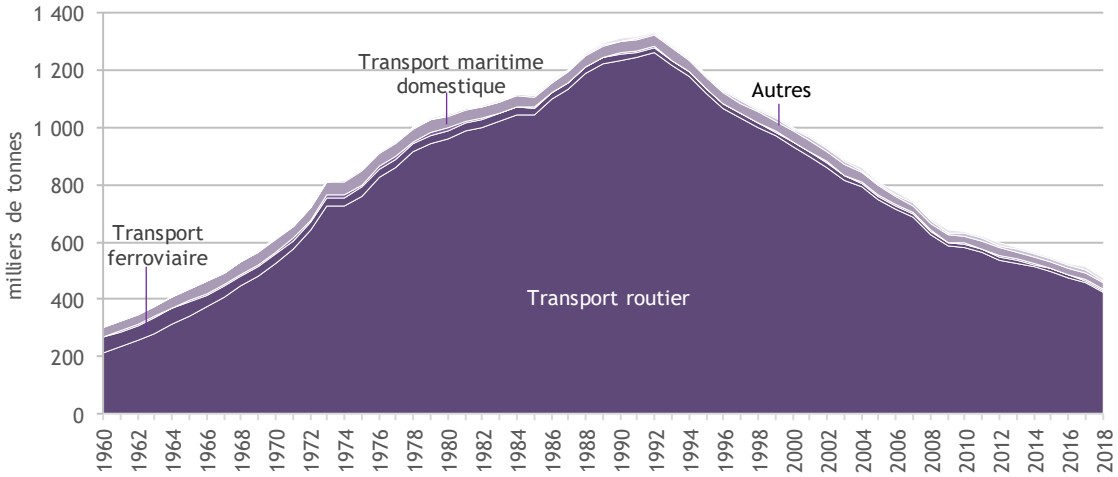
NO_X

Le transport routier est l'émetteur dominant du secteur des transports depuis 1990.

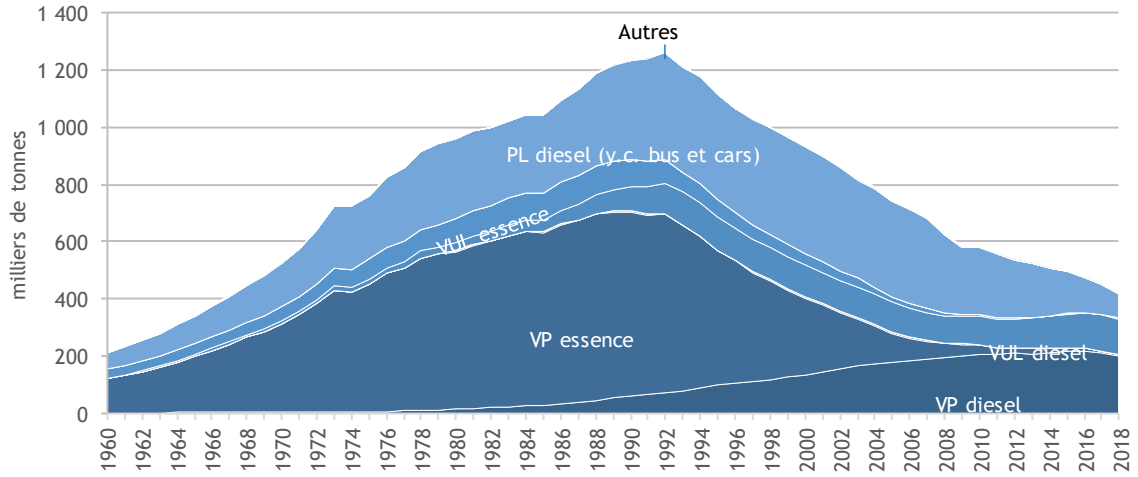
Globalement, le renouvellement du parc de véhicules et l'introduction généralisée de pots catalytiques sur les véhicules légers essence depuis 1993 et les véhicules légers diesel à partir de 1997 conduisent à une réduction des émissions du transport routier depuis 1990, malgré une croissance du trafic.

La baisse des rejets de NO_X du transport routier n'a pas suivi la baisse des valeurs limites d'émissions (VLE) des normes. Il y a même eu pour les véhicules de norme Euro-5 une hausse du facteur d'émission par rapport à celui des véhicules de normes Euro 4. Les facteurs d'émission des normes Euro 6 devraient être plus faibles que ceux des normes précédentes et ainsi contribuer, avec le renouvellement du parc, à la baisse future des émissions de NOx. La dé-diésélisation du parc aidera aussi à la baisse des émissions

Evolution des émissions dans l'air de NOx du secteur des transports depuis 1960 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de NOx du transport routier depuis 1960 en France (Métropole)



COVNM

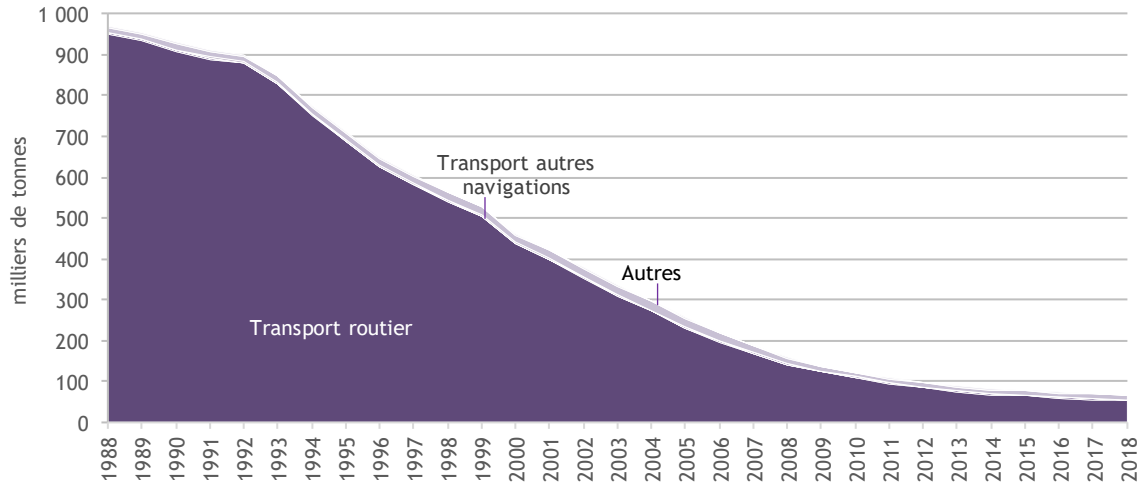
Le transport routier est l'émetteur dominant du secteur des transports depuis 1990.

Les émissions de COVNM sont un indicateur des motorisations essence. Elles proviennent, d'une part, de la combustion et, d'autre part, des évaporations.

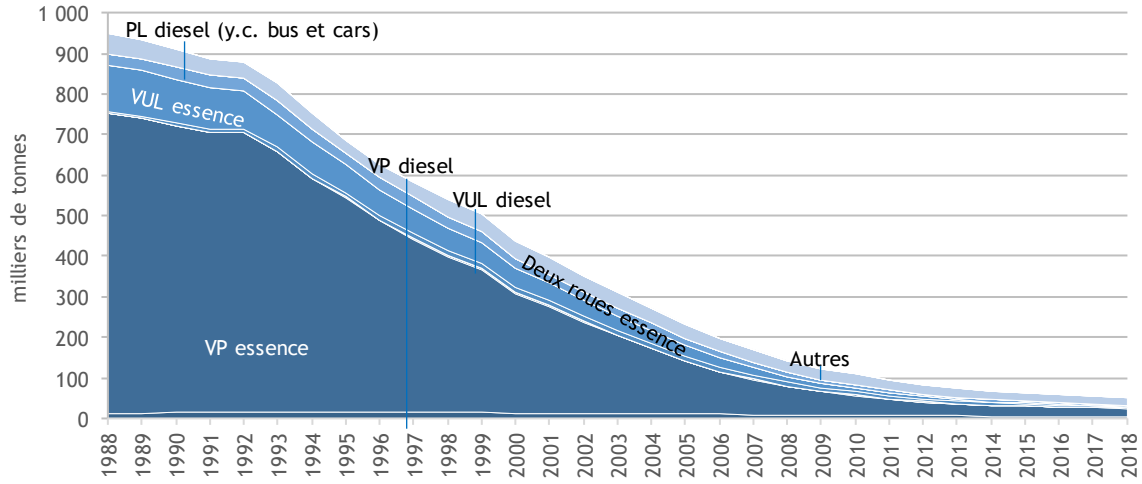
Les réductions des émissions proviennent essentiellement de l'introduction des pots catalytiques depuis le début des années 1990, combinée à une pénétration des véhicules diesel et à la limitation des émissions par évaporation des véhicules essence. Cette baisse devrait s'atténuer dans les années à venir du fait du recul de la diésélisation du parc et de VLE des normes Euro qui ne varient plus.

Dans les autres modes de transport, le sous-secteur des autres navigations (bateaux de plaisance) est prédominant en termes d'émission de COVNM. La tendance suit l'évolution de l'introduction des moteurs 4 temps en plus de l'introduction de moteurs moins polluants.

Evolution des émissions dans l'air de COVNM du secteur des transports depuis 1988 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de COVNM du transport routier depuis 1988 en France (Métropole)



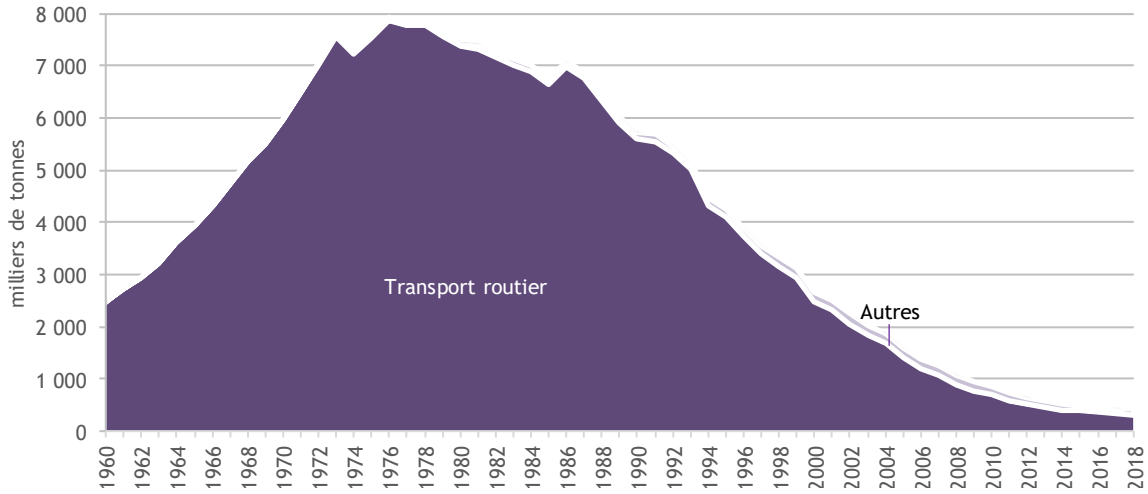
CO

Le transport routier est le plus important contributeur au secteur des transports depuis 1990.

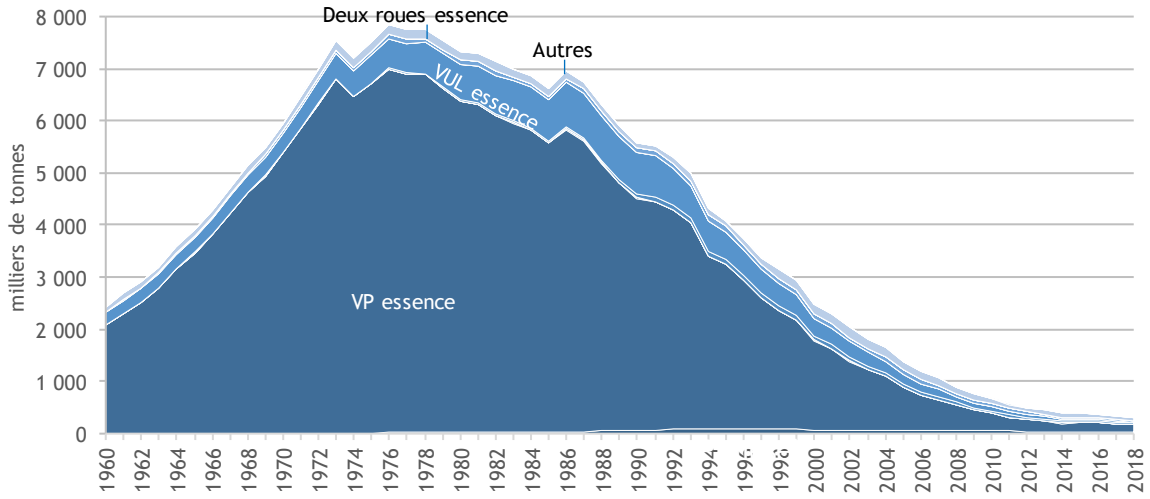
A noter, comme pour les COVNM, la réduction très importante des émissions du transport routier depuis 1990. Cette baisse devrait s'atténuer d'une part à cause du recul de la diésélisation et de VLE des normes Euro qui ne changent plus.

Dans les autres modes de transport, les autres navigations contribuent presque exclusivement aux émissions de CO. Sur l'ensemble de la période, les émissions ont baissé du fait de l'augmentation des moteurs 4 temps du trafic des bateaux de plaisance et de la pénétration des moteurs moins polluants.

Evolution des émissions dans l'air de CO du secteur des transports depuis 1960 en France (Métropole)



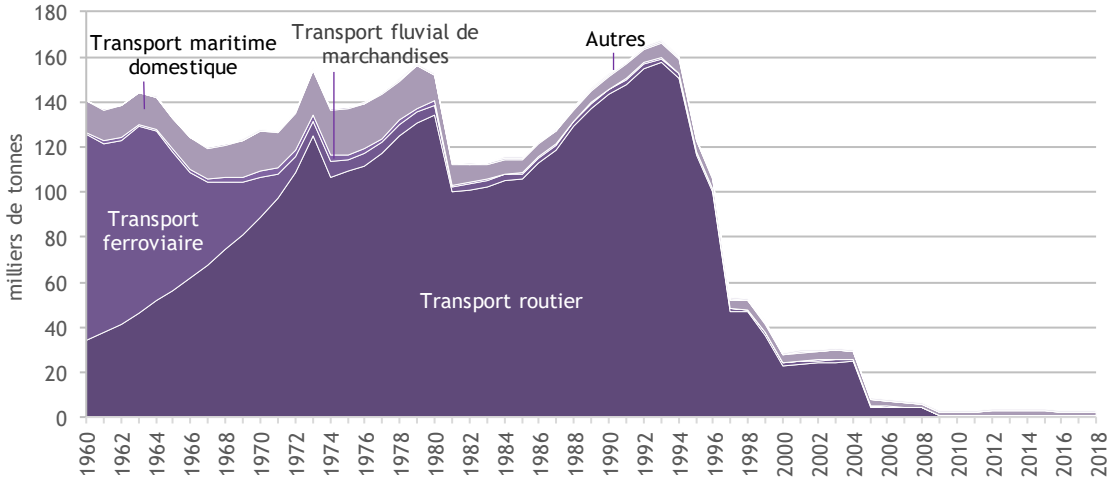
Evolution des émissions dans l'air de CO du transport routier depuis 1960 en France (Métropole)



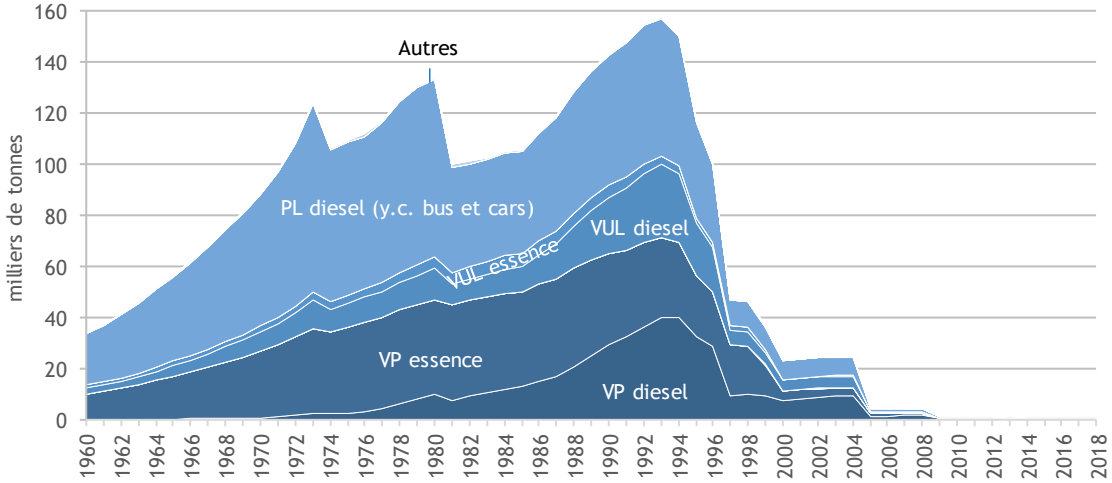
SO_2

Le transport ne représente pas une source clé des émissions de SO_2. Néanmoins ces émissions représentent des enjeux sanitaires importants.

Evolution des émissions dans l'air de SO_2 du secteur des transports depuis 1960 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de SO_2 du transport routier depuis 1960 en France (Métropole)



Parmi les différents modes de transport, celui qui émet le plus de SO_2 est le secteur maritime domestique.

L'annexe VI de la Convention MARPOL limite à 3,5 % depuis 2012 la teneur en soufre du fioul lourd utilisé pour la propulsion des navires, et désigne des zones de contrôle des émissions de SO_2 à l'intérieur desquelles la teneur en soufre du carburant utilisé pour la propulsion des navires doit être inférieure à 0,1 % (depuis 2015), ou au sein desquelles il y a lieu d'utiliser diverses techniques pour limiter les émissions de SO_2 des navires.

Cette annexe est entrée en vigueur en 1998 au niveau international un an après sa ratification par au moins 15 États dont les flottes marchandes représentent au moins 50 % du tonnage brut de la flotte mondiale des navires de commerce.

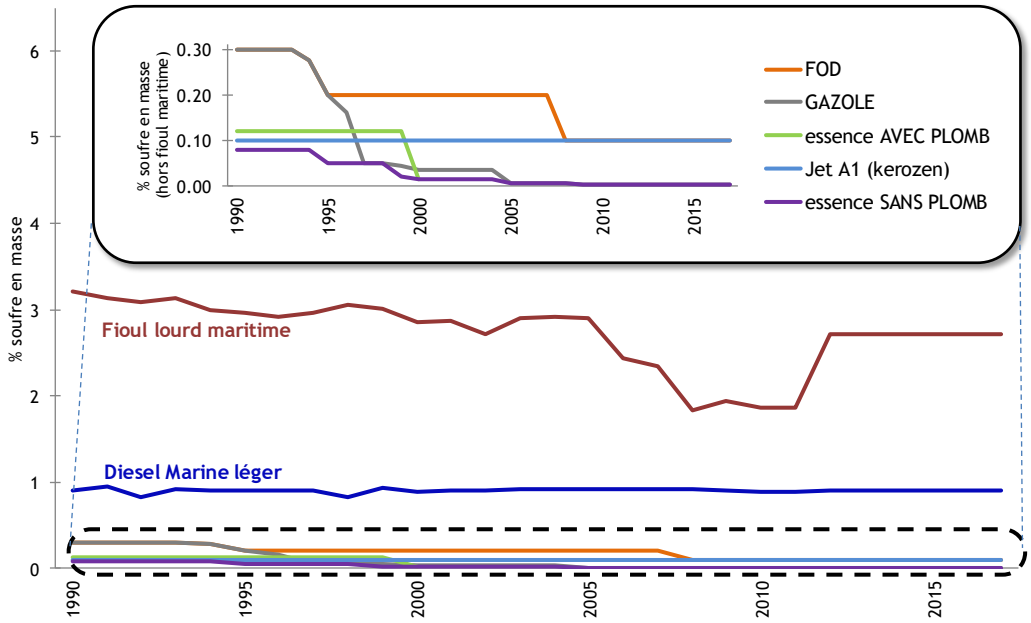
Les émissions de SO_2 du trafic routier ont été réduites par rapport à 1990 par la désulfuration des carburants pour permettre le bon fonctionnement des systèmes de post-traitements (catalyseurs, FAP).

Ces taux de soufre présenté ci-dessous sont ceux des réglementations successives qui ont été en vigueur. Toutefois, certaines années, ils reflètent, soit des anticipations des pétroliers sur la réglementation, soit la mise en œuvre de la réglementation au prorata de sa mise en application.

Teneur en soufre

Teneur en soufre des carburants
en % massique

CITEPA / format SECTEN - avril 2019 teneur_S_carburants-i.xls



Métaux lourds

Les émissions de métaux lourds dans les transports sont principalement issues du transport routier. Les phénomènes entraînant ces émissions sont :

- l'usure (des pneus, des freins, de la route, etc.),
- la combustion (des combustibles et d'une partie des huiles moteur).

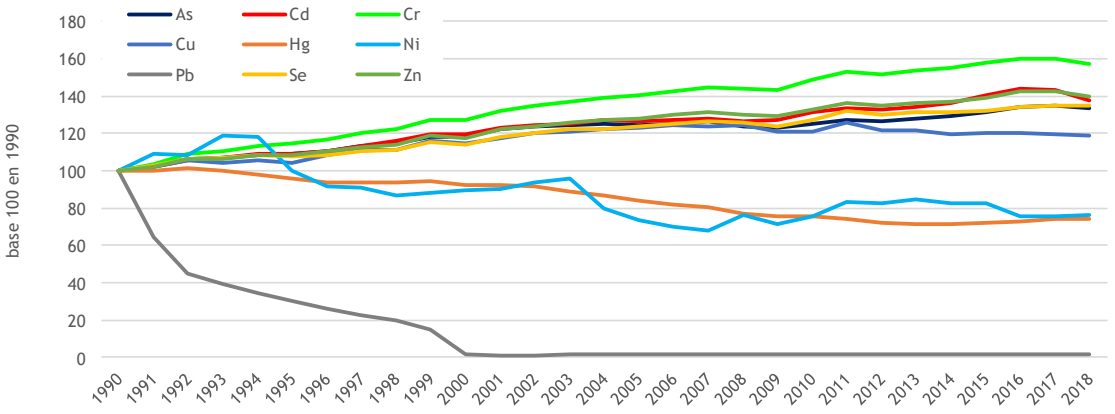
Les proportions des émissions entre ces deux sources sont différentes selon le polluant considéré.

Pour l'huile, il s'agit d'une fraction d'huile contenue dans le carter moteur qui brûle quand elle passe dans la chambre de combustion (moteurs 4 temps) ou de l'huile contenu dans le mélange 2 temps (des 2 roues). Pour les combustibles, les émissions sont directement liées à leur teneur en métaux lourds.

Ces différentes sources ne sont pas forcément émettrices de tous les métaux lourds.

Tendance des émissions de métaux lourds

Evolution relative des émissions du secteur des transports des métaux lourds en France (Métropole) (base 100 en 1990)

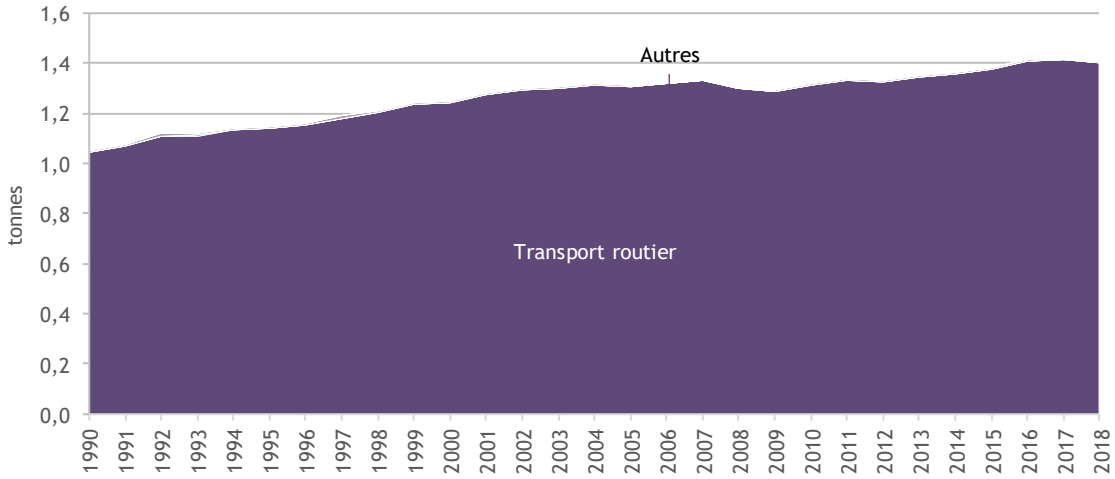


As

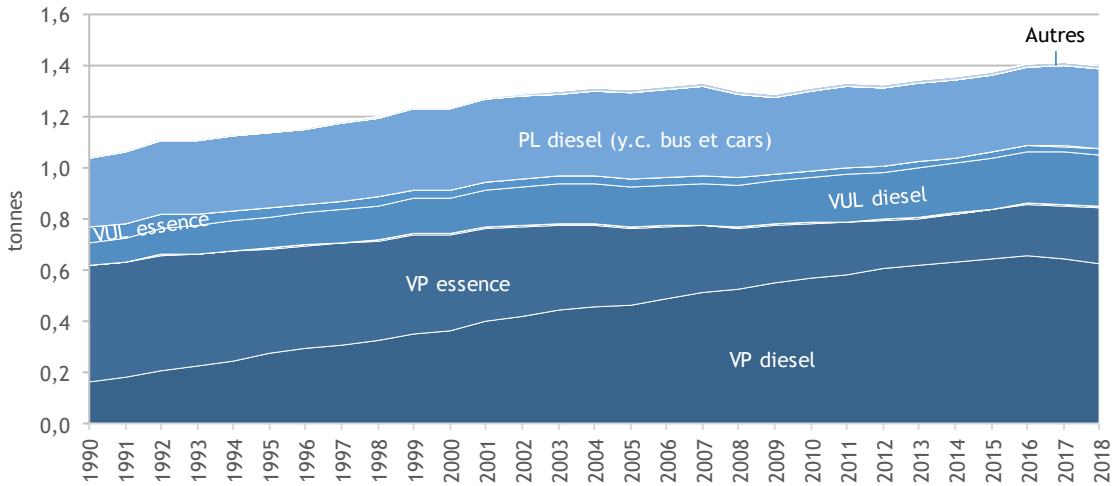
Les émissions d'arsenic (As) du secteur des transports sont dues essentiellement à l'abrasion issue du transport routier et plus précisément de l'usure du revêtement routier.

Dans les autres modes de transport, le transport maritime contribue presque exclusivement aux émissions d'As. Sur l'ensemble de la période, les émissions ont baissé du fait de la diminution des consommations de fuel lourd pour le transport domestique.

Evolution des émissions dans l'air d'As du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air d'As du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)

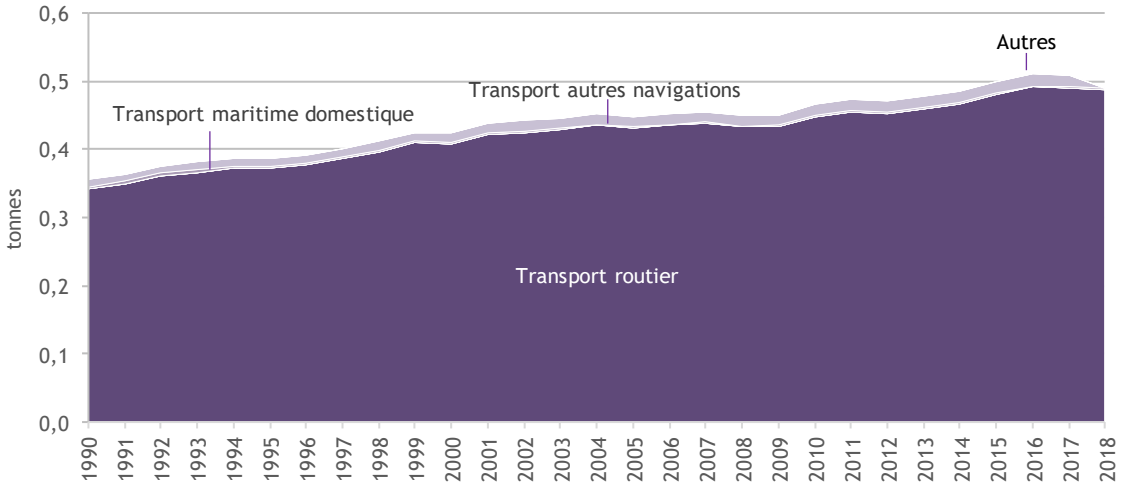


Cd

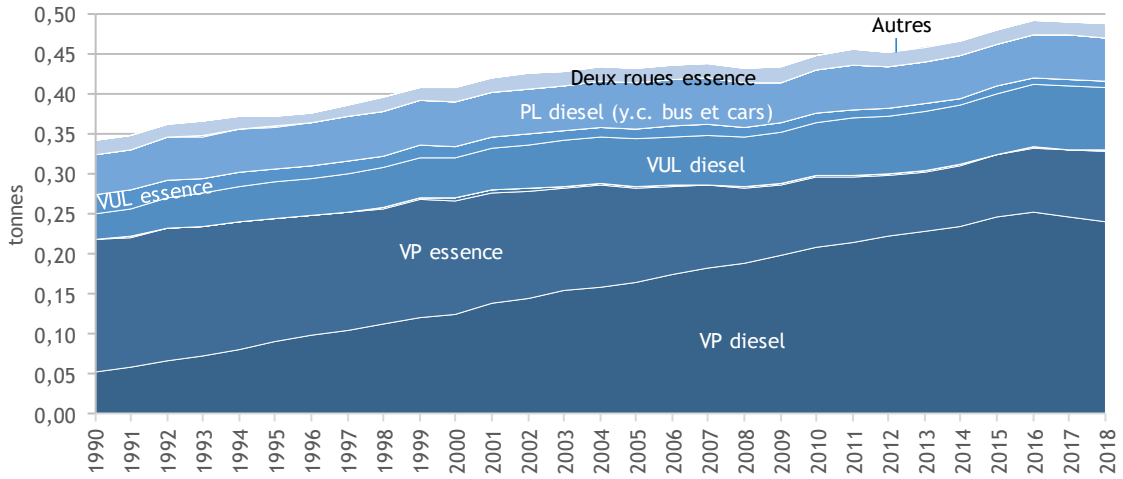
Les émissions de cadmium (Cd) du transport sont essentiellement dues à la combustion de l'huile dans le transport routier.

Dans les autres modes de transport, les autres navigations(plaisance) contribue principalement aux émissions de Cd. L'augmentation est due à l'augmentation de la consommation d'huile dans les moteurs essence.

Evolution des émissions dans l'air de Cd du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



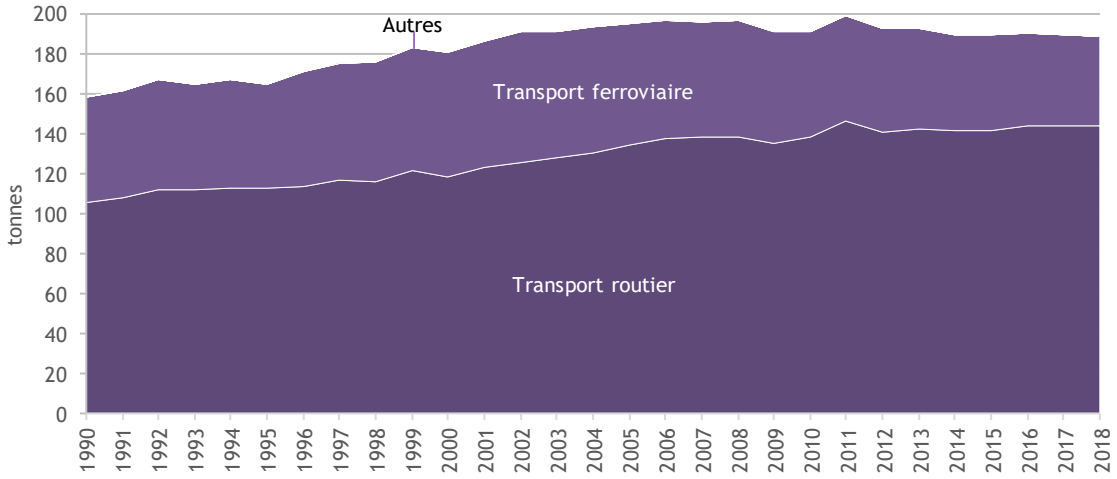
Evolution des émissions dans l'air de Cd du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



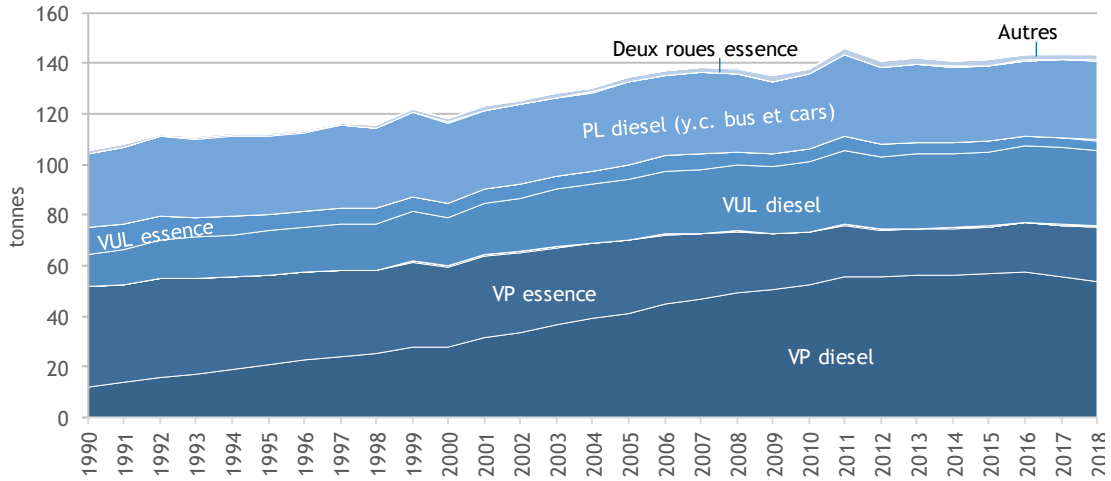
Cu

Les rejets de cuivre (Cu) du secteur des transports sont principalement issus, pour le transport routier, des abrasions des freins. Les autres émissions du transport proviennent presque exclusivement de l'abrasion des caténaires dans le transport ferroviaire.

Evolution des émissions dans l'air de Cu du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Cu du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)

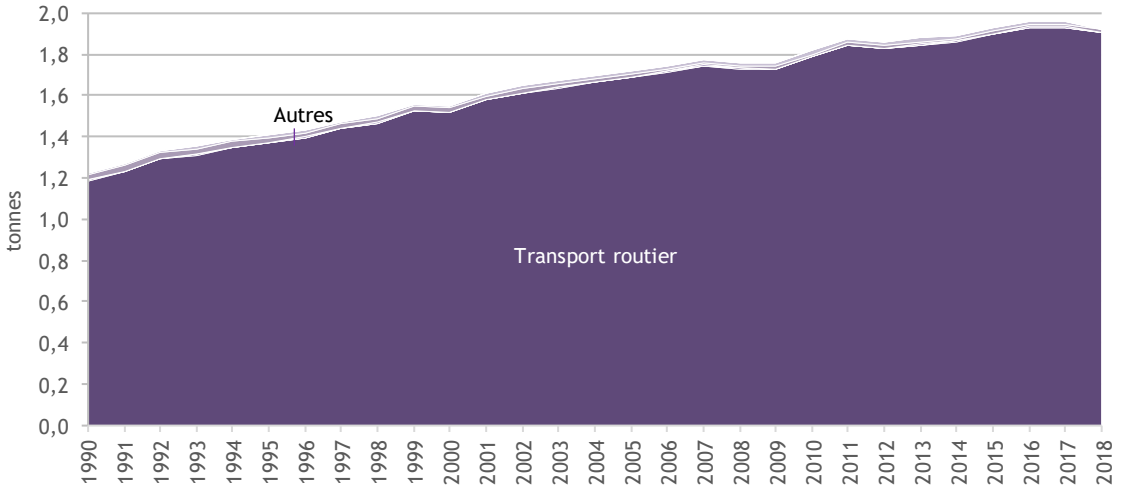


Cr

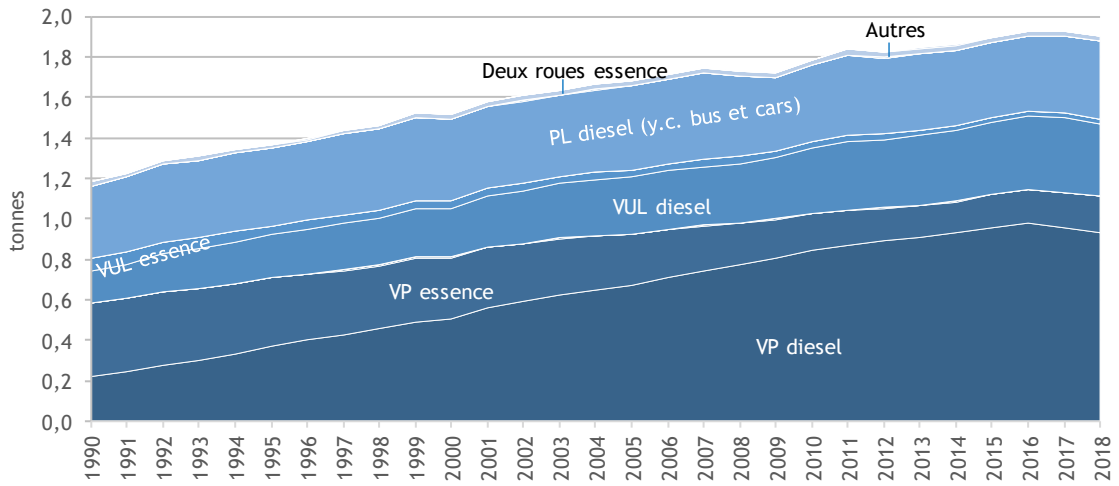
Les rejets de chrome (Cr) proviennent essentiellement du transport routier et principalement des émissions dues à la l'abrasion et la combustion de l'huile.

Dans les autres modes de transport, les autres navigations (plaisance) a petit à petit prit plus d'importance vis-à-vis du transport maritime, à cause de la baisse de consommation du fuel lourd dans le maritime et de l'augmentation de la consommation d'huile des moteurs essence dans la plaisance.

Evolution des émissions dans l'air de Cr du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Cr du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)

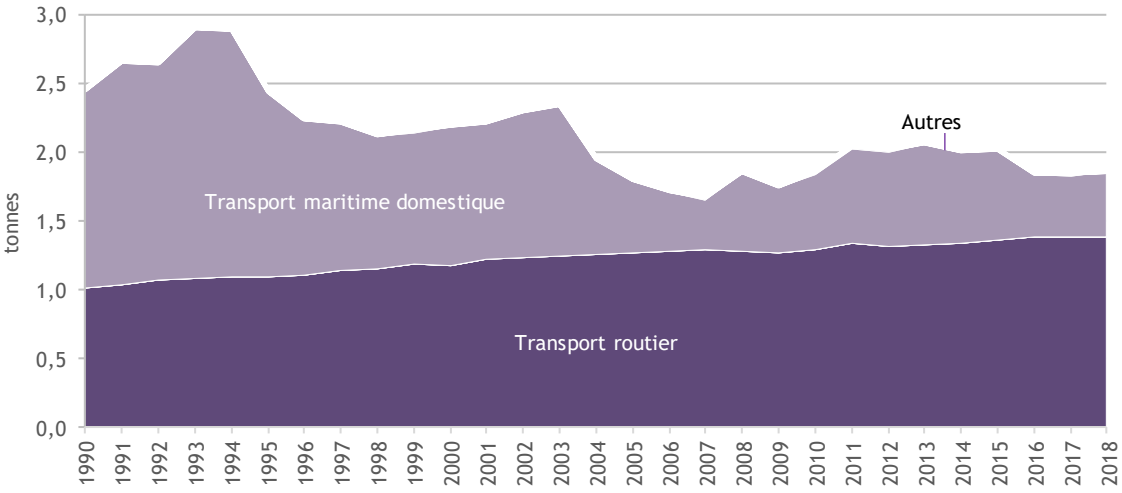


Ni

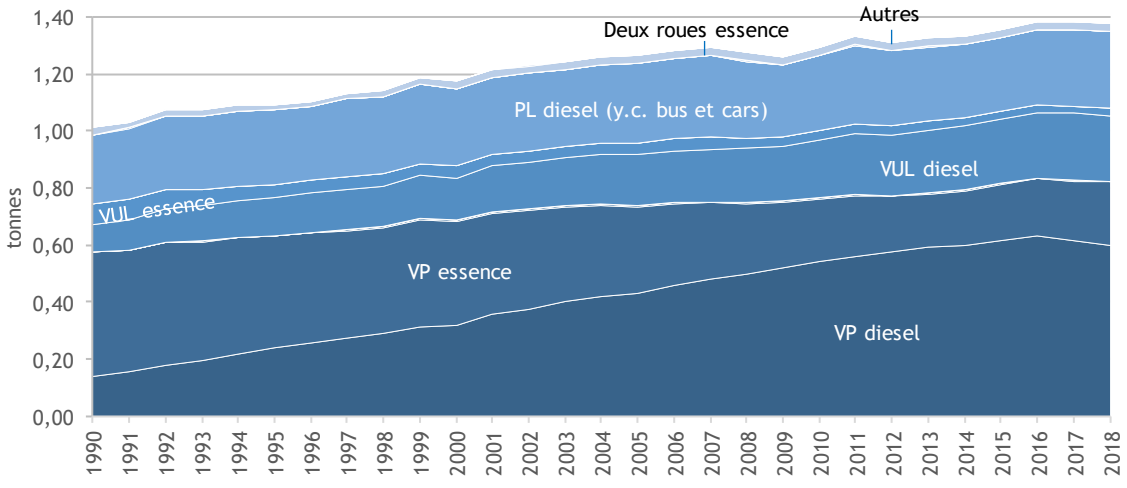
Les émissions de nickel (Ni) du secteur des transports sont en diminution depuis 1990 en lien avec la diminution des émissions du transport maritime domestique. Toutefois, ces émissions ne contribuent que faiblement au total de la France métropolitaine.

Depuis le milieu des années 90, les émissions sont essentiellement dues à l'abrasion et la consommation de lubrifiant dans le transport routier.

Evolution des émissions dans l'air de Ni du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Ni du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)

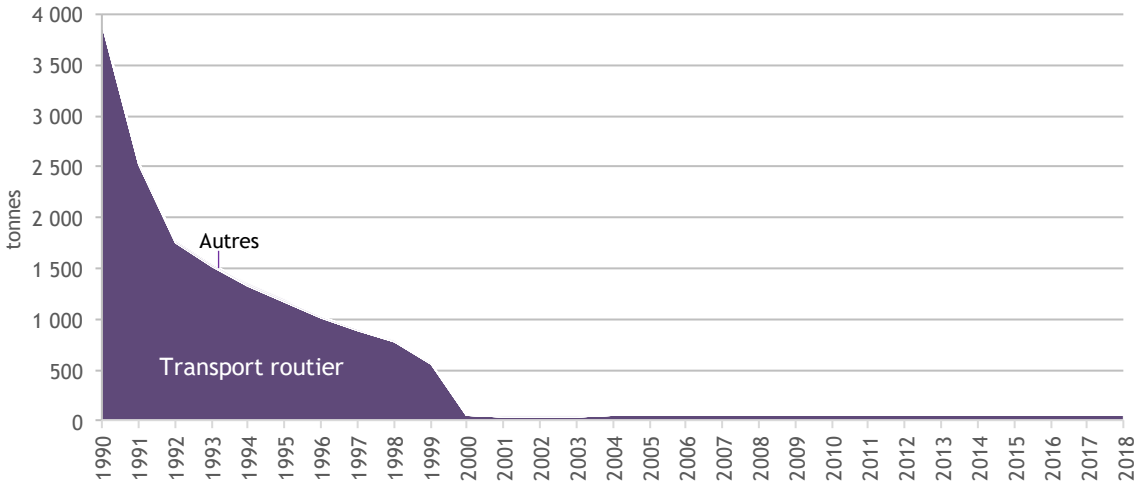


Pb

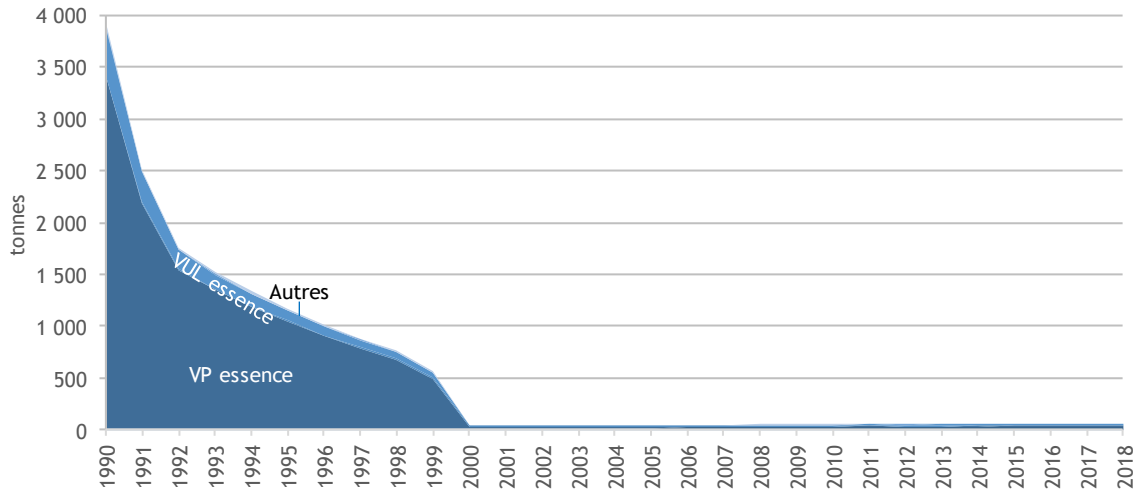
Les émissions de plomb du secteur des transports ont diminué depuis 1990, en lien avec la disparition de l'essence plombée depuis le 1er janvier 2000. L'essence plombée étaient utilisée dans le transport routier et la plaisance. Toutefois, des émissions subsistent principalement en raison des abrasions ce qui explique la tendance à la hausse depuis le début des années 2000.

De plus, du plomb est toujours présent dans l'essence aviation consommée dans l'aviation légère (avion de loisirs par exemple).

Evolution des émissions dans l'air de Pb du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de Pb du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)

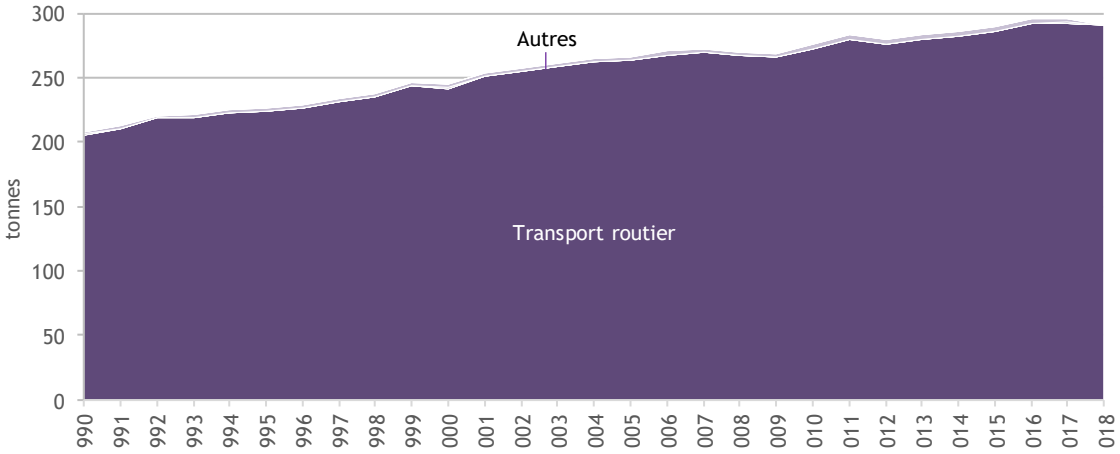


Zn

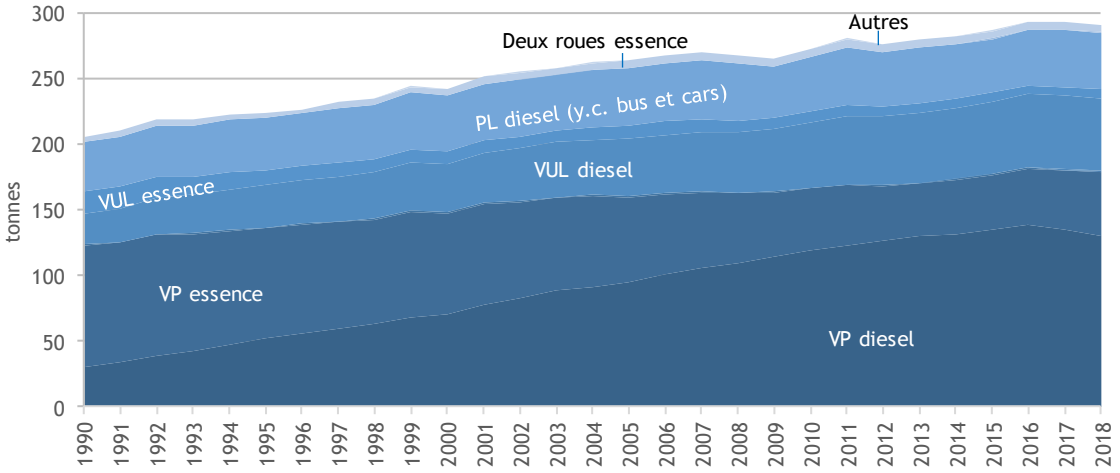
Les émissions de zinc (Zn) du secteur des transports sont dues essentiellement à l'abrasion issue du transport routier et plus précisément de l'usure des pneumatiques. Par conséquence, les émissions sont en croissance depuis 1990.

Dans les autres modes de transport, les autres navigations contribuent presque exclusivement aux émissions de Zn. Sur l'ensemble de la période, les émissions ont augmenté du fait de l'augmentation des consommations de la plaisance.

Evolution des émissions dans l'air de Zn du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



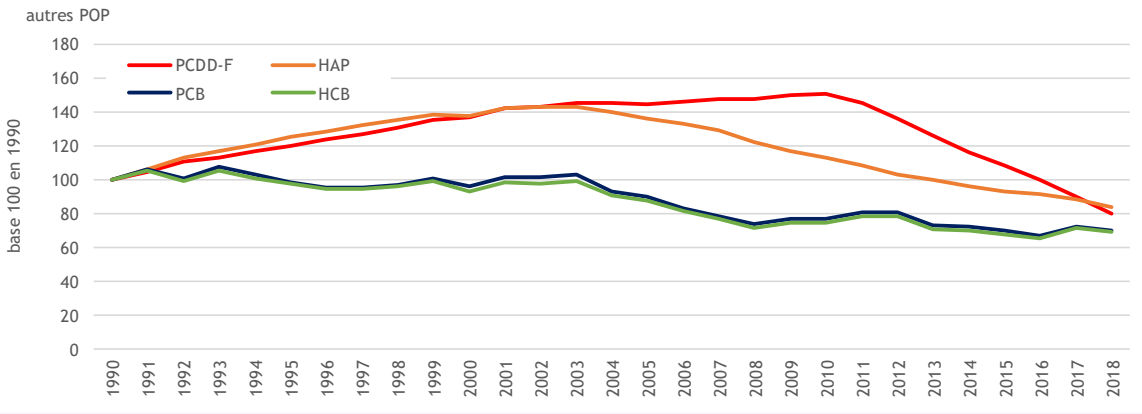
Evolution des émissions dans l'air de Zn du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



Polluants organiques persistants

Tendance des émissions de POP

Evolution relative des émissions du secteur des transports des POP en France (Métropole) (base 100 en 1990)



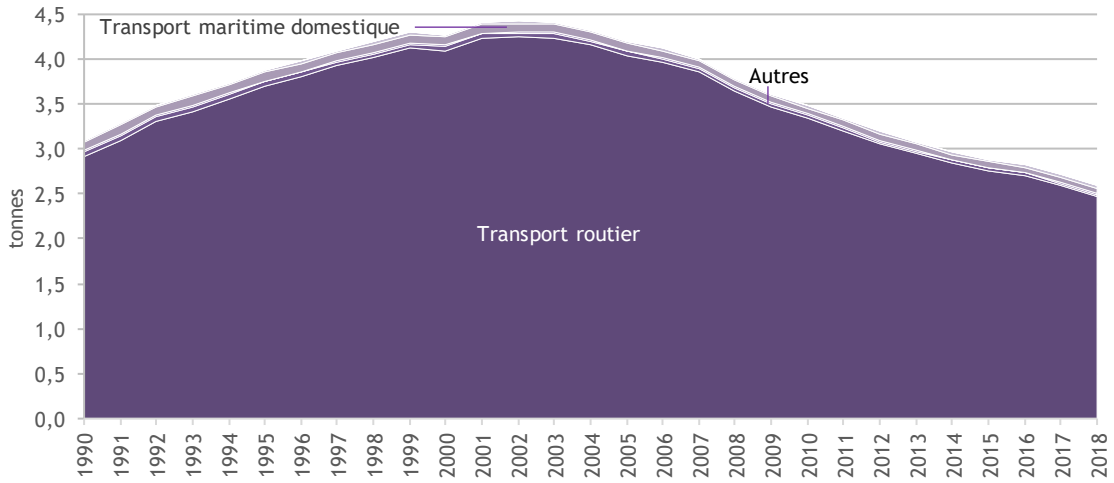
HAP

Les émissions de HAP du secteur des transports proviennent presque exclusivement du transport routier (combustion et abrasion des pneumatiques, des freins et de l'usure des routes).

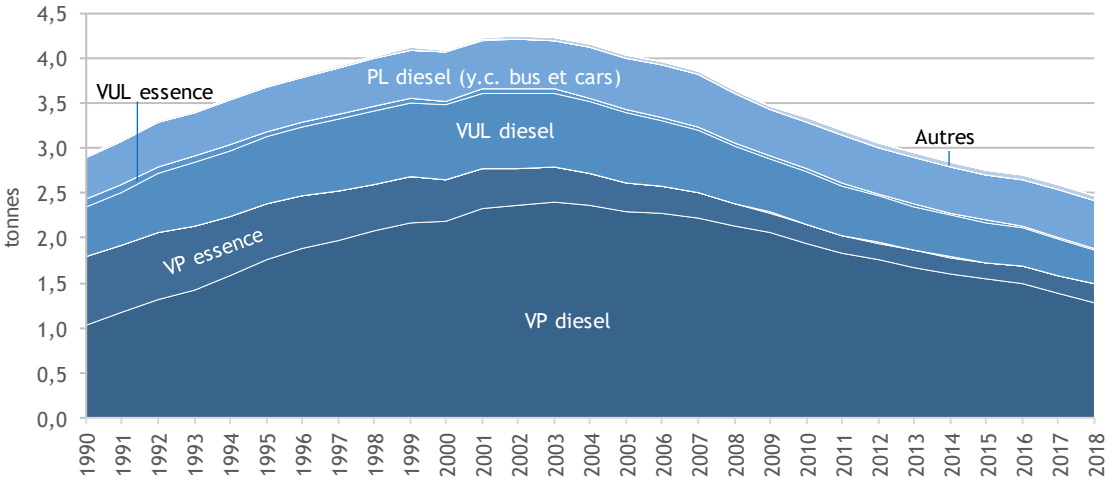
Les émissions totales de HAP du transport routier (provenant de l'abrasion et de la combustion) sont principalement induites par les véhicules diesel.

Les émissions du transport routier ont atteint le maximum en 2002 du fait de la croissance du trafic et de la forte pénétration des véhicules diesel dans le parc. Les émissions diminuent depuis et devraient continuer dans ce sens dans les années à venir grâce aux améliorations technologiques (notamment l'introduction des moteurs diesel à injection directe) et par l'application de la directive REACH (Reach Evaluation Authorization and Restriction of Chemicals) qui interdit l'utilisation d'huile dans la fabrication des pneus depuis 2010.

Evolution des émissions dans l'air de HAP du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de HAP du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



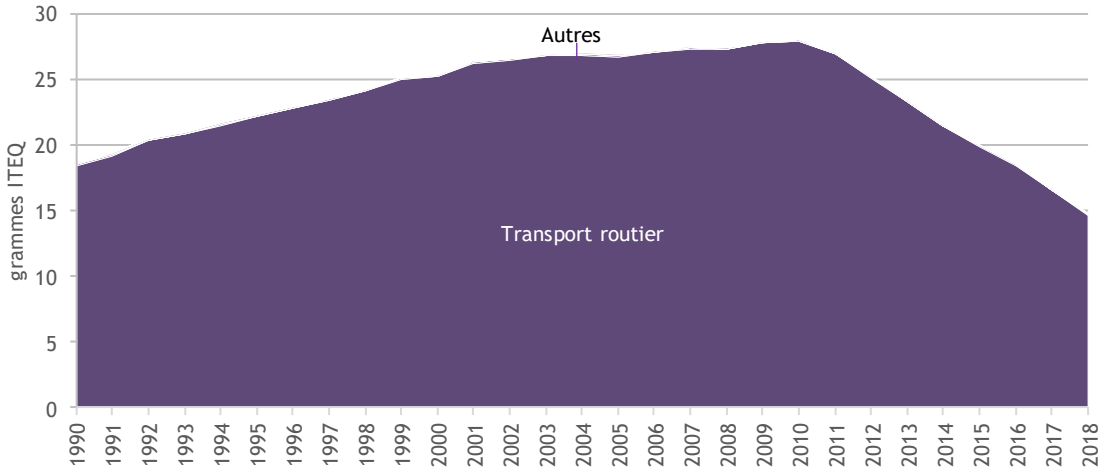
PCDD/F

Les émissions des dioxines et furanes du secteur des transports proviennent presque exclusivement du transport routier. Ces émissions ne sont induites que par la combustion (aucune émission liée à l'abrasion).

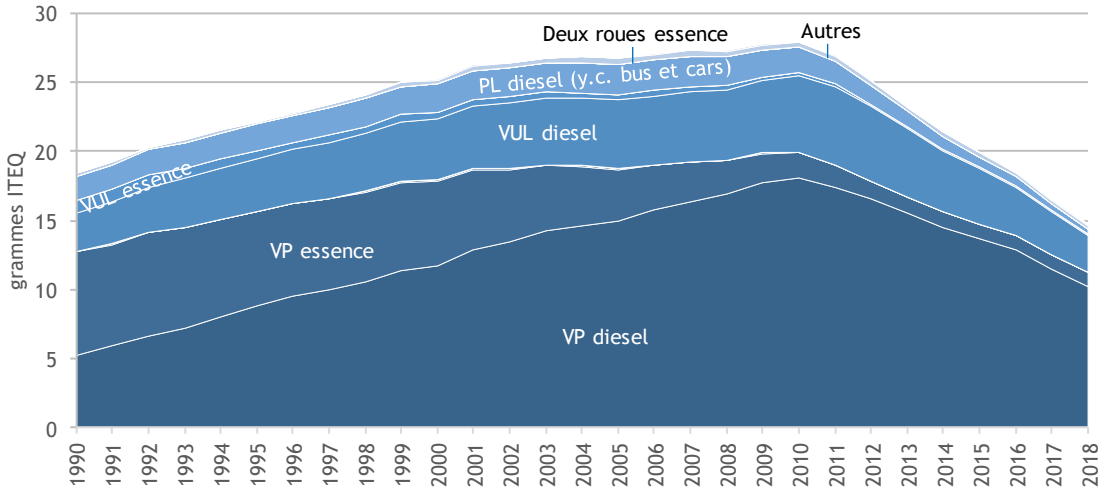
Dans le transport routier, les émissions de PCDD/F sont principalement induites par les véhicules diesel. Les émissions du transport ont augmenté depuis 1990, du fait de la croissance du trafic et de la forte pénétration des véhicules diesel dans le parc. Le maximum a été atteint en 2010. La mise en place de norme d'émissions plus performantes devrait accélérer la décroissance des émissions dans les années à venir.

Malgré une hausse des émissions des autres navigations, la baisse de l'activité maritime domestique influe sur la tendance générale des émissions des autres transports.

Evolution des émissions dans l'air de PCDD-F du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



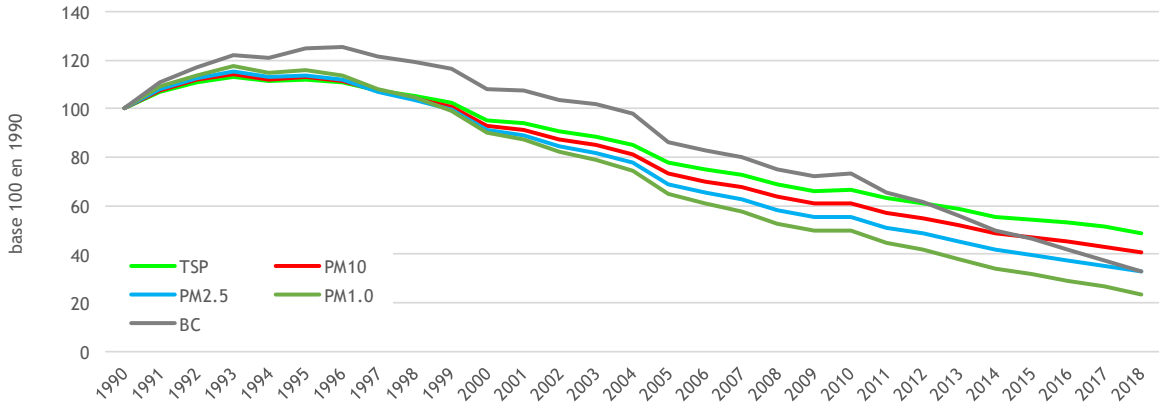
Evolution des émissions dans l'air de PCDD-F du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



Particules et carbone suie

Tendance des émissions de particules

Evolution relative des émissions du secteur des transports des PM en France (Métropole) (base 100 en 1990)

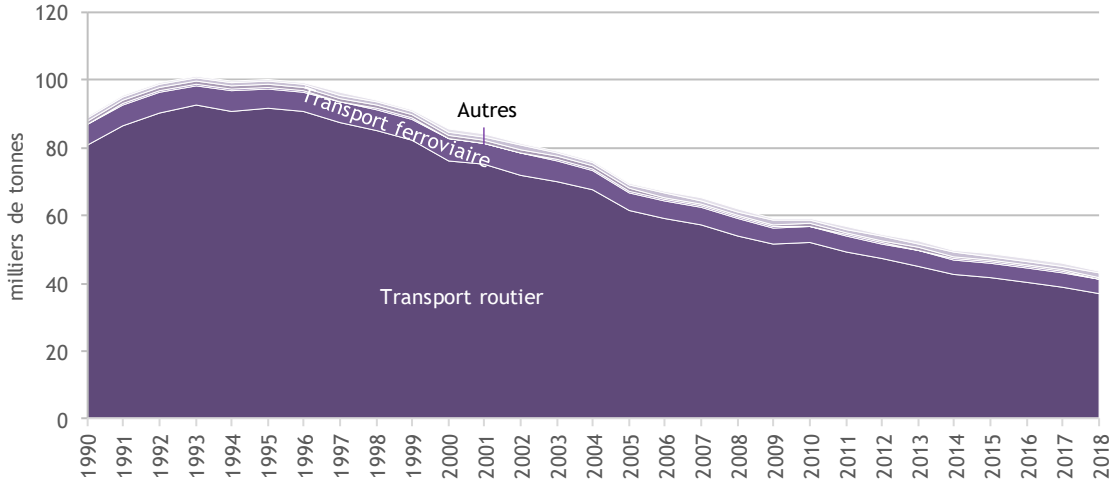


Les émissions des particules totales en suspension (TSP), des PM_{10}, des $PM_{2,5}$, des $PM_{1,0}$ et du carbone suie (BC) du secteur des transports incluent les émissions de particules à l'échappement des véhicules et celles liées à l'usure des routes, des rails, des pistes d'atterrissage et de certains organes des véhicules tels que les pneumatiques et les freins. Pour le ferroviaire, il faut aussi ajouter l'usure des caténaires.

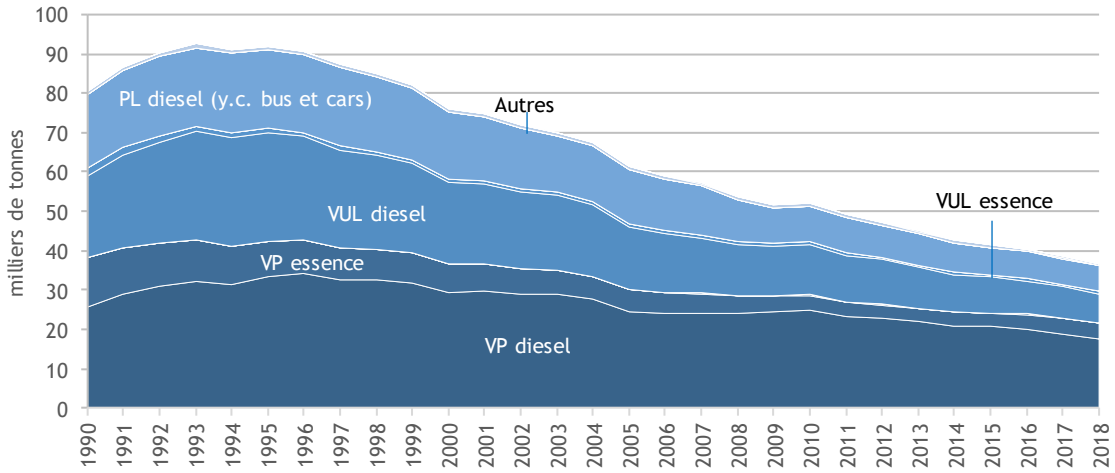
Les émissions de particules et de BC proviennent essentiellement du transport routier.

Les émissions dues à l'abrasion croissent avec le trafic depuis 1990, alors que les émissions dues à l'échappement sont en régression depuis 1993, en raison d'une meilleure gestion de la combustion et de la mise en place des filtres à particules depuis 2010 (PL) et 2011 (VP et VUL). A cela s'ajoute également le fait que, selon la granulométrie, la contribution des émissions liées à l'abrasion n'est pas la même.

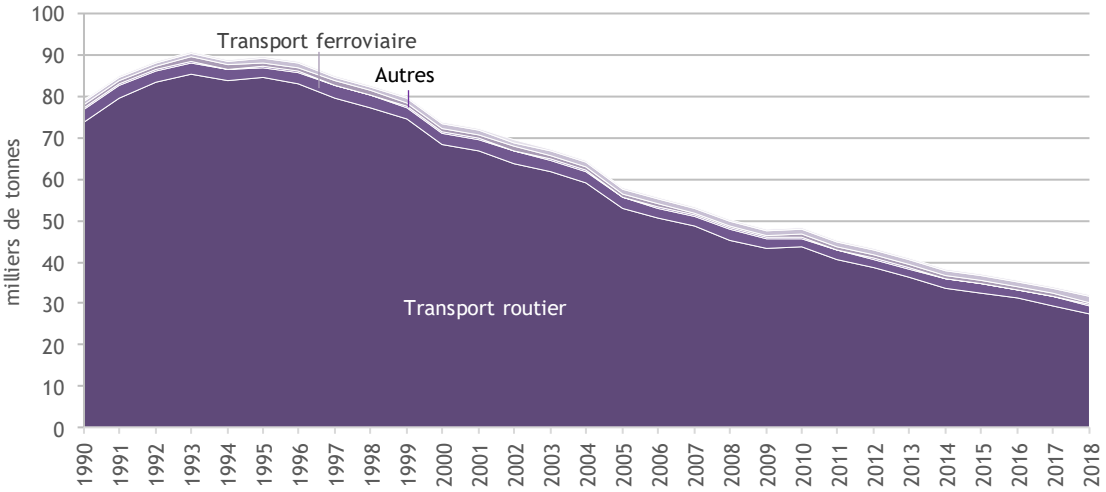
Evolution des émissions dans l'air de TSP du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



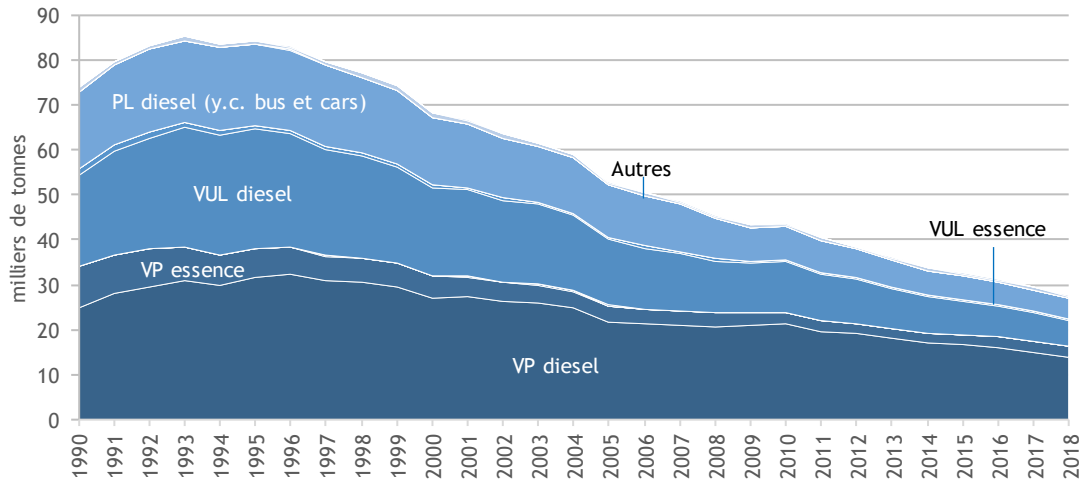
Evolution des émissions dans l'air de TSP du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



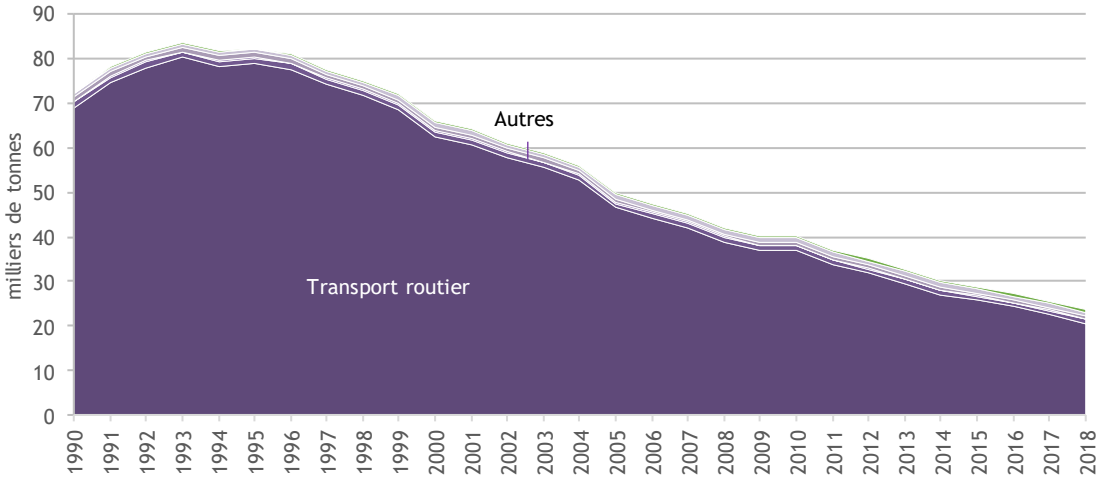
Evolution des émissions dans l'air de PM_{10} du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



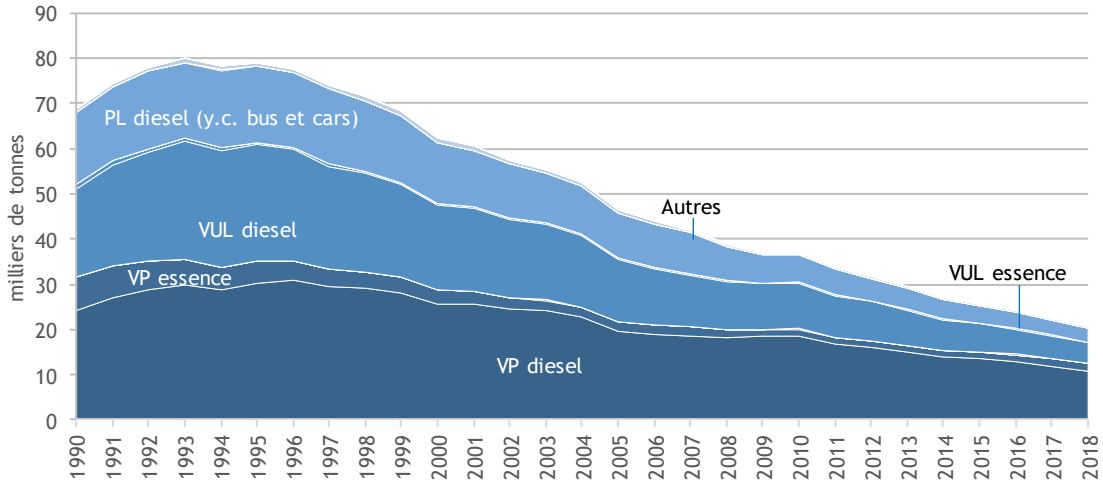
Evolution des émissions dans l'air de PM_{10} du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



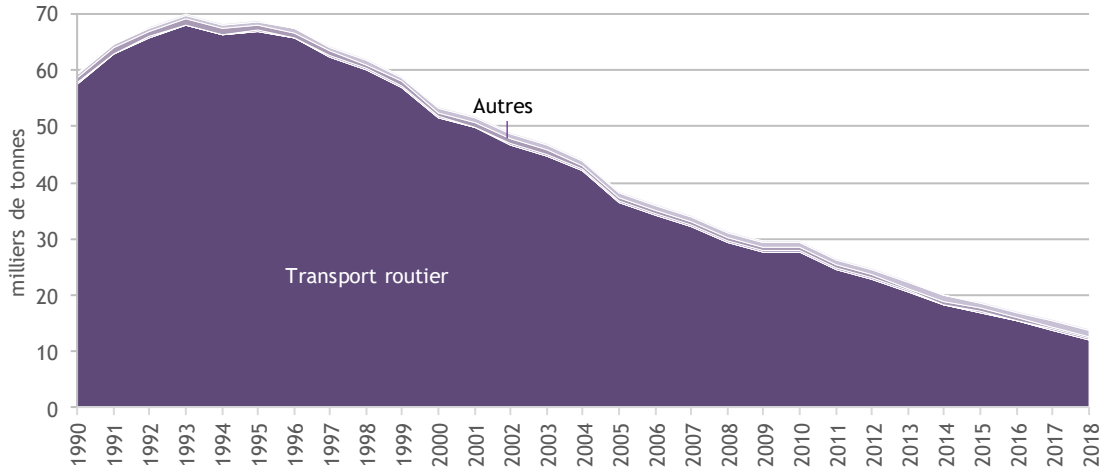
Evolution des émissions dans l'air de $PM_{2,5}$ du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



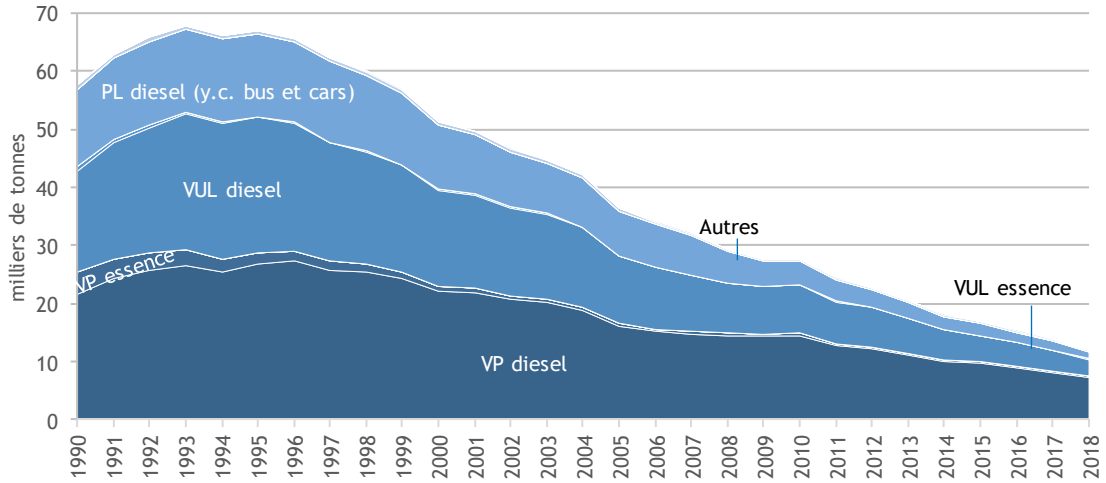
Evolution des émissions dans l'air de $PM_{2,5}$ du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



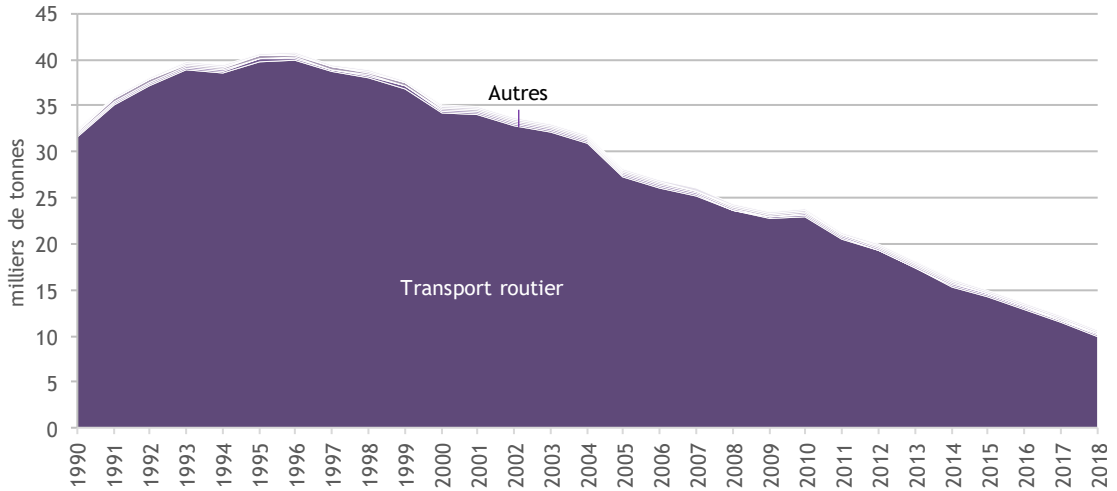
Evolution des émissions dans l'air de $PM_{1,0}$ du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



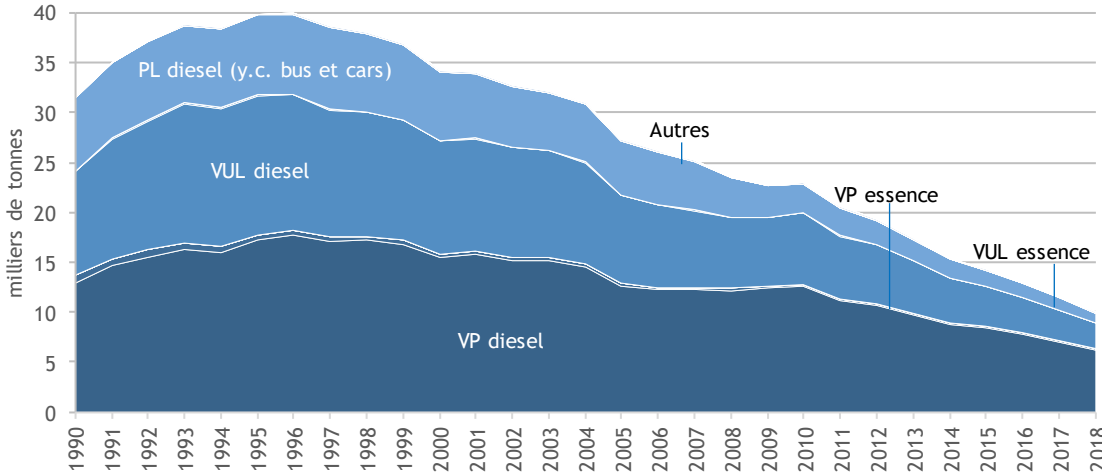
Evolution des émissions dans l'air de $PM_{1,0}$ du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de BC du secteur des transports depuis 1990 en France (Métropole)



Evolution des émissions dans l'air de BC du transport routier depuis 1990 en France (Métropole)



L'utilisation des agro-carburants dans les transports

Les agro-carburants utilisés dans le secteur des transports proviennent surtout de deux filières :

- le biogazole, composé de différents EMH — ester méthylique d'huiles (agro-carburant de 1ère génération), et de biogazole de synthèse.
- le bioessence, produit à partir de betterave, de canne à sucre ou de céréales (agro-carburant de 1ère génération).

Les agro-carburants de 2ème génération, également sous forme de bio-gazole et de bio-essence, seront produits à partir de matières ligno-cellulosiques (bois, paille, résidus de bois, déchets végétaux, etc.).

Ces deux agro-carburants, bio-gazole et bio-essence, sont en général utilisés en mélange avec respectivement le gazole et l'essence. L'intérêt de l'utilisation des agro-carburants vis-à-vis de la problématique du « changement climatique » est qu'ils représentent une source d'énergie renouvelable. En particulier, leurs émissions de CO_2, au niveau du bilan des inventaires d'émission de gaz à effet de serre, sont neutres (cycle du carbone à rotation rapide). En effet, l'hypothèse de la compensation des émissions de CO_2 liées à la combustion des agro-carburants[1] avec leur captage par les cultures est faite. Une légère différence est observée entre le total CITEPA et celui du SOeS (DGEC). Cela s'explique d'une part, par l'application de valeurs pour le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) différentes et d'autre part, par le fait que le CITEPA considère que les EMH, constituant du biogazole, n'est pas à 100 % d'origine biogénique (l'estérification conduit à ce qu'une part de carbone fossile se retrouve dans le biogazole). Il y a aussi un risque de double comptage de certains agro-carburants.

La part des agro-carburants dans les carburants commercialisés en France s'est accrue depuis le début des années 1990, et a, surtout depuis 2006, un impact significatif sur les émissions de CO_2.

L'article 32 de la loi de finances pour 2005 a introduit une taxe (TGAP, renommée Taxe Incitative relative à l'Incorporation de Biocarburants dans la loi de finances 2019) sur la mise à la consommation d'essence d'une part et de gazole d'autre part basée sur le prix de vente hors TVA. Elle encourage l'incorporation et la distribution de biocarburants en pénalisant les opérateurs qui mettent à la consommation une proportion de biocarburants inférieure à l'objectif d'incorporation dans chacune des filières.

Par ailleurs, la directive 2015/1513 dite « CASI » (Changement d'Affectation des Sols Indirect) impose que les états fixent un objectif d'incorporation de biocarburants avancés. La prise en compte de cet objectif est progressivement intégrée dans la taxe.

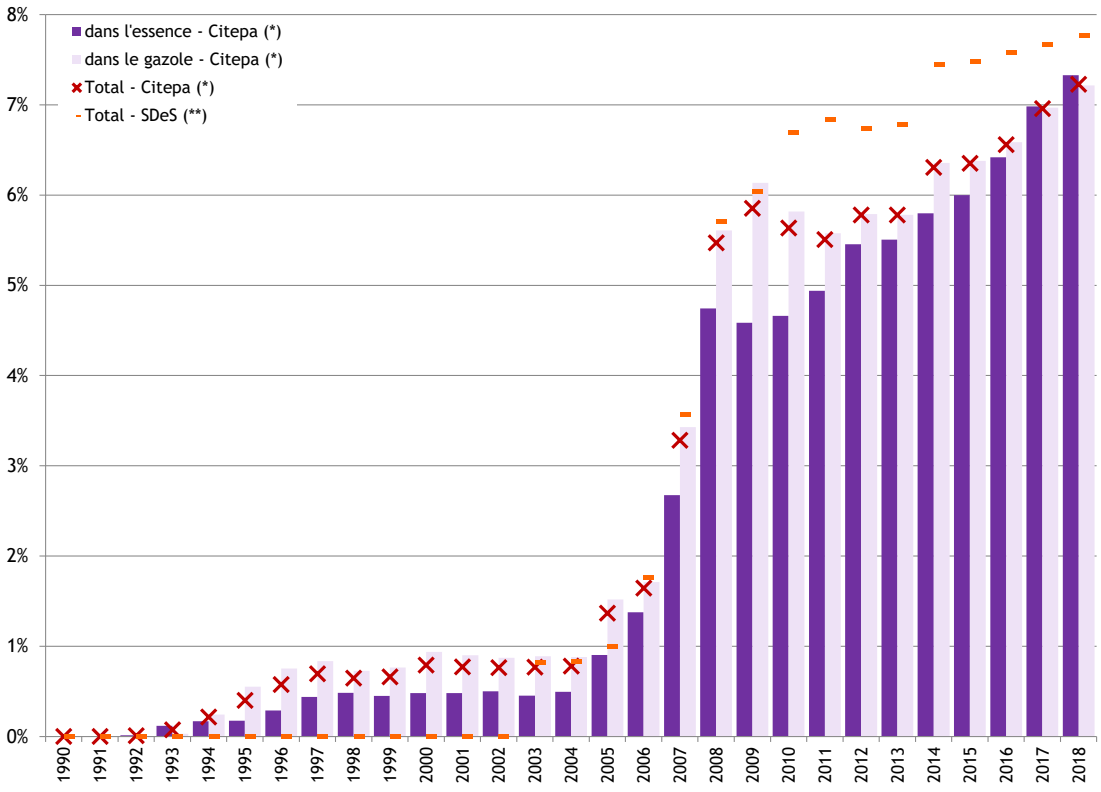
Évolution des objectifs d'incorporation de biocarburants (part énergétique) depuis 2009											
	2009	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Essence	7	7	7	7	7	7	7	7	7,5	7,5	7,9
Gazole	7	7	7	7	7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,9

Part des agrocarburants en France

% énergétique	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
dans l'essence - Citepa (*)	0.00%	0.17%	0.48%	0.90%	4.66%	6.00%	6.42%	6.98%	7.33%
dans le gazole - Citepa (*)	0.00%	0.55%	0.94%	1.52%	5.82%	6.38%	6.59%	6.97%	7.22%
Total - Citepa (*)	0.00%	0.40%	0.79%	1.37%	5.64%	6.35%	6.56%	6.96%	7.23%
Total - SDeS (**)	nd	nd	nd	1.00%	6.70%	7.48%	7.58%	7.67%	7.77%

(*) : calculs effectués par le (**) : Valeurs fournies par le SDeS

[1] Il convient cependant de rester vigilant quant à l'impact indirect de la production de biocarburants sur les émissions d'autres secteurs (industrie et surtout agriculture) y compris avec la dimension internationale qui s'y attache.


dans l'essence - Citepa (*)
dans le gazole - Citepa (*)
Total - Citepa (*)
Total - SDeS (**)
8%
7%
6%
5%
4%
3%
2%
1%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018

Rétrospective du parc routier depuis 1960

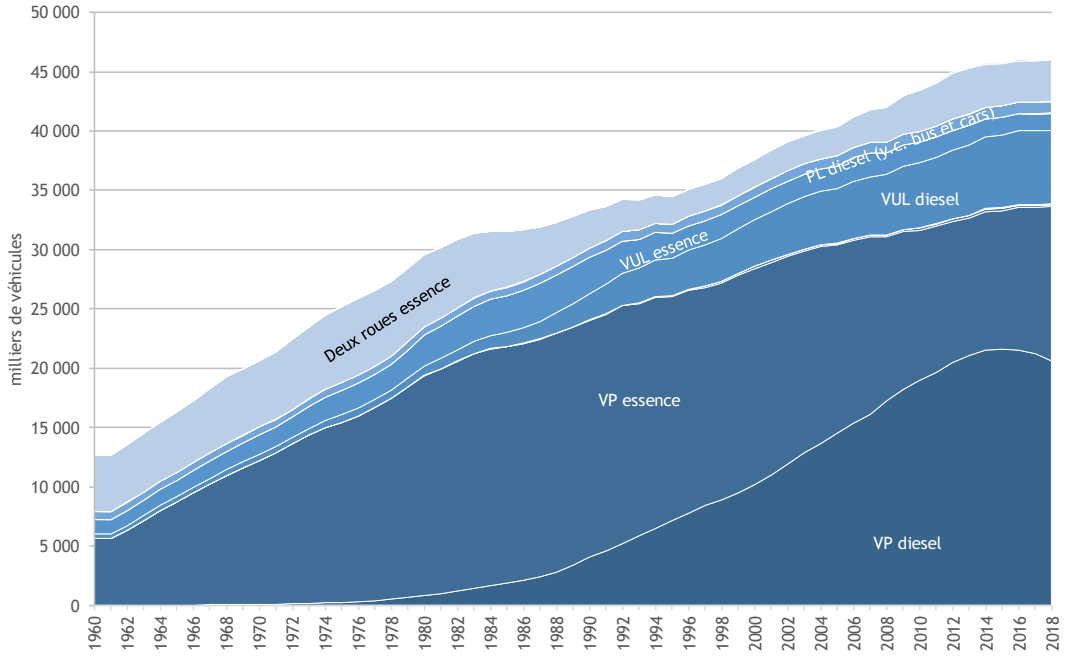
Le panorama historique du transport routier et de ses rejets atmosphériques depuis 1960 permet de comprendre l'évolution et l'importance de ce secteur.

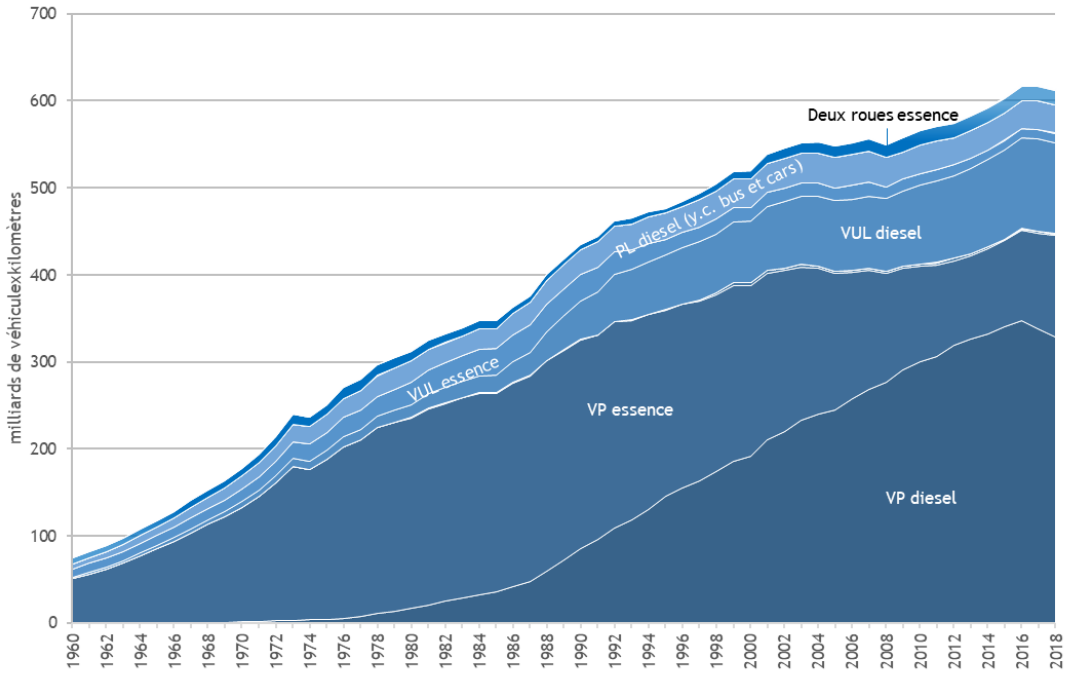
Le parc statique (en nombre de véhicules) et le parc roulant (en véhicules x km) sont globalement en croissance constante depuis plus d'un demi-siècle.

Le parc roulant (cf. graphique ci-dessous et page suivante), paramètre déterminant des rejets de polluants, a connu des croissances annuelles différentes en fonction des périodes.

N. B. : le parc roulant pris en compte est un parc roulant dont les consommations sont recalées sur les ventes françaises de carburants à l'usage du transport routier (du fait des règles comptables internationales relatives aux inventaires d'émission).

Evolution du nombre de véhicules depuis 1960 en France (Métropole)





Les évolutions des émissions de polluants n'ont pas connu la même progression que celle du trafic. Cela est dû à l'évolution de la structure du parc, aux progrès technologiques et aux sévérisations successives imposées par les normes environnementales européennes (ex : normes Euro).

L'effet antagoniste entre, d'une part, la croissance du parc roulant et, d'autre part, les progrès technologiques et/ou sévérisations des normes et/ou changement de structure (diésélisation du parc) font apparaître des maxima de niveaux d'émissions qui varient selon le polluant considéré.

L'introduction du pot catalytique à partir de 1993 et 1997, respectivement pour les véhicules légers (VP, VUL) essence et diesel, a permis d'accélérer les réductions d'émissions des polluants comme les NOx, le CO et les COVNM.

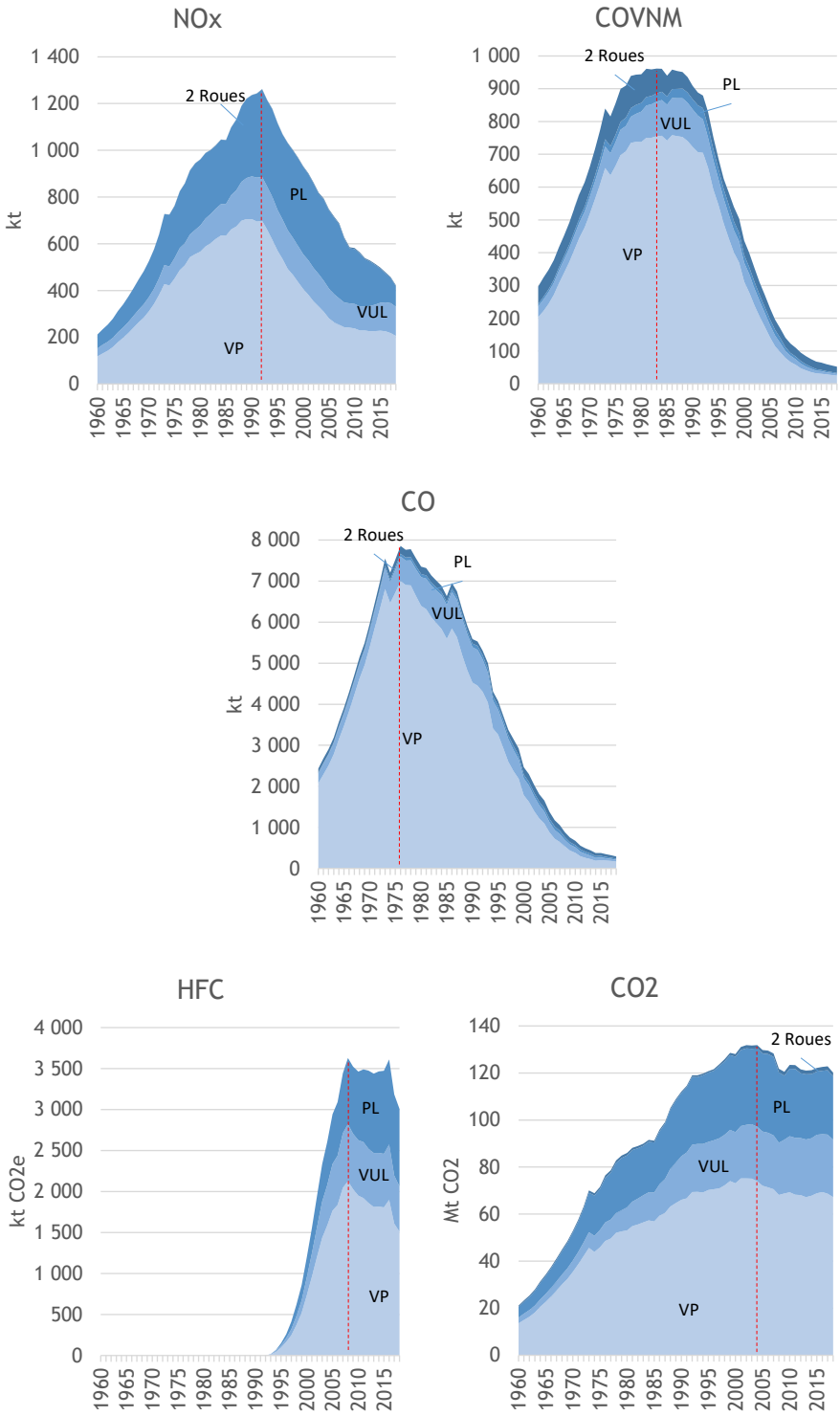
Quant au CO_2 (d'origine fossile), après une croissance constante et forte des émissions depuis 1960, un ralentissement et une inflexion de cette tendance a eu lieu autour de 2002. Depuis 2004, ces émissions de CO_2 sont même clairement en baisse. Ce changement de tendance s'explique par différentes raisons concourantes :

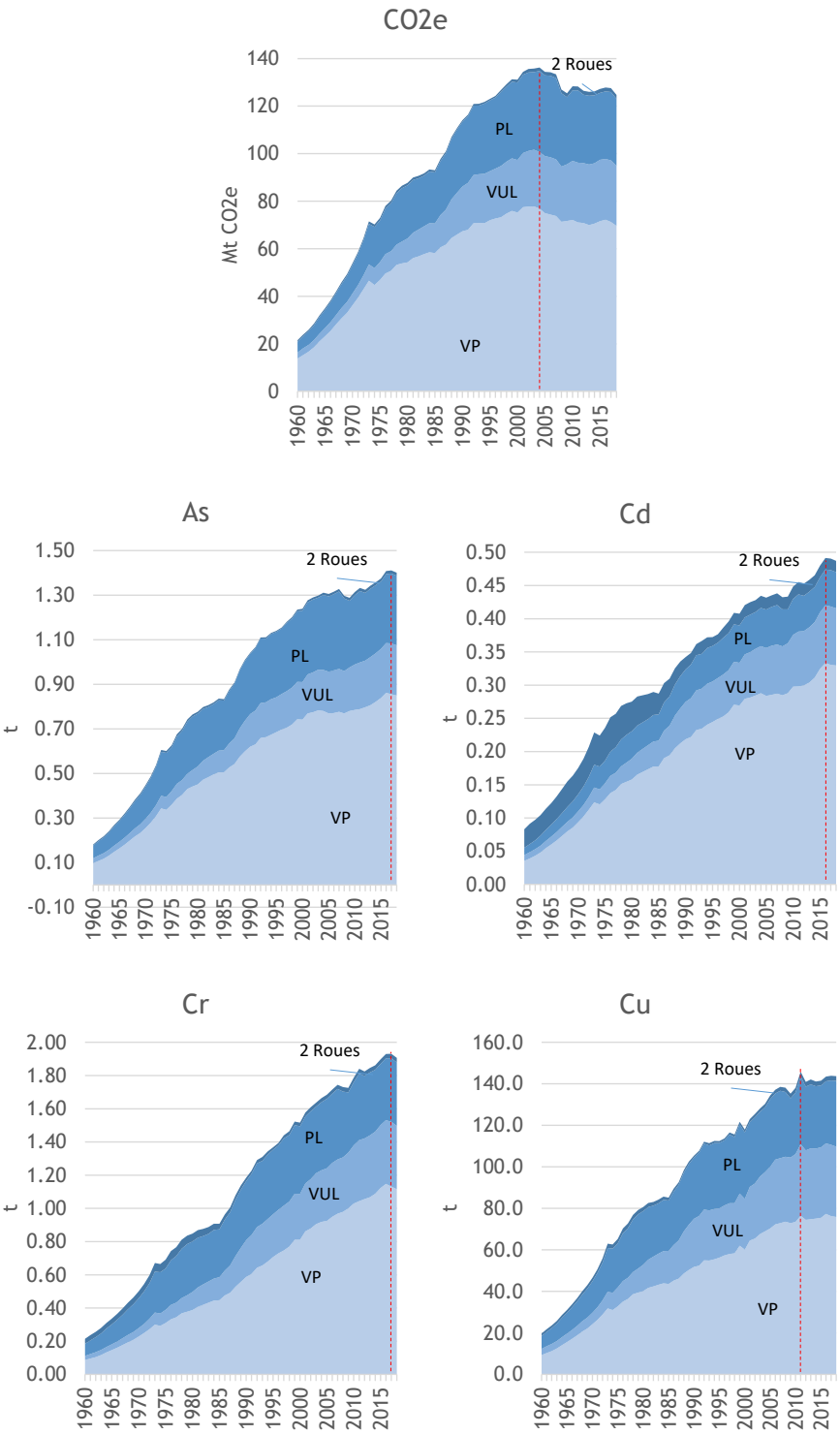
- les progrès technologiques :
  - règlement CE n° 443/2009 : objectif de 95 g CO_2/km pour les VP neufs à atteindre en 2021 par les constructeurs,
  - règlement CE n° 510/2011 : objectif de 147 g CO2/km pour les VUL neufs à atteindre en 2020 par les constructeurs.
- le changement de structure du parc (par exemples, mise en place de bonus/malus certaines années, de la prime à la casse de décembre 2007 au 1er janvier 2012),
- le contrôle des vitesses,
- le recours accru aux agro-carburants depuis 2000.

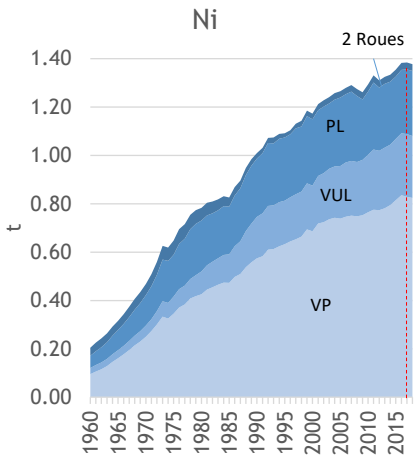
Les métaux lourds présentent des maxima très variables qui s'expliquent par différentes raisons. La tendance du plomb, qui présente un maximum en 1969 suivi d'une forte diminution et une seconde vers 1989, s'explique par la législation limitant le plomb dans les combustibles, puis interdisant l'essence plombée en 2000. A l'inverse, il apparait que les émissions d'As, de Cr, de Cu et de Zn continuent d'augmenter ou se stabilisent mais ne diminuent pas, en raison de leur origine provenant largement de l'abrasion.

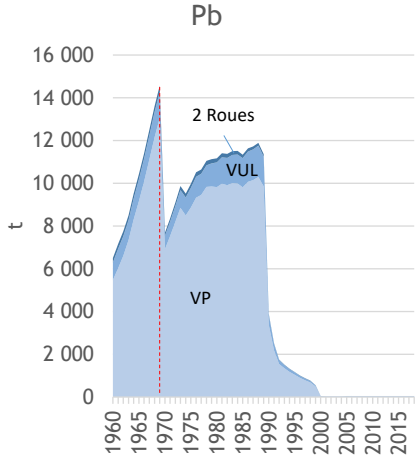
Les particules, quelles que soient leur granulométrie, présentent des maxima aux alentours de 1995, après cette date, les émissions décroissent pour toutes les classes de véhicules considérés. Enfin, les émissions de HAP diminuent depuis 2002, ce qui correspond à la présence d'une part importante de véhicules diesels équipés de moteur à injection directe, les premiers modèles datant de 1998.

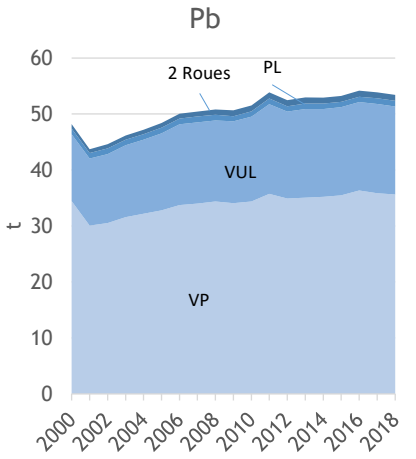
Emissions atmosphériques du transport routier en France métropolitaine

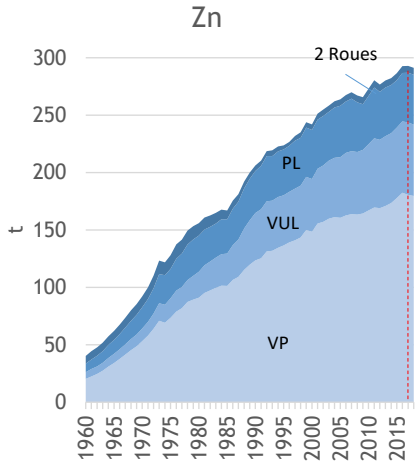


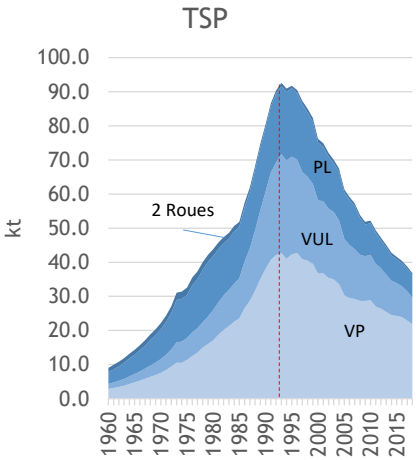

CO2e
Mt CO2e
2 Roues
PL
VUL
VP
As
Cd
Cr
Cu
t

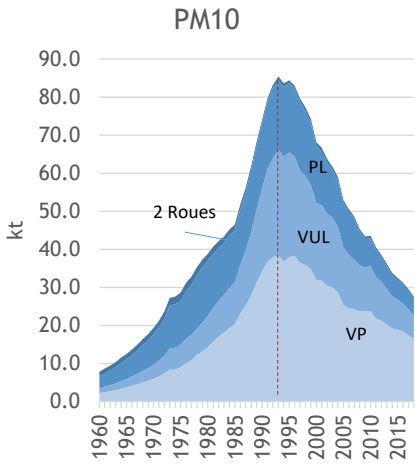

Ni
2 Roues
PL
VUL
VP
t
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

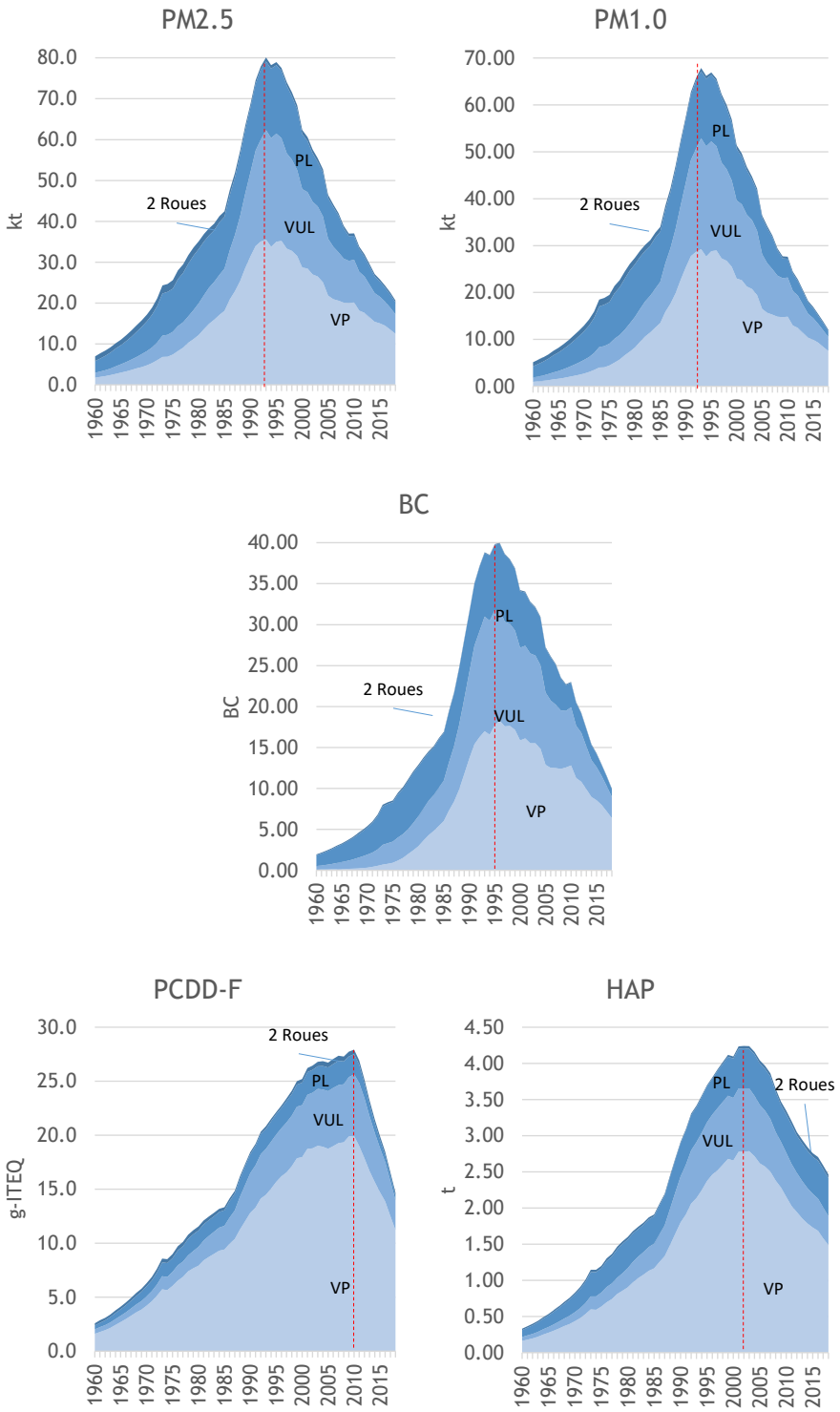

Pb
2 Roues
VUL
VP
t
16 000
14 000
12 000
10 000
8 000
6 000
4 000
2 000
0
1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015


Pb
2 Roues
PL
VUL
VP
t
60
50
40
30
20
10
0
2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016 2018


Zn
2 Roues
PL
VUL
VP
t
300
250
200
150
100
50
0
1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015


TSP
2 Roues
PL
VUL
VP
kt
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015


PM10
2 Roues
PL
VUL
VP
kt
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015


PM2.5
kt
2 Roues
PL
VUL
VP
PM1.0
kt
2 Roues
PL
VUL
VP
BC
BC
2 Roues
PL
VUL
VP
PCDD-F
g-ITEQ
2 Roues
PL
VUL
VP
HAP
t
PL
2 Roues
VUL
VP

Transport de marchandises et transport de voyageurs

Dans les tableaux relatifs aux émissions par polluant, les résultats pour les poids lourds (PL) ne sont présentés qu'en fonction de la motorisation (essence, diesel, GNV ou électrique). Les tableaux qui suivent, présentent les pourcentages d'émissions à appliquer aux émissions des PL (comprenant le transport de marchandises par camions et tracteurs routiers, et le transport de voyageurs par cars et bus) afin de distinguer celles relatives au transport de marchandises de celles relatives au transport de voyageurs. Les émissions des VP, VUL et 2 Roues ne sont pas traitées ici.

Périmètre	Substance		Secteur	*Unité*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Métropole et Outre-mer UE	GES	CO_2e (CO_2, CH_4 et N_2O seulement)	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.1%	91.1%	91.8%	91.8%	88.8%	87.1%	87.2%	87.5%	87.4%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.9%	8.9%	8.2%	8.2%	11.2%	12.9%	12.8%	12.5%	12.6%
		CO_2	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.1%	91.2%	91.8%	91.8%	88.8%	87.1%	87.1%	87.5%	87.4%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.9%	8.8%	8.2%	8.2%	11.2%	12.9%	12.9%	12.5%	12.6%
		CH_4	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	86.6%	87.1%	88.4%	85.5%	77.6%	60.7%	58.4%	56.3%	51.4%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	13.4%	12.9%	11.6%	14.5%	22.4%	39.3%	41.6%	43.7%	48.6%
		N_2O	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	90.2%	90.2%	89.7%	89.1%	89.8%	89.6%	89.6%	89.6%	89.5%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	9.8%	9.8%	10.3%	10.9%	10.2%	10.4%	10.4%	10.4%	10.5%

Périmètre	Substance		Secteur	*Unité*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Métropole	*AEPP*	SO_2	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.7%	91.7%	92.3%	92.5%	89.8%	88.2%	88.2%	88.5%	88.4%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.3%	8.3%	7.7%	7.5%	10.2%	11.8%	11.8%	11.5%	11.6%
		NOx	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	92.0%	91.9%	92.1%	91.9%	88.8%	86.3%	86.0%	85.8%	84.8%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.0%	8.1%	7.9%	8.1%	11.2%	13.7%	14.0%	14.2%	15.2%
		NH_3	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.0%	91.2%	91.9%	92.2%	91.6%	94.4%	94.1%	93.9%	93.5%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	9.0%	8.8%	8.1%	7.8%	8.4%	5.6%	5.9%	6.1%	6.5%
		COVNM	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	92.8%	92.4%	91.8%	90.4%	86.2%	83.8%	83.6%	84.0%	83.5%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	7.2%	7.6%	8.2%	9.6%	13.8%	16.2%	16.4%	16.0%	16.5%
		CO	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	92.0%	91.9%	92.3%	92.0%	88.8%	86.4%	86.1%	85.7%	84.5%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.0%	8.1%	7.7%	8.0%	11.2%	13.6%	13.9%	14.3%	15.5%

Périmètre	Substance		Secteur	*Unité*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Métropole	*ML*	As	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	90.7%	90.8%	91.5%	91.6%	89.3%	87.6%	87.6%	87.9%	87.9%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	9.3%	9.2%	8.5%	8.4%	10.7%	12.4%	12.4%	12.1%	12.1%
		Cd	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	90.9%	90.6%	91.1%	91.3%	88.6%	87.4%	87.6%	87.9%	87.9%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	9.1%	9.4%	8.9%	8.7%	11.4%	12.6%	12.4%	12.1%	12.1%
		Cr	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	93.1%	93.0%	93.3%	93.4%	91.3%	90.4%	90.4%	90.8%	90.9%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	6.9%	7.0%	6.7%	6.6%	8.7%	9.6%	9.6%	9.2%	9.1%
		Cu	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	89.7%	89.8%	90.4%	90.2%	87.2%	85.6%	85.6%	86.3%	86.6%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	10.3%	10.2%	9.6%	9.8%	12.8%	14.4%	14.4%	13.7%	13.4%
		Hg	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.7%	91.7%	92.3%	92.5%	90.1%	88.9%	89.0%	89.3%	89.4%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.3%	8.3%	7.7%	7.5%	9.9%	11.1%	11.0%	10.7%	10.6%
		Ni	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	88.6%	88.7%	89.4%	89.4%	86.3%	84.5%	84.6%	85.1%	85.3%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	11.4%	11.3%	10.6%	10.6%	13.7%	15.5%	15.4%	14.9%	14.7%
		Pb	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	96.4%	92.4%	88.3%	88.3%	85.0%	83.2%	83.4%	83.9%	84.1%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	3.6%	7.6%	11.7%	11.7%	15.0%	16.8%	16.6%	16.1%	15.9%
		Se	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.9%	92.1%	92.7%	92.8%	90.9%	89.6%	89.7%	90.1%	90.3%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.1%	7.9%	7.3%	7.2%	9.1%	10.4%	10.3%	9.9%	9.7%
		Zn	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.0%	91.1%	91.7%	91.8%	89.6%	88.2%	88.3%	88.7%	88.8%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	9.0%	8.9%	8.3%	8.2%	10.4%	11.8%	11.7%	11.3%	11.2%

Périmètre	Substance		Secteur	*Unité*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Métropole	*POP*	PCDD-F	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.5%	91.7%	92.3%	92.5%	89.8%	88.2%	88.2%	88.5%	88.4%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.5%	8.3%	7.7%	7.5%	10.2%	11.8%	11.8%	11.5%	11.6%
		PCB	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	90.7%	91.9%	92.1%	91.9%	88.8%	86.3%	86.0%	85.8%	84.8%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	9.3%	8.1%	7.9%	8.1%	11.2%	13.7%	14.0%	14.2%	15.2%
		HAP	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	90.7%	90.8%	91.5%	91.7%	89.3%	87.6%	87.7%	88.0%	88.0%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	9.3%	9.2%	8.5%	8.3%	10.7%	12.4%	12.3%	12.0%	12.0%

Périmètre	Substance		Secteur	*Unité*	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Métropole	*PM*	TSP	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%
		PM_{10}	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%	91.4%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%
		$PM_{2,5}$	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%
		$PM_{1,0}$	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%
		BC	Transport de marchandises (camions et tracteurs routiers)	% PL (y.c. bus et cars)	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%	91.5%
			Transport de voyageurs (Bus et cars)	% PL (y.c. bus et cars)	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%

Emissions internationales du transport, exclues du total national

Certains secteurs ne sont pas comptabilisés dans le total national de la France métropolitaine afin d'être en cohérence avec les spécifications internationales définies, soit par la CCNUCC, soit par la CEE-NU/NEC.

Ainsi, la catégorie de sources « hors total » regroupe les émissions non prises en compte dans les totaux nationaux.

Il s'agit, dans le cas des gaz à effet de serre direct (à savoir CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6, NF_3) des émissions du trafic maritime international, des émissions des vols internationaux du secteur aérien ainsi que du transport fluvial international.

Dans le cas des autres substances, il s'agit des émissions du trafic maritime international et des émissions de la phase croisière (≥ 1 000 m) des vols domestiques et internationaux du secteur aérien

Les substances pour lesquelles les émissions hors total national représentent plus de 20 % des émissions de la France métropolitaine (hors UTCATF), en 2017, sont présentées ci-après.

SO_2

Les émissions de SO_2 du secteur du transport qui ne sont pas comptabilisées dans le total national proviennent très majoritairement du transport maritime international.

La tendance des émissions s'explique par l'évolution des consommations de carburants et la baisse de la teneur en soufre du fioul lourd à la suite de la mise en œuvre de différentes réglementations (MARPOL).

NOx

Les émissions de NOx du secteur du transport qui ne sont pas comptabilisées dans le total national proviennent pour majorité du transport maritime international. La tendance des émissions de est fonction des consommations de fioul lourd et du diesel marine léger.

La tendance des émissions du transport aérien hors LTO (à savoir les émissions de la phase croisière ≥ 1000 m) des vols domestiques et internationaux se décorrèle du trafic grâce à l'amélioration des motorisations.

Ni

Les émissions de nickel du secteur du transport qui ne sont pas comptabilisées dans le total national proviennent que du transport maritime international. La tendance des émissions de est fonction des consommations de fioul lourd.
Les légères fluctuations observées sont induites par les variations constatées dans la consommation de ce combustible.

Liste des sources incluses dans ce secteur

Transports	
Voitures particulières à moteur diesel [VP diesel]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Voitures particulières	0701xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Voitures particulières à moteur essence [VP essence]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Voitures particulières	0701xx (*)
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Voitures particulières à moteur essence et GPL [VP GPL]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Voitures particulières	0701xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Voitures particulières à moteur GNV [VP GNV]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Voitures particulières	0701xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Voitures particulières à moteur électrique [VP électriques]	
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Véhicules utilitaires légers à moteur diesel [VUL diesel]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Véhicules utilitaires légers < 3,5 t	0702xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Véhicules utilitaires légers à moteur essence [VUL essence]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Véhicules utilitaires légers < 3,5 t	0702xx (*)
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Véhicules utilitaires légers à moteur électrique [VUL électriques]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Véhicules utilitaires légers < 3,5 t	0702xx (*)
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Poids lourds à moteur diesel (y.c. bus et cars) [PL diesel (y.c. bus et cars)]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Poids lourds > 3,5 t et bus	0703xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Poids lourds à moteur essence (y.c. bus et cars) [PL essence (y.c. bus et cars)]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Poids lourds > 3,5 t et bus	0703xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Poids lourds à moteur GNV (y.c. bus et cars) [PL GNV (y.c. bus et cars)]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Poids lourds > 3,5 t et bus	0703xx (*)
Poids lourds à moteur GNV (y.c. bus et cars) [PL GNV (y.c. bus et cars)] (suite)	
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Poids lourds à moteur électrique (y.c. bus et cars) [PL électriques (y.c. bus et cars)]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Poids lourds > 3,5 t et bus	0703xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Deux roues à moteur essence [Deux roues essence]	
Motocyclettes et motos < 50 cm^3	070400
Motos > 50 cm^3	0705xx
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)

Deux roues à moteur diesel [Deux roues diesel]	
Motocyclettes et motos < 50 cm^3	070400
Motos > 50 cm^3	0705xx
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Deux roues à moteur électrique [Deux roues électriques]	
Motocyclettes et motos < 50 cm^3	070400
Motos > 50 cm^3	0705xx
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Transport ferroviaire [Transport ferroviaire]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Trafic ferroviaire	0802xx
Transport fluvial de marchandises [Transport fluvial de marchandises]	
Navigation intérieure de transport de marchandises	080304 (*)
Transport maritime français [Transport maritime domestique]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Trafic maritime national dans la zone EMEP	080402
Pêche nationale	080403
Transport autres navigations [Transport autres navigations]	
Bateaux à moteurs/usage professionnel	080302
Transport aérien français [Transport aérien français]	
Bombes aérosols	060506 (*)
Trafic domestique (cycle d'atterrissage/décollage — < 1000 m)	080501
Trafic international (cycle d'atterrissage/décollage — < 1000 m) (substances hors gaz à effet de serre)	080502 (*)
Trafic domestique de croisière (> 1000 m) (gaz à effet de serre uniquement)	080503 (*)
Trafic domestique (cycle d'atterrissage/décollage — < 1000 m) — Abrasion des pneus et des freins	080505
Trafic international (cycle d'atterrissage/décollage — < 1000 m) — Abrasion des pneus et des freins	080506
Transports — non inclus dans le total France *[Transports — hors total]*	
Trafic fluvial hors contribution nationale [Transport fluvial international] (gaz à effet de serre uniquement)	
Navigation intérieure de transport de marchandises	080304 (*)
Trafic maritime international (soutes internationales) [Transport maritime international]	
Trafic maritime international (soutes internationales)	080404
Transport aérien hors contribution nationale [Transport aérien international]	
Bombes aérosols	060506 (*)
Trafic international (cycle d'atterrissage/décollage — < 1000 m) (gaz à effet de serre uniquement)	080502 (*)
Trafic domestique de croisière (> 1000 m) (substances hors gaz à effet de serre)	080503 (*)
Trafic international de croisière (> 1000 m)	080504
Autres engins hors contribution nationale [Autres engins hors contribution nationale]	
Autres machines — échappement moteur (fusée)	081001

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Traitement centralisé des déchets

Rédaction | **Romain BORT**

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Description du secteur 390

Panorama et enjeux 390

Emissions incluses dans ce secteur 392

Spécificités du secteur 392

Principales substances émises par le secteur 393

Emissions de gaz à effet de serre 393

Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e 393

Détail par gaz à effet de serre 395

Emissions de polluants atmosphériques 396

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique 396

Métaux lourds 397

Polluants organiques persistants 397

Liste détaillée des sources d'émissions incluses dans le secteur 398

En bref

Cette section concerne les activités relatives au traitement des déchets solides, au traitement et rejet des eaux usées domestiques et industrielles mais aussi, conformément aux lignes directrices internationales sur les inventaires d'émissions nationaux, à la crémation, aux feux de véhicules et aux feux de bâtiments.

Les émissions du secteur Déchets en France métropolitaine ont globalement diminué sur la période 1990-2018, que ce soit concernant les polluants (essentiellement liés à l'incinération et aux feux de déchets), que les gaz à effet de serre (essentiellement liés au stockage des déchets et dans une moindre mesure au traitement et rejet des eaux usées).

A noter le développement de la filière du compostage et de la méthanisation de déchets ménagers depuis plusieurs années, même si leur impact reste très faible en termes d'émissions.

La prévention de la production des déchets est une priorité inscrite dans le code de l'environnement français. La loi n°2015-992 relative à la transition écologique pour la croissance verte (LTECV) a confirmé cette politique de prévention des déchets par des mesures de lutte contre les gaspillages et de promotion de l'économie circulaire en particulier en visant le découplage progressif entre la croissance économique et la consommation de matières premières, en développant le tri à la source (notamment des déchets alimentaires et des déchets des entreprises) et les filières de recyclage et de valorisation.

Description du secteur

Panorama et enjeux

La politique française en matière de déchets est cadrée par :

- le Plan National de Prévention des Déchets 2014-2020 ;

- les objectifs fixés par la Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) adoptée en 2015 tels que :
  - ✓ la réduction de 50 % de la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025 par rapport à 2010,
  - ✓ la réduction de 50% des produits manufacturés non recyclables avant 2020 par rapport à 2010,
  - ✓ la réduction de 30% des déchets non dangereux non inertes envoyés en décharge d'ici à 2020 et de 50% d'ici à 2025 par rapport à 2020,
  - ✓ la valorisation de 55% des déchets non dangereux non inertes, notamment organiques, en 2020 et 65% en 2025, via notamment la généralisation du tri à la source des biodéchets,
  - ✓ la séparation progressive de la croissance économique et de la consommation de matières premières…

- la feuille de route économie circulaire (2018) visant à mieux produire, mieux consommer, mieux gérer les déchets avec des objectifs portant sur :
  - ✓ la réduction de 30 % de la consommation de ressources par rapport au PIB d'ici à 2030 par rapport à 2010,
  - ✓ tendre vers 100% de plastiques recyclés en 2015,
  - ✓ l'économie d'émission de 8 millions de tonnes de CO2 supplémentaires chaque année grâce au recyclage du plastique.

La réduction des émissions polluantes dans l'atmosphère issue du secteur des déchets est également liée à la mise en place de techniques de réduction en réponse à des contraintes réglementaires nationales, de l'UE et internationales.

Dans le cas de l'incinération, la mise en œuvre de techniques de réduction nécessaires au respect des valeurs limites des arrêtés du 20 septembre 2002 relatifs à l'incinération des déchets dangereux et non dangereux a permis une forte baisse des émissions liées à la filière d'incinération.

Dans le cas du stockage en ISDND (Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux), l'arrêté du 19 janvier 2006 modifiant l'arrêté du 9 septembre 1997 modifié relatifs aux installations de stockage de déchets ménagers et assimilés stipule que les ISDND doivent être équipées de dispositifs de captage et de récupération du biogaz.

En termes d'impact sur le climat, le secteur du traitement des déchets correspond en 2018 à plus de 3% des émissions de gaz à effet de serre totales en France (en équivalent CO_2, hors UTCATF, périmètre France métropolitaine et territoires Outre-mer inclus dans l'UE). Le méthane est le principal GES émis par ce secteur, représentant près d'un quart des émissions nationales de CH_4 cette même année. Les émissions de CH_4 proviennent en grande majorité des installations de stockage de déchets non dangereux, bien que les émissions de ces dernières soient en diminution depuis quelques années.

Concernant les polluants, le secteur des déchets contribue de façon non négligeable aux émissions nationales de mercure, HCB et cadmium. Le secteur de l'incinération des boues résiduelles du traitement des eaux usées prend une part importante des émissions de ces polluants, en particulier pour les HCB et le Cd tandis que les émissions de Hg proviennent surtout des émissions liées à la casse des lampes fluorescentes.

Tous les deux ans, le service statistique du ministère de l'environnement (SDES[1]) publie un bilan de la production et du traitement de déchets à partir des données rapportées à Eurostat dans le cadre du règlement n°849/2010 relatif aux statistiques sur les déchets.

Production de déchets en France métropolitaine 2014 - 2016

En milliers de tonnes

	Agriculture pêche		Industrie		Construction		Traitement des déchets eau assainissement		Tertiaire		Ménages		Total	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Déchets minéraux non dangereux	0	0	4 458	4 423	212 275	209 229	3 202	3 156	787	792	2 789	2 806	223 511	220 227
Déchets non minéraux non dangereux	936	967	18 536	17 591	12 496	12 351	15 536	17 151	17 444	17 864	25 390	25 524	90 337	91 448
Déchets dangereux	339	337	2 738	2 791	2 851	2 775	3 257	3 417	896	965	704	725	10 783	11 010
Total	**1 274**	**1 304**	**25 731**	**24 626**	**227 621**	**224 355**	**21 995**	**23 724**	**19 127**	**19 621**	**28 883**	**29 056**	**324 630**	**322 685**
Évolution 2014/2016 en %	**2,3**		**- 4,3**		**- 1,4**		**7,9**		**2,6**		**0,6**		**- 0,6**	
Total hors déchets secondaires	**1 274**	**1 304**	**25 470**	**24 410**	**227 619**	**224 354**	**13 087**	**12 578**	**19 110**	**19 605**	**28 883**	**29 056**	**315 443**	**311 306**

Source : *SDES, octobre 2019*

Traitement de déchets en France métropolitaine 2014 - 2016

En milliers de tonnes

	Incinération avec récupération d'énergie		Incinération sans récupération d'énergie		Recyclage matière et organique		Stockage		Épandage		Total	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Déchets minéraux	0	0	0	0	154 300	158 504	64 747	61 718	0	0	219 048	220 222
Déchets non minéraux non dangereux	12 337	16 333	4 541	3 462	35 960	37 594	19 508	18 149	795	627	73 142	76 165
Déchets dangereux	1 046	1 098	1 520	1 514	2 366	2 230	2 672	2 322	0	0	7 605	7 165
Total	**13 384**	**17 432**	**6 062**	**4 977**	**192 627**	**198 327**	**86 928**	**82 189**	**795**	**627**	**299 795**	**303 552**

Source : *SDES, octobre 2019*

Par ailleurs, l'ADEME[2] réalise une enquête tous les 2 ans, dite ITOM (Installations de Traitement des Ordures Ménagères), auprès de toutes les installations de traitement qui accueillent au moins des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets (centres de tri, traitements thermiques et biologiques, stockage des déchets non dangereux).

[1] SDES : Service de la Données et des Etudes Statistiques
[2] ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (établissement public national sous tutelle du ministère français en charge de l'environnement)

Emissions incluses dans ce secteur

Ce secteur concerne les activités relatives au traitement des déchets solides, au traitement et au rejet des eaux usées domestiques et industrielles mais aussi la crémation.

Les différents procédés de traitement des déchets mis en œuvre engendrent des rejets parfois significatifs de polluants et/ou de GES. On distingue dans l'inventaire le stockage en Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND), l'incinération (déchets non dangereux, déchets industriels dangereux, déchets de soins, boues, etc.), le brûlage (déchets agricoles, feux de déchets verts), et les procédés biologiques (compostage, méthanisation). Les activités de tri et recyclage ne sont pas considérées comme une source d'émissions dans l'air dans les inventaires.

Les eaux domestiques et industrielles sont traitées au moyen de filières de traitement collectives ou individuelles ou, de façon marginale, sont rejetées sans traitement. Les boues issues des filières de traitement des eaux usées sont traitées au travers des filières de traitement des déchets solides (stockage, incinération, procédés biologiques). Les émissions dans l'air issues de ces activités sont également prises en compte dans l'inventaire.

Les émissions associées à l'incinération de déchets avec récupération d'énergie et à la valorisation du biogaz issu des centres de stockage ou des stations d'épuration sont allouées au secteur Energie.

Les émissions liées aux feux ouverts de déchets verts, au brûlage de câbles, aux feux de voitures et de bâtiments sont rapportées dans le secteur Résidentiel.

Les émissions liées au traitement in-situ des eaux usées industrielles sont rapportées dans le secteur Industrie.

Les émissions liées au traitement autonomes des eaux usées domestiques (fosses septiques) et aux rejets directs sont rapportées dans le secteur Résidentiel.

Les émissions associées à l'épandage des boues d'épuration sont rapportées dans le secteur Agriculture.

Secteur Traitement centralisé des déchets

CITEPA / format SECTEN - avril 2019 — secten_repart-i/recapitulatif.xlsx

niveau 2	niveau 3
Stockage des déchets	Dégradation anaérobie des déchets stockés
	Torchage du biogaz capté
	Manipulation des déchets minéraux
	Casse de lampes fluorescentes usagées
Incinération sans récupération d'énergie	Incinération des déchets non dangereux (hors récupération d'énergie)
	Incinération des déchets industriels (sauf torchères)
	Incinération des boues résiduelles du traitement des eaux
	Incinération des déchets hospitaliers
	Feux ouverts de plastiques agricoles
	Crémation
Autres traitements des déchets solides	Production de compost à partir de déchets domestiques et municipaux
	Production de biogaz
Traitement des eaux usées	Traitement centralisé des eaux usées domestiques et industrielles

voir le détail le plus fin en Annexe

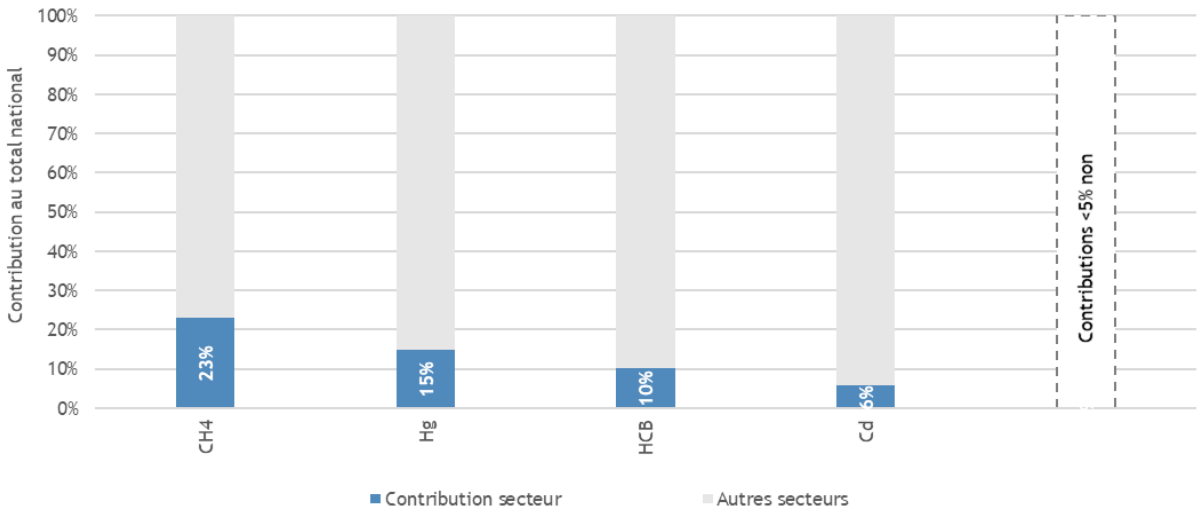
RAPPEL : les émissions ayant lieu à l'international ne sont pas incluses. Ainsi, les émissions du traitement des déchets exportés par la France et traités à l'étranger ne sont pas comptabilisées dans l'inventaire français. A l'inverse, les déchets importés et traités en France sont pris en compte dans les calculs de l'inventaire français.

Spécificités du secteur

Une part importante du CO_2 issu du secteur Déchets est d'origine biomasse et ces émissions sont soit non estimées, soit rapportées hors total national.

Principales substances émises par le secteur

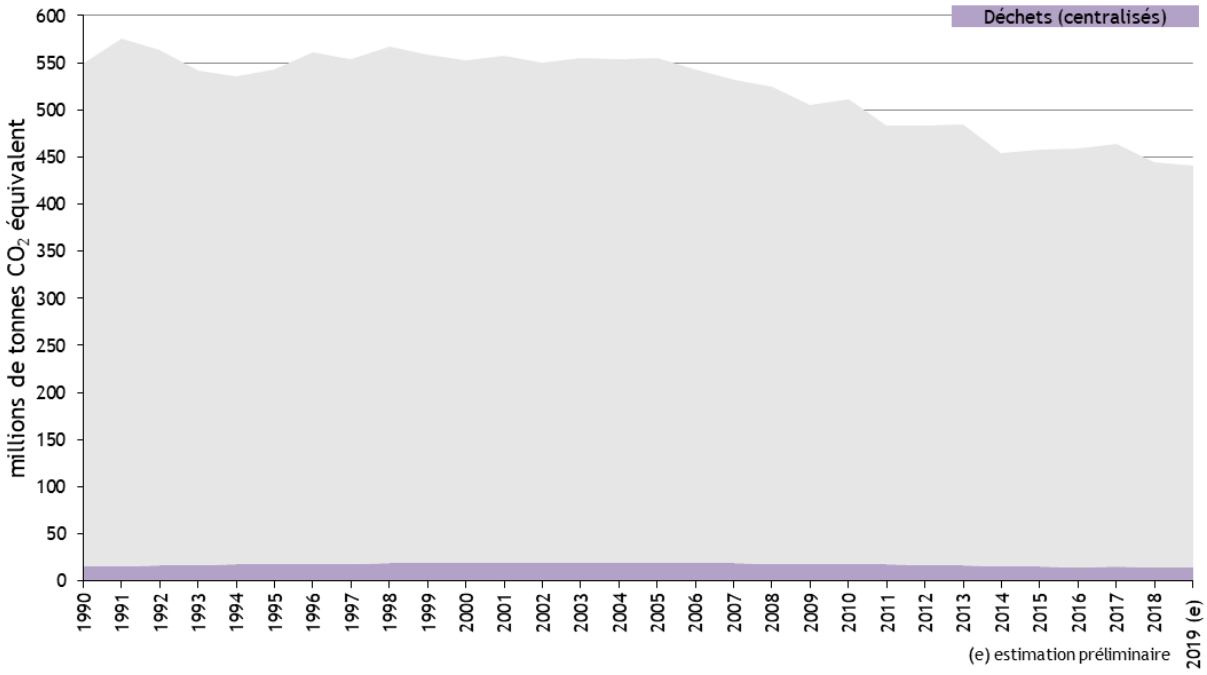
Substances pour lesquelles le secteur traitement centralisé des déchets contribue pour au moins 5% aux émissions en 2018



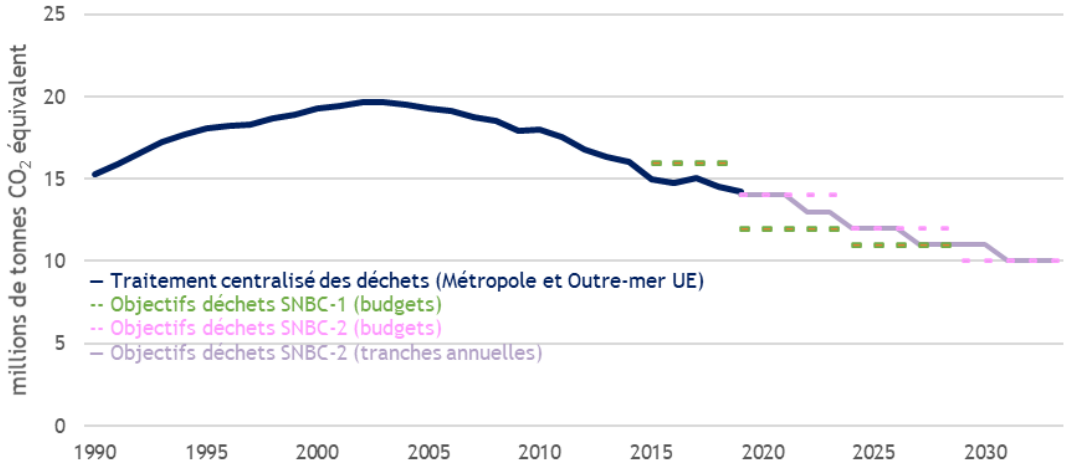
Émissions de Gaz à effet de serre

Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e

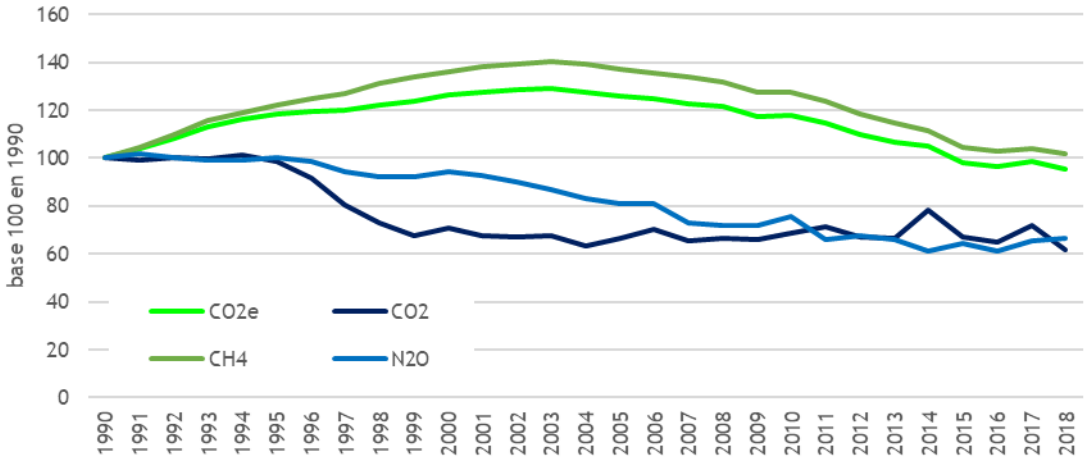
Contribution du secteur aux émissions totales de GES de la France



Emissions de GES du secteur et objectifs SNBC

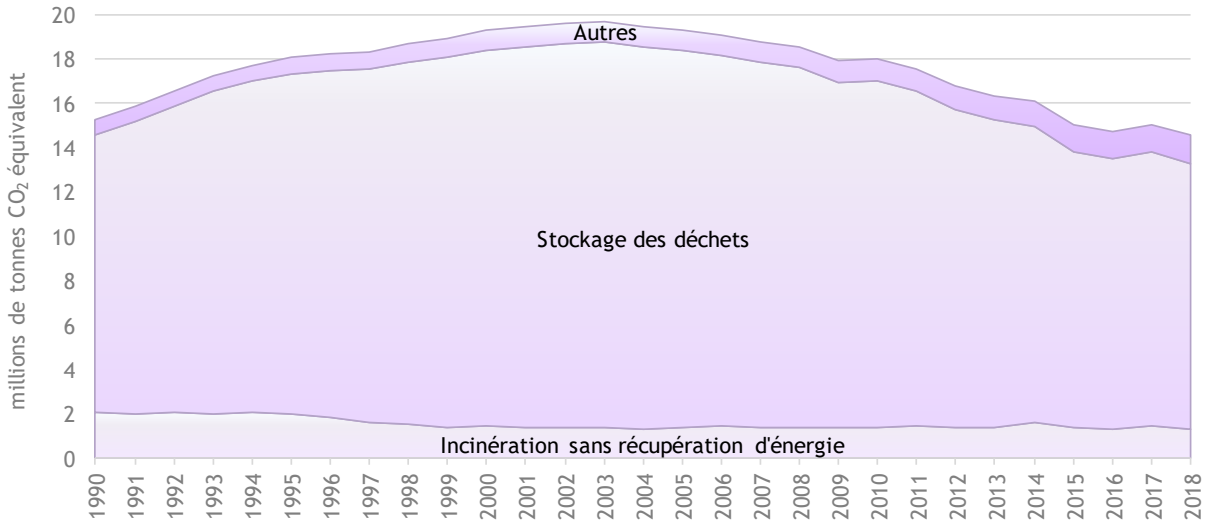


Tendance d'évolution des émissions de GES du traitement centralisé des déchets



Evolution relative des émissions du secteur du traitement centralisé des déchets des différents GES en France (Métropole et Outre-mer UE) (base 100 en 1990)

Répartition des émissions de CO_2e du secteur du traitement des déchets centralisés en France (Métropole et Outre-mer UE)



Leviers / techniques de réduction / investissements nécessaires pour respect de la trajectoire

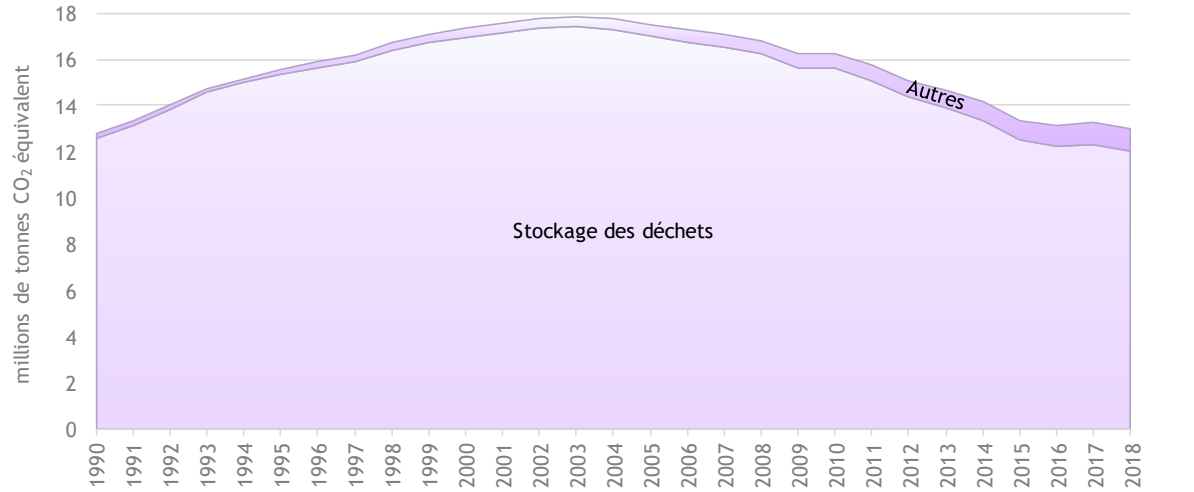
La part des émissions de GES du secteur du traitement centralisé des déchets par rapport au total national reste sensiblement constante sur la période 1990 – 2018, de 2,8% à 3,6% selon les années. La part du secteur sur le total national varie cependant largement en fonction du gaz, pouvant représenter jusqu'à 27% des émissions nationales pour le méthane et moins de 1% pour le CO_2. Ceci explique pourquoi la courbe des émissions en CO_2e suit celle du CH_4. Les émissions du secteur proviennent en grande majorité des émissions de CH_4 issues de la dégradation des matières organiques dans les installations de stockage des déchets non dangereux (ISDND). Cette part représente entre 80% et 90% des émissions totales de GES du secteur selon les années. Les émissions en CO_2e sont, en 2018, à un niveau similaire de celui estimé en 1990 après un pic en 2003. Ce profil de courbe s'explique par l'augmentation des volumes de déchets stockés jusqu'en 2000 puis une diminution régulière accompagnée d'une quantité de biogaz capté plus importante. Une spécificité de ces émissions de CH_4 est le fait que les déchets non dangereux stockés en ISDND se dégradent selon une certaine cinétique dépendant du type de déchets enfouis, par conséquent certains déchets stockés dans les années 1990 émettent encore aujourd'hui. Si les émissions totales du secteur du traitement centralisé des déchets diminuent depuis plusieurs années, il est constaté une augmentation des émissions sur les traitements biologiques (notamment le compostage). Ces dernières ont doublé ces dix dernières années mais leur part absolue reste faible en comparaison des ISDND.

L'objectif de la SNBC sur le secteur des déchets est de baisser les émissions de 35% à l'horizon 2030 et de 66% à l'horizon 2050 en comparaison des émissions de 2015. Pour y parvenir, les actions mises en place portent sur la réduction du gaspillage alimentaire, la prévention de la production des déchets, l'augmentation de la valorisation des déchets par le recyclage et la généralisation du tri à la source des biodéchets d'ici à 2025, la réduction des émissions diffuses de méthane des décharges et des stations d'épuration et la suppression à terme de l'incinération sans valorisation énergétique.

Détail par gaz à effet de serre

CH_4

Répartition des émissions de CH_4 du secteur du traitement des déchets centralisés en France (Métropole et Outre-mer UE)



En 2018, le secteur du traitement centralisé des déchets correspond à 23% des émissions de CH_4 de la France. Les émissions de ce secteur ont baissé de 1,6% entre 1990 et 2018 mais le maximum des émissions a été observé au début des années 2000 avec environ 27% des émissions nationales.

Ces émissions sont essentiellement issues des installations de stockage des déchets. L'évolution en cloche de ces émissions est liée à l'évolution des quantités de déchets stockées, dont le maximum a été atteint dans les années 2000 et qui décroissent du fait des politiques publiques.

Les mesures de prévention des déchets à destination des consommateurs, des entreprises et des collectivités, combinées à l'orientation d'une partie de ces déchets vers le recyclage matière a notamment permis de réduire les quantités stockées en ISDND et donc les émissions de CH_4 associées.

Le palier observé dans la décroissance des émissions est lié aux quantités plus importantes stockées en 2006 car les installations de stockage ont reçu les déchets des incinérateurs fermés pour leur mise en conformité avec les valeurs limites des arrêtés du 20 septembre 2002.

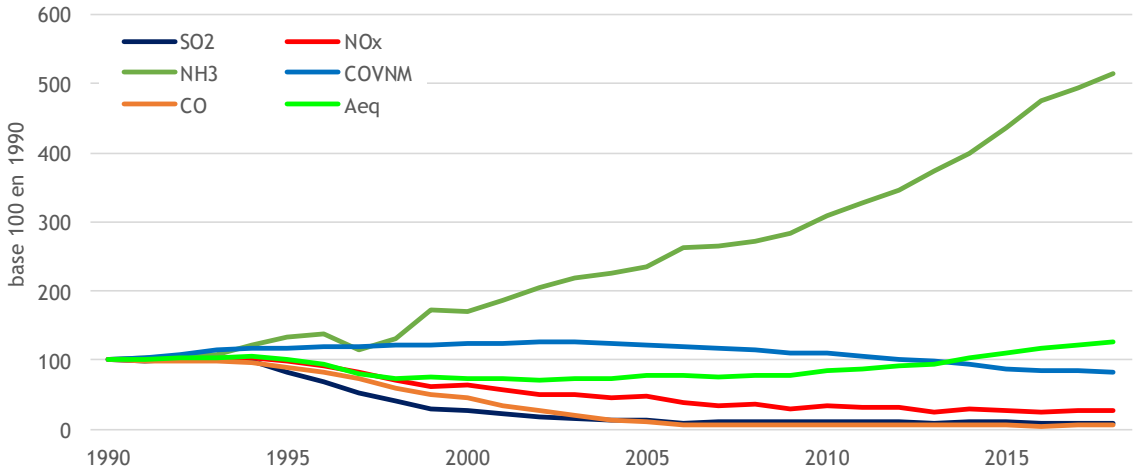
Le palier observé à partir de 2016 est lié à une légère augmentation des déchets stockés en 2016 issus des enquêtes ITOM. La prochaine enquête ITOM relative à l'année 2018 permettra de confirmer ou non cette tendance.

Émissions de polluants atmosphériques

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique

Tendance des émissions d'AEPP

Evolution relative des émissions du secteur du traitement centralisé des déchets des substances de l'AEPP en France (Métropole) (base 100 en 1990)

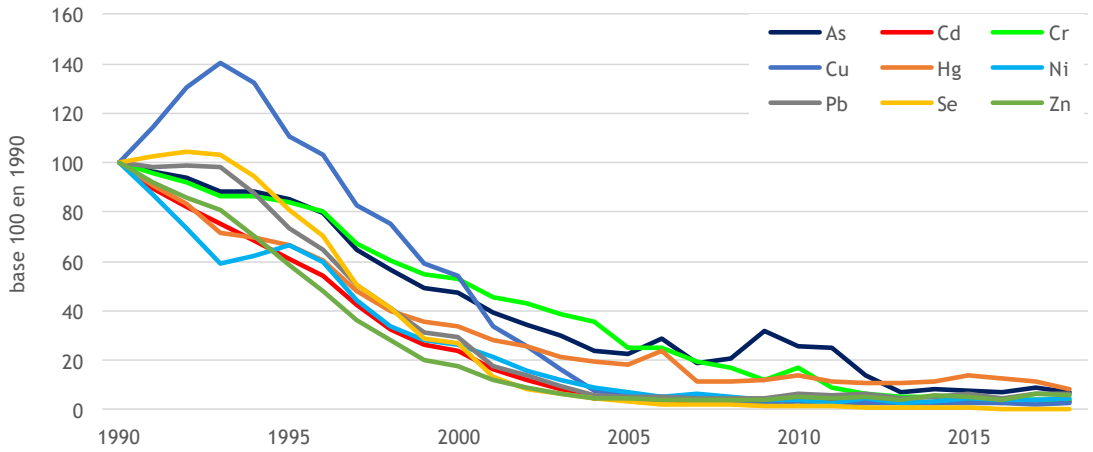


Pour les polluants AEPP, il est observé des tendances très différentes en fonction des polluants. Ceci s'explique par le fait que les sources principalement émettrices varient en fonction du polluant. En effet, les émissions de COVNM du secteur du traitement centralisé des déchets suivent le profil de la courbe des émissions de CH_4 puisque les émissions de COVNM proviennent presqu'en totalité du stockage des déchets non dangereux. Les émissions de NOx, SO2 et CO proviennent en grande majorité de l'incinération de déchets sans récupération d'énergie. Au début des années 2000, la mise en œuvre de techniques de réduction nécessaires au respect des valeurs limites d'émissions des arrêtés du 20 septembre 2002 relatifs à l'incinération des déchets dangereux et non dangereux a engendré une baisse des émissions de ces polluants dans ce secteur. Le profil des émissions de NH_3 est plus atypique car il est constaté une augmentation presque constante dans ce secteur. Ainsi, les émissions de NH_3 dans le secteur des déchets ont été multipliées par un facteur 5 entre 1990 et 2018. Cette augmentation s'explique par l'utilisation de plus en plus importante du compostage en France comme filière de traitement des ordures ménagères.

Métaux lourds

Tendance des émissions de métaux lourds

Evolution relative des émissions du secteur du traitement centralisé des déchets des métaux lourds en France (Métropole) (base 100 en 1990)



Hg

Sur les années récentes, les émissions de mercure du secteur Déchets sont essentiellement liées à la casse de lampes fluorescentes usagées enfouies en installations de stockage, la crémation des corps et à l'incinération des déchets dangereux.

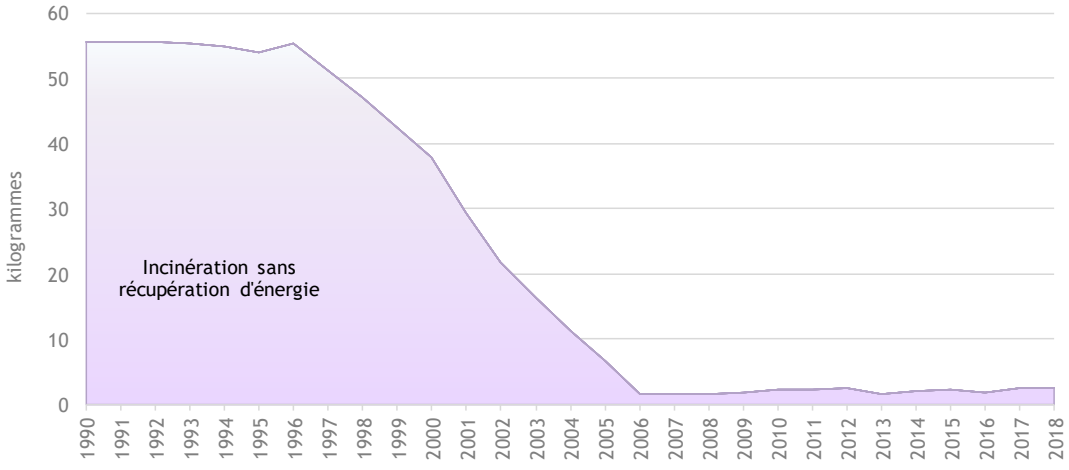
Les lampes fluorescentes, regroupant, entre autres, les tubes dits « néons », apparus dans les années 50, et les lampes compactes dites « LFC », apparues dans les années 80, contiennent du mercure en quantité variable en fonction du type et de l'année de mise sur le marché. Sur les années récentes, l'augmentation des émissions liées à leur casse est liée à l'augmentation du nombre de lampes arrivant en fin de vie. L'évolution à la baisse observée sur l'historique est liée à la réglementation de la quantité de mercure dans les lampes du fait de la réglementation. Du fait de la durée de vie de ces lampes, les émissions à venir dépendent essentiellement de l'évolution historique des ventes (pics observés en 2006 pour les tubes et 2010 pour les LFC) et de l'évolution du nombre de lampes collectées et recyclées (en constante augmentation depuis sa création de la filière en en 2006).

Concernant la crémation des corps, les émissions de mercure sont liées à la présence de ce composé dans les amalgames dentaires. Les émissions augmentent depuis 1990 du fait du nombre croissant de corps incinérés. L'augmentation probable du nombre de corps incinérés ces prochaines années devraient contribuer à poursuivre cette augmentation. Cependant, l'arrêté du 28 janvier 2010 relatif à la hauteur de cheminée des crématoriums et à la quantité maximale de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère, qui définit une concentration maximum de mercure dans les fumées à respecter au plus tard en 2018, pourrait infléchir cette tendance.

Polluants organiques persistants

HCB

Répartition des émissions des HCB du secteur du traitement des déchets centralisés en France (Métropole)



Les émissions de HCB du secteur Déchets sont essentiellement liées à l'incinération des boues résiduelles du traitement des eaux usées. Le secteur des déchets contribue de façon importante en 2018 avec près d'un quart des émissions totales.

La très forte décroissance observée entre 1997 et 2006 (de plus de 95 %) est liée à l'effet combiné qui fait suite à des progrès réalisés par les incinérateurs de déchets dangereux et non dangereux sans récupération d'énergie en termes de traitement des fumées (mise en conformité progressive), mais également à la part croissante de l'incinération de déchets non dangereux avec récupération d'énergie.

Liste des sources incluses dans ce secteur

Traitement centralisé des déchets	
Stockage des déchets [Stockage des déchets]	
Décharges compactées de déchets solides	090401
Décharges non-compactées de déchets solides	090402
Autres mises en décharge de déchets solides	090403 (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Incinération sans récupération d'énergie [Incinération sans récupération d'énergie]	
Incinération des déchets domestiques et municipaux (hors récupération d'énergie)	090201
Incinération des déchets industriels (sauf torchères)	090202 (*)
Incinération des boues résiduelles du traitement des eaux	090205
Incinération des déchets hospitaliers	090207
Incinération des huiles usagées	090208
Feux ouverts de déchets agricoles (hors 1003xx)	090701 (*)
Incinération de carcasses animales	090902
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Autres traitements des déchets solides [Autres traitements des déchets solides]	
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Production de compost à partir de déchets	091005 (*)
Production de biogaz	091006
Production de combustibles dérivés à partir de déchets	091008
Traitement des eaux usées [Traitement des eaux usées]	
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Traitement des eaux usées dans le secteur résidentiel/commercial	091002 (*)
Latrines	091007

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Forêt

Rédaction | **Etienne MATHIAS**
Colas ROBERT

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Description du secteur 400
Panorama et enjeux 400
Une méthodologie particulière 401
Objectifs 401
Emissions et absorptions incluses dans ce secteur 402
Liens avec d'autres secteurs 402
Spécificités du secteur 402
Principales substances émises par le secteur 403
Emissions de gaz à effet de serre 404
Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e 404
Détail par gaz à effet de serre 405
Liste détaillée des sources d'émissions incluses dans le secteur 408

En bref

Le secteur UTCATF (Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Forêt) constitue pour l'instant le seul secteur permettant des absorptions de CO_2 grâce à la photosynthèse des plantes. Le carbone absorbé est provisoirement retranché de l'atmosphère en étant stocké dans la biomasse et les sols. En France, aujourd'hui, les absorptions (croissance de la biomasse forestière, boisement…) sont plus importantes que les émissions de ce secteur (mortalité des arbres, déboisement, feux de forêt et de végétation, artificialisation des sols…). Ce secteur est donc un puits net de carbone. En 2018, ce puits net est estimé à -25,7 Mt CO_2e. Dans le même temps, les autres secteurs ont émis 445 Mt CO2, l'UTCATF permet donc de compenser 6% des émissions des autres secteurs. Fortement à la hausse durant la période 1990-2000, le puits a tendance à diminuer ces dernières années, passant d'environ -45 Mt CO_2e au milieu des années 2000 à -25 Mt CO_2e ces dernières années. Il semble que la dynamique de la forêt française, historiquement responsable de cette croissance du puits, s'amenuise légèrement même si elle présente toujours un large puits de carbone. Les enjeux sont de parvenir à mieux comprendre cette dynamique du puits forestier, renforcer le stockage de carbone dans des produits bois à longue durée de vie, réduire l'artificialisation des terres et renforcer le stockage de carbone dans les sols agricoles. L'ambition politique est d'arriver, en 2050, pour la neutralité C, à un puits UTCATF, complété par des puits artificiels (CCS…) afin de compenser intégralement les émissions résiduelles des autres secteurs, projetées à cet horizon à environ 80 MtCO_2e dans la SNBC.

Description du secteur

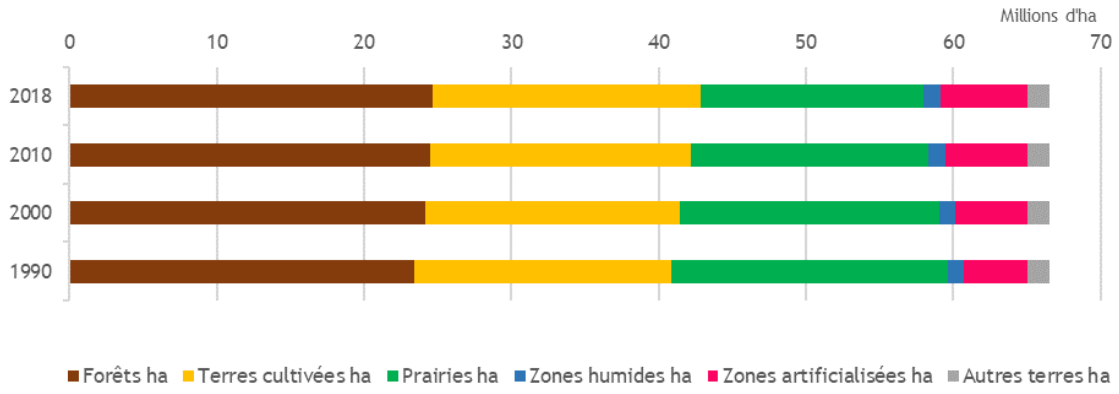
Panorama et enjeux

L'inventaire du secteur **UTCATF** (Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et Forêt), ou **LULUCF** en anglais (Land-*Use, Land-Use Change and Forestry*) présente un bilan des flux de carbone entre le territoire et l'atmosphère. Pour faciliter ce bilan, le Giec distingue différents compartiments (ou réservoirs) de carbone : la biomasse vivante, la biomasse morte (bois mort et litière) et le sol. Ces différents compartiments peuvent voir leur stock de carbone augmenter ou diminuer, traduisant ainsi des transferts de carbone entre ces compartiments et avec l'atmosphère. L'inventaire du secteur UTCATF consiste à estimer ces flux de carbone et en particulier les émissions et absorptions sous forme de CO_2. Les flux rapportés dans l'inventaire peuvent être dus à des changements d'affectation des terres ou de pratiques récents ou encore à des dynamiques de plus long terme.

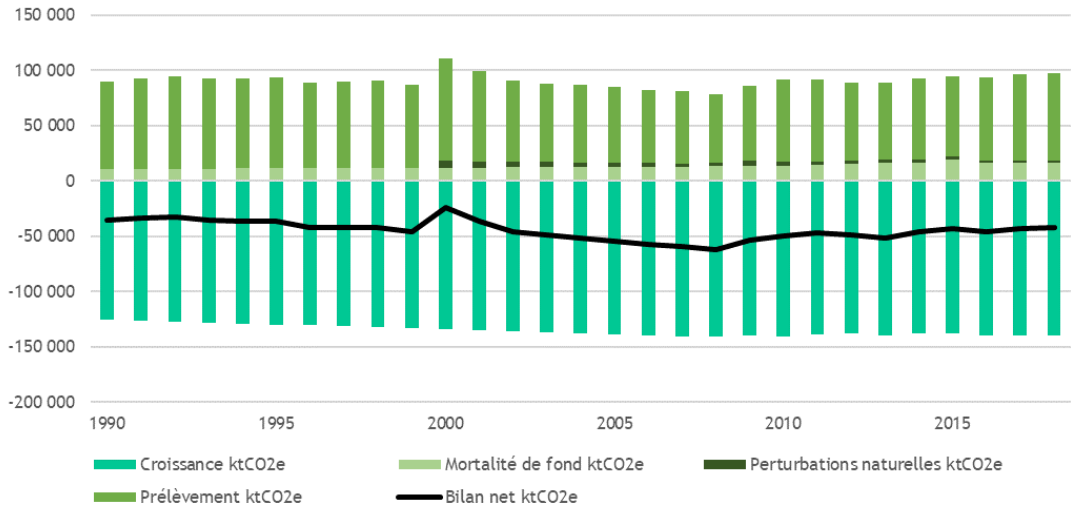
Dans l'inventaire français, comme dans la plupart des pays, les terres forestières sont particulièrement concernées en raison des stocks de carbone importants que constituent les arbres, la litière et les sols forestiers. En France, sur la période récente les forêts présentent globalement un puits de carbone : les absorptions de CO_2 sont supérieures aux émissions de CO_2. Cependant, cela ne signifie pas que toutes les forêts soient systématiquement des puits de carbone, si les prélèvements forestiers dépassent la capacité de régénération de ces mêmes forêts sur un cycle de gestion forestière, ces forêts sont dégradées et constituent des sources supplémentaires de CO_2 pour l'atmosphère.

Les terres agricoles (cultures et prairies) sont également suivies avec attention en raison du stock de carbone important contenu dans les sols sous forme de matière organique. Néanmoins, seuls les flux de carbone sont rapportés ici (variation du stock) et non le stock lui-même.

Superficies en France par usage, évolution 1990-2018



Bilan forestier : production brute (croissance), mortalité, prélèvement en foret



Une méthodologie particulière

Contrairement aux autres secteurs de l'inventaire, l'UTCATF n'est pas estimé sur la base de données d'activités, mais sur la base de surfaces d'utilisation des terres. La méthode de calcul consiste à découper le territoire selon son historique d'utilisation. En utilisant les 6 catégories d'utilisation des terres proposées par le Giec on obtient 36 catégories différentes classiquement représentées sous forme de matrices de changements d'utilisation des terres.

Le secteur UTCATF présente un bilan complet des émissions et absorptions de CO_2 pour chacune des catégories ainsi définies sur la base de matrices de changements d'utilisation d'une durée de 20 ans.

↱	Forêts	Cultures	Prairies	Zones artificielles	Zones humides	Autres terres
Forêts	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥
Cultures	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥
Prairies	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥
Zones artificielles	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥
Zones humides	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥
Autres terres	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥	⮥

Objectifs

Le secteur UTCATF est régi par des règles de comptabilisation et des modalités de rapportage très spécifiques dans le cadre du Protocole de Kyoto et de la réglementation européenne. Il est aussi visé par la Stratégie Nationale Bas-Carbone, qui présente une déclinaison indicative des budgets carbone pour ce secteur depuis sa version révisée de 2020.

Dans le cadre de la seconde période d'engagement (2013-2020) du Protocole de Kyoto (voir chapitre *Politique et Réglementations*), le secteur UTCATF est visé dans le cadre :

- de l'article 3.3 pour le boisement, reboisement et déboisement.

- de l'article 3.4 pour la *gestion forestière (forêts sans changement d'affectation)*. Dans ce cadre, une partie du bilan UTCATF de la France est comparé à un niveau de référence de la gestion forestière (Forest Management Reference Level ou FMRL). Ce niveau de référence est une projection de ce qui aurait été attendu si aucune mesure supplémentaire n'avait été mise en place. Tout le puits UTCATF n'est pas concerné, seul l'activité « Gestion Forestière » (Forest Management ou FM) comptabilisée dans le cadre du Protocole de Kyoto. Si le puits de cette activité est moins important que ce qui avait été attendu, alors, même s'il s'agit toujours d'un puits (et même si celui-ci a augmenté sur la période), on parlera de *débit* comptable, car l'objectif n'est pas atteint. Si le puits est plus important qu'attendu, et ce même s'il a diminué, alors l'objectif est atteint : on parlera de crédit comptable.

Cette projection a été réalisée en 2011, puis réajustée pour tenir compte de l'évolution des données disponibles. Elle prévoyait un puits moyen de -45,6 Mt CO_2e sur la période 2013-2020. Les années 2019 et 2020 n'étant pas encore estimées, on ne dispose que de la moyenne 2013-2018, qui est de -29,7 Mt CO_2e, soit 15,9 Mt CO_2e en dessous du niveau de référence projeté. – néanmoins une partie importante du puits forestier est comptabilisée sous l'article 3.3, car relatif à des boisements ou des reboisements.

Dans le cadre de la politique climat de l'UE, en particulier dans le cadre du règlement 2018/841 (qui vient ajouter le pilier « UTCATF » à SEQE et hors-SEQE), une approche au principe similaire au FMRL a été mise en place. Pour les périodes 2021-2025 et 2026-2030, le puits attendu (FRL pour Forest Reference Level) sans mesures supplémentaires, en

continuant, à partir de 2010, les pratique documentées sur la période 2000-2009, sera comparé au puits effectivement estimé sur cette même période. Ce FRL a été calculé en 2018-2019 par le Citepa et l'IGN, a été rapporté à la Commission européenne et a été publié sur le site du MTES. Par ailleurs, outre la gestion forestière, d'autres activités sont aussi concernées. Au niveau du bilan total du secteur UTCATF, une règle a été adoptée : rester un puits net. Plusieurs flexibilités ont néanmoins été adoptées.

Emissions et absorptions incluses dans ce secteur

Dans les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre, seules les émissions et absorptions dites « anthropiques » sont à prendre en compte. En pratique, la distinction entre émissions « naturelles » et « anthropiques » est difficile à respecter. Pour résoudre ce problème, le Giec propose une alternative nommée « *managed land proxy* » qui permet de considérer que toutes les émissions et absorptions ayant lieu sur des terres « gérées » sont assimilables à des émissions et absorptions anthropiques. Ce raccourci permet d'éviter une subjectivité problématique dans la définition des termes « naturel » et « anthropique ». Il est vrai que l'enjeu est en partie déporté sur la définition d'une terre « gérée » mais, dans bien des cas, l'ensemble du territoire peut être considéré comme géré, toutes les émissions ou absorptions estimées sur le territoire sont alors incluses. Les émissions et absorptions de gaz à effet de serre des mers et océans (parfois appelé « carbone bleu ») ne sont pas inclus.

Les émissions ayant lieu hors du territoire national ne sont pas incluses dans l'inventaire national. Ainsi, les émissions liées à la « déforestation importée », prises en compte dans une approche empreinte, ne sont pas comptabilisées ici. L'inventaire national se concentre, conformément aux règles internationales, sur les émissions et absorptions ayant lieu sur le territoire national. Néanmoins, le secteur UTCATF inclut aussi la catégorie des « produits bois », c'est-à-dire la comptabilisation du carbone temporairement stocké sous différentes formes (bois de construction, meubles, papiers…). Leur comptabilisation peut être effectuée selon une approche « producteur » (rattachée au pays d'où le bois provient) ou une approche « consommateur » (rattachée au pays ou le produit est consommé). Dans le cadre de la CCNUCC, l'approche producteur est appliquée : ainsi, le bilan carbone de ces produits bois est rattachée au pays d'où le bois provient et non au pays où il sera consommé, et où il générera des émissions en fin de vie.

Liens avec d'autres secteur

Cohérence avec le secteur Energie

Par ailleurs, ce secteur est géré en cohérence avec le secteur énergie, sans double-compte. Cette cohérence est importante sur la prise en compte du bois énergie en particulier. En effet, la question du bois énergie peut être abordée selon deux axes différents : une approche production ou une approche consommation. En règle générale, les émissions sont allouées au secteur d'activité qui génère les émissions dans l'atmosphère. En suivant cette règle les émissions de CO_2 de la combustion du bois devraient être rapportées dans le secteur énergie. Ce n'est pas le cas. Les émissions de CO_2 liées à la combustion du bois sont rapportées dans le secteur UTCATF. C'est donc une approche production qui a été privilégiée. Ce choix répond à la volonté de grouper dans un même secteur tous les flux de carbone associés à la biomasse (absorptions et émissions) et sans doute à des considérations méthodologiques, le suivi de la biomasse forestière étant souvent plus aisé à partir des données de récolte et d'inventaires forestiers que des données de consommation. Néanmoins, les émissions de CO_2 liées à la consommation de biomasse énergie sont indiqués dans les secteurs consommateurs, à titre informatif uniquement pour éviter tout double compte (voir section « CO_2 »).

Liens avec le secteur Agriculture

Le secteur UTCATF couvre toutes les terres d'un territoire, ce qui inclut les terres agricoles. Pour autant il ne faut pas confondre les secteurs « Agriculture » et « UTCATF qui ont des périmètres thématiques différents :

- Le secteur UTCATF couvre toutes les émissions et absorptions de CO_2 liées aux variations de stock de carbone des différents compartiments évoqués précédemment (ainsi que quelques émissions marginales de CH_4 et N_2O associées : brûlages, minéralisation).
- Le secteur agriculture couvre les émissions de CH_4, COVNM, N_2O, NH_3 liées aux cultures et à l'élevage, les émissions de CO_2 liées aux amendements basiques et à l'usage d'urée, les émissions de particules dues au travail du sol et aux bâtiments d'élevage, ainsi que les émissions de l'énergie en agriculture.

Du fait des liens entre ces deux secteurs, le Giec a fusionné les méthodes agriculture et UTCATF dans les lignes directrices de 2006, sous le terme AFOLU. Cependant, la séparation de ces deux secteurs demeure car les méthodes mises en œuvre pour les calculs sont différentes et les enjeux traités également. Dans l'inventaire Secten, comme dans l'inventaire soumis au Nation Unies par la France le secteur UTCATF est rapporté de manière distincte de l'agriculture.

Spécificités du secteur

Un puits net

Actuellement, en France, l'UTCATF est le seul secteur générant des absorptions massives de CO2. Comme le bilan net UTCATF est un puits, exprimé en valeurs négatives, sa prise en compte rend plus difficile les comparaisons entre secteurs et la compréhension du total national. Pour plus de clarté, les résultats d'inventaire sont classiquement présentés avec

la mention « avec UTCATF » (bilan net prenant en compte le puits de carbone) ou « hors UTCATF » (émissions brutes, sans tenir compte du puits de carbone).

Un secteur dont la prise en compte est un enjeu politique

Enfin, l'inclusion de ce secteur dans les inventaires et dans les bilans officiels des Etats a fait l'objet de débats. En 2000, la Conférence des Parties à la CCNUCC de La Haye (COP-6) a été suspendue faute d'accord, en particulier à propos des modalités du recours aux puits de carbone dans la réalisation des objectifs de réduction des émissions. Le risque identifié étant que la comptabilisation du puits de carbone de l'UTCATF freine les ambitions de réduction des émissions dans les autres secteurs. Après cet échec, la Conférence de Marrakech (COP-7) de 2001 et la Conférence de Durban (COP-17) de 2011 ont ensuite permis de construire en détail des règles complexes de prises en compte de l'UTCATF, notamment dans le cadre du Protocole de Kyoto.

Comptabilisation en hors-total

Le secteur UTCATF n'existe que dans le référentiel de la CCNUCC, pour le rapportage des émissions de gaz à effet de serre. Pour les émissions de polluants rapportées au titre de la CEE-NU, les émissions de substances provenant des terres (feux de forêts, terres agricoles, COV de la végétation) sont rapportées avec les émissions naturelles, et exclues du total national. Pour cette édition, les polluants des feux de forêt ont été intégrés au secteur UTCATF qui en soi n'existe pas pour le rapportage officiel des polluants. Enfin, des émissions naturelles de méthane estimées pour les eaux terrestres et marais sont aussi rapportées en « hors total » des GES.

En savoir plus

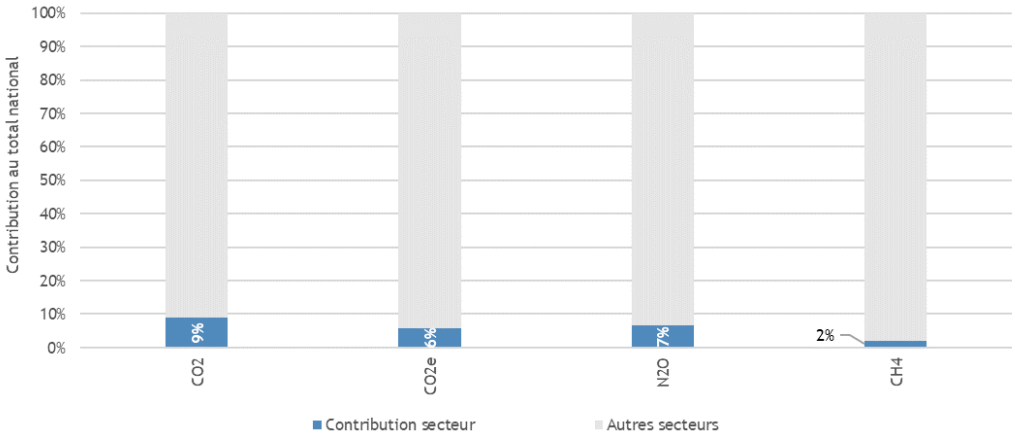
Méthode d'estimation détaillée : Rapport Ominea, chapitre UTCATF

Inventaire forestier national : site web

Plan Comptable Forestier National de la France incluant le Niveau de Référence pour les Forêts (FRL) pour les périodes 2021-2025 et 2026-2030 : site du MTES ; télécharger le rapport

Principales substances émises par le secteur

Substances pour lesquelles le secteur UTCATF contribue pour au moins 5% aux émissions hors UTCATF en 2018

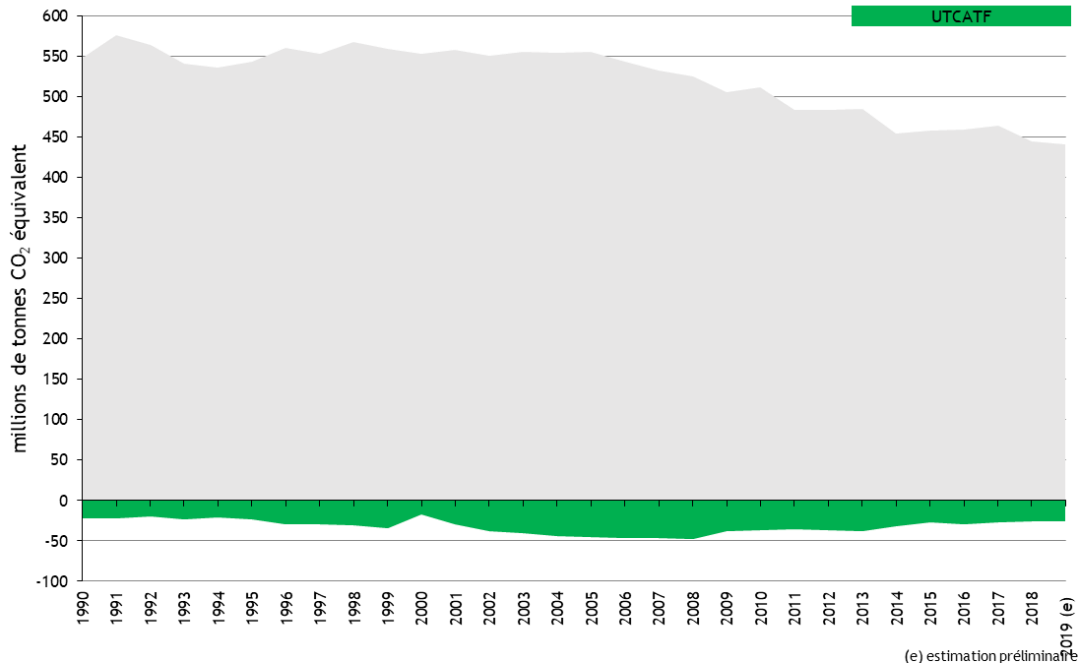


Le secteur UTCATF est concerné par les gaz à effet de serre. Des émissions de polluants liées aux feux de forêts sont associées ici à ce secteur, mais dans le référentiel de la CEE-NU celles-ci sont classées dans les émissions naturelles.
En France, actuellement, le secteur UTCATF est un puits net : son bilan total présente davantage d'absorptions de CO_2 que d'émissions. Ce puits se maintient sur l'ensemble de la période. C'est principalement la croissance des arbres sur pied (plus que l'expansion de la surface forestière) qui explique ce niveau de puits de carbone important. En ce qui concerne les variations interranuelles de ce résultat, il faut observer plus en détail les dynamiques forestières qui sont les principaux paramètres influents : gestion sylvicole, taux de prélèvement de bois, incendies, tempêtes, mortalité. Ce puits de carbone est compris entre 20 et 45 millions de tonnes de CO_2 selon les années, ce qui permet de compenser environ 5 à 10% des émissions totales de gaz à effet de serre (en CO_2e) des autres secteurs.

Émissions de Gaz à effet de serre

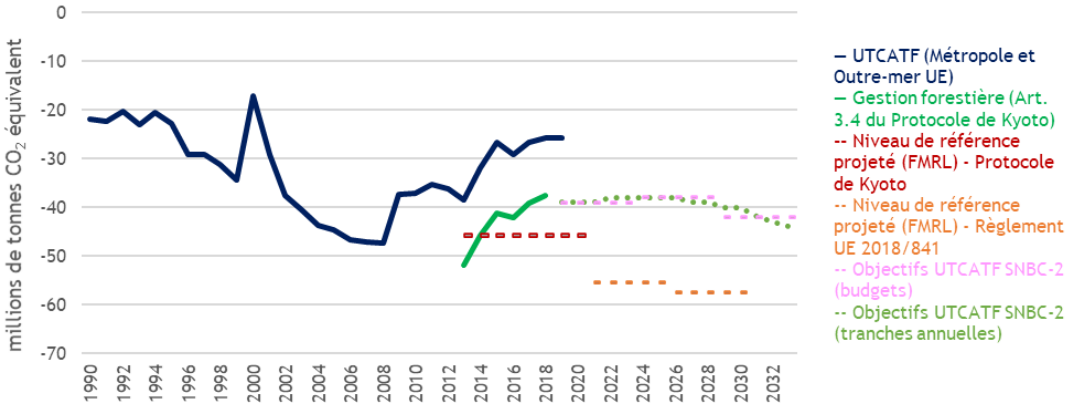
Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e

Contribution du secteur aux émissions totales de GES de la France

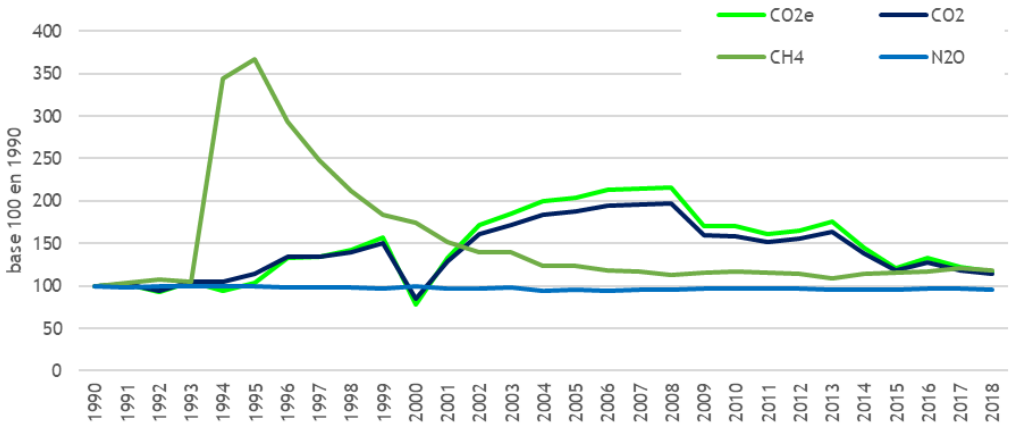


(e) estimation préliminaire

Flux de GES du secteur et objectifs SNBC



Tendance d'évolution des flux de GES de l'UTCATF

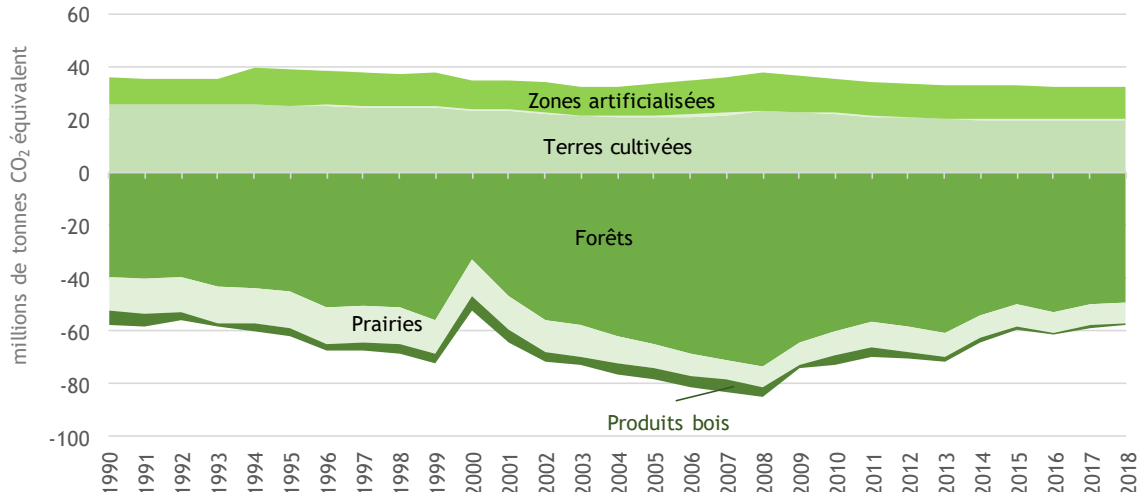


Evolution relative des émissions du secteur UTCATF des différents GES en France (Métropole et Outre-mer UE) (base 100 en 1990)

Au total, les émissions cumulées de tous les GES du secteur UTCATF reflètent surtout la dynamique des émissions de CO_2 qui représentent l'essentiel du secteur.

Ce puits net total a ainsi connu une période d'augmentation (durant les années 1990 et 2000). Il tend à diminuer sur les années récentes en lien avec une hausse de la récolte de bois mais cette tendance doit encore être confirmée à l'avenir les données les plus récentes pouvant être actualisées par les nouvelles campagnes de données.

Répartition des flux de CO_2e du secteur de l'UTCATF en France (Métropole et Outre-mer UE)



Ce puits net constitue un enjeu majeur des politiques climat puisque l'objectif de la France, dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas Carbone et de l'Accord de Paris, consiste à atteindre puis à maintenir, en 2050, un bilan net à zéro de tous les secteurs, c'est-à-dire en faisant en sorte que les émissions *résiduelles* des autres secteurs (c'est-à-dire après réduction massive de leurs émissions) soient totalement compensées par les absorptions (du secteur UTCATF principalement mais aussi par les puits artificiels, comme le Captage et Stockage de Carbone).
Le potentiel de hausse du puits du secteur UTCATF est limité, contraint par des limites biophysiques (croissance de la biomasse, dynamique de la matière organique des sols, surfaces disponibles au boisement. Néanmoins il est possible d'agir sur plusieurs leviers (gestion forestière, boisement, pratiques agricoles, limitation de l'artificialisation des sols, développement des produits de bois de longue durée de vie…). Ainsi, la SNBC prévoit un puits de l'UTCATF en 2050 de 67 Mt CO2.

Détail par gaz à effet de serre

CO_2

L'inventaire du secteur UTCATF vise surtout les flux de CO_2 associés aux différents compartiments carbone. Les principales dynamiques associées à ces flux sont les suivantes :

- Croissance de la biomasse aérienne et racinaire (arbres en forêt principalement) : absorption de CO_2.
- Mortalité de la biomasse aérienne et racinaire (arbres en forêt principalement) : émission de CO_2.
- Prélèvements de bois (récolte de bois d'œuvre et d'industrie, bois énergie) : émission de CO_2.
- Feux de forêt : émission de CO_2.
- Variation du stock de carbone dans la matière organique du sol : absorption ou émission de CO_2 selon les cas.
- Variation du stock de carbone dans la litière : absorption ou émission de CO_2 selon les cas
- Variation du stock de carbone dans le bois mort : absorption ou émission de CO_2 selon les cas.
- Variation du stock de carbone dans les produits bois : absorption ou émission de CO_2 selon les cas.
- Changement d'utilisation des terres (par exemple : déboisement pour usage agricole ; artificialisation d'une prairie ; boisement d'une friche ; drainage de zone humide ; etc.) : absorption ou émission de CO_2 selon les cas (selon que l'usage final ait un stock de carbone dans la biomasse et le sol plus important ou non que l'usage initial).
- Drainage des sols organiques cultivés : émission de CO_2 (le N_2O lié à ce phénomène est quant à lui rapporté en Agriculture selon les règles CCNUCC/Giec).

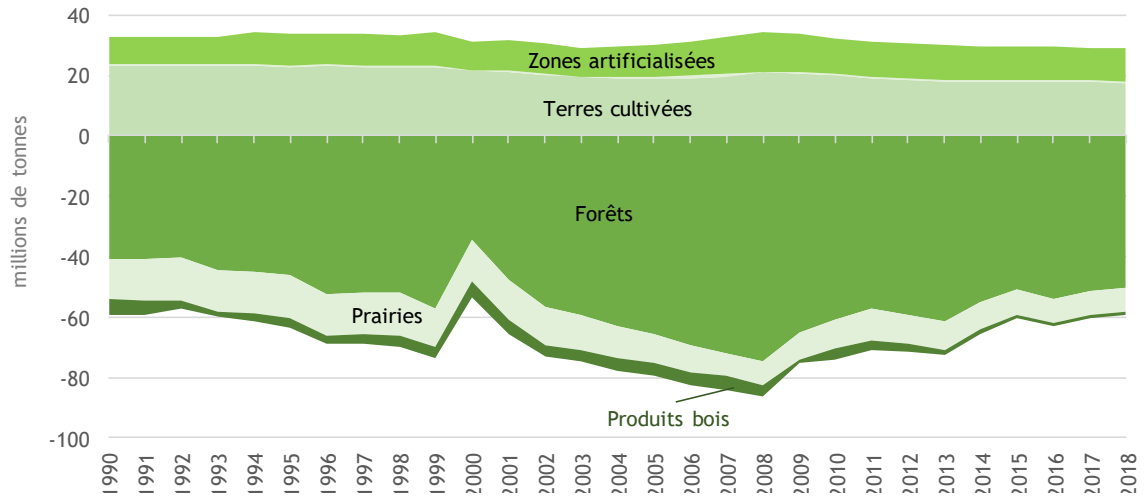
Ces flux annuels d'émissions et d'absorption se compensent en partie, mais sont largement à l'avantage des absorptions, d'où un bilan total de puits net. Ce puits net a fortement augmenté jusqu'en 2010, principalement en raison de la

hausse du puits forestier, il est désormais en baisse. Le recul de l'agriculture dans certaines zones rurales et un taux de récolte peu intensif sur une partie du domaine forestier français expliquent cette capitalisation dans les arbres forestiers. C'est donc à la fois une croissance sur pied et une croissance en surface de la forêt française qui a été observée sur les 30 dernières années. Néanmoins, cette hausse générale du puits est à nuancer par deux éléments :

- Les tempêtes de 1999 et de 2009, qui ont généré des dégâts importants et qui sont à l'origine de baisses ponctuelles du puits (forte mortalité en forêt). Il est important de noter que la récolte forestière a augmenté ponctuellement les années suivant les épisodes de tempêtes en 1999, et dans une moindre mesure en 2009 et que tous les réservoirs de carbone sont fortement impactés par ces perturbations.
- Une stagnation voire une diminution du puits est observée dans les années récentes, dues à une hausse du prélèvement de bois (principalement de bois énergie) alors que la croissance nette en forêt (croissance et mortalité) est relativement stable sur les années les plus récentes. Cette nouvelle tendance demande encore à être confirmée, il faudra pour cela bénéficier de plusieurs campagnes supplémentaires d'inventaire forestier, la modélisation ne permettant pas actuellement d'affirmer avec certitude la tendance d'évolution du puits (en revanche, la tendance à la hausse du stock de bois en forêt est pour sa part assuré sur un horizon lointain).

Il est à noter que des éléments ayant eu lieu lors des années récentes (telle que l'épisode de surmortalité 2018-2020 lié aux scolytes dans le Nord-Est) pourront avoir un impact dans l'inventaire que dans plusieurs années. En effet, l'utilisation des campagnes IFN quinquennales entraine d'une part un décalage quant à l'année la plus récente disponible (par exemple, en 2020, la campagne 2014-2018 (donc relative à l'année médiane 2016) est intégrée à l'inventaire). D'autre part, ces campagnes quinquennales tendent à lisser les variations interannuelles et donc l'impact des phénomènes de court ou moyen terme.

Répartition des flux de CO_2 du secteur de l'UTCATF en France (Métropole et Outre-mer UE)



N_2O

Les émissions de N_2O du secteur UTCATF représentent 7 % des émissions totales de N_2O (tous secteurs y compris UTCATF). Les principales sources de ces émissions sont les suivantes :

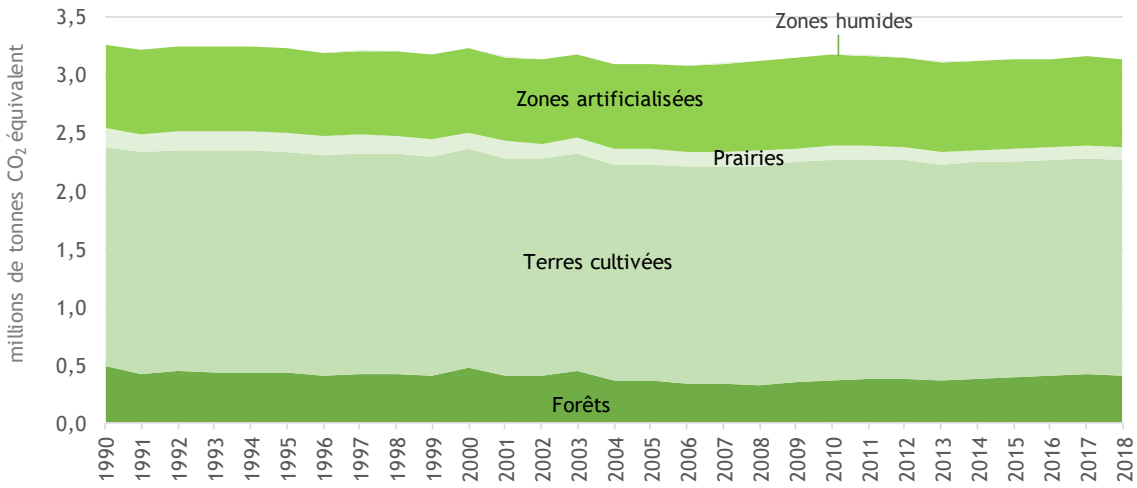
- Minéralisation de l'azote lors de la perte de carbone de sol (émissions directes et indirectes).
- Brûlage sur site de résidus de récolte de bois.
- Feux de forêt.

NB. Emissions de N_2O non incluses :

- *Emissions de N_2O des zones humides (incluses dans les émissions indirectes de l'agriculture).*
- *Emissions de N_2O liées au drainage des sols organiques cultivés (rapportées en agriculture dans la sous-catégorie Autres émissions des cultures)*

A l'échelle des émissions totales de N_2O, les émissions dues à l'UTCATF stagnent autour de 10 kt/an. Si l'on observe plus finement l'évolution des émissions (*voir graphique ci-après*), on constate une baisse quasi continue des années 1990 jusqu'au milieu des années 2000, puis une évolution irrégulière. Cette tendance est principalement guidée par les la réduction des changements d'utilisation des terres entre les années 1990 et les années les plus récentes (baisse des émissions liées à la minéralisation).

Répartition des émissions de N_2O du secteur de l'UTCATF en France (Métropole et Outre-mer UE)



CH_4

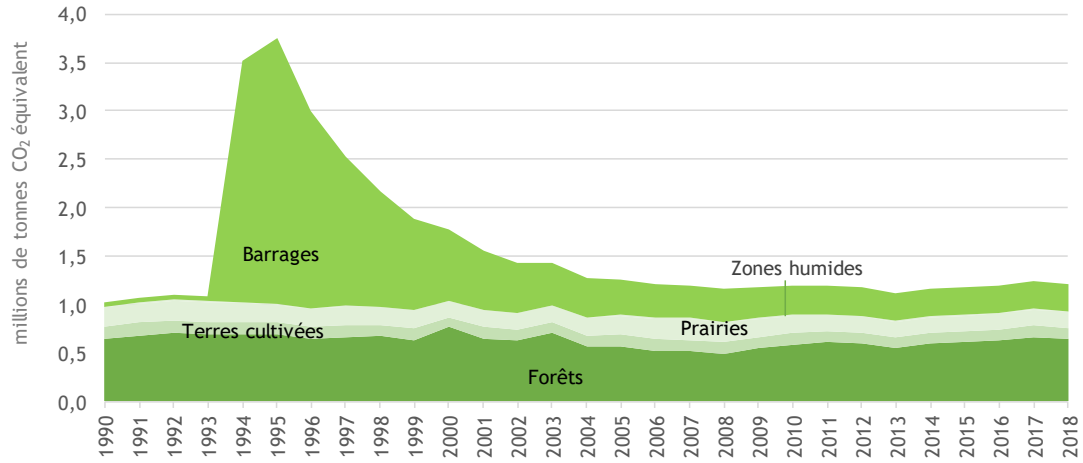
Des émissions de méthane ont aussi lieu dans le secteur UTCATF. Les émissions de CH_4 du secteur UTCATF ne représentent qu'entre 1,3% et 1,6% des émissions totales de CH_4 (tous secteurs y compris UTCATF).

Les principales sources de ces émissions sont les suivantes :

- Brûlage sur site de résidus de récolte de bois.
- Feux de forêt.
- Drainage des sols organiques cultivés (le N_2O lié à ce phénomène est quant à lui rapporté en Agriculture selon les règles CCNUCC/Giec).
- Emissions liées à la mise en eau du barrage de Petit-Saut en Guyane
- Emissions de CH_4 des zones humides (rapportées hors total).

Les émissions de méthane sont à la fois stables et incertaines, elles sont liées au brûlage sur site des résidus de récoltes de bois, données peu référencées et par nature peu robustes.

Répartition des émissions de CH_4 du secteur de l'UTCATF en France (Métropole et Outre-mer UE)



Liste des sources incluses dans ce secteur

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur	
Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (Gaz à effet de serre uniquement) [UTCATF]	
Forêts [Forêts]	
Feux de forêt (CH_4 et N_2O)	1103xx (*)
Forêt restant forêt - tropical	113101 (*)
Terre cultivée devenant forêt - tropical	113102 (*)
Prairie devenant forêt - tropical	113103 (*)
Terre humide devenant forêt - tropical	113104 (*)
Zone urbanisée devenant forêt - tropical	113105 (*)
Autre terre devenant forêt - tropical	113106 (*)
Forêt restant forêt - tempéré	113111 (*)
Terre cultivée devenant forêt - tempéré	113112 (*)
Prairie devenant forêt - tempéré	113113 (*)
Terre humide devenant forêt - tempéré	113114 (*)
Zone urbanisée devenant forêt - tempéré	113115 (*)
Autre terre devenant forêt - tempéré	113116 (*)
Terres cultivées [Terres cultivées]	
Terre cultivée restant Terre cultivée - tropical	113201 (*)
Forêt devenant Terre cultivée - tropical	113202 (*)
Prairie devenant Terre cultivée - tropical	113203 (*)
Terre humide devenant Terre cultivée - tropical	113204 (*)
Zone urbanisée devenant Terre cultivée - tropical	113205 (*)
Autre terre devenant Terre cultivée - tropical	113206 (*)
Terre cultivée restant Terre cultivée - tempéré	113211 (*)
Forêt devenant Terre cultivée - tempéré	113212 (*)
Prairie devenant Terre cultivée - tempéré	113213 (*)
Terre humide devenant Terre cultivée - tempéré	113214 (*)
Zone urbanisée devenant Terre cultivée - tempéré	113215 (*)
Autre terre devenant Terre cultivée - tempéré	113216 (*)
Prairies [Prairies]	
Prairie restant Prairie - tropical	113301 (*)
Forêt devenant Prairie - tropical	113302 (*)
Terre cultivée devenant Prairie - tropical	113303 (*)
Terre humide devenant Prairie - tropical	113304 (*)
Zone urbanisée devenant Prairie - tropical	113305 (*)
Autre terre devenant Prairie - tropical	113306 (*)
Prairie restant prairie - tempéré	113311 (*)
Forêt devenant prairie - tempéré	113312 (*)
Terre cultivée devenant prairie - tempéré	113313 (*)
Terre humide devenant prairie - tempéré	113314 (*)
Zone urbanisée devenant prairie - tempéré	113315 (*)
Autre terre devenant prairie - tempéré	113316 (*)
Zones artificielles [Zones artificielles]	
Zone urbanisée restant Zone urbanisée - tropical	113501 (*)
Forêt devenant Zone urbanisée - tropical	113502 (*)
Terre cultivée devenant Zone urbanisée - tropical	113503 (*)
Prairie devenant Zone urbanisée - tropical	113504 (*)
Terre humide devenant Zone urbanisée - tropical	113505 (*)
Autre terre devenant Zone urbanisée - tropical	113506 (*)
Zone urbanisée restant Zone urbanisée - tempéré	113511 (*)
Forêt devenant Zone urbanisée - tempéré	113512 (*)
Terre cultivée devenant Zone urbanisée - tempéré	113513 (*)
Prairie devenant Zone urbanisée - tempéré	113514 (*)
Terre humide devenant Zone urbanisée - tempéré	113515 (*)
Autre terre devenant Zone urbanisée - tempéré	113516 (*)
Zones humides [Zones humides]	
Terre humide restant Terre humide - tropical	113401 (*)
Forêt devenant Terre humide - tropical	113402 (*)
Terre cultivée devenant Terre humide - tropical	113403 (*)
Prairie devenant Terre humide - tropical	113404 (*)
Zone urbanisée devenant Terre humide - tropical	113405 (*)
Autre terre devenant Terre humide - tropical	113406 (*)
Terre humide restant Terre humide - tempéré	113411 (*)
Forêt devenant Terre humide - tempéré	113412 (*)
Terre cultivée devenant Terre humide - tempéré	113413 (*)
Prairie devenant Terre humide - tempéré	113414 (*)
Zone urbanisée devenant Terre humide - tempéré	113415 (*)
Autre terre devenant Terre humide - tempéré	113416 (*)
Autres terres [Autres terres]	
Autre terre restant Autre terre - tropical	113601 (*)
Forêt devenant Autre terre - tropical	113602 (*)
Terre cultivée devenant Autre terre - tropical	113603 (*)

Prairie devenant Autre terre - tropical	113604 (*)
Terre humide devenant Autre terre - tropical	113605 (*)
Zone urbanisée devenant Autre terre - tropical	113606 (*)
Autre terre restant Autre terre - tempéré	113611 (*)
Forêt devenant Autre terre - tempéré	113612(*)
Terre cultivée devenant Autre terre - tempéré	113613 (*)
Prairie devenant Autre terre - tempéré	113614 (*)
Terre humide devenant Autre terre - tempéré	113615 (*)
Zone urbanisée devenant Autre terre - tempéré	113616 (*)
Produits bois [Produits bois]	
Autres / Produits Bois	112500
Barrages [Barrages]	
Forêt devenant Terre humide - tropical	113402 (*)
Feux de forêt (substances hors gaz à effet de serre)	1103xx (*)
Zones humides	1105xx
Eaux	1106xx
UTCATF 113xxx (substances hors gaz à effet de serre)	113xxx (*)

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Emissions naturelles

Rédaction | **Colas ROBERT**
Etienne MATHIAS

▶ **Télécharger les données** associées au chapitre sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Description du secteur 412

Panorama et enjeux 412

Emissions incluses dans ce secteur 412

Spécificités du secteur 412

Emissions de gaz à effet de serre 413

Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO_2e 413

Détail par gaz à effet de serre : CO_2 413

Emissions de polluants atmosphériques 414

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique 414

Liste détaillée des sources d'émissions incluses dans le secteur 415

En bref

Dans le cadre des rapportages officiels, seules les émissions anthropiques de Gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques doivent être inventoriées et rapportées dans le total national. Néanmoins, plusieurs sources d'émissions naturelles sont estimées, même si l'incertitude reste importante, et que ces calculs ne se veulent pas exhaustifs.

Une première source naturelle concerne des émissions liées à la végétation : les composés organiques volatiles d'origine biotique. Le second type de sources d'émissions naturelles concerne des procédés abiotiques (foudre, volcanisme) et les animaux.

Description du secteur

Panorama et enjeux

Il existe des émissions naturelles de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques. Ces émissions participent à l'effet de serre et à la pollution atmosphérique au même titre que les émissions dites anthropiques. Mais en raison de leur origine, aucun cadre réglementaire ne s'applique à ces sources d'émissions. On notera néanmoins que la distinction entre sources naturelles, directement ou indirectement anthropiques peut être difficile (voir chapitre UTCATF), car peu de phénomènes échappent désormais à une influence humaine.

Emissions incluses dans ce secteur

Les émissions naturelles sont issues de phénomènes non-anthropiques (géologie, biologie…) pour lesquels on considère qu'il n'y a a priori pas de responsabilité des activités humaines :

- **Foudre** : pendant un orage, les éclairs (décharges électriques) entraînent des augmentations de température très importantes qui induisent une forte ionisation des molécules en présence, en particulier de l'oxygène (O_2) et de l'azote (N_2). Cette ionisation conduit à la formation de NO. Il se produit ensuite un refroidissement très rapide qui permet de stabiliser les molécules d'oxydes d'azote nouvellement formées. Ainsi, des émissions de NOx sont générées par la foudre et sont estimées ici.
- **Volcans** : le volcanisme est responsable d'émissions, que ce soit pendant les phases d'activité (éruptions notamment) qu'en dehors. Les émissions les plus importantes sont issues du magma très chaud. En l'état actuel des connaissances cela concerne le SO_2 et le CO_2 principalement.
- **Végétation** : Les formations végétales présentes dans les forêts, les prairies et les cultures synthétisent naturellement des composés organiques volatiles, au cours de leur croissance, en réponse à des blessures, aux variations de températures, etc. On parle de COV biotique, ou biogénique.
- **Animaux sauvages** : par exemple émissions de méthane des termites. Ces émissions ne sont actuellement pas estimées dans l'inventaire.

A noter que toutes les émissions naturelles ne sont pas estimées. Par exemple, les émissions et absorptions de gaz à effet de serre des mers et océans (parfois appelé « carbone bleu »), non inclus dans le secteur UTCATF car considérés non anthropiques et en dehors du périmètre de comptabilisation des inventaires nationaux, ne sont actuellement pas estimées dans l'inventaire.

Spécificités du secteur

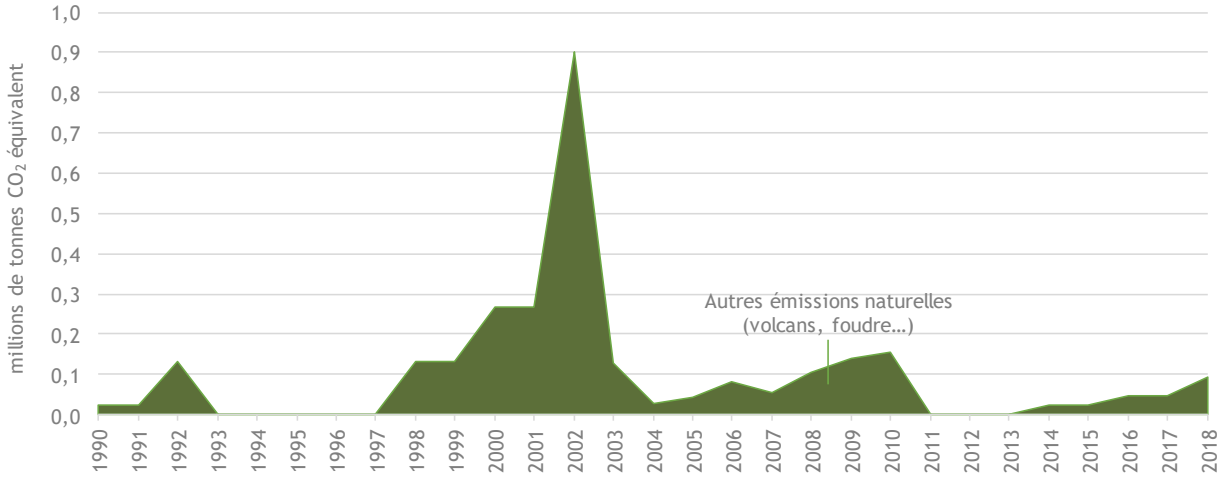
Les émissions naturelles sont estimées dans l'inventaire mais sont rapportées « hors-total », c'est-à-dire qu'elles ne sont pas incluses dans le total national des émissions des différentes substances, en cohérence avec les spécifications des autres formats de rapportage (CCNUCC, CEE-NU).

Néanmoins toutes les émissions et absorptions de substances par des phénomènes biologiques ne sont pas considérées comme naturelles : les flux de CO_2 liés à la croissance et à la mortalité des arbres, dès lors qu'ils ont lieu en zone gérée (au sens du Giec, la gestion étant entendue au sens large), sont comptabilisés dans le secteur **UTCATF**

Émissions de Gaz à effet de serre

Evolution des émissions totales de GES du secteur en CO2e

Répartition des émissions de CO_2e du secteur des émissions naturelles (hors total national) en France (Métropole et Outre-mer UE)



Toutes les émissions de gaz à effet de serre des sources naturelles ne sont pas estimées de manière exhaustive dans l'inventaire. Actuellement, seules les émissions de CO_2 des volcans sont estimées pour ce qui est des gaz à effet de serre émis naturellement. Le total en CO_2e reflète donc directement les émissions de CO_2 du volcanisme (voir ci-dessous).

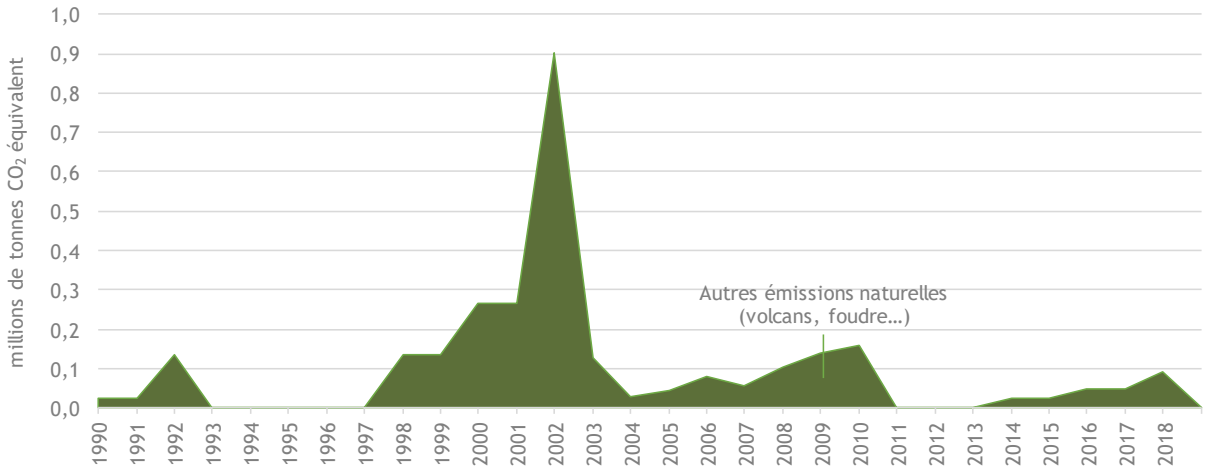
Détail par gaz à effet de serre

CO_2

Pour le CO_2, seul le volcanisme est ici considéré comme source naturelle. Dans l'inventaire français, tous les volcans en activité sur la période récente sont situés en Outre-mer : Piton de la Fournaise à la Réunion (dernière éruption en 2018) ; La soufrière en Guadeloupe (dernière éruption en 1976), Montagne Pelée en Martinique (dernière éruption en 1932).

Les différents pics d'émissions depuis 1990 correspondent donc uniquement aux éruptions du Piton de la Fournaise à la Réunion, un volcan très actif : depuis deux siècles on observe en moyenne environ une éruption par an. Il s'agit d'un volcan de point chaud, dont les éruptions sont généralement effusives. Les éruptions les plus marquantes ont eu lieu en 1998, 2007 et 2015 ; mais en termes d'émissions, c'est l'année 2002 qui constitue l'année la plus importante.

Répartition des émissions de CO_2 du secteur des émissions naturelles (hors total national) en France (Métropole et Outre-mer UE)



La méthode d'estimation reste encore à améliorer et l'incertitude associée à ces chiffres est importante.

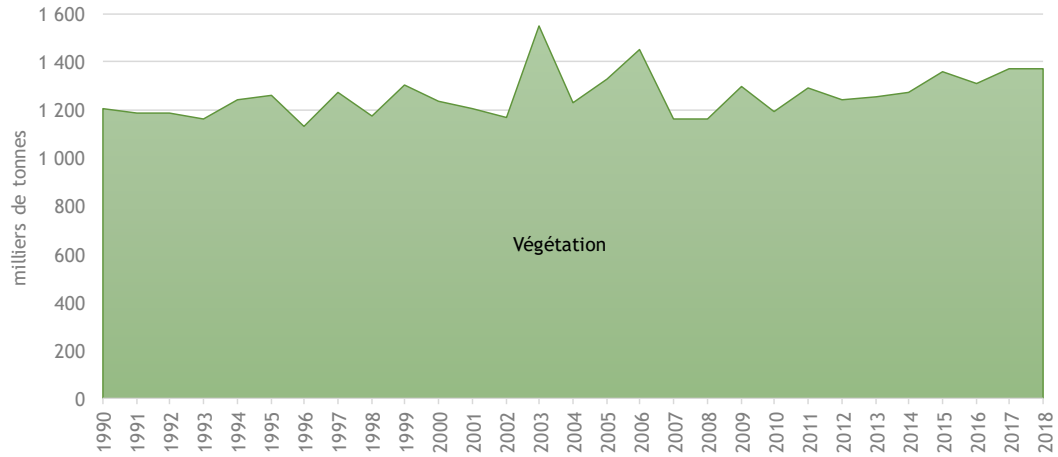
Émissions de polluants atmosphériques

Acidification, eutrophisation, pollution photochimique

COVNM

Les émissions de COVNM issues de sources naturelles qui ne sont pas comptabilisées dans le total national sont des COV dits « biotiques », car générées naturellement par les espèces végétales (cultivées ou non). Ces émissions restent assez stables, la majorité provenant des forêts. Les fluctuations interannuelles dépendent des surfaces en question mais aussi des variations des conditions météorologiques. Comme les émissions du total national diminuent depuis 1990, la proportion de ces émissions naturelles au regard des émissions du total national est de plus en plus importante, passant de près de 20% en 1990 à plus de 70% dans les années récentes.

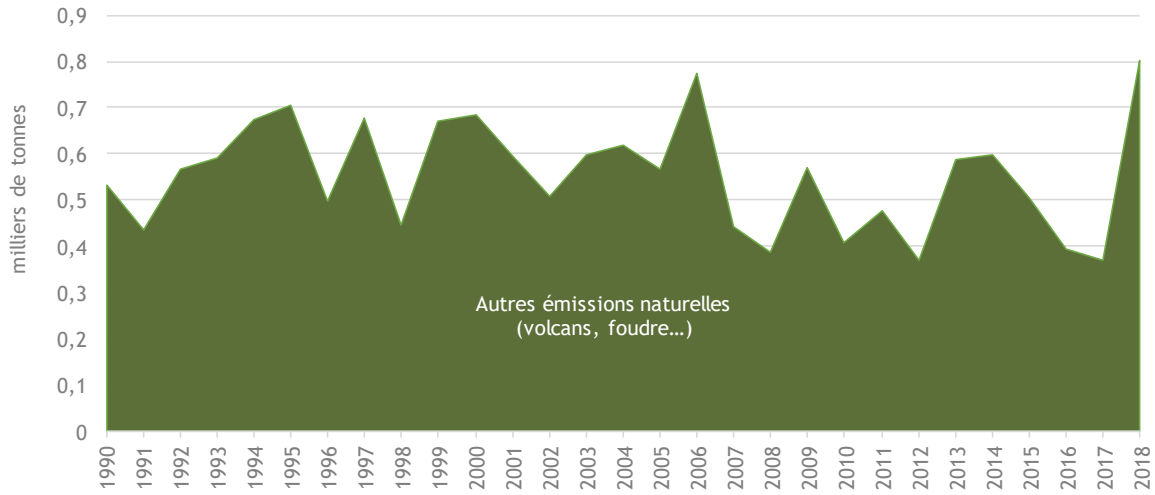
Répartition des émissions de COVNM du secteur des émissions naturelles (hors total national) en France (Métropole)



NOX

Les émissions de NOX proviennent pour cette catégorie uniquement des éclairs. La variation météorologique explique la courbe ci-dessous qui ne présente pas de dynamique particulière mais plutôt des oscillations liées aux conditions météorologiques évolutives selon les années.

Répartition des émissions de NOx du secteur des émissions naturelles (hors total national) en France (Métropole)



Liste des sources incluses dans ce secteur

Emissions naturelles - non incluses dans le total France [Emissions naturelles - hors total]	
Végétation [Végétation]	
Forêts naturelles de feuillus	1101xx
Forêts naturelles de conifères	1102xx
Prairies naturelles et autres végétations	1104xx
Forêts de feuillus exploitées	111100
Forêts de conifères exploitées	111200
Autres émissions naturelles [Autres émissions naturelles]	
Animaux	1107xx
Volcans	110800
Foudre	111000

ANALYSES COMPLÉMENTAIRES

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

Inventaire et empreinte, quelles différences d'approche ?

Rédaction

Colas ROBERT
Mark TUDDENHAM
Jean-Pierre CHANG
Jérôme BOUTANG

En bref

L'empreinte carbone est différente de l'approche utilisée pour élaborer les inventaires nationaux d'émission de gaz à effet de serre (GES) réalisés par le Citepa pour le MTES. Alors que l'approche inventaire se focalise sur les émissions dites territoriales (approche *production* : **émissions ayant lieu sur le territorial national**), l'empreinte carbone, elle, intègre toutes les émissions induites par la consommation, en France, de produits fabriqués en France et à l'étranger.

Les émissions territoriales, telles que calculées dans l'inventaire national par le Citepa, connaissent une diminution relative depuis les années 2000, passant d'environ 550 Mt CO2e à 445 Mt CO2e en 2018. Le calcul actuel de l'empreinte carbone, à l'inverse, montre une augmentation des émissions, passant d'environ 700 Mt CO2e dans les années 2000 à 749 Mt CO2e en 2018. La comparaison entre les deux approches, leur méthodologie et leur contexte, montre leur complémentarité, leurs forces et leurs faiblesses.

Introduction

Les données d'émissions de gaz à effet de serre (GES), des pays, territoires, entreprises, individus… sont parfois difficiles à comparer entre elles. Les périmètres de comptabilisation, les méthodes employées pour estimer les émissions, la prise en compte ou non des flux d'absorption dans les puits de carbone, la prise en compte des émissions indirectes… sont autant de différences d'approche. Parmi ces différences, la distinction entre approche « inventaire » et « empreinte » est primordiale. Cette distinction permet d'interpréter correctement le bilan présenté par le Citepa dans ce rapport. Cette analyse vise à éclairer sur ces deux façons de comptabiliser les émissions de GES, qui sont complémentaires et ont chacune leurs usages.

L'approche inventaire

Définition

Principe

L'approche inventaire est utilisée pour élaborer les inventaires nationaux d'émission de GES réalisés par le Citepa pour le Ministère en charge de l'Environnement (MTES) dans le cadre des engagements internationaux et européens de la France. Elle se focalise sur les émissions dites territoriales, selon une approche production, communément appelée *Producer-based accounting* (PBA), c'est-à-dire qu'elle couvre uniquement les **émissions ayant lieu sur le territorial national**.

Par conséquent, les émissions de GES associées aux biens *importés d'autres pays* pour la consommation intérieure des États ne figurent pas dans leurs inventaires nationaux. A l'inverse, les émissions liées à la fabrication de biens dans les pays producteurs et ensuite exportés sont comptabilisées dans les inventaires nationaux des pays producteurs alors qu'ils ne sont pas consommés sur place.

Contexte

Le principe d'un inventaire des émissions de GES ayant lieu sur le territoire national répond à un besoin de comptabilisation, par les États eux-mêmes, de l'impact de leurs activités sur le climat. Pour calculer finement les émissions de GES, il est nécessaire d'avoir accès à des sources de données précises sur chaque activité, et de bien connaître les différentes sources d'émissions présentes sur son territoire. Comptabiliser toutes les émissions ayant lieu sur son territoire, quelle que soit la raison finale de ces émissions (ex : production de biens exportés), permet aussi une approche claire et simple, sans nécessité d'hypothèses supplémentaires.

Cette comptabilisation nationale a été formalisée dans le cadre des enceintes internationales sur le climat, en particulier la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC, 1992), le Protocole de Kyoto (1997) pour les règles de comptabilisation et le Giec pour les principes et méthodes de calcul. L'article 4, paragraphe 1 de la CCNUCC impose ainsi aux Parties qu'elles « *établissent, mettent à jour périodiquement, publient* […] *des inventaires nationaux des émissions anthropiques par leurs sources et de l'absorption par leurs puits de tous les gaz à effet de serre* […] *en recourant à des méthodes comparables qui seront approuvés par la Conférence des Parties* ».

S'appuyant sur les travaux du SBSTA, organe de conseil scientifique et technologique de la CCNUCC, la CCNUCC a ensuite décidé, en 1995, lors de la COP-1 (Berlin) « *que les Parties visées à l'annexe I devraient se reporter aux Lignes directrices pour l'établissement des inventaires nationaux des gaz à effet de serre* (…) *en application de la Convention* ; […]. *A cet effet, ils devront utiliser les tableaux et modèles types recommandés dans les Lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Giec] » (Décision 4/CP.1). Le Giec a en effet produit des lignes directrices (*Guidelines*) pour les inventaires nationaux de GES, d'abord publiées en 1995 et mises à jour en 1996. La décision 9/CP.2 indique que les Parties doivent utiliser la mise à jour de 1996. (Depuis, ces lignes directrices ont été remises à jour, en 2006 et en 2019, tout en conservant les principes de bases énoncés ici). Ce sont donc les lignes directrices du Giec qui font foi pour les principes méthodologiques de comptabilisation. Elles indiquent (section « Aperçu », pp. 7-8) :

> « Les inventaires nationaux doivent inclure les émissions et les absorptions de gaz ayant lieu sur le territoire national (y compris les territoires administrés) et les territoires outre-mer sur lesquels le pays exerce sa juridiction. Toutefois, les lignes directrices apportent quatre précisions à ce principe :
>
> (a) Les émissions issues de combustibles vendus à des navires ou à des avions impliqués dans le transport international ne doivent pas être prises en compte dans les totaux nationaux mais doivent être notifiées séparément.
>
> (b) Les émissions issues des véhicules routiers doivent être imputées au pays où le carburant est chargé dans le véhicule. L'erreur ainsi introduite dans le total des émissions nationales imputables au transport routier est supposée faible.
>
> (c) Les émissions résultant de la combustion ou de la décomposition du bois et des produits dérivés du bois sont supposés survenir dans le pays dans lequel le bois a été récolté […]
>
> (d) Conformément aux principes des émissions nationales, la méthodologie du Giec, prend en compte la totalité des émissions de gaz à effet de serre liées à la combustion dans les pays dans lesquels ces émissions se produisent. La méthodologie du Giec relative au carbone stocké dans les produits non énergétiques, mais fabriqués à partir de combustibles utilisés comme matières premières, prend en compte les émissions que ces produits libèrent au cours de leur utilisation et de leur destruction. Ces émissions sont imputables au pays où se déroule la conversion en produits non énergétiques, même si les produits font l'objet d'échanges commerciaux internationaux. […]. »

Les Parties à la CCNUCC, au Protocole de Kyoto, et désormais à l'Accord de Paris, élaborent leurs inventaires nationaux d'émission de GES, en s'appuyant sur ces lignes directrices.

Intérêts et limites

Une approche claire et pratique

On peut citer un considérant de la décision 9/CP.2 de 1996 (COP-2) « *les émissions anthropiques et l'absorption par les puits de tous les gaz à effet de serre devraient être signalées d'une manière* ***complète, transparente et comparable évitant les doubles comptages ou les omissions*** », qui indique le souci d'un système permettant une comparabilité simple entre pays et la possibilité d'additionner les émissions de chaque pays sans risque de double-compte ou d'omissions.

L'exclusion du transport international des totaux nationaux

Une première limite est l'exclusion du rapportage officiel des émissions du transport aérien et maritime international. Il faut d'abord noter que ces émissions sont exclues du total national, mais sont néanmoins calculées, et rapportées à titre d'information (voir le chapitre Transport du présent rapport). Du point de vue de l'action climat, les négociations internationales lors des différentes COP ont montré l'absence de volonté des Etats d'endosser la responsabilité directe des émissions du transport international, en raison aussi de la complexité méthodologique du sujet. Ces émissions sont alors traitées comme imputables non aux États eux-mêmes mais à deux instances onusiennes techniques compétentes en la matière : l'OACI pour l'aviation et l'OMI pour le maritime. Ces deux instances ont été chargées en 1997 à la COP-3 (Kyoto)

d'adopter des mesures d'atténuation. Le Protocole de Kyoto (article 2.2) a ainsi mandaté l'OACI et l'OMI pour définir des mesures de réduction visant leurs secteurs respectifs. La mise en place de ces mesures d'atténuation est lente et difficile : pour le secteur de l'aviation internationale, il a fallu attendre 2016, soit 19 ans après en avoir reçu le mandat, pour que les 191 pays membres de l'OACI parviennent à un accord sur un mécanisme de compensation et de réduction des émissions de CO_2 pour l'aviation internationale, qui ne deviendra obligatoire qu'en 2027[1]. Quant au secteur du transport maritime international, ce ne fut qu'en 2018 que l'OMI est parvenue à un accord sur une stratégie ***initiale*** globale de l'OMI pour réduire les émissions de CO_2 des navires, qui ne doit être adoptée qu'en 2023[2].

La responsabilité des émissions

La non prise en compte des émissions dites « importées » pose la question de la responsabilité des émissions (Steininger et al., 2014). En effet, de nombreux biens consommés en France engendrent des émissions ailleurs (du fait de la délocalisation et des importations). C'est ce que se propose d'évaluer l'approche « *empreinte* ».

L'approche empreinte

Définition

Principe

Cette approche, dite « consommation » ou *Consumer-based accounting* (CBA) impute, quant à elle, l'ensemble des émissions de GES liées à la production et au transport d'un bien ou d'un service à son consommateur final. On parle aussi d'empreinte carbone. L'empreinte carbone intègre toutes les émissions induites par la consommation, en France, de produits fabriqués en France et à l'étranger. L'empreinte carbone comporte donc à la fois **des émissions ayant lieu en France (lors de la production ou de la consommation des produits) et à l'étranger (produits fabriqués à l'étranger, importés et consommés en France).**

Contexte

Le concept d'empreinte remonte aux travaux, dans les années 1990, de Mathis Wackernagel et William Rees aux Etats-Unis (Wackernagel & Rees, 1998). Ce concept d'empreinte écologique relève cependant d'une approche bien plus large que le carbone : il s'agit de comparer la demande en ressources (d'un individu, d'une population, d'une entreprise, d'un produit…) et la capacité du territoire à produire ces ressources (biocapacité). L'empreinte écologique mesure ainsi, les surfaces biologiquement productives de terre et d'eau nécessaires pour produire les ressources consommées de l'acteur considéré. (CGDD/SOeS, 2009). L'empreinte carbone peut se comprendre comme une déclinaison de l'empreinte écologique, sur un indicateur particulier, celui des émissions et absorptions de gaz à effet de serre.

Ainsi, l'empreinte carbone d'un territoire, d'une population ou d'une activité représente la quantité de GES (exprimée en tonnes équivalent CO_2) émise pour satisfaire sa consommation. Elle inclut les émissions directement produites sur le territoire ou lieu de l'activité, ainsi que les émissions extérieures, mais induites par ce territoire ou cette activité, tout en excluant les émissions de produits finalement exportés e consommés dans d'autres pays. La notion d'empreinte carbone rejoint celle de *contenu carbone* (lorsqu'appliquée à une activité ou à un produit), et rejoint aussi, en ce qui concerne les entreprises et les territoires, les bilans d'émissions de GES élargis à toutes les émissions indirectes.

L'empreinte carbone est utilisée dans différents contextes, et les méthodes pour la calculer peuvent varier selon ces contextes. Dans le cadre bien défini des bilans de gaz à effet de serre, l'empreinte carbone est définie précisément grâce à la notion de « scopes », ou périmètres, de plus en plus large, des émissions directes et locales aux émissions indirectes et ayant lieu au-delà du territoire concerné. En 2018, a été publiée, par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), la norme internationale ISO 14067:2018, Gaz à effet de serre — Empreinte carbone des produits — Exigences et lignes directrices pour la quantification, en remplacement de la spécification technique ISO/TS 14067:2013. Elle spécifie les principes, les exigences et les lignes directrices relatifs à la quantification et à la déclaration de l'empreinte carbone d'un produit.

A noter que le Citepa propose aussi, à différents territoires ou acteurs économiques, de réaliser leur bilan de gaz à effet de serre, qui peut intégrer le scope 3, c'est-à-dire étendu aux émissions indirectes, pour ainsi refléter l'empreinte carbone de leur activité.

[1] En 2016, les 191 pays membres de l'OACI sont parvenues à un accord pour une mesure mondiale fondée sur le marché (*Global market-based measure*) : un système de compensation et de réduction des émissions de CO_2 pour l'aviation internationale (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* ou CORSIA). Il s'agit donc d'un dispositif par lequel les compagnies aériennes devront ***compenser*** leurs émissions de CO_2 [seul GES visé] par l'acquisition de crédits d'émission dans le cadre d'un système d'échange. Ainsi, le système n'oblige pas les exploitants à réaliser des réductions d'émission dans leur propre secteur. De surcroît, après une première phase volontaire (2024-2026), ce système ne deviendra obligatoire qu'à partir de 2027, soit 11 ans après avoir été approuvé par la 39e Assemblée de l'OACI en 2016.

[2] Cette stratégie fixe plusieurs objectifs de réduction et comporte des propositions de mesures supplémentaires de réduction à court [2018-2023], à moyen [2023-2030] et à long terme [au-delà de 2030], assorties de calendriers de mise en œuvre. Cependant, l'OMI n'adoptera la stratégie finale qu'en 2023 après avoir réalisé une étude de faisabilité des mesures proposées dans la stratégie initiale et leurs impacts économiques, sociaux et environnementaux. Ces mesures seront sélectionnées à l'aune de cette analyse pour intégration comme mesures contraignantes dans la stratégie finale de 2023, soit 26 ans après le mandat initial confié à l'OMI.

Intérêts et limites

Le reflet des impacts climat des consommateurs dans la mondialisation

Pour des pays développés comme la France, et ayant connu sur ces cinquante dernières années, une forte désindustrialisation pour donner suite à la délocalisation d'usines de production à l'étranger, les émissions ont de fait été transférées ailleurs. Des produits peuvent toujours consommés en France mais simplement produits ailleurs et importés. L'approche empreinte tente d'offrir une vision globale de l'impact de consommation et de rendre « visible » les émissions produites loin et exclues du total national du pays dans lequel on vit.

La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) de la France a fait de l'empreinte carbone, son premier indicateur de résultats (IR1). Le MTES définit ainsi l'empreinte carbone :

« L'empreinte carbone (ou plus précisément l'empreinte carbone de la demande finale) caractérise la pression exercée par une population en termes d'émissions de gaz à effet de serre, en fonction de sa consommation. Elle se distingue des émissions territoriales (le mode conventionnel de suivi des émissions voir indicateur suivant) par la prise en compte des émissions liées à la production et au transport des biens et services consommés sur le territoire (par les ménages, administrations publiques, les organismes à but non lucratifs, les entreprises), y compris les biens et services importés. Inversement, pour cet indicateur, les émissions liées à la production des biens et services exportés sont retranchées des émissions territoriales. »

De même, le document SNBC indique que :
« Cet indicateur illustre également qu'une réduction des émissions territoriales qui résulterait d'une délocalisation de nos émissions à l'étranger associée à une hausse des importations, n'aurait pas nécessairement d'impact positif sur le changement climatique.
Cela pourrait même avoir un impact négatif si les conditions de production à l'étranger sont plus émissives qu'en France et/ou si les émissions associées au transport des biens et services jusqu'en France ne sont pas négligeables. Il faut donc en particulier impérativement éviter les « fuites de carbone », c'est-à-dire les transferts d'activités émettrices de gaz à effet de serre vers d'autres pays à la suite de la mise en place de politiques publiques visant à limiter ces émissions sur le territoire français. Les évolutions des émissions territoriales, pour être bien interprétées, doivent être analysées au regard de l'évolution du niveau de production et d'import/export ainsi que de la structure de l'économie.
Ainsi les émissions de la consommation constituent sans doute l'indicateur le plus pertinent de synthèse de la politique d'atténuation du changement climatique. »

En raison de l'aspect stratégique de cet indicateur, complémentaire de l'indicateur IR2 des inventaires dans la SNBC, le Premier Ministre a chargé le 22 août 2019 le Haut Conseil pour le Climat (HCC) de réaliser un audit de la méthodologie utilisée par le SDeS pour estimer l'empreinte carbone de la France. Cela devrait ainsi permettre au Gouvernement d'identifier des mesures supplémentaires permettant de renforcer les politiques existantes (voir rapport du gouvernement p.30 suite au premier rapport du HCC)

Une approche plus complexe à mettre en œuvre et un résultat assorti d'incertitudes

Cette approche pose également un défi comptable dans le sens où l'estimation de l'ensemble de ces émissions est plus complexe que celle de l'approche producteur. En effet, l'approche "*consommation*" se base sur une réallocation des flux d'émissions de GES liés au commerce international entre les pays producteurs et les pays consommateurs (Peters, 2008). Aujourd'hui, à la différence de l'approche producteur, il n'existe pas de méthodologie harmonisée ou commune, validée au niveau international, pour comptabiliser les émissions basées sur la consommation, dont le niveau d'incertitude est élevé (risque de double-compte ou d'oubli d'émissions entre deux pays…).

Le site du MTES indique d'ailleurs à propos de l'IR1 de la SNBC :

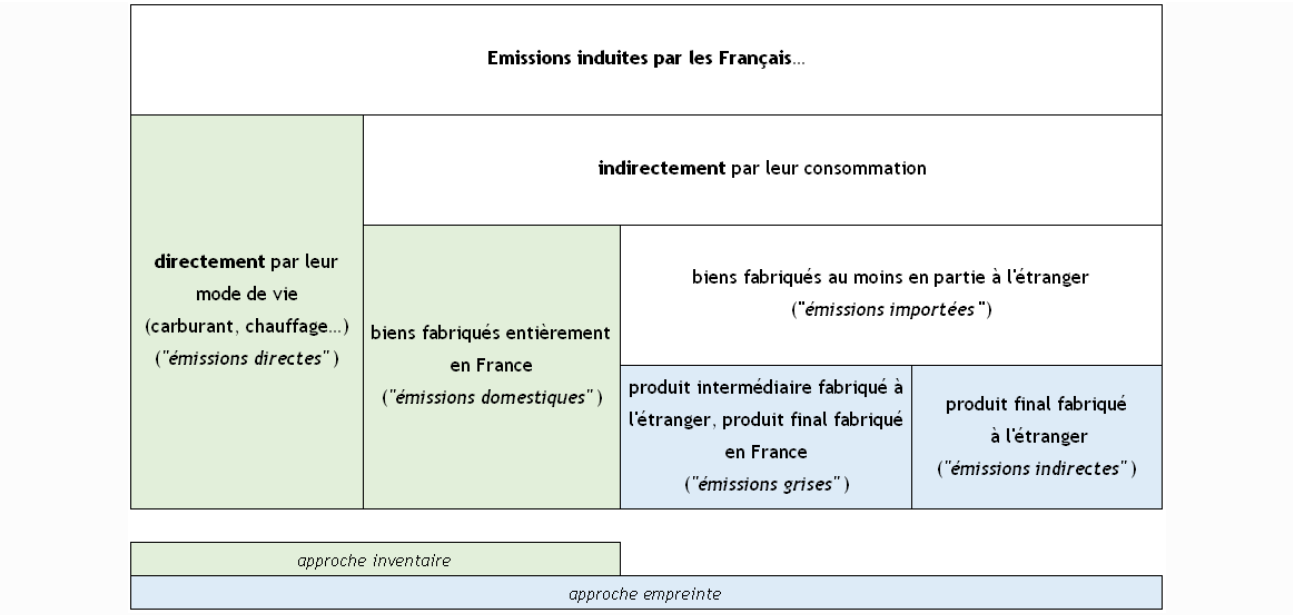
« Cet indicateur est néanmoins à manipuler avec précaution, compte-tenu des incertitudes sur la précision du résultat final (elles-mêmes liées aux incertitudes sur les calculs intermédiaires). L'indicateur est parfaitement significatif au niveau macro dans ses évolutions pluriannuelles. En revanche les fluctuations interannuelles, ainsi que les fluctuations sectorielles, doivent être considérées avec prudence. »

L'approche empreinte n'étant pas visée par les systèmes de rapportage nationaux, européens et internationaux, la mission de la calculer n'a pas été confiée au Citepa.

Comparaison du bilan de la France selon les deux approches

Récapitulatif

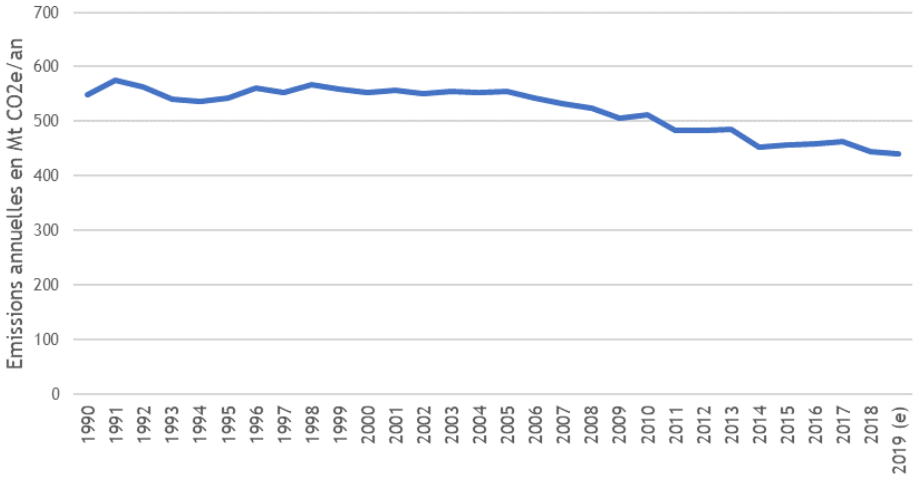
Au-delà de la différence entre émissions locales et importées, on peut aussi considérer les émissions du point de vue du citoyen, en tant qu'émetteur *direct* (via son véhicule, son chauffage…) qu'émetteur *indirect* (via la consommation de produits dont la fabrication et le transport a généré des émissions), et ainsi considérer les émissions induites directement et indirectement.



Evolution des émissions de GES en France selon l'approche inventaire

D'après l'approche inventaire, les émissions de GES officiellement rapportées à la CCNUCC, imputables à la France (métropole et outre-mer inclus dans l'UE, hors puits de l'UTCATF), s'élèvent à 445 MtCO2e en 2018 (pré-estimation 2019 : 441 Mt CO2e). A noter que si l'on ajoutait les émissions du *transport international*, exclues du total national, ce bilan s'élèverait à 469 Mt CO2e en 2018 et à 465 Mt CO2e en 2019.

Emissions de GES en France hors UTCATF (MtCO2e/an), approche inventaire



Emissions totales de GES (total national), hors puits de carbone de l'UTCATF.
France métropolitaine et Outre-mer inclus dans l'UE ;

Les émissions de GES de la France ont plutôt stagné de 1990 à 2005 (554MtCO2e/an en moyenne), puis ont baissé de 2006 à 2014 (-16% entre ces deux années, soit en moyenne -2%/an) pour arriver à 545 MtCO2e en 2014, ont connu une période de légère hausse de 2015 à 2017 (hausse moyenne de +0,7%/an) pour enfin repartir à la baisse et atteindre un niveau plus bas que 2014 (445 MtCO2e en 2018, 441 Mt CO2e pour la pré-estimation de 2019), grâce à une baisse de -4% entre 2017 et 2018. Les fluctuations interannuelles, non corrigées des indices de rigueur climatique, sont sans doute difficiles à interpréter bien que précises. En revanche l'évolution à la baisse des émissions depuis 1990 malgré une augmentation constante du PIB, reflètent à la fois les politiques et mesures mises en place à tous niveaux mais aussi la délocalisation certaines activités hors de France.

Evolution de l'empreinte carbone de la France

Le Citepa ne calculant pas l'empreinte carbone, on peut s'appuyer sur les résultats de deux travaux récents pour établir une première comparaison :

- Etude OFCE & Beyond Ratings pour l'Ademe (janvier 2020) sur l'empreinte carbone des ménages français et les effets redistributifs d'une fiscalité carbone aux frontières.
- SDES, calcul de l'empreinte carbone (janvier 2020).

Ademe, 2020

L'Ademe a publié le 8 janvier 2020 une étude intitulée *L'empreinte carbone des ménages français et les effets redistributifs d'une fiscalité carbone aux frontières*. Cette nouvelle étude a été réalisée pour le compte de l'Ademe par l'Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE) et le cabinet de consultants Beyond Ratings.

En s'appuyant sur la base EXIOBASE7 (Tukker et al., 2013;), les auteurs de l'étude calculent ainsi que l'empreinte carbone totale de la France s'éleverait en 2011 à 732 Mt CO_2e, 17,5% provenant des émissions directes, 35,3% des émissions domestiques et les 47,2% restant des émissions importées. Ces résultats sont comparables à ceux du CGDD (CGDD, 2015) qui trouve une empreinte carbone totale de 690 Mt CO_2e mais avec toutefois une part importée de 55%, soit une différence de 7,8 points de pourcentage.

Selon cette étude, les émissions importées de GES par la consommation des Français proviennent surtout :

- des autres Etats membres de l'UE avec 73,7 Mt CO_2e (21,36% des émissions importées),
- de la Chine avec 61,6 Mt CO_2e (17,9%),
- des autres pays d'Asie et du Pacifique (17,87%),
- de la Russie avec (9%),
- des pays du Moyen Orient (8,9%),
- d'Afrique (7,9%),
- des Etats-Unis (7,3%).

SDES, 2020

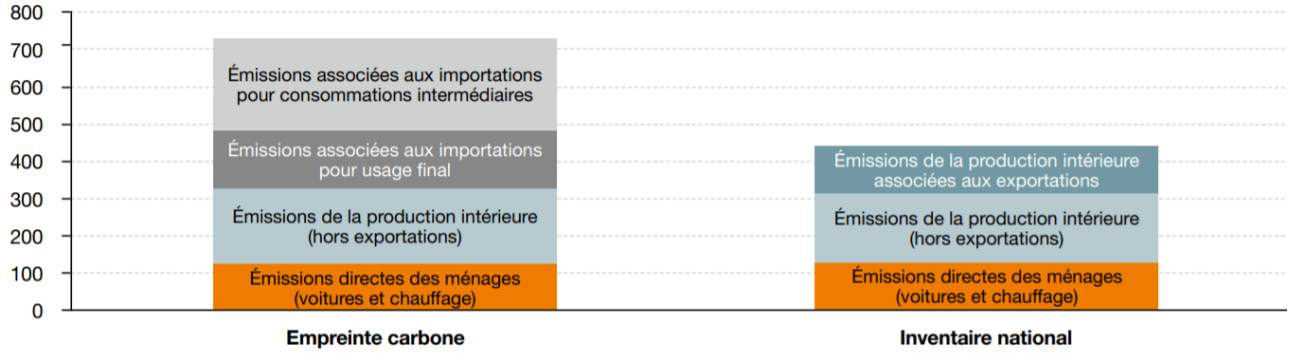
D'après une étude du SDES publiée le 29 janvier 2020, le niveau de l'empreinte carbone aurait cru significativement entre 1995 et 2005. En revanche, depuis 2005, le niveau d'émissions associé à la demande finale se stabiliserait. Selon ce calcul, et pour l'ensemble de la population, l'empreinte carbone représenterait 749 Mt CO_2e en 2018 contre 623 Mt CO_2e en 1995, soit une hausse d'environ 20%.

Compte tenu de l'augmentation de la population entre 1995 et 2018, l'empreinte, rapportée au nombre d'habitants, évoluerait peu sur cette même période (+7%). Sur une période plus récente, depuis 2005, l'empreinte carbone par habitant aurait même diminué de 5%. Le différentiel entre l'empreinte et les émissions directes se serait donc formé en grande partie entre 1995 et 2005, selon les hypothèses prises par le SDeS, ce différentiel étant stable depuis.

Le SDeS soutient que l'évolution de la demande finale intérieure (consommation et investissement, hors exportations) est un des facteurs déterminants de l'évolution de l'empreinte carbone. En volume (euros constants), la demande finale intérieure aurait progressé de près de 50% depuis 1995. Une part croissante de cette demande serait ainsi satisfaite par les importations. D'après le SDeS, les émissions associées aux importations auraient quasiment doublé entre 1995 et 2018. Rappelons cependant, que, dans le même temps, les exportations ont progressé dans les mêmes proportions. Avec les hypothèses prises par le SDeS, les biens et services des pays exportateurs présentent souvent des intensités en GES plus élevées qu'en France. C'est pourquoi l'augmentation des importations contribuerait à la progression du niveau de l'empreinte malgré des volumes échangés export et import comparables. Ces émissions importées sont associées à 61% aux consommations de matières premières (combustibles fossiles par exemple pour le transport et le chauffage) ou des produits semi-finis, tels que les pièces détachées, incorporés par des activités économiques localisées en France et à 39% aux consommations finales (smartphones par exemple). Les émissions importées représenteraient plus de la moitié de l'empreinte carbone de la France (57% en 2018), alors qu'en valeur elles ne représentent que 20% du PIB français.

Alors que les émissions liées aux importations augmentent, les émissions intérieures (émissions directes des ménages et émissions de la production intérieure) diminuent (-21% entre 1995 et 2018) pour atteindre 43% de l'empreinte carbone de la France en 2018. Cette évolution est portée par la réduction des émissions associées à la production intérieure pour répondre à la demande finale en France (hors exportation) (-29%). Les émissions directes des ménages ont diminué de 7% sur la même période.

Comparaison, par le SDES, des composantes de l'empreinte carbone et de l'inventaire national pour l'année 2014 (en MtCO2e)



Notes : GES pris en compte : CO_2, CH_4 et N_2O ; les émissions intérieures de l'empreinte (émissions directes des ménages et émissions de la production intérieure) ne sont pas strictement identiques aux émissions de l'inventaire hors exportation dans la mesure où les émissions de l'empreinte, pour les transports, incluent les GES émis par les Français à l'étranger et excluent ceux émis par les étrangers en France.
Champ : France métropolitaine + Drom (périmètre Kyoto).
***Sources :** Citepa ; AIE ; FAO ; Douanes ; Eurostat ; Insee. Traitements : SDES, 2019*

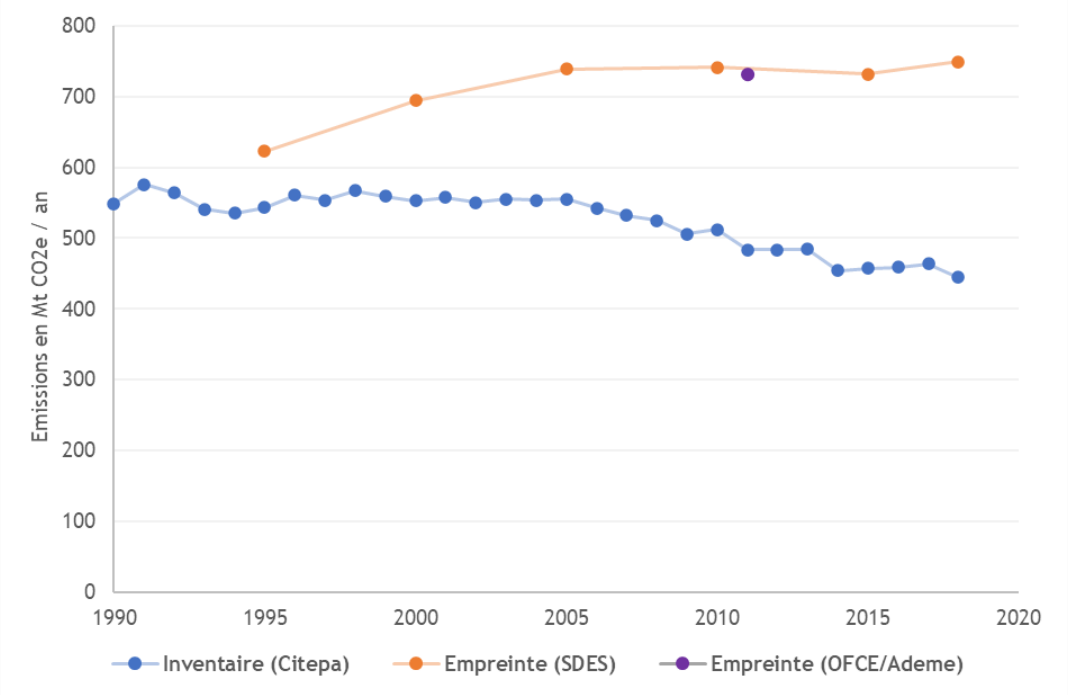
Comparaison

Des émissions nationales en baisse, l'empreinte en hausse

D'après l'étude Ademe 2020, en valeur moyenne par habitant, selon l'approche "production" (comme dans les inventaires nationaux du Citepa), les émissions s'élèvent à **7,5 t CO_2e/hab**. Selon l'approche "empreinte" calculée dans l'étude, cela représentait en 2011 un niveau d'émission de **11,27 t CO_2e/hab** (à noter que ce chiffre est dans le même ordre de grandeur que celui calculé par le CGDD pour l'année 2012 : 11,1 t CO_2e/hab). Depuis 2011, cette empreinte carbone par habitant a diminué de 6,8% pour atteindre 10,5 t CO_2e/hab en 2015 (Baude, 2018). Cette baisse n'est pas due à une diminution des émissions importées, au contraire : les émissions importées ont augmenté 8,2% entre 2011 et 2015. C'est en fait la diminution des émissions domestiques (-21,3% sur cette période) qui explique cette baisse globale.

D'après les calculs du SDeS, l'empreinte carbone des Français **en 2018 s'élèverait à 749 Mt CO_2e** (Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE [périmètre Kyoto], hors gaz fluorés), soit **11,2 t CO_2e par habitant (**dont 8 t de CO_2 et 3,2 t de CH_4 et de N_2O). En comparaison, le total national, selon l'approche inventaire, des émissions de GES (hors puits carbone de l'UTCATF [utilisation des terres, changement d'affectation des terres, forêt]) s'élève en 2018 à 445 Mt CO_2e (Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE, gaz fluorés compris). Ainsi, **l'empreinte carbone des Français serait, selon ce calcul, nettement plus élevée que le total national selon l'approche inventaire**. Les hypothèses en sont que le contenu carbone des importations serait nettement supérieur à celui des exportations. Par ailleurs, d'après ce calcul, l'empreinte carbone et le total national selon l'approche inventaire connaissent des dynamiques d'évolution différentes : l'empreinte carbone a augmenté dans les années 1990 et 2000 pour se stabiliser ces dernières années alors que les émissions nationales ont diminué, avec des périodes de stagnation, depuis les années 1990 (*voir graphique ci-dessous*).

Evolution comparée des émissions de GES
selon l'approche inventaire et l'approche empreinte carbone



Sources : SDeS, Ademe et Citepa (Secten éd. 2020),
Métropole + Outre-mer inclus dans l'UE

Deux indicateurs utiles et complémentaires

Les deux approches inventaires et empreinte sont complémentaires. Par ailleurs, la somme des inventaires nationaux est égale à l'empreinte mondiale, en ajoutant les émissions de GES des secteurs des transports maritimes et aériens internationaux qui sont exclus des inventaires nationaux. L'approche inventaire répond à des exigences internationales de rapportage et permet de comparer facilement sur une même base les émissions de GES des pays entre eux sans risque de double-compte.

Conclusion

L'inventaire national permet de répondre à un besoin de comptabilité carbone international et tout en mettant en œuvre comptabilité fiable, robuste, transparente et précise assurant des comparaisons entre pays. L'empreinte carbone, bien que recouvrant davantage d'incertitudes et moins de transparence, permet de compléter l'approche des émissions directes afin d'estimer l'impact global des activités d'un pays et de la consommation de ses habitants, ainsi que de refléter l'impact des politiques et mesures d'atténuation.

Références

Tukker, et al. (2013). Exiopol Development and illustrative analyses of a detailed global MR EE SUT/IOT. Economic Systems Research 25(1): 50–70

Commissariat Général au Développement Durable (2010). *CO_2 et activités économiques de la France, Tendances 1990-2007 et facteurs d'évolution*. CGDD, SOeS, 52p. Lire notre résumé

Commissariat Général au Développement Durable (2015). *L'empreinte carbone. Les émissions 'cachées' de notre consommation*. CGDD, SOeS, SDIE, 4p.

Commissariat Général au Développement Durable (2020). *L'empreinte carbone des Français reste stable*. Coll. Datalab, CGDD/SDES/SDIE, 4p. lire notre résumé

Commissariat Général au Développement Durable (2020). *Méthodologie de calcul de l'empreinte carbone de la demande finale intérieure française*. CGDD/SDES, 23p.

Fink M. et Gautier C. (2013). *Les émissions importées, le passager clandestin du commerce mondial*. Etude RAC-F, Ademe et Citepa. Lire notre résumé

Maillet, P. (2020). L'empreinte carbone des ménages français et les effets redistributifs d'une fiscalité carbone aux frontières. OFCE & Beyond-Ratings, étude pour le compte de l'Ademe. Lire notre résumé.

MTES. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/suivi-strategie-nationale-bas-carbone#e1

Peters G.P., Minx J.C., Weber C.L., & Edenhofer O., (2011) *Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008*, PNAS. Lire notre résumé

Davis S.J., & Caldeira, K., (2010) *Consumption based accounting of CO2 emissions* , PNAS vol. 107, n° 12 pp.5687-5692. Lire notre résumé [Carnegie Institution of Washington (CIW)].

CGDD/SOeS (2009). Une expertise de l'empreinte écologique – Etudes et documents n°4, mai 2009, 76p.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). Our ecological footprint: reducing human impact on the earth (Vol. 9). New society publishers.

Citepa. Rapport Secten édition 2020

Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France

La biomasse énergie est-elle neutre en carbone ?

Rédaction | **Etienne MATHIAS**
Colas ROBERT

En bref

La combustion libère dans l'atmosphère, sous forme de CO2, le carbone contenu dans la biomasse. Néanmoins, l'idée que l'usage énergétique de la biomasse est neutre vis-à-vis du climat est répandue. Elle repose sur deux faits : i. le CO2 émis lors de la combustion du bois est comptabilisé dans le secteur UTCATF et non dans le secteur consommateur d'énergie ; ii. Il s'agit d'une source renouvelable : le carbone émis peut être recapté.

Nous montrons ici que la biomasse énergie n'est pas, par nature et par principe, neutre vis-à-vis du climat. Son bilan carbone dépend du type de biomasse considéré, du contexte territorial, de la capacité du territoire à séquestrer du carbone sur le temps court et le temps long…. La pertinence d'utiliser la biomasse comme source d'énergie doit être analysée au regard des autres options qu'offre ce même territoire, et non sur le principe d'une neutralité carbone supposée.

Introduction

L'utilisation énergétique de biomasse est généralement associée à l'idée de neutralité carbone, notamment parce que dans certains contextes réglementaires, comme les déclarations GEREP, elle est associée à une émission nulle (facteur d'émission égal à zéro). Il est donc possible de penser que, par convention et par principe, la combustion de biomasse serait neutre. Comme la biomasse vivante permet d'absorber du CO_2 et de stocker du carbone, cette ressource (pour l'énergie mais aussi pour l'alimentation, la construction…) présente des enjeux forts de durabilité. Ces enjeux ont conduit à certains raccourcis sur la supposée neutralité de la biomasse énergie, que nous proposons de remettre à plat dans cette analyse. Cet article reprend notamment les éléments d'analyse présentés lors d'un *petit déjeuner* technique du Citepa auprès de ses adhérents.

Les enjeux autour de la biomasse énergie

Définitions

Définition physique

Les plantes absorbent du CO_2 lors de leur croissance. Ainsi, du carbone est séquestré dans la biomasse (sous forme de bois, de feuille, etc.) et dans le sols (carbone organique). Ces absorptions sont prises en compte dans l'inventaire national.

Les plantes sont consommées, récoltées ou meurent naturellement. L'immense majorité du carbone contenu dans ces plantes retourne un jour ou l'autre à l'atmosphère et participe ainsi au cycle du carbone. En effet, lorsque de la biomasse est récoltée, le carbone qu'elle contient est rendu à l'atmosphère, soit rapidement et directement (lors d'un brûlage), soit indirectement et plus lentement (par décomposition par exemple), et ce, même si le carbone est temporairement stocké sous forme de matériau (l'essentiel des matériaux ont une fin de vie). Cette émission est aussi prise en compte dans l'inventaire national.

La combustion de la biomasse, quelle qu'elle soit, émet du CO_2, le fait que la biomasse ait au préalable capté ce CO_2 dans l'atmosphère ne vient pas annuler ce flux. La manière d'estimer et de prendre en compte cette émission est une question de comptabilisation, non une question physique.

Définition règlementaire

En fonction de la réglementation considérée, tant du point de vue national que du point de vue international, des définitions différentes de la biomasse existent. En France, la biomasse est définie dans la rubrique n°2910 dans la nomenclature ICPE. Elle est cohérente avec la définition des directives européennes, notamment la directive émission industrielle 2010/75/UE, etc.

Dans le règlement d'exécution 2018/2066, la biomasse est définie comme :

> *« la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture […], de la sylviculture et des secteurs connexes, […], ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux d'origine biologique ; elle comprend les bioliquides et les biocarburants…* » (art. 3, §21)

Dans le code de l'énergie, l'article L-211-2 définit la biomasse comme faisant partie des sources d'énergie renouvelables.

> *« les sources d'énergies renouvelables sont les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz. La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers.* » (article L-211-2)

L'utilisation de biomasse énergie (sous forme de bûches, pellets, plaquettes, résidus de cultures…) est généralement associée à l'idée de facteur d'émission zéro, comme c'est le cas dans les déclarations d'émissions des sites industriels dans le cadre du Système européen d'échange de quotas d'émissions (SEQE). Ce facteur d'émission ne signifie pas que l'usage de biomasse est neutre en carbone par principe, mais que son usage est favorisé en considérant qu'il s'agit d'une ressource renouvelable, a priori renouvelée. On notera d'ailleurs que l'application d'un facteur d'émission CO_2 égal à 0 pour la biomasse dans le cadre du SEQE n'est possible qu'à condition de respecter les critères de durabilité.

Les différents contextes règlementaires européens (SEQE) et français (GEREP) permettent de développer une liste précise des nombreux types de biomasse existants : produits et co-produits de l'exploitation forestière ; bûches, plaquettes, granulés ; rémanents après récolte (petites branches, souches) ; produits et co-produits de l'agriculture (cultures à vocations initialement alimentaires (maïs, blé, colza, canne à sucre, palmier à huile) ; plantations à vocation énergétique : taillis à courte rotation (saules, miscanthus) ; résidus agricoles (pailles, sarments, bois de taille, cannes de maïs), effluents d'élevage (fumiers, lisiers) ; sous-produits de l'industrie et de la filière déchets (déchets des industries de transformation du bois (écorces, copeaux, sciure, boues issues de la pâte à papier, liqueur noire) ; déchets des industries agroalimentaires (bagasse, marc de raisin, de café, pulpes, pépins, drèches) ; boues de stations d'épuration ; déchets ménagers…

Dans cette analyse, on s'intéresse surtout aux produits et co-produits de l'exploitation forestière et de l'agriculture.

Définitions dans l'inventaire

Pour la **biomasse de cycle long (bois)**, lorsque l'on récolte la biomasse, on comptabilise une perte de carbone du compartiment « biomasse ». Cette émission peut être comptabilisée l'année de la récolte ou bien quelques années plus tard du fait de la prise en compte de la durée de vie des produits bois. Par ailleurs, la croissance des arbres est aussi comptabilisée dans l'inventaire, tout comme la mortalité des arbres. L'ensemble de ces flux, qu'il s'agisse d'absorptions de CO_2 (gain de carbone dans la biomasse) ou d'émission de CO_2 (perte de carbone par prélèvement de bois, mortalité, feux de forêt…), sont comptabilisés dans le secteur UTCATF (Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Forêt). Les émissions de « CO2 biomasse » sont aussi présentées dans Secten au niveau du secteur consommateur uniquement pour information et ne doivent pas être sommées aux autres émissions au risque de générer un double comptage. En revanche, les émissions autres que le CO2 générées lors du brûlage (CH4, N2O, polluants) sont bien comptabilisées dans le secteur consommateur.

Pour la **biomasse de cycle court (biomasse hors bois)**, par exemple les pailles des céréales, les émissions de CO_2 sont supposées compensées par la croissance des plantes à l'échelle de l'année. En effet, lorsqu'un blé croît, il capte du carbone atmosphérique pour constituer sa propre biomasse. Si les pailles sont brûlées, le carbone est libéré par la combustion. Si elles ne sont pas brûlées, le carbone est également libéré rapidement après dégradation de la paille ou consommation par les animaux. Dans tous ces cas, il est considéré dans l'inventaire que le bilan annuel entre absorptions et émissions est égal à zéro, il ne fait donc pas l'objet d'estimations chiffrées.

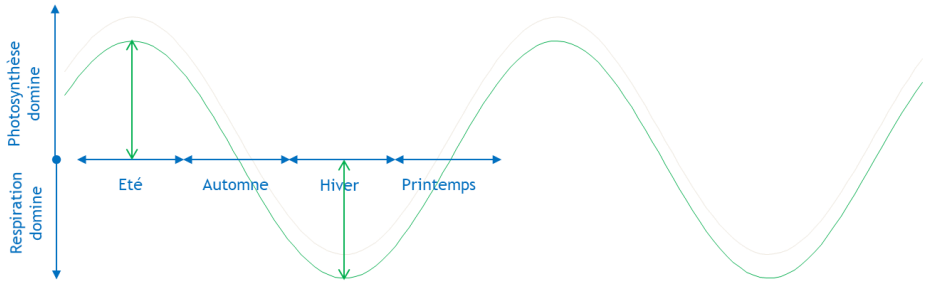


Illustration du cycle croissance et destruction d'une biomasse de cycle court : Cette hypothèse de neutralité ne vaut que parce que le cycle associé est très court, sur le pas de temps d'une année. Sur un bilan annuel on considère conformément au Giec que les quantités de carbone libérées sont équivalentes aux quantités captées pour la biomasse de cycle court. Cette hypothèse n'est pas valable pour la biomasse de cycle long (bois).

Enjeu de transition énergétique

L'utilisation de biomasse à des fins énergétiques représente un enjeu important dans le cadre des politiques énergétiques et l'utilisation de biomasse est favorisée par différents objectifs et dispositifs. Ainsi, l'UE s'est fixé l'objectif global contraignant de **20% d'énergies renouvelables (EnR) dans la consommation finale brute d'énergie dans l'UE pour 2020** (dans le cadre du paquet climat-énergie 2020 (les 3 x 20) adopté en 2007 mis en œuvre par la directive 2009/28/CE) et l'objectif global contraignant **de 32% pour 2030** (mis en œuvre par la directive (UE) 2018/2001). La directive 2009/28/CE a également fixé des objectifs nationaux contraignants pour chacun des 28 Etats membres.

En France, la loi sur la transition énergétique dite LTE (loi n°2015-992) transpose ces objectifs européens 2020 et 2030 en matière d'EnR (*cf. article 1er*) : notamment porter la part des énergies renouvelables à 23% de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32% en 2030). La LTE ajoute également des objectifs sectoriels pour 2030 (*cf. article 1er*) : les EnR doivent notamment représenter 40% de la production d'électricité et 38% de la consommation finale de chaleur. La loi énergie-climat (loi n°2019-1147) du 8 novembre 2019 (*lire notre article sur le sujet*) a légèrement renforcé l'objectif global 2030 de le faisant passer de 32% à « *au moins 33%* ».

L'utilisation de biomasse à fin énergétique est associée à plusieurs bénéfices : produire de la biomasse permet *a priori* :

- de se substituer à des sources d'énergies fossiles non renouvelables,
- de limiter une dépendance commerciale et énergétique (importation d'énergies fossiles),
- de développer des filières économiques locale,
- de générer des émissions négatives…

Enjeu de comptabilisation

Principes

Dans l'inventaire, deux règles générales sont importantes pour éclairer la problématique de la comptabilisation de la biomasse énergie. D'une part, tous les flux anthropiques de gaz à effet de serre (émissions et absorption) doivent être comptabilisés (règle d'exhaustivité). D'autre part, ces flux ne doivent être comptabilisés qu'une seule fois (règle de non double-comptes).

Partir du principe que brûler du bois émet du CO_2 mais que cette émission serait forcément compensée par une absorption équivalente :

- soit lors de la croissance, dans le passé, du même arbre ;
- soit ou lors de la croissance supposée, dans le futur, d'un arbre qui repousserait après la récolte ;
- soit en même temps que la combustion, par l'absorption d'autres arbres non récoltés.

Pour la biomasse de cycle long, on ne peut pas considérer par principe qu'émissions et absorptions se compensent forcément et immédiatement. Il peut y avoir un écart important sur un territoire donné entre les quantités de carbone capté par des surfaces boisées et les quantités de carbone émises (ou exportées). Inversement, des territoires peuvent déstocker du carbone accumulé depuis des décennies voire des siècles.

Par ailleurs, la règle du non double-compte oblige à choisir un secteur où comptabiliser ces flux. Selon les formats de rapportage des inventaires (CCNUCC, Kyoto, règlement LULUCF européen, Plan Climat, Secten…) les choix peuvent être différent selon les secteurs. Pour ce qui est de la biomasse énergie, le même choix est fait, conformément aux lignes

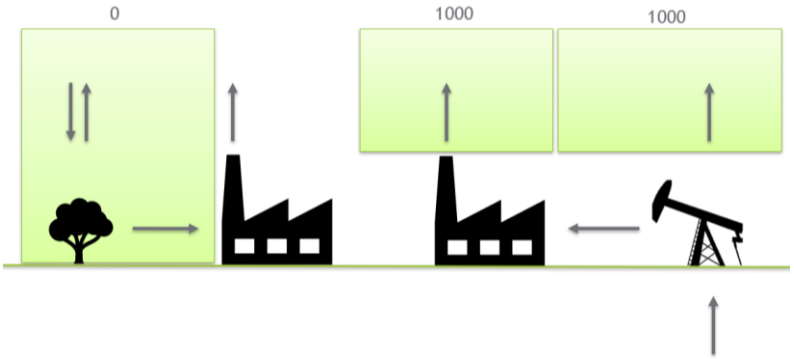
directrices du Giec pour les inventaires (1996, 2006, 2019) : les flux de CO2 liés à la biomasse, qu'il s'agisse des absorptions ou des émissions, sont à comptabiliser dans le secteur UTCATF.

Enfin, il faut aussi souligner que dans l'inventaire, on s'intéresse uniquement aux flux de gaz à effet de serre ayant effectivement eu lieu. Les émissions qui ont été évitées grâce à l'utilisation de tel combustible ou de tel matériau ne sont pas indiquées. Ainsi, le fait d'utiliser du bois ayant permis d'éviter des émissions liées à la production de ciment (car le bois s'est substitué à ce matériau plus émetteur) n'est pas indiqué : cette réduction d'émission se reflète déjà, dans le bilan du sous-secteur 'production de ciment' qui présente un niveau plus faible que s'il n'y avait pas eu de bois utilisé. Il en va de même pour l'énergie : si l'utilisation de biomasse énergie a permis d'éviter des émissions dans le secteur énergie, cet évitement se constate dans le secteur énergie et ne doit pas être compté une deuxième fois en tant qu'« effet substitution » dans le secteur UTCATF.

Approches possibles

Dans l'approche inventaire en vigueur, si le bois est brûlé comme source d'énergie dans le secteur résidentiel ou industriel, le CO_2 associé à cette émission est comptabilisé, en amont, dès la récolte de bois, dans le secteur UTCATF. L'allocation, dans l'inventaire, des flux de la biomasse énergie est donc orientée « production », c'est-à-dire que la forêt, en tant qu'entité produisant de la biomasse, se voit associée à l'ensemble des absorptions et émissions liées à cette biomasse.

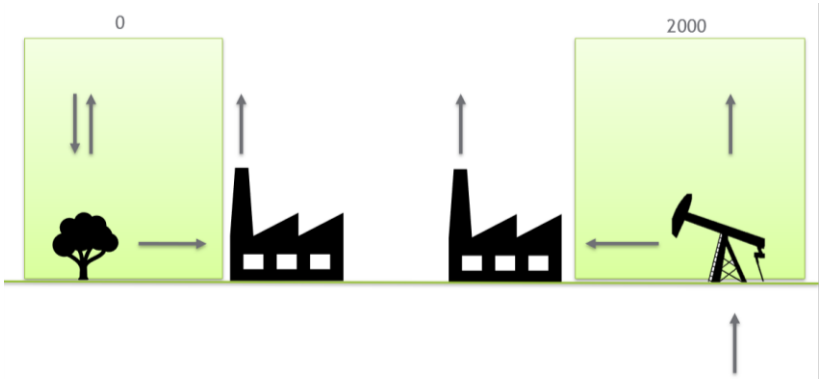
Approche inventaire en vigueur



Dans cet exemple fictif, les absorptions de la forêt (-1000 tCO2/an) compensent parfaitement les émissions de la forêt (mortalité et récolte de bois, + 1000 tCO2/an). Le bilan de l'UTCATF est donc de 1000 – 1000 = 0 tCO2/an). Pour le secteur de l'Industrie, l'émissions de CO2 liée à la consommation de bois énergie n'est pas comptabilisée, non pas parce que l'émission n'existe pas mais parce qu'elle est déjà comptabilisée en amont dans le secteur UTCATF. En revanche, l'émissions de CO2 liée à la consommation d'énergie fossile est bien comptabilisée dans ce secteur Industrie (+1000 tCO2/an). Dans le secteur Production d'énergie, l'extraction des ressources génère des émissions en amont (+ 1000 tCO2/an dans cet explique fictif), avant même la consommation de l'énergie extraite. Ainsi dans cet exemple, le bilan UTCATF est de 0 tCO2/an, le bilan de l'Industrie est de +1000 tCO2/an, et le bilan de la production d'énergie est de +1000 tCO2/an.

On peut noter que cette approche « production » n'est pas appliquée pour les énergies fossiles. Les émissions associées à la combustion de combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon…) sont comptabilisées au sein des secteurs consommateurs de cette énergie. En effet, l'extraction de ces ressources n'a pas son pendant en termes d'absorptions (la constitution des stocks fossiles se fait à l'échelle de temps géologique, et les capacités actuelles ou envisagées des technologies de stockage de carbone dans le sous-sol restent encore faibles). Néanmoins, même si l'enjeu est très différent, il est possible d'imaginer un mode de comptabilisation alternatif ou les émissions de CO2 des énergies fossiles soit comptabilisées selon une approche « production », dans le secteur « production d'énergie », sur le même modèle que ce qui est fait dans le secteur UTCATF pour les émissions de la biomasse énergie.

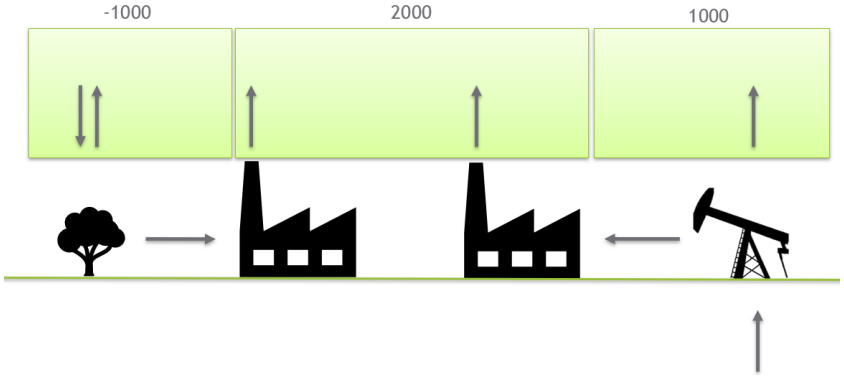
Approche « production » appliquée aussi aux énergies fossiles (approche alternative non en vigueur)



Dans cet exemple fictif, le bilan UTCATF est de 0 tCO2/an, le bilan de l'Industrie est de 0 tCO2/an (dans cet exemple simplifié, on ne prend pas en compte les émissions des procédés industriels), et le bilan de la production d'énergie est de +2000 tCO2/an. Toutes les émissions liées à l'utilisation d'énergie sont comptabilisées au sein des secteurs producteurs.

Une deuxième possibilité alternative serait d'appliquer à la biomasse énergie l'approche « consommation », déjà en vigueur pour les énergies fossiles.

Approche « consommation » appliquée aussi à la biomasse énergie (approche alternative non en vigueur)



Dans cet exemple fictif, le bilan UTCATF est de -1000 tCO2/an (seules les absorptions et la mortalité sont prises en compte), le bilan de l'Industrie est de 2000 tCO2/an, et le bilan de la production d'énergie est de +1000 tCO2/an. Toutes les émissions liées à l'utilisation d'énergie sont comptabilisées au sein des secteurs consommateurs.

Pourquoi ce choix d'une approche « production » pour la biomasse énergie à la différence des énergies fossiles qui ont une approche « consommation » ?

Plusieurs raisons peuvent expliquer ce choix, qui, depuis les premières éditions des lignes directrices du Giec pour les inventaires (1996), n'ont pas été modifiées :

- d'une part, la forêt a été vue comme un stock de carbone à préserver ou à augmenter, comme le meilleur moyen pour stocker le carbone initialement contenu dans les combustibles fossiles et émis dans l'atmosphère. La comptabilité initiale du protocole de Kyoto en témoigne (préserver les surfaces dédiées à la forêt et maintenir *a minima* un puits sur ces terres).

- d'autre part, pour des raisons de praticité et de fiabilité de calcul. En effet, une bonne partie du bois énergie est consommée dans le secteur résidentiel. On a plus fait confiance aux statistiques de suivi des forêts qu'aux estimations de consommations de bois énergie. Or ce suivi des forêts ne distingue pas les usages finaux du bois récolté.

Au-delà de ces effets de comptabilisation, l'utilisation de la biomasse présente aussi des questionnements sur sa durabilité effective. La biomasse, renouvelable, est-elle toujours renouvelée ? Est-elle forcément neutre en carbone ? Si elle est bénéfique pour le climat, engendre-t-elle d'autres impacts environnementaux ? Quelle est la pertinence de cet usage vis-à-vis d'autre possibilités d'exploitation des terres ?

Bilan carbone de la biomasse énergie

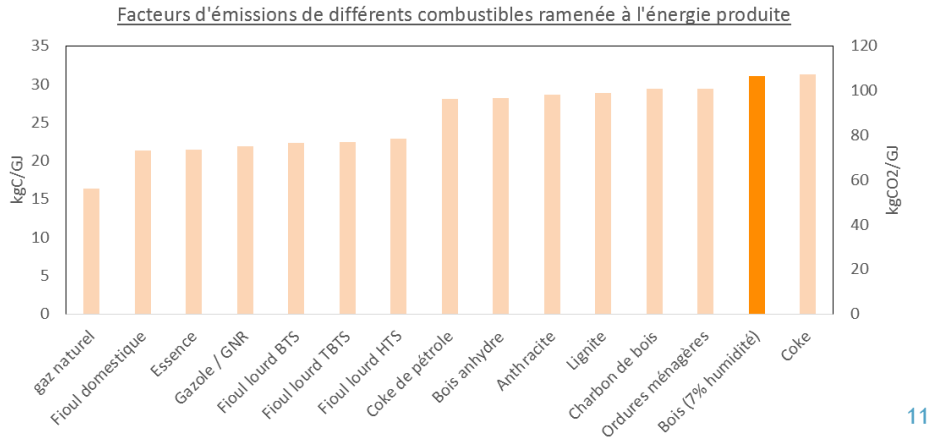
Neutre = renouvelable ?

Non. Neutre n'est pas équivalent à renouvelable. Le bois est une énergie renouvelable. Après exploitation sur un territoire, cette énergie peut se reconstituer dans un temps raisonnable. Comme l'éolien, le solaire, et l'hydraulique, la biomasse restitue l'énergie solaire. Néanmoins, la biomasse n'est pas forcément renouvelée dans tous les cas. Et cela ne signifie pas que son utilisation énergétique est neutre vis-à-vis de l'atmosphère. Il ne faut pas oublier qu'il n'y pas de différence entre une molécule de CO_2 issue de la biomasse et une molécule de CO_2 issue de combustibles fossiles. Les deux participent également à l'effet de serre.

L'utilisation de bois énergie ne garantit nullement le captage simultané d'une quantité équivalente de CO_2 par ailleurs. Or c'est la condition *sine qua non* pour parler de neutralité.

Efficacité énergétique du bois

La combustion du bois émet du carbone sous forme de CO_2. Si l'on considère le bois du point de vue de ses qualités en tant que combustible, on constate qu'il émet davantage de CO_2 que beaucoup d'autres combustibles à énergie produite donnée. Autrement dit, le bois n'est pas une énergie « efficace » d'un point de vue de son pouvoir énergétique.



11

Pertinence du bois énergie dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre

La consommation de bois énergie émet du CO2, elle peut néanmoins être pertinente pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Ce n'est pas évident car on a vu que le facteur d'émission en CO2 lié à la biomasse est élevé. Ensuite récolter du bois énergie entraine d'abord à une perte de carbone pour la forêt et réduit le plus souvent, temporairement, la productivité de la forêt (et donc sa capacité d'absorption du CO_2 atmosphérique).

Pour que la production de bois énergie ait une plus-value carbone, deux options sont possibles :

- L'espace libéré laisse place à une formation avec des stocks de carbone à l'hectare plus élevés à terme,
- La récolte permet d'anticiper un phénomène de saturation de la forêt (voire de détérioration) et par conséquent d'entretenir la pompe à carbone forestière.

On pourra juger l'activité de production du bois énergie pertinente si elle présente un meilleur un bilan carbone qu'une alternative offrant la même quantité d'énergie. Evidemment ce bilan dépend de nombreux facteurs : l'efficacité énergétique du bois, les alternatives énergétiques, les émissions associées à leurs chaines de production respective (en intégrant les émissions/absorptions de gaz à effet de serre générés sur les surfaces exploitées), etc.

Il est possible en intégrant l'efficacité énergétique du bois, la vitesse de croissance des arbres et des seuils de saturation de modéliser des seuils à partir duquel il devient pertinent du seul point de vue carbone, d'exploiter des peuplements en bois énergie. Compte tenu de la faible efficacité énergétique du bois comparée à la plupart des combustibles, les seuils de déclenchement pour une récolte de bois à visée énergétique entrainant une substitution « rentable en carbone » risquent d'être élevés. Bien souvent d'un point de vue carbone uniquement il serait sans doute préférable de laisser plus longtemps le bois en forêt, la saturation carbone en forêt étant rarement atteinte. Mais le carbone n'est pas le seul critère d'exploitation du bois. Et il faut rappeler qu'une bonne partie du bois énergie actuellement consommé en France, correspond à un co-produit de la production de bois matériau. Dans ce cas, l'intérêt de valoriser le bois sous

forme d'énergie est facilement justifiable (les coupes d'éclaircies trouvent l'essentiel de leurs débouchés en bois énergie).

Qu'en-est-il alors de la biomasse non ligneuse, de cycle court, pour produire de l'énergie ? La biomasse non ligneuse est soit récoltée en fin de cycle (maïs, canne, blé, colza), soit peu impactée en productivité par la récolte (herbe, miscanthus) et peut être transformée en combustible de bonne qualité. La saturation du stock est le plus souvent atteinte dans l'année ; et la récolte ne diminue pas la capacité d'absorption ultérieure des cultures. **Cependant,** cette neutralité carbone ne signifie pas qu'il faut forcément la promouvoir, car il faut la jauger au regard des alternatives que pourraient offrir cette terre (ou pouvait, avant qu'on la dédie à la production de biomasse). Il faut aussi vérifier les impacts sur d'autres aspects comme la réaction du réservoir sol (stock de carbone très important), les émissions de N_2O (fertilisation forte), les émissions de pesticides, et la pression supplémentaire sur les espaces naturels.

Conclusion

La combustion de biomasse émet du CO_2. On ne devrait parler de neutralité carbone que si dans le même temps cette activité générait, par nature, à l'échelle de l'année, un captage équivalent de CO_2. Dans bien des cas, ce n'est pas le cas. Cette hypothèse de neutralité est certes acceptable pour la biomasse de cycle court elle est beaucoup moins évidente pour le bois (cycles longs). En effet les stocks de bois présents dans les arbres des forêts sont le résultat d'années voire de siècles de croissance des arbres. Couper ces arbres est en revanche très rapide. Il peut donc y avoir un déséquilibre fort entre croissance et prélèvement. De plus, les récoltes de bois interviennent sur des forêts dont les stocks sont le plus souvent en croissance, ces récoltes entament temporairement l'absorption de carbone des forêts. Pour autant cela ne condamne pas l'utilisation du bois pour la production d'énergie. Par exemple la pertinence de la valorisation énergétique des bois issus d'éclaircies, de déchets de scierie est facilement démontrable, car il s'agit de co-produits de l'activité sylvicole. La démonstration est plus complexe pour des parcelles exclusivement dédiées à la production de bois énergie. Autant que possible il faudrait exploiter le bois pour ses atouts comme matériau avant une éventuelle valorisation énergétique en fin de vie. L'intérêt d'une valorisation de la biomasse sous forme d'énergie dépend donc du bilan global de la chaine de production de la biomasse (incluant les gains et pertes de carbone) et du bilan que présentent les alternatives à la biomasse. Il faut rappeler que ces dernières sont le plus souvent très loin de la neutralité carbone, surtout si on prend l'ensemble des étapes de production depuis l'exploration à la distribution. L'équation reste complexe à résoudre pour quiconque souhaite limiter ses émissions de gaz à effet de serre liée à sa consommation énergétique.

ANNEXES

Glossaire

Glossaire : acronymes et abréviations

A

AASQA Association agréée de surveillance de la qualité de l'air

ADEME Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Aeq Acide équivalent

Agreste Statistiques et études sur l'agriculture, la forêt, les industries agroalimentaires, l'occupation du territoire, les équipements et l'environnement en zone rurale

AIE/IEA Agence Internationale de l'Energie

APU Auxiliary Power Unit / équipement de production d'énergie auxiliaire

As Arsenic

AWACS Airborne Warning and Control System (en français : système de détection et de commandement aéroporté)

B

BaP Benzo(a)pyrène

BbF Benzo(b)fluoranthène

BC Black Carbon (carbone suie)

BkF Benzo(k)fluoranthène

BTP Bâtiment et Travaux Publics

C

CAFE Clean Air For Europe (programme de la Commission européenne)

CCFA Comité des Constructeurs Français d'Automobiles

CCNUCC Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques – *United Nations Framework Convention on Climate Change* (*UNFCCC*)

CCTN Commission des Comptes des Transports de la Nation

Cd Cadmium

CE Commission européenne

CEE-NU Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies – *United Nations Economic Commission for Europe* (*UNECE*)

CF_4 Tétrafluorure de carbone

CFC ChloroFluoroCarbures

CH_4 Méthane

Citepa Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

CITL Registre indépendant des transactions communautaires

CMS Combustibles Minéraux Solides

CO Monoxyde de carbone

CO_2 Dioxyde de carbone

CO_2e Equivalent CO_2

COD Carbone Organique Dégradable

COMOP COMité Opérationnel de Programmes

COP Conférence des Parties

COPERT COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport

CORINAIR CORe INventory of AIR emissions

COV Composés Organiques Volatils

COVNM Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

CPATLD/LRTAP Convention de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies relative à la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance

Cr Chrome

CRF *Common Reporting Format* / Format de Rapportage Commun

Cu Cuivre

CVD *Chemical Vapour Deposition* / Dépôt chimique en phase vapeur

D

DG ENV Direction générale de l'Environnement de la Commission européenne

DGEC Direction Générale de l'Energie et du Climat

DJU Degré-Jour Unifié

DREAL Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

E

EACEI Enquête Annuelle des Consommations d'Energie dans l'Industrie

EDF Electricité De France

EEA *European Environment Agency* (Agence européenne pour l'environnement)

EMAG Ester méthylique d'acides gras

EMEP European Monitoring and Evaluation Programme

EMNR Engins Mobiles Non-Routiers

EnR Energie renouvelable

E-PRTR European Pollutant Release and Transfer Register

EU-ETS European Union Emissions Trading System (Système d'échanges de quotas d'émission de l'Union européenne ou SEQE)

EUROSTAT Office statistique de l'Union Européenne

F

FAP Filtre à particules

FCC Fluid Catalytic Cracking unit / craquage catalytique en lit fluide

FE Facteur d'émission

FOD fioul domestique

FOL fioul lourd

G

g gramme

GCIIE Groupe de Concertation et d'Information sur les Inventaires d'Emission

GEREP Gestion Electronique du Registre des Emissions Polluantes

GES Gaz à Effet de Serre

Gg 1 Gg (Gigagramme) = 1 000 Mg = 1 kt = 1 000 t

GIC Grande Installation de Combustion

GIEC Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat / *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC)

GNV Gaz Naturel pour Véhicules

GPL Gaz de Pétrole Liquéfié

GPLc Gaz de Pétrole Liquéfié carburant

H

H Hydrogène

ha hectare

HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HCB HexaChloroBenzène

HCFC HydroChloroFluoroCarbures

HCl Acide chlorhydrique

HFC HydroFluoroCarbures

Hg Mercure

Hors PTOM Hors Pays et Territoires d'Outre-mer (à la date d'édition du présent rapport La Réunion, Guadeloupe, Martinique, Guyane, Saint-Martin et Mayotte)

I

IAA Industries Agro-Alimentaires

IAI Institut International de l'Aluminium

IED directive sur les émissions industrielles / Industrial Emissions Directive

IndPy Indéno(1,2,3-cd)pyrène

INERIS Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

INSEE Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change* / Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (Giec)

IPPC prévention et réduction intégrées de la pollution / integrated pollution, prevention and control

ISDND Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux

ITEQ International Toxic Equivalent / Equivalent toxique international

J

JOCE Journal Officiel des Communautés Européennes (avant 2003)

JOUE Journal Officiel de l'Union Européenne (depuis 2003)

K

kg kilogramme

km kilomètre

kt kilotonne

kW kilowatt

L

LTE Loi Transition Energétique

LTO Cycle d'atterrissage/ décollage (< 1000m) (Landing and Take Off)

M

MDP Mécanisme pour le Développement Propre

Mg 1 Mg (Mégagramme) = 1 t (tonne)

mg milligramme

ML Métaux Lourds

MMR Mécanisme pour la surveillance et la déclaration des émissions de GES

MOC Mise en OEuvre Conjointe

Mt Mégatonne ou million de tonnes

MTES Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

MW Mégawatt

MWth Mégawatt thermique

N

N Azote

N_2O Protoxyde d'azote

NAF Nomenclature d'Activités Française

NAPFUE Nomenclature for Air Pollution of FUElS

NDC Contribution déterminée au niveau national

NEC National Emission Ceilings / Plafonds d'émission nationaux

NFR *Nomenclature For Reporting* (Nomenclature pour le rapportage)

NH_3 Ammoniac

Ni Nickel

NO Monoxyde d'azote

NO_2 Dioxyde d'azote

NO_x Oxydes d'azote (NO + NO_2)

NU Nations-Unies

O

OACI Organisation de l'Aviation Civile Internationale

OCF One Component Foam (mousse à composant unique)

OMINEA Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France

ONU Organisation des Nations Unies

OPALE Ordonnancement du PArc en Liaison avec les Emissions

P

Pb Plomb

PCAET Plan Climat Air Energie Territorial

PCB PolyChloroBiphényles

PCDD/F Dioxines et furannes

PCI Pouvoir Calorifique Inférieur

PED Pays en développement
PER Tétrachloroéthylène
PFC PerFluoroCarbures
PIB Produit Intérieur Brut
PL Poids lourds
PM Matière sous forme particulaire
PM_{10} Particules de diamètre inférieur à 10 microns
$PM_{2,5}$ Particules de diamètre inférieur à 2,5 microns
$PM_{1,0}$ Particules de diamètre inférieur à 1 micron
PNAQ Plan National d'Affectation des Quotas
PNLCC Plan National de Lutte contre le Changement Climatique
PNSE Plan National Santé Environnement
POP Polluants Organiques Persistants
PPA Plan de protection de l'atmosphère
PPE Programmation pluriannuelle de l'énergie
PREPA Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques
PRG/GWP Potentiel de Réchauffement Global / Global Warming Potential
PRQA Plans Régionaux pour la Qualité de l'Air
PTOM Pays et Territoires d'Outre-mer (à la date d'édition du présent rapport, la Polynésie Française, Wallis-et-Futuna, St-Pierre-et-Miquelon, la Nouvelle- Calédonie et les Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF) et Clipperton)
PVC PolyVinylChloride / PolyChlorure de Vinyle

R

2RM/2R Deux roues
REACH Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals

S

SAO Substances appauvrissant la couche d'ozone
SCR Réduction Sélective Catalytique
SDES Service de la Donnée et des Etudes Statistiques du Ministère de l'Environnement
Se Sélénium
SECTEN SECTeurs économiques et ENergie
SEQE Système d'Echange des Quotas d'Emissions
SF_6 Hexafluorure de soufre
SMQ Système de Management de la Qualité
SNAP Selected Nomenclature for Air Pollution / Nomenclature Spécifique pour la Pollution de l'Air
SNAPc SNAP étendue par le CITEPA
SNBC Stratégie nationale « bas carbone »
SNIEBA Système National d'Inventaire d'Emissions et de Bilans dans l'Atmosphère
SO_2 / SO_3 Dioxyde de soufre / Trioxyde de soufre
SSP Service de la Statistique et de la Prospective
step station d'épuration

T

t tonne
TAAF Terres Australes et Antarctiques Françaises
TAG Turbine A Gaz (synonyme : TAC : Turbine à Combustion)
TCE Trichloroéthane
tep tonne équivalent pétrole
TFA Trifluoroacétique
Tg 1 Tg (Téragramme) = 1 000 Gg = 1 000 000 Mg = 1 000 kt = 1 000 000 t
TRI Trichloroéthylène
TRM Transport Routier Marchandises
TRV Transport Routier Voyageurs
TSP Total Suspended Particules / Particules Totales en Suspension

U

UE Union Européenne / European Union (EU en anglais)
UIDND Usine d'Incinération des Déchets Non Dangereux
UTCATF Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF en anglais)

V

VP Voiture Particulière
VLE Valeur Limite d'Emission
VU Véhicule Utilitaire
VUL Véhicule Utilitaire Léger

Z

ZCR Zone de circulation restreinte
Zn Zinc
µg microgramme

Unités

1 T (1 Téra) 1000 milliards (10^{12})	**1 G (1 Giga)** 1 milliard (10^{9})	**1 M (1 Méga)** 1 million (10^{6})	**1 k (1 kilo)** mille (10^{3})
1 m (1 milli) 1 millième (10^{-3})	**1 µ (1 micro)** 1 millionième (10^{-6})	**1 n (1 nano)** 1 milliardième (10^{-9})	**1 p (1 pico)** 1 millionième de millionième (10^{-12})
1 ppm 1 partie par million		**1 ppb** 1 partie par milliard	

Le SNIEBA

Système National d'Inventaires d'Emission et de Bilans dans l'Atmosphère

Contexte réglementaire de l'inventaire

Cette section décrit les principales composantes et caractéristiques organisationnelles du système national d'inventaires des émissions de polluants dans l'atmosphère conformément aux dispositions mises en place par le **Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES)**, en particulier, l'arrêté du 24 août 2011 relatif au système national d'inventaires d'émission et de bilans dans l'atmosphère (SNIEBA).

Dispositions institutionnelles, législatives et procédurales

Les pouvoirs publics s'attachent à disposer de données relatives aux émissions de polluants dans l'atmosphère qui correspondent quantitativement et qualitativement aux différents besoins nationaux et internationaux du fait de l'importance de ces données pour identifier les sources concernées, définir les programmes appropriés d'actions de prévention et de réduction des émissions, informer les nombreux acteurs intervenant à divers titres et sur divers thèmes en rapport avec la pollution atmosphérique.

La responsabilité de la définition et de la maîtrise d'ouvrage du **système national d'inventaire des émissions de polluants et de gaz à effet de serre dans l'atmosphère** appartient au **Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES)**.

Le MTES prend en coordination avec les autres ministères concernés les décisions utiles à la mise en place et au fonctionnement du SNIEBA, en particulier les dispositions institutionnelles, juridiques ou de procédure. A ce titre, il définit et répartit les responsabilités attribuées aux différents organismes impliqués. Il met en œuvre les dispositions qui assurent la mise en place des processus relatifs à la détermination des méthodes d'estimation, à la collecte des données, au traitement des données, à l'archivage, au contrôle et à l'assurance de la qualité, la diffusion des inventaires tant au plan national qu'international ainsi que les dispositions relatives au suivi de la bonne exécution.

La multiplicité des besoins conduisant à l'élaboration d'inventaires d'émission de polluants et de gaz à effet de serre dans l'atmosphère portant souvent sur des substances et des sources similaires justifie dans un souci de cohérence, de qualité et d'efficacité de retenir le **principe d'unicité du système d'inventaire**. Cette stratégie correspond aux recommandations des instances internationales telles que la Commission européenne et les Nations unies.

Les inventaires d'émission doivent garantir diverses qualités de cohérence, comparabilité, transparence, exactitude, ponctualité, exhaustivité qui conditionnent l'organisation du système tant au plan administratif que technique.

L'organisation du système actuel a fait l'objet de **l'arrêté interministériel (SNIEBA) du 24 août 2011 qui annule et remplace l'arrêté du 29 décembre 2006 relatif au système national d'inventaires des émissions de polluants dans l'atmosphère**.

Cette organisation est compatible avec le cadre directeur des systèmes nationaux prévu au paragraphe 1 de l'article 5 du protocole de Kyoto (décision CMP.1 annexée à la décision 20/CP.7 de la CCNUCC) et aux articles 3 et 4 de la décision 280/2004/CE du Parlement européen et du Conseil relative à un mécanisme pour surveiller les émissions de gaz à effet de serre dans l'Union européenne et mettre en œuvre le protocole de Kyoto et l'Accord de Paris.

Répartition des responsabilités

Les responsabilités sont réparties comme suit :

- La **maîtrise d'ouvrage de la réalisation des inventaires et la coordination d'ensemble du système** sont assurées par le **MTES**.
- **D'autres ministères et organismes publics** contribuent aux inventaires d'émission par la mise à disposition de **données et statistiques** utilisées pour l'élaboration des inventaires.
- L'**élaboration des inventaires d'émission** en ce qui concerne les **méthodes** et la préparation de leurs **évolutions**, la **collecte et** le **traitement des données**, l'**archivage**, la **réalisation des rapports et divers supports**, la gestion du **contrôle** et de la **qualité**, est confiée au **Citepa** (*Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique*) par le MTES. Le Citepa assiste le MTES dans la coordination d'ensemble du

système national d'inventaire des émissions de polluants dans l'atmosphère. A ce titre, il convient de mentionner tout particulièrement la coordination qui doit être assurée entre les inventaires d'émission et les registres d'émetteurs tels que l'E-PRTR et le registre des quotas d'émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission (SEQE), sans oublier d'autres aspects (guides publiés par le MTES, système de déclaration annuelle des rejets de polluants, etc.) pour lesquels il est important de veiller à la cohérence des informations.

- Le MTES met à disposition du Citepa toutes les informations dont il dispose dans le cadre de la réglementation existante, comme les déclarations annuelles de rejets de polluants des Installations Classées, ainsi que les résultats des différentes études permettant un enrichissement des connaissances sur les émissions qu'il a initiées tant au sein de ses services que d'autres organismes publics comme l'Ineris. Par ailleurs, le MTES établit dans l'arrêté SNIEBA du 24 août 2011 une liste des statistiques et données émanant d'organismes publics ou ayant une mission de service public, utilisées pour les inventaires d'émission.
- Le MTES pilote le **Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission** (GCIIE) qui a notamment pour mission de :
  - **donner un avis sur les résultats** des estimations produites dans les **inventaires**,
  - **donner un avis sur les changements** apportés dans les **méthodologies** d'estimation,
  - **donner un avis sur le plan d'action d'amélioration** des inventaires pour les échéances futures,
  - **émettre des recommandations** relativement à tout sujet en rapport direct ou indirect avec les inventaires d'émission afin d'assurer la cohérence et le bon déroulement des actions, favoriser leurs synergies, etc.,
  - **recommander des actions d'amélioration** des estimations des émissions vers les **programmes de recherche**.

  Le GCIIE est composé à ce jour de représentants :
  - du **Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, et de la forêt** (MAAF), notamment le Service de la statistique et de la prospective (SSP) et la Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires (DGPAAT),
  - des **Ministères de l'Economie et de l'Industrie numérique (MEIN) et des Finances et des Comptes Publics (MFCP)**, notamment de la Direction générale de l'INSEE et de la Direction générale du Trésor (DGT)
  - du **MTES**, au travers de la **Direction générale de l'énergie et du climat** (DGEC), la **Direction générale de la prévention des risques** (DGPR), la **Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature** (DGALN), de la Direction **générale des infrastructures, des transports et de la mer** (DGITM), de la **Direction générale de l'aviation civile** (DGAC) **et des services statistiques du MTES notamment le SOeS**,
  - du **Ministère en charge de la Recherche**,
  - de **l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie** (ADEME),
  - de **l'Institut National de l'EnviRonnement industriel et des rISques** (INERIS).
- La **diffusion des inventaires d'émission** est partagée entre plusieurs services du MTES qui reçoivent les inventaires approuvés transmis par la DGEC :
  - La **DGEC** assure la diffusion des **inventaires d'émission** qui doivent être transmis à la Commission européenne en application des directives, notamment **l'inventaire des Grandes Installations de Combustion** (GIC) au titre de la directive 2001/80/CE ainsi que les inventaires au titre de la directive 2001/81/CE relative aux **Plafonds d'Emission Nationaux**. Elle assure également la diffusion des **inventaires** relatifs à la **Convention de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies relative à la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance** (CEE-NU – CPATLD). Hormis les responsabilités attribuées spécifiquement au Service de l'Observation et des Statistiques (CGDD / SOeS) décrites ci-dessous, la **DGEC** assure la diffusion de tous les inventaires d'émission à **tous les publics** et en particulier aux Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (**DREAL**).
  - La DGEC assure également la diffusion de l'**inventaire des émissions de gaz à effet de serre** établi au titre de la **Décision communautaire sur le mécanisme de suivi des gaz à effet de serre auprès de la Commission européenne** ainsi que la diffusion de cet inventaire au titre de la **Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques** (CCNUCC) et en particulier relativement au Protocole de Kyoto auprès du **Secrétariat de la Convention**.
- Concernant le **rapport SECTEN**, les données présentées dans ce rapport sont préparées dans le cadre des travaux d'inventaires nationaux, financés par le Ministère **de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer** (MTES) – Direction Générale de l'Energie et du Climat. Par contre, la rédaction de ce rapport est entièrement financée par le Citepa. Ce rapport n'est donc disponible que pour les adhérents du Citepa.

Schéma organisationnel simplifié

Les différentes étapes du processus de réalisation d'un inventaire d'émission sont explicitées ci-après et représentées par le schéma ci-après.

A partir de l'expression des différents besoins et des exigences qui s'y attachent, les termes de référence sont établis.

Les méthodologies à appliquer sont choisies et mises au point en tenant compte des connaissances et des données disponibles, notamment les éléments contenus dans certaines lignes directrices définies par les Nations unies ou la Commission européenne.

Les données nécessaires et les sources susceptibles de les produire sont identifiées.

Les données sont collectées, validées, traitées selon les processus établis, y compris en tenant compte des critères liés à la confidentialité.

Les données obtenues sont stockées dans des bases de données pour exploitation ultérieure.

Les principaux éléments utiles à l'approbation des inventaires (résultats d'ensemble, principales analyses, changements majeurs notamment liés à des évolutions méthodologiques) sont produits pour transmission au Groupe de coordination.

Le Groupe de coordination et d'information sur les inventaires d'émission fait part de son avis sur les inventaires et les ajustements nécessaires. Il émet des recommandations et propose un plan d'actions visant à améliorer les inventaires tant en ce qui concerne l'exactitude ou l'exhaustivité des estimations que les aspects de forme, d'analyse, de présentation des résultats ou de tout autre point en rapport avec les inventaires.

Le Ministre en charge de l'environnement prend les décisions finales concernant les inventaires.

Les ajustements éventuels sont apportés à l'édition de l'inventaire en cours ou dans le cadre de l'application du plan d'amélioration des inventaires qui comporte des actions à plus long terme.

Les éléments finalisés sont remis au MTES qui, après examen et approbation, les communique aux instances internationales après les avoir éventuellement intégrées dans les rapports nationaux (communication nationale, rapportage au titre de la décision 2005/166/CE, décision 15/CMP1 de la CCNUCC, etc.).

Une diffusion étendue des inventaires est réalisée au travers de la mise en ligne sur le site Internet du Citepa des rapports CCNUCC et CEE-NU. D'autres vecteurs de diffusion sont également utilisés par les différents organismes utilisateurs des rapports par l'intermédiaire de publications, communications et envois des rapports à certains organismes.

L'ensemble des éléments utilisés pour construire les inventaires est archivé pour en assurer la traçabilité.
Des vérifications sont effectuées notamment par des instances internationales. Certaines, comme les revues au moyen d'équipes d'experts dépêchées par les Nations unies dans les pays concernés, vont très en profondeur dans le détail des méthodologies et procédures de rapportage des inventaires. A cela s'ajoutent toutes les remarques effectuées par divers lecteurs et les anomalies éventuellement détectées ainsi que le résultat des actions menées au titre de l'assurance qualité. Tous ces éléments nourrissent le plan d'actions et sont utilisés pour améliorer les éditions suivantes des inventaires.

Nomenclature

Liste résumée des secteurs d'activité et SNAP correspondantes

L'inventaire national est calculé à un niveau très fin, par « SNAP » (Selected Nomenclature for Air Pollutants (Nomenclature des activités émettrices utilisées pour réaliser les inventaires d'émissions). Pour les données au format Secten, certains sous-secteurs comportent plusieurs SNAP et certaines SNAP sont réparties entre plusieurs sous-secteurs.

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Industrie de l'énergie	
Production d'électricité [Production d'électricité]	
Installations de combustion (sauf 010106)	0101xx
Autres décarbonatations (désulfuration et déNOx - SCR)	040631 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Chauffage urbain [Chauffage urbain]	
Chauffage urbain	0102xx
Autres décarbonatations (désulfuration)	040631 (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Raffinage du pétrole [Raffinage du pétrole]	
Installations de combustion et fours de raffinage	0103xx
Elaboration de produits pétroliers	040101
Craqueur catalytique - chaudière à CO	040102
Récupération de soufre (unités Claus)	040103 (*)
Stockage et manutention de produits pétroliers en raffinerie	040104
Autres procédés	040105
Production d'acide sulfurique	040401 (*)
Station d'expédition en raffinerie	050501
Soufflage de l'asphalte	060310
Torchères en raffinerie de pétrole	090203
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Transformation des combustibles minéraux solides [Transformation des -combustibles minéraux solides]	
Installations de combustion	0104xx
Four à coke	010406
Fours à coke (fuites et extinction)	040201
Fabrication de combustibles solides défumés	040204
Production de sulfate d'ammonium	040404 (*)
Extraction des combustibles fossiles solides et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles solides]	
Extraction des combustibles fossiles solides	0501xx
Extraction des combustibles liquides et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles liquides]	
Extraction des combustibles fossiles liquides	050201
Distribution de combustibles liquides (sauf essence)	0504xx
Distribution essence, transport et dépôts (excepté stations service)	050502
Stations service (y compris refoulement des réservoirs)	050503
Torchères dans l'extraction de gaz et de pétrole	090206 (*)
Extraction des combustibles gazeux et distribution d'énergie [Extraction et distribution de combustibles gazeux]	
Installations de combustion et stations de compression	0105xx
Extraction des combustibles fossiles gazeux	0503xx
Réseaux de distribution de gaz	0506xx
Torchères dans l'extraction de gaz et de pétrole	090206 (*)
Extraction énergie et distribution autres (géothermie, …) [Extraction et distribution de combustibles - autres]	
Géothermie	050700
Autres secteurs de l'industrie de l'énergie [Autres secteurs de l'industrie de l'énergie]	
Production d'électricité - Autres équipements (incinération de déchets domestiques avec récupération d'énergie)	010106
Transformation des combustibles solides autres	010407
Autres mises en décharge de déchets solides	090403 (*)
Industrie manufacturière, construction	
Chimie organique, non-organique et divers [Chimie]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Autres fours sans contact	030205
Récupération de soufre (unités Claus)	040103 (*)
Production de silicium	040303
Production d'acide sulfurique	040401 (*)
Production d'acide nitrique	040402
Production d'ammoniac	040403
Production de sulfate d'ammonium	040404 (*)
Production de nitrate d'ammonium	040405
Production de phosphate d'ammonium	040406
Production d'engrais NPK	040407
Production d'urée	040408
Production de noir de carbone	040409
Production de dioxyde de titane	040410
Production de graphite	040411
Production de carbure de calcium	040412
Production de chlore	040413
Production d'engrais phosphatés	040414
Autres productions de l'industrie chimique inorganique	040416
Procédés de l'industrie chimique organique	0405xx
Industrie manufacturière, construction (suite)	

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Chimie organique, non-organique et divers [Chimie] (suite)	
Production et utilisation de carbonate de sodium	040619 (*)
Production de produits explosifs	040622
Autres décarbonatations (neutralisation des effluents acides à partir de castine)	040631 (*)
Production d'halocarbures et d'hexafluorure sulfurique	0408xx
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Fabrication de produits pharmaceutiques	060306
Fabrication de peinture	060307
Fabrication d'encre	060308
Fabrication de colles	060309
Autres fabrications et mises en œuvre de produits chimiques	060314
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Bombes aérosols	060506 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Autres utilisations du HFC, PFC et SF_6	060508 (*)
Utilisation non énergétique de produits combustibles et solvants	060604 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Incinération des déchets industriels (sauf torchères)	090202 (*)
Torchères dans l'industrie chimique	090204
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Construction [Construction]	
Produits de recouvrement des routes (stations d'enrobage)	030313
Matériaux asphaltés pour toiture	040610
Recouvrement des routes par l'asphalte	040611
Chantiers et BTP	040624
Application de peinture - Bâtiment et construction (sauf 060107)	060103
Application de peinture - Bois	060107 (*)
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Application de colles et adhésifs	060405 (*)
Protection du bois	060406 (*)
Usure des chaussures	060603 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Bien d'équipements, construction mécanique, électrique, électronique et matériels de transports [Biens d'équipements, matériels de transport]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Galvanisation	040307 (*)
Traitement électrolytique	040308 (*)
Autres procédés de l'industrie des métaux non-ferreux	040309 (*)
Fabrication d'accumulateurs	040615
Application de peinture - Construction de véhicules automobiles	060101
Application de peinture - Construction de bateaux	060106
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Dégraissage des métaux	060201 (*)
Fabrication de composants électroniques	060203
Mise en œuvre du polychlorure de vinyle	060302 (*)
Mise en œuvre du polyuréthane	060303 (*)
Application de colles et adhésifs	060405 (*)
Traitement de protection du dessous des véhicules	060407
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Mise en œuvre de mousse (excepté 060304)	060504 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Autres utilisations du HFC, PFC et SF_6	060508 (*)
Utilisation non énergétique de produits combustibles et solvants	060604 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Agro-alimentaire [Agro-alimentaire]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Autres procédés énergétiques avec contact (déshydratation de fourrage vert)	030326
Fabrication de pain	040605
Production de vin	040606
Production de bière	040607
Production d'alcools	040608
Manutention de céréales	040621
Production de sucre	040625
Production de farine	040626
Fumage des viandes	040627
Extraction d'huiles comestibles et non comestibles	060404
Industrie manufacturière, construction (suite)	
Agro-alimentaire [Agro-alimentaire] (suite)	

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Bombes aérosols	060506 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Autres utilisations du HFC, PFC et SF_6	060508 (*)
Utilisation non énergétique de produits combustibles et solvants	060604 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Métallurgie des métaux ferreux [Métallurgie des métaux ferreux]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Régénérateurs de haut fourneau	030203
Chaînes d'agglomération de minerai	030301
Fours de réchauffage pour l'acier et métaux ferreux	030302
Fonderies de fonte grise	030303
Chargement des hauts fourneaux	040202
Coulée de la fonte brute	040203
Fours creuset pour l'acier	040205
Fours à l'oxygène pour l'acier	040206
Fours électriques pour l'acier	040207
Laminoirs	040208
Chaînes d'agglomération de minerai (excepté 030301) (matières premières carbonées)	040209
Autres procédés de la sidérurgie	040210
Production de ferro alliages	040302
Production et utilisation de carbonate de sodium	040619 (*)
Autres décarbonatations (neutralisation des effluents acides à partir de castine)	040631 (*)
Prélaquage	060105 (*)
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Dégraissage des métaux	060201 (*)
Application de colles et adhésifs	060405 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Autres utilisations du HFC, PFC et SF_6	060508 (*)
Utilisation non énergétique de produits combustibles et solvants	060604 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Métallurgie des métaux non-ferreux [Métallurgie des métaux non-ferreux]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Production de plomb de première fusion	030304
Production de zinc de première fusion	030305
Production de cuivre de première fusion	030306
Production de plomb de seconde fusion	030307
Production de zinc de seconde fusion	030308
Production de cuivre de seconde fusion	030309
Production d'aluminium de seconde fusion	030310
Production d'alumine	030322
Production de magnésium (traitement à la dolomie)	030323
Production de nickel (procédé thermique)	030324
Production d'aluminium (électrolyse)	040301
Production de magnésium (excepté 030323)	040304
Production de nickel (excepté 030324)	040305
Fabrication de métaux alliés	040306
Autres procédés de l'industrie des métaux non-ferreux	040309 (*)
Production d'acide sulfurique	040401 (*)
Production et utilisation de carbonate de sodium	040619 (*)
Autres décarbonatations (dolomie en magnésium)	040631 (*)
Prélaquage	060105 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Minéraux non-métalliques et matériaux de construction [Minéraux non-métalliques, matériaux de construction]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Fours à plâtre	030204
Production de ciment	030311
Production de chaux	030312
Production de verre plat	030314
Production de verre creux	030315
Production de fibre de verre (hors liant)	030316
Industrie manufacturière, construction (suite)	
Minéraux non-métalliques et matériaux de construction [Minéraux non-métalliques, matériaux de construction] (suite)	
Autres productions de verres	030317

Secteurs et sous-secteurs SECTEN (*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	CODE SNAP
Production de fibres minérales (hors liant)	030318
Production de tuiles et briques	030319
Production de céramiques fines	030320
Production d'émail	030325
Production d'acide sulfurique	040401 (*)
Fabrication de panneaux agglomérés	040601
Ciment (décarbonatation)	040612
Verre (décarbonatation)	040613
Chaux (décarbonatation)	040614
Autres (y compris produits contenant de l'amiante)	040617
Exploitation de carrières	040623
Tuiles et briques (décarbonatation)	040628
Céramiques fines (décarbonatation)	040629
Autres décarbonatations (émail)	040631 (*)
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Enduction de fibres de verre	060401
Enduction de fibres minérales	060402
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Papier, carton [Papier, carton]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Papeterie (séchage)	030321
Fabrication de pâte à papier (procédé kraft)	040602
Fabrication de pâte à papier (procédé au bisulfite)	040603
Fabrication de pâte à papier (procédé mi-chimique)	040604
Papeterie (décarbonatation)	040630
Autres décarbonatations (neutralisation des effluents acides à partir de castine)	040631 (*)
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Application de colles et adhésifs	060405 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Autres secteurs de l'industrie et non spécifié [Autres industries manufacturières]	
Chaudières, turbines à gaz, moteurs fixes	0301xx (*)
Galvanisation	040307 (*)
Traitement électrolytique	040308 (*)
Production et utilisation de carbonate de sodium	040619 (*)
Travail du bois	040620
Application de peinture - Bois	060107 (*)
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Dégraissage des métaux	060201 (*)
Autres nettoyages industriels	060204
Mise en œuvre du polyester	060301
Mise en œuvre du polychlorure de vinyle	060302 (*)
Mise en œuvre du polyuréthane	060303 (*)
Mise en œuvre de mousse de polystyrène	060304
Mise en œuvre du caoutchouc	060305
Fabrication de supports adhésifs, films et photos	060311
Apprêtages des textiles	060312
Tannage du cuir	060313
Imprimerie	060403
Application de colles et adhésifs	060405 (*)
Protection du bois	060406 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Mise en œuvre de mousse (excepté 060304)	060504 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Bombes aérosols	060506 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Autres utilisations du HFC, PFC et SF_6	060508 (*)
Utilisation non énergétique de produits combustibles et solvants	060604 (*)
Engins spéciaux - Industrie	0808xx (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Traitement centralisé des déchets	
Stockage des déchets [Stockage des déchets]	
Décharges compactées de déchets solides	090401
Décharges non-compactées de déchets solides	090402

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Autres mises en décharge de déchets solides	090403 (*)
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Incinération sans récupération d'énergie [Incinération sans récupération d'énergie]	
Incinération des déchets domestiques et municipaux (hors récupération d'énergie)	090201
Incinération des déchets industriels (sauf torchères)	090202 (*)
Incinération des boues résiduelles du traitement des eaux	090205
Incinération des déchets hospitaliers	090207
Incinération des huiles usagées	090208
Feux ouverts de déchets agricoles (hors 1003xx)	090701 (*)
Incinération de carcasses animales	090902
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Autres traitements des déchets solides [Autres traitements des déchets solides]	
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Production de compost à partir de déchets	091005 (*)
Production de biogaz	091006
Production de combustibles dérivés à partir de déchets	091008
Traitement des eaux usées [Traitement des eaux usées]	
Traitement des eaux usées dans l'industrie	091001 (*)
Traitement des eaux usées dans le secteur résidentiel/commercial	091002 (*)
Latrines	091007
Résidentiel, tertiaire, commercial et institutionnel	
Résidentiel [Résidentiel]	
Résidentiel (combustion)	0202xx
Utilisation domestique de peinture (sauf 060107)	060104
Application de peinture - Bois	060107 (*)
Autres applications de peinture (hors industrie)	060109
Application de colles et adhésifs	060405 (*)
Utilisation domestique de solvants (autre que la peinture)	060408
Utilisation domestique de produits pharmaceutiques	060411
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Mise en œuvre de mousse (excepté 060304)	060504 (*)
Bombes aérosols	060506 (*)
Autres utilisations de HFC, PFC, SF_6	060508 (*)
Utilisation des feux d'artifice	060601 (*)
Consommation de tabac	060602
Usure des chaussures	060603 (*)
Utilisation non énergétique de produits combustibles et solvants	060604 (*)
Engins spéciaux - Loisir, jardinage	0809xx
Incinération des déchets industriels (sauf torchères)	090202 (*)
Feux ouverts de déchets verts	090702
Feux ouverts - Autres (feux de véhicules, etc.)	090703
Traitement des eaux usées dans le secteur résidentiel/commercial	091002 (*)
Production de compost à partir de déchets	091005 (*)
Tertiaire, commercial et institutionnel [Tertiaire]	
Commercial et institutionnel (combustion)	0201xx
Réparations de véhicules	060102
Application de peinture - Bois	060107 (*)
Autres applications industrielles de peinture	060108 (*)
Nettoyage à sec	060202
Préparation des carrosseries de véhicules	060409
Anesthésie	060501
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	060503 (*)
Mise en œuvre de mousse (excepté 060304)	060504 (*)
Extincteurs d'incendie	060505 (*)
Bombes aérosols	060506 (*)
Equipements électriques	060507 (*)
Autres utilisations du HFC, PFC et SF_6	060508 (*)
Utilisation des feux d'artifice	060601 (*)
Usure des chaussures	060603 (*)
Activités militaires	080100
Crémation	090901
Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTCATF	
Bovins [Bovins]	
Fermentation entérique – Vaches laitières	100401
Fermentation entérique – Autres bovins	100402
Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTCATF (suite)	
Bovins [Bovins] (suite)	
Déjections animales- Vaches laitières (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100501 (*)
Déjections animales – Autres bovins (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100502 (*)

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Porcins [Porcins]	
Fermentation entérique – Porcins à l'engraissement	100404
Fermentation entérique – Truies	100412
Déjections animales- Porcins à l'engraissement (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100503 (*)
Déjections animales – Truies (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100504 (*)
Volailles [Volailles]	
Fermentation entérique – Poules	100408
Fermentation entérique – Poulets	100409
Fermentation entérique – Autres volailles (canards, oies, …)	100410
Déjections animales- Poules (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100507 (*)
Déjections animales – Poulets (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100508 (*)
Déjections animales – Autres volailles (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100509 (*)
Autres émissions de l'élevage [Autres émissions de l'élevage]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Fermentation entérique – Ovins	100403
Fermentation entérique – Chevaux	100405
Fermentation entérique – Mules et ânes	100406
Fermentation entérique – Caprins	100407
Fermentation entérique – Chameaux	100413
Fermentation entérique – Buffles	100414
Fermentation entérique – Autres	100415
Déjections animales – Moutons (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100505 (*)
Déjections animales – Chevaux (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100506 (*)
Déjections animales – Animaux à fourrure (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100510 (*)
Déjections animales – Caprins (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100511 (*)
Déjections animales – Ânes et mulets (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100512 (*)
Déjections animales – Chameaux (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100513 (*)
Déjections animales – Buffles (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100514 (*)
Déjections animales – Autres (Bâtiments / Stockage) (sauf COVNM et NOx)	100515 (*)
Composés azotés issus des déjections animales	1009xx
Engrais et amendements minéraux [Engrais et amendements minéraux]	
Culture avec engrais- Cultures permanentes (sauf COVNM et NOx)	100101 (*)
Culture avec engrais - Terres arables (sauf COVNM et NOx)	100102 (*)
Culture avec engrais - Rizières (sauf COVNM et NOx)	100103 (*)
Culture avec engrais - Vergers (sauf COVNM et NOx)	100104 (*)
Culture avec engrais - Prairies (sauf COVNM et NOx)	100105 (*)
Utilisation de pesticides et de calcaire – Agriculture	100601
Engrais et amendements organiques [Engrais et amendements organiques]	
Culture avec engrais- Cultures permanentes (sauf COVNM et NOx)	100101 (*)
Culture avec engrais - Terres arables (sauf COVNM et NOx)	100102 (*)
Culture avec engrais - Rizières (sauf COVNM et NOx)	100103 (*)
Culture avec engrais - Vergers (sauf COVNM et NOx)	100104 (*)
Culture avec engrais - Prairies (sauf COVNM et NOx)	100105 (*)
Epandage des boues	091003
Pâtures [Pâtures]	
Culture avec engrais- Cultures permanentes (sauf COVNM et NOx)	100101 (*)
Culture avec engrais - Terres arables (sauf COVNM et NOx)	100102 (*)
Culture avec engrais - Rizières (sauf COVNM et NOx)	100103 (*)
Culture avec engrais - Vergers (sauf COVNM et NOx)	100104 (*)
Culture avec engrais - Prairies (sauf COVNM et NOx)	100105 (*)
Brûlage de résidus agricoles [Brûlage de résidus agricoles]	
Brûlage de résidus agricoles - Céréales	100301
Brûlage de résidus agricoles - Légumes	100302
Brûlage de résidus agricoles - Racines et tubercules	100303
Brûlage de résidus agricoles -Cannes à sucre	100304
Brûlage de résidus agricoles - Autres	100305
Feux ouverts de déchets agricoles (hors 1003xx)	090701 (*)
Autres émissions des cultures [Autres émissions des cultures]	
Culture avec engrais- Cultures permanentes (sauf COVNM et NOx)	100101 (*)
Culture avec engrais - Terres arables (sauf COVNM et NOx)	100102 (*)
Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTCATF (suite)	
Autres émissions des cultures [Autres émissions des cultures] (suite)	
Culture avec engrais - Rizières (sauf COVNM et NOx)	100103 (*)
Culture avec engrais - Vergers (sauf COVNM et NOx)	100104 (*)

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Culture avec engrais - Prairies (sauf COVNM et NOx)	100105 (*)
Engins, moteurs et chaudières en l'agriculture/sylviculture [Engins, moteurs et chaudières en l'agriculture/sylviculture]	
Installations de combustion - Agriculture, sylviculture	0203xx
Engins spéciaux - Agriculture	0806xx
Engins spéciaux - Sylviculture	0807xx
Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTCATF - non incluse dans le total France *[Agriculture - hors total]*	
Sources biotiques agricoles [Sources biotiques agricoles]	
Culture avec engrais (COVNM et NOx de l'agriculture)	1001xx (*)
Culture sans engrais (COVNM)	1002xx
Déjections animales (COVNM et NOx)	1005xx (*)
Transports	
Voitures particulières à moteur diesel [VP diesel]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Voitures particulières	0701xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Voitures particulières à moteur essence [VP essence]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Voitures particulières	0701xx (*)
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Voitures particulières à moteur essence et GPL [VP GPL]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Voitures particulières	0701xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Voitures particulières à moteur GNV [VP GNV]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Voitures particulières	0701xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Voitures particulières à moteur électrique [VP électriques]	
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Véhicules utilitaires légers à moteur diesel [VUL diesel]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Véhicules utilitaires légers < 3,5 t	0702xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Véhicules utilitaires légers à moteur essence [VUL essence]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Véhicules utilitaires légers < 3,5 t	0702xx (*)
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Véhicules utilitaires légers à moteur électrique [VUL électriques]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Véhicules utilitaires légers < 3,5 t	0702xx (*)
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Poids lourds à moteur diesel (y.c. bus et cars) [PL diesel (y.c. bus et cars)]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Poids lourds > 3,5 t et bus	0703xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Poids lourds à moteur essence (y.c. bus et cars) [PL essence (y.c. bus et cars)]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Poids lourds > 3,5 t et bus	0703xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Poids lourds à moteur GNV (y.c. bus et cars) [PL GNV (y.c. bus et cars)]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Poids lourds > 3,5 t et bus	0703xx (*)
Transports (suite)	
Poids lourds à moteur GNV (y.c. bus et cars) [PL GNV (y.c. bus et cars)] (suite)	
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Poids lourds à moteur électrique (y.c. bus et cars) [PL électriques (y.c. bus et cars)]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Poids lourds > 3,5 t et bus	0703xx (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Deux roues à moteur essence [Deux roues essence]	
Motocyclettes et motos < 50 cm^3	070400
Motos > 50 cm^3	0705xx
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Deux roues à moteur diesel [Deux roues diesel]	
Motocyclettes et motos < 50 cm^3	070400
Motos > 50 cm^3	0705xx
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Deux roues à moteur électrique [Deux roues électriques]	
Motocyclettes et motos < 50 cm^3	070400
Motos > 50 cm^3	0705xx
Evaporation d'essence des véhicules	070600 (*)
Abrasion des pneus et plaquettes de freins	070700 (*)
Usure des routes	070800 (*)
Transport ferroviaire [Transport ferroviaire]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Trafic ferroviaire	0802xx
Transport fluvial de marchandises[Transport fluvial de marchandises]	
Navigation intérieure de transport de marchandises	080304 (*)
Transport maritime français [Transport maritime domestique]	
Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	060502 (*)
Trafic maritime national dans la zone EMEP	080402
Pêche nationale	080403
Transport autres navigations [Transport autres navigations]	
Bateaux à moteurs/usage professionnel	080302
Transport aérien français [Transport aérien français]	
Bombes aérosols	060506 (*)
Trafic domestique (cycle d'atterrissage/décollage - < 1000 m)	080501
Trafic international (cycle d'atterrissage/décollage - < 1000 m) (substances hors gaz à effet de serre)	080502 (*)
Trafic domestique de croisière (> 1000 m) (gaz à effet de serre uniquement)	080503 (*)
Trafic domestique (cycle d'atterrissage/décollage - < 1000 m) - Abrasion des pneus et des freins	080505
Trafic international (cycle d'atterrissage/décollage - < 1000 m) - Abrasion des pneus et des freins	080506
Transports - non inclus dans le total France *[Transports - hors total]*	
Trafic fluvial hors contribution nationale [Transport fluvial international] (gaz à effet de serre uniquement)	
Navigation intérieure de transport de marchandises	080304 (*)
Trafic maritime international (soutes internationales) [Transport maritime international]	
Trafic maritime international (soutes internationales)	080404
Transport aérien hors contribution nationale [Transport aérien international]	
Bombes aérosols	060506 (*)
Trafic international (cycle d'atterrissage/décollage - < 1000 m) (gaz à effet de serre uniquement)	080502 (*)
Trafic domestique de croisière (> 1000 m) (substances hors gaz à effet de serre)	080503 (*)
Trafic international de croisière (> 1000 m)	080504
Autres engins hors contribution nationale [Autres engins hors contribution nationale]	
Autres machines - échappement moteur (fusée)	081001
Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (Gaz à effet de serre uniquement) [UTCATF]	
Forêts [Forêts]	
Feux de forêt (CH_4 et N_2O)	1103xx (*)
Forêt restant forêt - tropical	113101 (*)
Terre cultivée devenant forêt - tropical	113102 (*)
Prairie devenant forêt - tropical	113103 (*)
Terre humide devenant forêt - tropical	113104 (*)
Zone urbanisée devenant forêt - tropical	113105 (*)
Autre terre devenant forêt - tropical	113106 (*)
Forêt restant forêt - tempéré	113111 (*)
Terre cultivée devenant forêt - tempéré	113112 (*)
Prairie devenant forêt - tempéré	113113 (*)
Terre humide devenant forêt - tempéré	113114 (*)
Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (Gaz à effet de serre uniquement) [UTCATF] (suite)	
Forêts [Forêts] (suite)	
Zone urbanisée devenant forêt - tempéré	113115 (*)

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Autre terre devenant forêt - tempéré	113116 (*)
Terres cultivées [Terres cultivées]	
Terre cultivée restant Terre cultivée - tropical	113201 (*)
Forêt devenant Terre cultivée - tropical	113202 (*)
Prairie devenant Terre cultivée - tropical	113203 (*)
Terre humide devenant Terre cultivée - tropical	113204 (*)
Zone urbanisée devenant Terre cultivée - tropical	113205 (*)
Autre terre devenant Terre cultivée - tropical	113206 (*)
Terre cultivée restant Terre cultivée - tempéré	113211 (*)
Forêt devenant Terre cultivée - tempéré	113212 (*)
Prairie devenant Terre cultivée - tempéré	113213 (*)
Terre humide devenant Terre cultivée - tempéré	113214 (*)
Zone urbanisée devenant Terre cultivée - tempéré	113215 (*)
Autre terre devenant Terre cultivée - tempéré	113216 (*)
Prairies [Prairies]	
Prairie restant Prairie - tropical	113301 (*)
Forêt devenant Prairie - tropical	113302 (*)
Terre cultivée devenant Prairie - tropical	113303 (*)
Terre humide devenant Prairie - tropical	113304 (*)
Zone urbanisée devenant Prairie - tropical	113305 (*)
Autre terre devenant Prairie - tropical	113306 (*)
Prairie restant prairie - tempéré	113311 (*)
Forêt devenant prairie - tempéré	113312 (*)
Terre cultivée devenant prairie - tempéré	113313 (*)
Terre humide devenant prairie - tempéré	113314 (*)
Zone urbanisée devenant prairie - tempéré	113315 (*)
Autre terre devenant prairie - tempéré	113316 (*)
Zones artificielles [Zones artificielles]	
Zone urbanisée restant Zone urbanisée - tropical	113501 (*)
Forêt devenant Zone urbanisée - tropical	113502 (*)
Terre cultivée devenant Zone urbanisée - tropical	113503 (*)
Prairie devenant Zone urbanisée - tropical	113504 (*)
Terre humide devenant Zone urbanisée - tropical	113505 (*)
Autre terre devenant Zone urbanisée - tropical	113506 (*)
Zone urbanisée restant Zone urbanisée - tempéré	113511 (*)
Forêt devenant Zone urbanisée - tempéré	113512 (*)
Terre cultivée devenant Zone urbanisée - tempéré	113513 (*)
Prairie devenant Zone urbanisée - tempéré	113514 (*)
Terre humide devenant Zone urbanisée - tempéré	113515 (*)
Autre terre devenant Zone urbanisée - tempéré	113516 (*)
Zones humides [Zones humides]	
Terre humide restant Terre humide - tropical	113401 (*)
Forêt devenant Terre humide - tropical	113402 (*)
Terre cultivée devenant Terre humide - tropical	113403 (*)
Prairie devenant Terre humide - tropical	113404 (*)
Zone urbanisée devenant Terre humide - tropical	113405 (*)
Autre terre devenant Terre humide - tropical	113406 (*)
Terre humide restant Terre humide - tempéré	113411 (*)
Forêt devenant Terre humide - tempéré	113412 (*)
Terre cultivée devenant Terre humide - tempéré	113413 (*)
Prairie devenant Terre humide - tempéré	113414 (*)
Zone urbanisée devenant Terre humide - tempéré	113415 (*)
Autre terre devenant Terre humide - tempéré	113416 (*)
Autres terres [Autres terres]	
Autre terre restant Autre terre - tropical	113601 (*)
Forêt devenant Autre terre - tropical	113602 (*)
Terre cultivée devenant Autre terre - tropical	113603 (*)
Prairie devenant Autre terre - tropical	113604 (*)
Terre humide devenant Autre terre - tropical	113605 (*)
Zone urbanisée devenant Autre terre - tropical	113606 (*)
Autre terre restant Autre terre - tempéré	113611 (*)
Forêt devenant Autre terre - tempéré	113612(*)
Terre cultivée devenant Autre terre - tempéré	113613 (*)
Prairie devenant Autre terre - tempéré	113614 (*)
Terre humide devenant Autre terre - tempéré	113615 (*)
Zone urbanisée devenant Autre terre - tempéré	113616 (*)

Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (Gaz à effet de serre uniquement) [UTCATF] (suite)	
Produits bois [Produits bois]	
Autres / Produits Bois	112500

Secteurs et sous-secteurs SECTEN	CODE SNAP
(*) l'astérisque indique que cette activité intervient partiellement dans le périmètre du sous-secteur [intitulé du secteur utilisé dans les tableaux du rapport]	
Barrages [Barrages]	
Forêt devenant Terre humide - tropical	113402 (*)
Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie - non inclus dans le total France [UTCATF - hors total]	
Feux de forêt (substances hors gaz à effet de serre)	1103xx (*)
Zones humides	1105xx
Eaux	1106xx
UTCATF 113xxx (substances hors gaz à effet de serre)	113xxx (*)
Emissions naturelles - non incluses dans le total France [Emissions naturelles - hors total]	
Végétation [Végétation]	
Forêts naturelles de feuillus	1101xx
Forêts naturelles de conifères	1102xx
Prairies naturelles et autres végétations	1104xx
Forêts de feuillus exploitées	111100
Forêts de conifères exploitées	111200
Autres émissions naturelles [Autres émissions naturelles]	
Animaux	1107xx
Volcans	110800
Foudre	111000

Liste des combustibles considérés dans les différents secteurs

Gaz naturel, gaz naturel véhicule
Gaz de cokerie
Gaz de pétrole liquéfie
Gaz de pétrole liquéfie carburant
Gaz de haut-fourneau
Gaz de raffinerie et de pétrochimie
Déchets industriels gazeux
Biogaz, gaz de décharge
Autres combustibles gazeux (hydrogène, …)
Fioul lourd
Fioul domestique
Gazole, gazole non routier
Essence et supercarburant
Agro-carburant essence
Agro-carburant diesel
Kérosène, carburéacteur et essence aviation
Huiles et solvants uses
Autres produits pétroliers
Liqueur noire
Autres combustibles liquides
Charbon, agglomérés et coke
Lignite
Coke de pétrole
Ordures ménagères
Déchets industriels solides
Autres combustibles minéraux solides
Bois et déchets de bois
Autres produits de la biomasse (agricoles, …)
Autres combustibles solides

Citepa, juin 2020. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Format Secten

© Citepa 2020

Les données présentées dans ce rapport sont préparées dans le cadre des travaux d'inventaires nationaux, financés par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) – Direction Générale de l'Energie et du Climat. La rédaction de ce rapport est entièrement financée par le Citepa.

Cette édition annule et remplace toutes les éditions antérieures relatives au même format d'inventaire.

Plus d'informations :

citepa.org/fr/secten | **infos@citepa.org**