

# Évolution des émissions de certains polluants atmosphériques en France métropolitaine

Par Nadine ALLEMAND et Jean-Pierre CHANG

Directeurs adjoints, Citepa

L'évolution des émissions de certains polluants atmosphériques entre 1990 et 2022 et la contribution des grands secteurs émetteurs sont le sujet de cet article avec un éclairage spécifique sur le secteur industriel et la production d'énergie. Les polluants considérés sont le  $\text{SO}_2$ , les  $\text{NO}_x$ , les COVNM et les  $\text{PM}_{2,5}$ . Ces quatre polluants font l'objet d'engagements de réduction des émissions, mis en place par le Protocole de Göteborg amendé de 2012 de la Convention de la Commission pour l'Europe des Nations unies (CEE-NU) et par la directive européenne 2284/2016 relative à la Réduction des émissions de certains polluants atmosphériques, repris dans le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques ou PREPA. La France a réussi à tenir ses engagements de réduction des émissions totales de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , COVNM et  $\text{PM}_{2,5}$  à partir de 2020. La diminution des émissions de ces quatre polluants est significative dans l'ensemble des secteurs émetteurs. Les émissions des secteurs de la production d'énergie et de l'industrie manufacturière étaient très importantes dans les années 1990. Aujourd'hui, leurs contributions dans les émissions totales sont bien moindres face au transport routier et à l'agriculture pour les  $\text{NO}_x$ , au chauffage domestique au bois pour les  $\text{PM}_{2,5}$  et au chauffage domestique au bois et à l'agriculture pour les COVNM. Les émissions de l'industrie de l'énergie ont diminué de 80 % en  $\text{NO}_x$  et de 96 % en  $\text{PM}_{2,5}$  entre 1990 et 2021. Pour l'industrie manufacturière des réductions de 58 % en  $\text{NO}_x$  et 61 % en  $\text{PM}_{2,5}$  ont été obtenues sur la même période. Ces réductions peuvent s'expliquer en partie par des baisses des niveaux de consommation de combustible dans la production d'électricité ou de baisse de l'activité dans certains secteurs industriels, mais rapportées à l'unité de consommation de combustible ou unité de production, les émissions ont diminué sous l'impulsion des réglementations mises en œuvre et notamment la directive Émissions industrielles qui a imposé le recours aux meilleures techniques disponibles ou équivalent. Pour 2030, les actions de réduction devront se poursuivre pour assurer le respect des prochains engagements, notamment pour les  $\text{NO}_x$  et les  $\text{PM}_{2,5}$ .

## Introduction, contexte

L'évolution des émissions de certains polluants atmosphériques entre 1990 et 2022 et la contribution des grands secteurs émetteurs sont le sujet de cet article avec un éclairage spécifique sur le secteur industriel. Les polluants considérés sont le  $\text{SO}_2$ , les  $\text{NO}_x$ , les COVNM et les  $\text{PM}_{2,5}$ . Ces quatre polluants font l'objet d'engagements de réduction des émissions, mis en place par le Protocole de Göteborg amendé de 2012 [1] de la Convention de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-NU) [2] et par la directive européenne 2284/2016 relative à la Réduction des émissions de certains polluants atmosphériques [3]. Le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques ou PREPA [4] constitue la réponse à ces engagements au niveau français. L'ammoniac couvert par ces textes, ayant des origines beaucoup plus liées aux activités agricoles, n'est traité que succinctement ici. Les métaux lourds et les compo-

sés organiques persistants<sup>1</sup> ne sont pas traités. L'article ne traite pas non plus des émissions de gaz à effet de serre.

Par ailleurs le  $\text{SO}_2$ , le  $\text{NO}_2$ , certains COVNM (Benzène) et les  $\text{PM}_{2,5}$  font l'objet de valeurs limites de concentration dans l'air ambiant [5], encore bien souvent dépassées en France dans certaines agglomérations pour le  $\text{NO}_2$  et les  $\text{PM}_{2,5}$ . Les concentrations d'ozone sont en croissance dans l'air ambiant. Il s'agit là d'un polluant secondaire formé principalement à partir de précurseurs tels que  $\text{NO}_x$ , COVNM et méthane, sous l'impact du rayonnement solaire et de conditions météorologiques favorables.

Cela étant, une amélioration de la qualité de l'air est observée selon le dernier état de la qualité de l'air publié par le Service des Données et Études Statistiques (SDES) en décembre 2023 [6]. Cette amé-

<sup>1</sup> Le lecteur peut se référer au rapport SECTEN 2023 pour des compléments sur ces polluants.

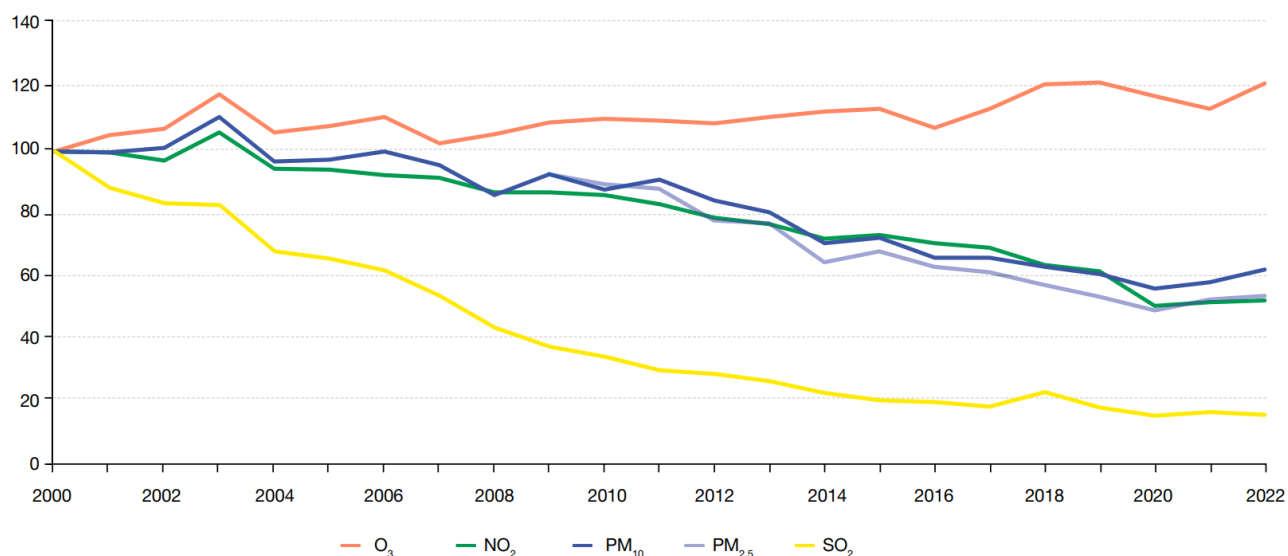


Figure 1 : Évolution des concentrations de certains polluants en moyenne annuelle entre 2000 et 2022 en France métropolitaine hors Corse (Source : Geod'air, juin 2023. Traitements : SDES, 2023).

Notes :

- la méthode de mesure des  $PM_{10}$  a évolué en 2007 afin d'être équivalente à celle définie au niveau européen. Elle permet désormais de mesurer une fraction des particules non prise en compte avant 2007 et a eu pour conséquence une augmentation des concentrations. L'indice calculé ici étant un indice-chaîne qui mesure les évolutions par couple d'années (avec ancienne et nouvelle méthode pour l'année 2007), il n'y a pas de rupture de série malgré le changement de méthode ;
- les mesures de  $PM_{2,5}$  sont suffisamment nombreuses depuis 2009. La courbe les concernant débute ainsi en 2009, en prenant comme hypothèse que l'indice  $PM_{2,5}$  en 2009 était égal à l'indice  $PM_{10}$ .

lioration s'explique par les actions menées depuis de nombreuses années, pour réduire les émissions des principales sources d'émission à toutes les échelles du territoire en France mais aussi par les actions de réduction engagées au niveau international, que ce soit par la CEE-NU avec la Convention Air [2] et la Commission européenne [3].

Cet article présente le dernier état de la qualité de l'air publié par le SDES en décembre 2023 [6], l'évolution des émissions de certains polluants  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $COVNM$ ,  $NH_3$  et  $PM_{2,5}$  selon divers secteurs émetteurs et dresse un bilan de l'évolution des émissions de  $NO_x$  et  $PM_{2,5}$  de l'industrie manufacturière et de l'industrie de l'énergie. Les bilans d'émissions sont issus du rapport SECTEN de 2023 [7] et du rapport OMINEA 2023 [8] élaborés par le Citepa dans le cadre de sa mission d'intérêt général d'élaboration des inventaires d'émissions nationaux. Cette mission est confiée à Citepa par le ministère de la Transition écologique et la Cohésion des territoires (MTECT) dans le cadre du SNIEBA [9].

## État de la qualité de l'air en 2022 et impacts sanitaires de la pollution atmosphérique

Selon le dernier bilan édité par le SDES [6], la qualité de l'air en France entre 2000 et 2022 s'est améliorée. Les concentrations de  $SO_2$ ,  $NO_2$ , de  $PM_{10}$  et de  $PM_{2,5}$  ont bien diminué sur cette période (cf. Figure 1). Les concentrations moyennes annuelles en fond urbain sont, en 2022, de  $15 \mu g/m^3$  en  $NO_2$ , de  $16 \mu g/m^3$  en  $PM_{10}$  et de  $10 \mu g/m^3$  en  $PM_{2,5}$  [6]. En matière d'ozone,

les teneurs moyennes en fond urbain sont malheureusement à la hausse sur la période, avec des années présentant des niveaux élevés (2003 ; 2018 à 2020 et 2022).

Le nombre d'agglomérations<sup>2</sup> présentant des dépassements des valeurs limites de concentrations réglementaires selon la directive 2008/50/CE [5] est de 4 pour le  $NO_2$  (Lyon, Paris, Perpignan et Strasbourg) et de 3 pour les  $PM_{10}$  (Marseille, Aix-en-Provence et Mayotte) en 2022. Ce nombre était beaucoup plus important auparavant. Le seuil réglementaire en  $O_3$ , fixé pour la protection de la santé, est dépassé en moyenne triennale sur la période 2020-2022 dans 20 agglomérations.

Il est à noter que la directive 2008/50/CE est en cours de révision [11]. Les nouvelles valeurs guides de l'OMS, publiées en 2021, pourraient être adoptées pour 2035 [10]. En 2030, des seuils intermédiaires sont proposés par le projet de directive en cours de négociation.

La pollution atmosphérique est reconnue pour avoir des impacts sanitaires importants. Selon le dernier rapport du Centre thématique européen sur la santé humaine et l'environnement (ETC HE) de l'Agence européenne pour l'environnement publié en 2023 [12], le nombre de morts attribuables à l'exposition à long terme aux  $PM_{2,5}$  et au  $NO_2$  et à court terme à l'ozone (indicateur de mortalité), était de 27 400 en 2021 pour la France et le nombre d'années de vie perdues de 293 500.

<sup>2</sup> La définition d'une agglomération retenue dans le cadre du bilan est celle de l'unité urbaine définie par l'Insee. Selon le zonage 2020, elles sont au nombre de 2 467.

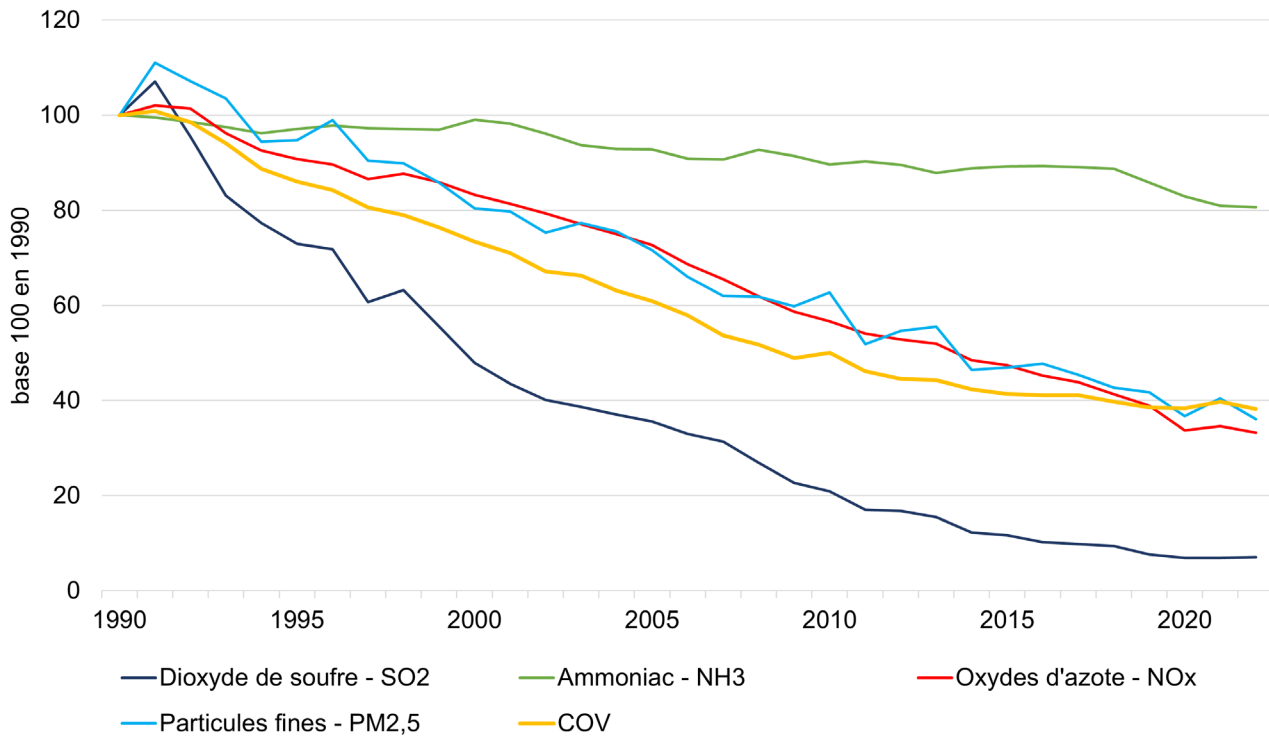


Figure 2 : Évolution des émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub>, COVNM et NH<sub>3</sub> entre 1990 et 2022 (Source : Citepa SECTEN édition 2023 - inventaire national d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques).

L'exposition aux PM<sub>2,5</sub> représente 73 % de ces cas en France<sup>3</sup>.

## Évolution des émissions de polluants

Les émissions présentées ci-après sont issues du rapport SECTEN [7].

Les émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub>, COVNM ont fortement diminué depuis 1990, celles de NH<sub>3</sub> beaucoup moins (cf. Figure 2, en base 100).

Ces réductions des émissions ont été permises par les politiques internationales (Convention sur la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance [2], Commission européenne [13]), nationales et territoriales [4] adoptées et mises en œuvre pour limiter les émissions des polluants primaires. Les émissions industrielles sont contrôlées par la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) [14]. La réglementation ICPE s'est renforcée au fil du temps sous l'impulsion notamment de la directive européenne 2010/75 du 24 novembre 2010 relative aux Émissions industrielles [15] mais

aussi d'autres directives européennes sectorielles. Les émissions des véhicules routiers sont contrôlées depuis les années 1990 avec la mise en place de directives et règlements européens instituant les normes Euro limitant les émissions de polluants à l'échappement des véhicules mais également aux mesures de soutien au renouvellement du parc de véhicules et l'usage de véhicules moins émetteurs. La norme Euro 7 est en cours de discussion à Bruxelles [16]. La France a notamment établi son premier plan national de réduction des émissions de polluants (PREPA) en 2017. Elle a publié la deuxième version en décembre 2022 [4]. Le PREPA met en place une série de mesure de réduction des émissions dans tous les secteurs émetteurs. Le PREPA reprend les engagements de réduction des émissions imposés par le Protocole de Göteborg à partir de 2020 [1] et la directive européenne 2284/2016 [3] à partir de 2030 avec, de plus, un engagement en 2025, comme le présente le tableau page suivante.

Les inventaires des émissions [7] permettent de suivre l'évolution des émissions par rapport à ces objectifs comme cela est présenté dans les analyses suivantes.

Les politiques énergie climat [18] favorisent les baisses des consommations d'énergie par de meilleures efficacités énergétiques dans le bâtiment, les transports, l'industrie, les installations de combustion..., par la substitution des combustibles fossiles et l'évolution des caractéristiques des combustibles utilisés, etc. Les mesures énergie climat ont en général un effet gagnant-gagnant à la fois sur le climat et la qualité de l'air en favorisant le plus souvent aussi la réduction des émissions de polluants. Cela étant, dans certains cas,

<sup>3</sup> En 2023, les évaluations menées par l'ETC pour 2021 prennent en compte les valeurs guides de l'OMS de 2021, soit les niveaux recommandés pour la qualité de l'air de 5 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2,5</sub>, 10 µg/m<sup>3</sup> pour le NO<sub>2</sub> et de la somme annuelle des concentrations d'ozone moyennes quotidiennes maximales sur 8 h supérieures à 35 ppb. Le rapport évalue en outre la mortalité et la morbidité sous les indicateurs respectifs de nombre de morts attribuables à l'exposition à long terme à des niveaux de concentrations supérieurs aux valeurs guides et de nombre d'années de vie perdues (YLL) dans chacun des 27 États membres et de 14 autres pays.

Tableau 1 : Réductions des émissions totales de polluants imposées par le PREPA par rapport aux émissions de 2005.

Polluants	Années 2020 à 2024	Années 2025 à 2029	À partir de 2030
SO <sub>2</sub>	- 55 %	- 66 %	- 77 %
NOx	- 50 %	- 60 %	- 69 %
PM <sub>2,5</sub>	- 27 %	- 42 %	- 57 %
COVNM	- 43 %	- 47 %	- 52 %
NH <sub>3</sub>	- 4 %	- 8 %	- 13 %

des mesures climat peuvent avoir des effets négatifs sur la qualité de l'air. C'est le cas du développement de la combustion de bois dans les petits équipements de chauffage domestiques peu performants et très émetteurs de particules et du développement des véhicules diesel avant que les normes d'émissions de NOx et de PM de ces véhicules ne soient considérablement durcies et que les véhicules aux normes les plus contraignantes soient suffisamment présents dans la flotte de véhicules pour éviter les impacts négatifs.

### Émissions de SO<sub>2</sub>

En 2022, les émissions totales de SO<sub>2</sub> ont été réduites de 92,9 % par rapport à 1990 et de 80,1 % par rapport

à 2005. L'engagement de réduction des émissions imposé à partir de 2020 de -55 % par rapport à 2005 a été largement respecté. Celui de 2030 de - 77 % est déjà respecté en 2022 [7], cf. Figure 3.

Les émissions de l'industrie de l'énergie ont diminué de 95 % en 2022 par rapport à 1990 et de 88 % par rapport à 2005. Celles de l'industrie manufacturière ont diminué de 88,2 % en 2022 par rapport à 1990 et de 66,8 % par rapport à 2005. Dans l'ensemble des transports, les émissions ont diminué de 98,5 % en 2022 par rapport à 1990 et de 74 % par rapport à 2005. L'industrie de l'énergie était encore la principale source d'émissions de SO<sub>2</sub> en 2005 avec 52,8 % des émissions totales.

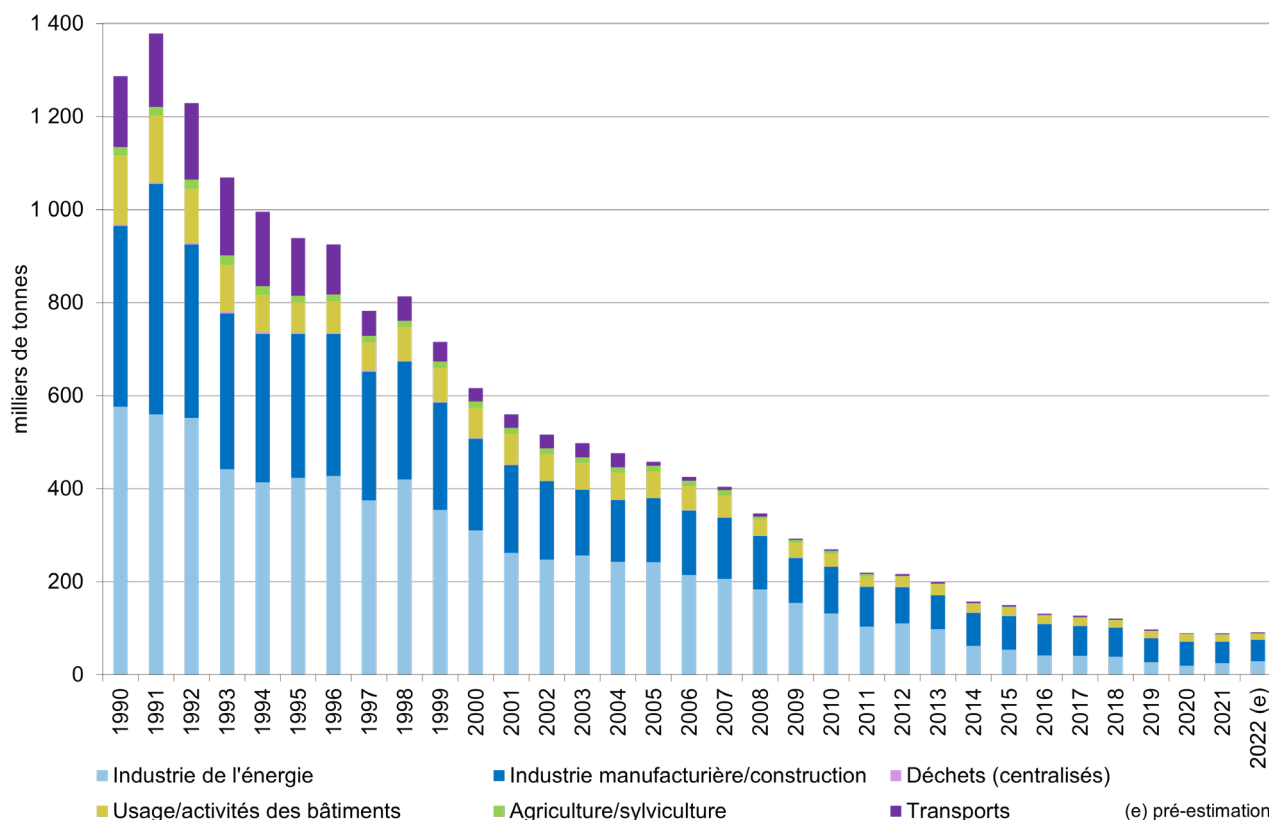


Figure 3 : Évolution des émissions de SO<sub>2</sub> en France métropolitaine depuis 1990 (Source : Citepa SECTEN édition 2023 - inventaire national d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques).

### Émissions de NOx

En 2022, les émissions de NOx ont été réduites de 66,7 % par rapport à 1990 et de 54,2 % par rapport à 2005. L'engagement de réduction des émissions imposé à partir de 2020 de - 50 % par rapport à 2005 a été respecté. L'engagement de 2030, de - 69 % par

rapport à 2005, nécessite la poursuite des actions de réduction dans le transport routier qui reste la première source d'émissions de NOx, cf. Figure 4.

Dans l'ensemble des transports, les émissions ont diminué de 73,7 % en 2022 par rapport à 1990 et de

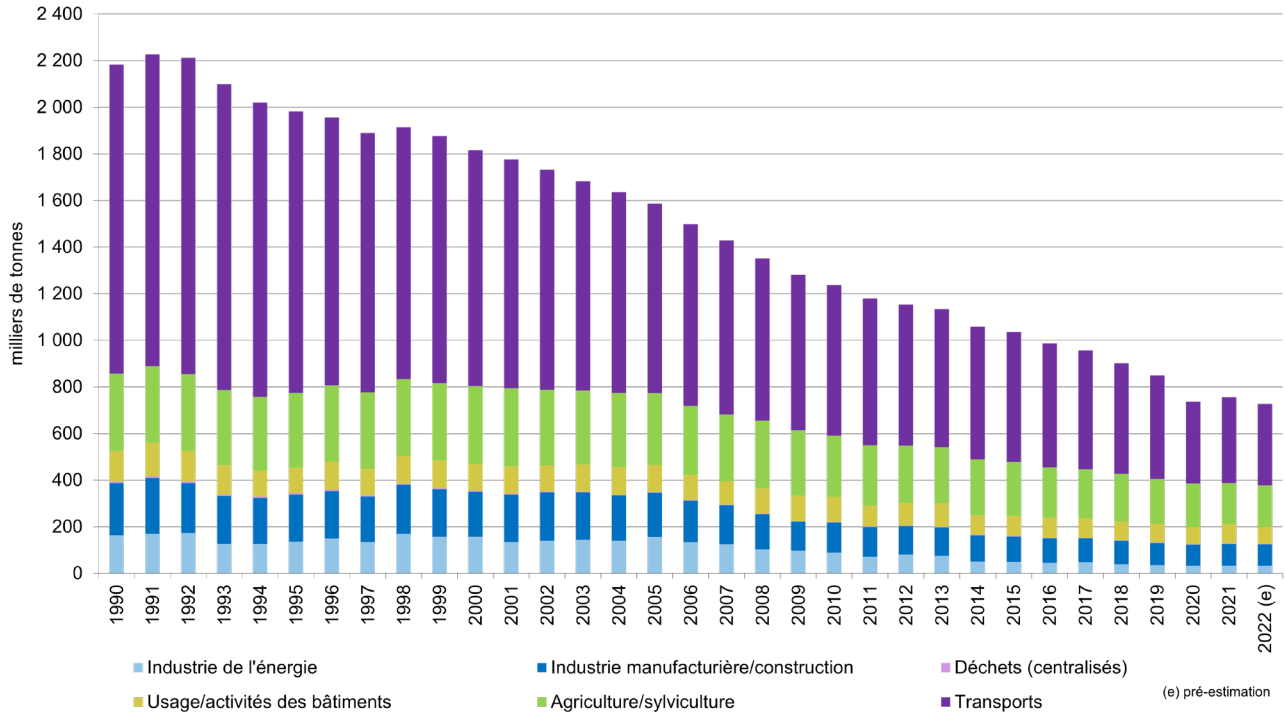


Figure 4 : Évolution des émissions de NOx en France métropolitaine depuis 1990 (Source : Citepa SECTEN édition 2023 - inventaire national d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques).

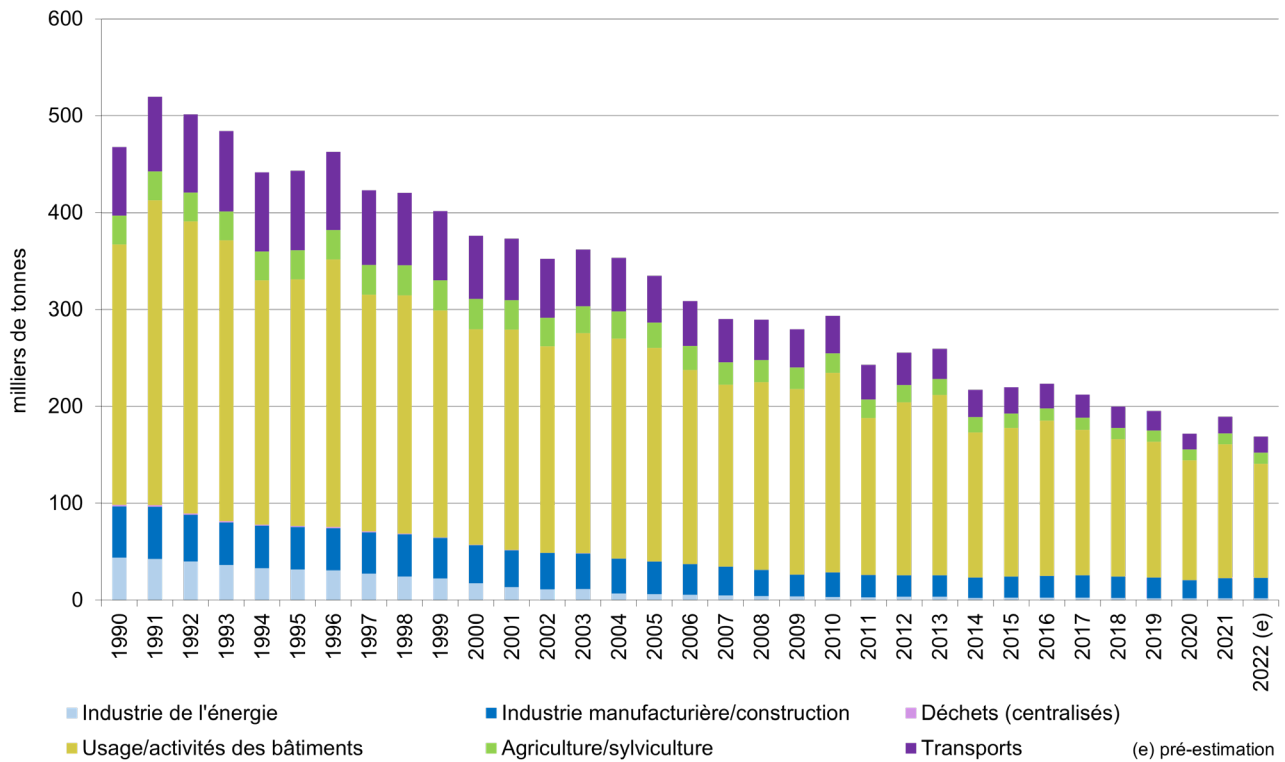


Figure 5 : Évolution des émissions de PM<sub>2,5</sub> en France métropolitaine depuis 1990 (Source : Citepa SECTEN édition 2023 - inventaire national d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques).

57,2 % par rapport à 2005. Les émissions de l'industrie de l'énergie ont diminué de 79,6 % en 2022 par rapport à 1990 et de 78,7 % par rapport à 2005. Celles de l'industrie manufacturière ont diminué de 59,1 % en 2022 par rapport à 1990 et de 51,7 % par rapport à 2005.

Les transports constituent la part prédominante des émissions totales quelle que soit l'année : 60,7 % en 1990, 51,2 % en 2005 et 48,0 % en 2022. L'industrie de l'énergie représente 4,6 % des émissions totales en 2022 et l'industrie manufacturière représente 12,6 % des émissions totales. L'agriculture représente une part significative des émissions en 2022, avec 24,4 % des émissions totales. Le secteur résidentiel tertiaire représente 10,1 % des émissions en 2022.

### Émissions de PM<sub>2,5</sub>

En 2022, les émissions de PM<sub>2,5</sub> ont été réduites de 63,9 % par rapport à 1990 et de 49,6 % par rapport à 2005. L'engagement de réduction des émissions imposé à partir de 2020 de - 27 % par rapport à 2005 a été largement respecté. L'engagement de 2030 de - 57 % ne pourra être respecté que si les actions de réduction se poursuivent notamment encore dans le secteur résidentiel/tertiaire avec le rôle majeur de la combustion du bois dans les installations domestiques dans les émissions de PM<sub>2,5</sub>, cf. Figure 5 page précédente.

Le secteur résidentiel/tertiaire représente la part prédominante des émissions totales de PM<sub>2,5</sub> quelle que soit l'année : 57,5 % en 1990, 65,7 % en 2005 et 69,9 % en 2022. Dans ce secteur, les émissions de PM<sub>2,5</sub> sont essentiellement liées aux consommations de bois dans

les petits foyers domestiques de chauffage. Les émissions de ces équipements s'améliorent au fil du temps par la mise en place de label type Flamme Verte et l'obligation pour les nouveaux équipements mis sur le marché de posséder le label le plus récent. Dans le cadre du PREPA, un plan bois a été mis en place [4]. L'industrie de l'énergie représente 1,1 % des émissions totales en 2022 et l'industrie manufacturière représente 12,4 % des émissions totales. L'agriculture représente 6,7 % des émissions en 2022. L'ensemble des transports représente 9,9 % des émissions en 2022. Les émissions des transports ont diminué de 76,5 % en 2022 par rapport à 1990 et de 65,7 % par rapport à 2005. Les émissions de l'industrie de l'énergie ont diminué de 95,9 % en 2022 par rapport à 1990 et de 71,7 % par rapport à 2005. Celles de l'industrie manufacturière ont diminué de 60,5 % en 2022 par rapport à 1990 et de 37,7 % par rapport à 2005.

### Émissions de COVNM

En 2022, les émissions de COV ont diminué de 61,8 % par rapport à 1990 et de 37,2 % par rapport à 2005, cf. Figure 6. À première vue, la France pourrait apparaître comme ne respectant pas son objectif de réduction. En fait, pour analyser le respect de cet engagement, la seule comparaison des émissions 2020 et 2005 n'est pas suffisante. L'examen de la conformité peut nécessiter le recours aux procédures d'ajustement prévues par le Protocole de Göteborg [1]. En effet, la comptabilité des émissions de COVNM a changé depuis 2012, date de mise en place du Protocole amendé. Pour faire les évaluations de conformité, les émissions de 2022

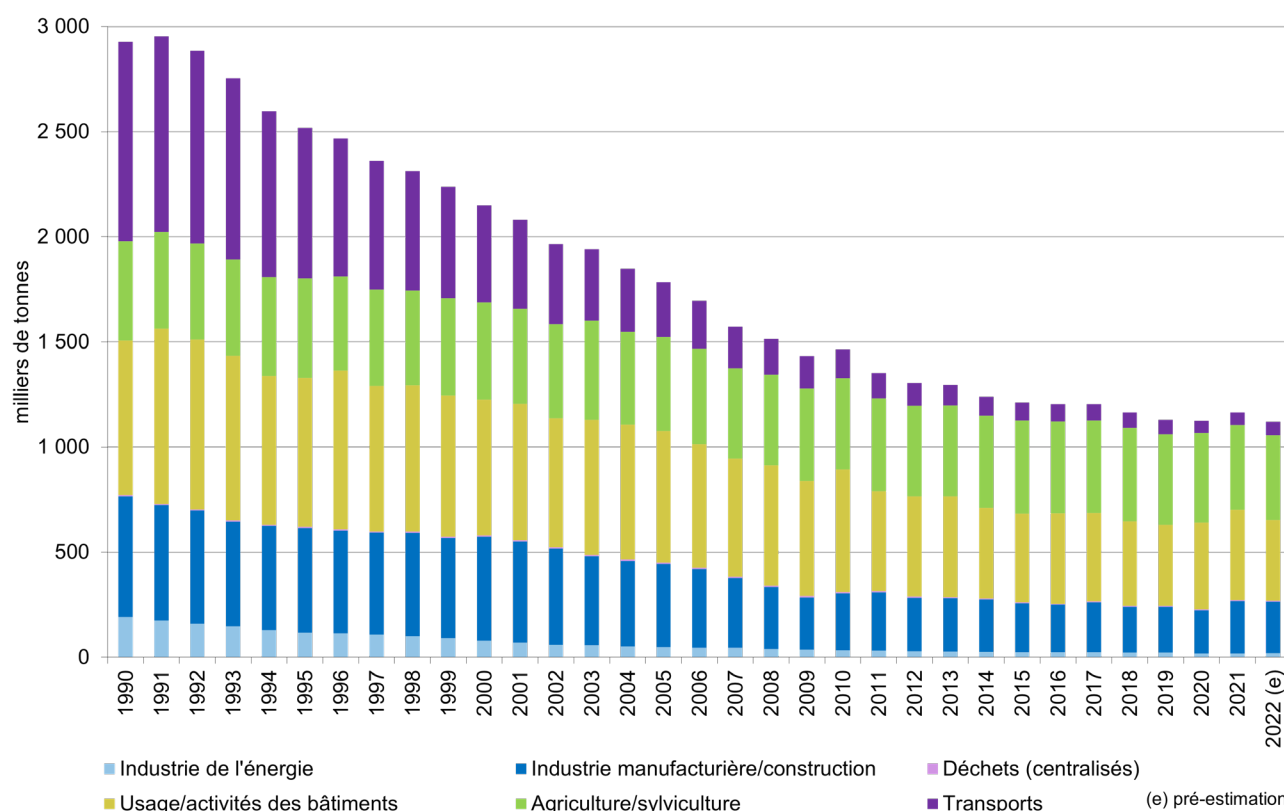


Figure 6 : Évolution des émissions de COVNM en France métropolitaine depuis 1990 (Source : Citepa SECTEN édition 2023 - inventaire national d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques).

doivent être ramenées au même périmètre que celui utilisé en 2012. Notamment les émissions de l'agriculture n'ont pas été considérées dans l'engagement de réduction défini par le Protocole en 2012. L'évaluation de la conformité doit donc se faire sans les émissions de l'agriculture. La procédure de contrôle de conformité avec ajustement n'est en fait réalisée que pour les années consolidées (*i.e.* 2020 et 2021 dans l'édition Secten de 2023). Ainsi, sans ces émissions agricoles, les émissions de COVNM de 2020 et 2021 sont réduites respectivement de 48 et 44 % par rapport à 2005 ce qui est conforme à l'engagement de réduction d'au moins 43 % à partir de 2020.

Le secteur résidentiel/tertiaire représente la part prédominante des émissions totales de COVNM : 35 % en 2005 et 37 % en 2022. L'industrie de l'énergie représente 1,7 % des émissions totales en 2022 et l'industrie manufacturière représente 22 % des émissions totales. L'agriculture représente 34,3 % des émissions en 2022. L'ensemble des transports représente 36,1 % des émissions en 2022.

Les émissions des transports ont diminué de 93,4 % en 2022 par rapport à 1990 et de 76,0 % par rapport à 2005. Les émissions de l'industrie de l'énergie ont chuté de 90,2 % en 2022 par rapport à 1990 et de 60,8 % par rapport à 2005. Celles de l'industrie manufacturière ont chuté de 57,1 % en 2022 par rapport à 1990 et de 37,7 % par rapport à 2005. Les émissions de l'agriculture restent plus stables avec une réduction de seulement 9,7 % entre 2005 et 2022.

## Évolution des émissions dans l'industrie manufacturière

L'industrie manufacturière est caractérisée par les sources d'émissions et les secteurs d'activités suivants dans le rapport SECTEN [7] (*cf.* Figure 7).

Les émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub>, COVNM de l'industrie manufacturière ont fortement diminué depuis 1990 (*cf.* Figure 8, en base 100).

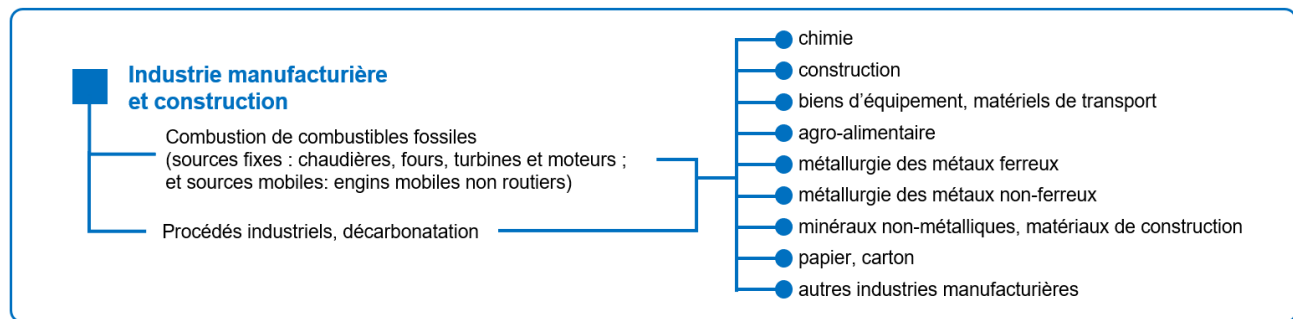


Figure 7 : Les émissions dans l'industrie manufacturière et construction (Source : Secten 2023 - Citepa).

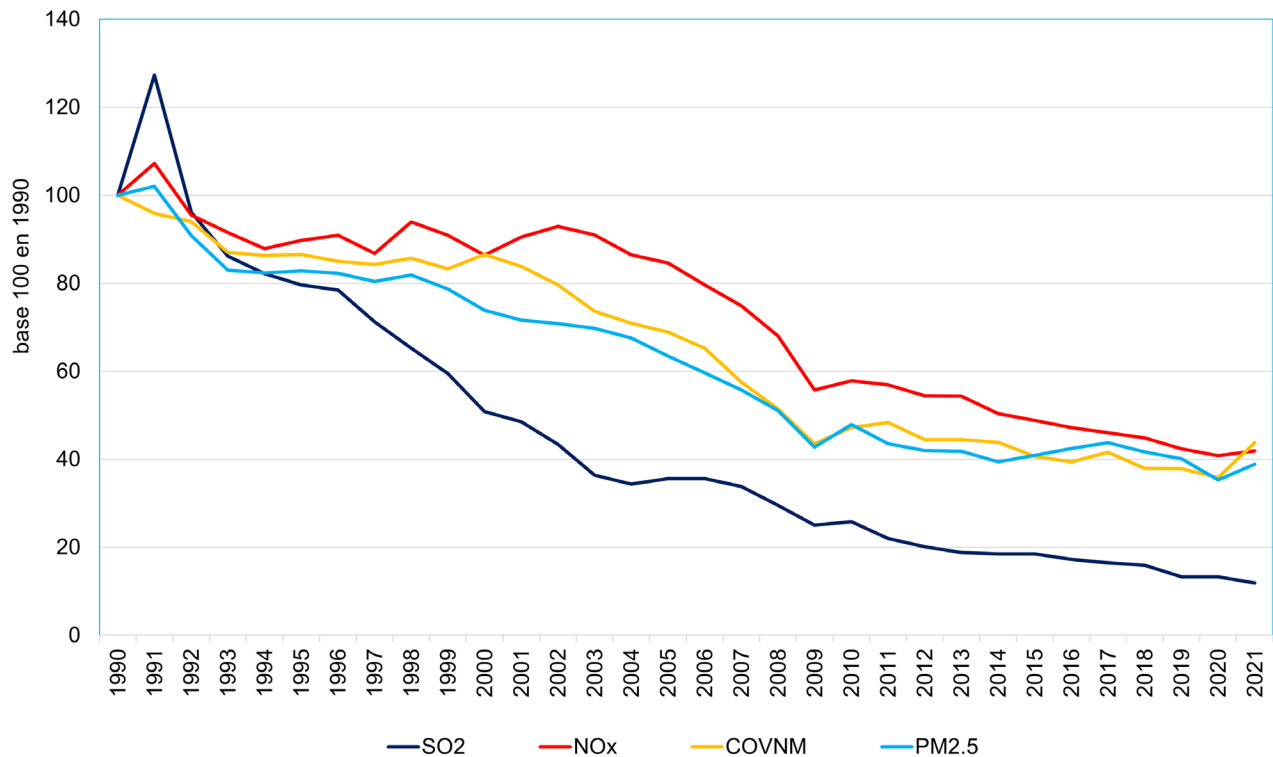


Figure 8 : Évolution des émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, PM<sub>2,5</sub> de l'industrie manufacturière en France métropolitaine depuis 1990.

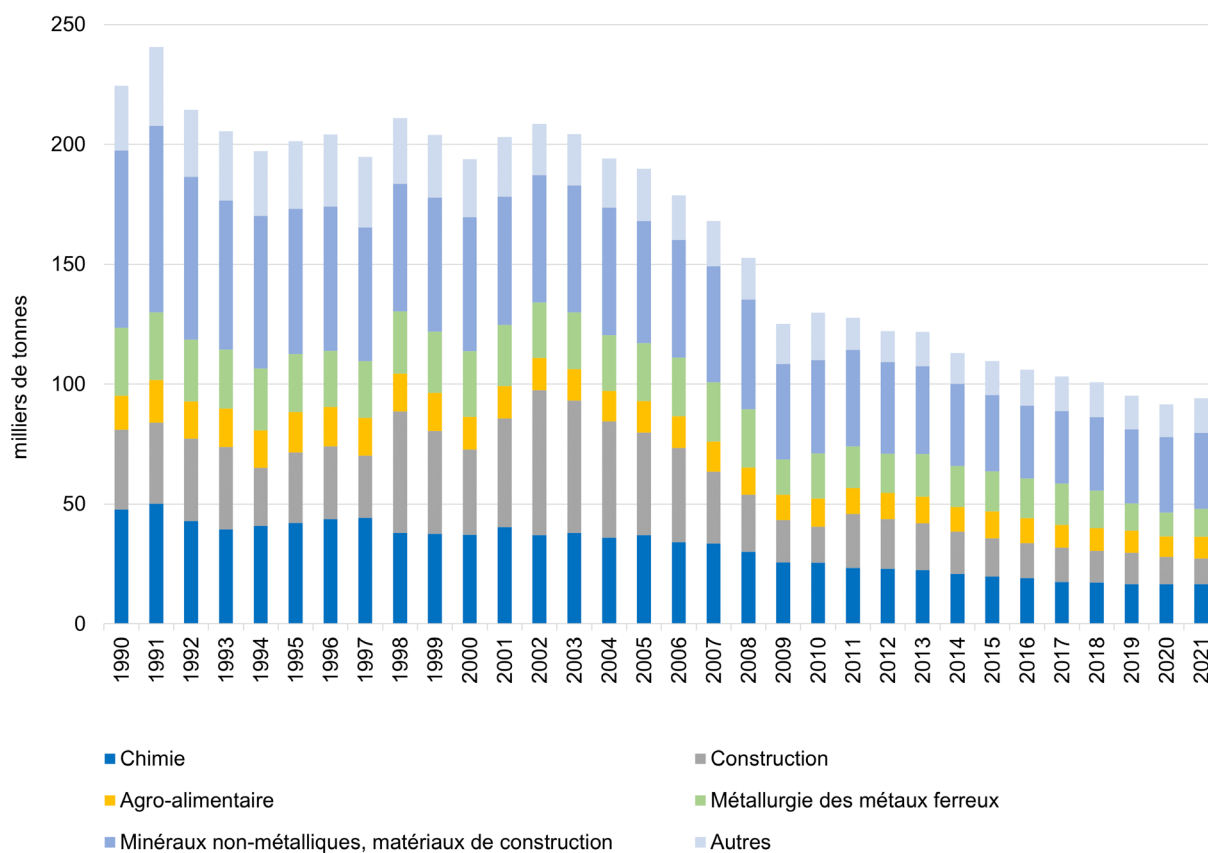


Figure 9 : Évolution des émissions de NOx de l'industrie manufacturière en France métropolitaine (Source : SECTEN 2023).

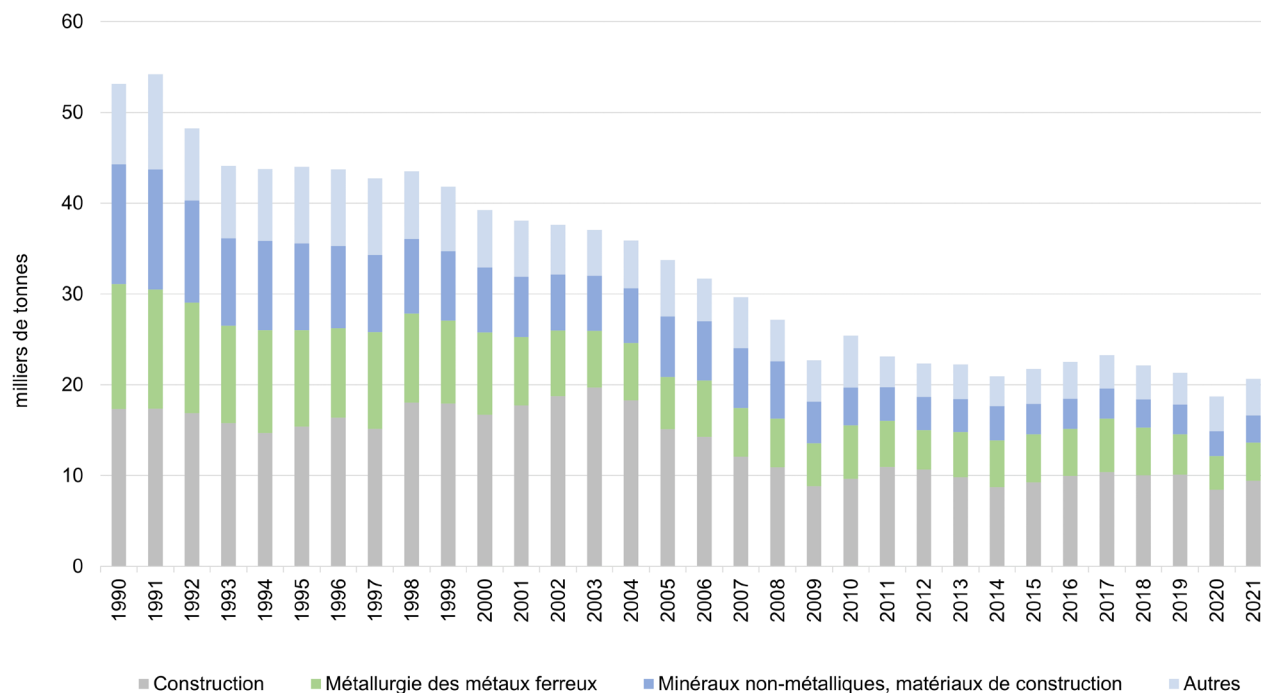


Figure 10 : Évolution des émissions de PM<sub>2,5</sub> de l'industrie manufacturière en France métropolitaine (Source : SECTEN 2023).

Sur la période 1990-2021, les émissions de NOx du secteur ont diminué de 58 % (cf. Figure 9), celles de PM<sub>2,5</sub> de 61 % (cf. Figure 10)<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Le secteur « Autres » représente l'ensemble des autres secteurs de l'industrie considérés par SECTEN hors ceux présentés séparément dans la figure. Le périmètre de ce secteur est différent entre les Figures 9 et 10.



La combustion des combustibles fossiles et de la biomasse est la principale source d'émissions de NOx et PM<sub>2,5</sub> dans le secteur de l'industrie manufacturière et construction. Cette combustion se fait dans des équipements de combustion de type chaudières, moteurs et turbines et un ensemble de fours variés (fours à ciment, fours à verre...) avec contact ou sans contact.

La baisse des émissions de NOx et de PM<sub>2,5</sub> est imputable essentiellement aux meilleures performances des installations avec la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles (MTD) imposées par la réglementation IED notamment (en particulier dans les secteurs des minéraux non-métalliques et des matériaux de construction, de la métallurgie et de la chimie), ainsi qu'aux réglementations relatives aux installations de combustion de moins de 50 MW et les engins mobiles non routiers. L'évolution du mix énergétique d'ailleurs favorisé par la mise en place des réglementations limitants les émissions, explique aussi les diminutions avec plus de gaz naturel et moins de charbon dans les installations de combustion. Pour les engins mobiles non routiers (EMNR), la réglementation a imposé des normes plus contraignantes [17]. Des baisses d'activités peuvent aussi expliquer certaines diminutions des émissions comme celles observées en 2009, en 2020.

L'examen des émissions par unité de production permet d'apprécier les réductions apportées par l'amélioration des performances des procédés industriels. Ainsi, par exemple :

- Les émissions de NOx par unité de production entre 2005 et 2021 ont diminué de 70 % dans les fours à oxygène et de 40 % dans les fours électriques en sidérurgie, de 17 % dans les chaînes d'agglomération, de 65 % dans la production d'acide nitrique, de 60 % dans la production de verre plat, de 14 % dans la production de ciment, de 31 % dans les installations de combustion de 50 à 300 MW utilisant du gaz naturel [8]. D'autres exemples pourraient être cités.
- La baisse des émissions de PM<sub>2,5</sub> est liée à la mise en place de dépoussiéreurs plus performants. Ainsi, par exemple, les émissions de PM<sub>2,5</sub> par unité de pro-

duction entre 2005 et 2021 ont diminué de 30 % dans les fours à oxygène, de 61 % dans les fours électriques, de 69 % dans les chaînes d'agglomération, de 91 % dans la production de verre plat, de 24 % dans la production de ciment [8].

## Évolution des émissions dans l'industrie de l'énergie

L'industrie de l'énergie est caractérisée par les sources d'émissions et les secteurs d'activités suivants dans le rapport SECTEN [7] (cf. Figure 11).

Entre 1990 et 2021, les émissions de NOx ont diminué de 80 % (cf. Figure 12 page suivante) et celles de PM<sub>2,5</sub> de 96 % (cf. Figure 13 page suivante).

En production d'électricité, les émissions de NOx ont diminué de 92 % sur la période et celles de PM<sub>2,5</sub> de 95 %. La baisse de la consommation de combustibles minéraux fossiles de 89 % sur la période contribue à cette baisse mais des réductions importantes ont été effectuées sur les unités de production avec la mise en place de systèmes de traitement des fumées notamment de type SCR (Réduction Sélective Catalytique) pour les NOx et de systèmes de dépoussiérage très performants pour les particules. Quelques exemples sont donnés. Les émissions de NOx par GJ de combustibles minéraux ont diminué de 73 % entre 2005 et 2021 et celles de PM<sub>2,5</sub> de 97 % dans les installations de plus de 300 MW [8]. Les émissions de NOx par GJ de gaz naturel ont diminué de 66 % dans les turbines à gaz et les émissions de NOx par GJ de fioul lourd ont diminué de 69 % dans les moteurs fixes [8].

En chauffage urbain, les émissions de NOx ont baissé - 8 % entre 1990 et 2021 et celles de PM<sub>2,5</sub> augmenté de 76 %. L'activité n'a cessé d'augmenter sur la période (+ 83 % par rapport à 1990) et le mix énergétique a évolué avec un recours accru au gaz naturel et à la biomasse bois (notamment dans les installations de moins de 20 MW) au détriment des combustibles fossiles solides et liquides (par rapport à la consommation

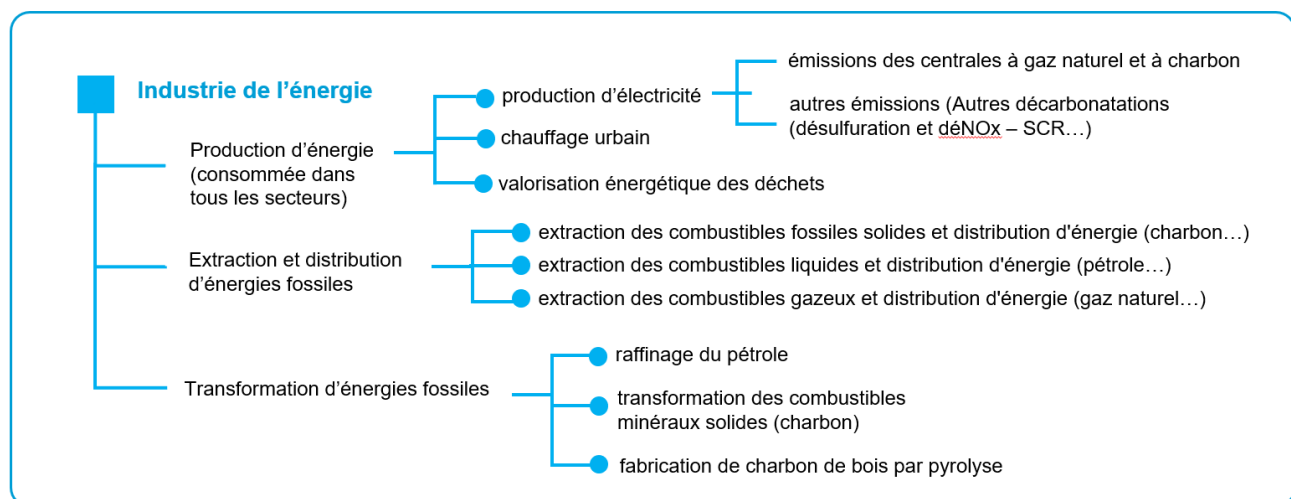


Figure 11 : Les émissions dans l'industrie de l'énergie (Source : Secten 2023 - Citepa).

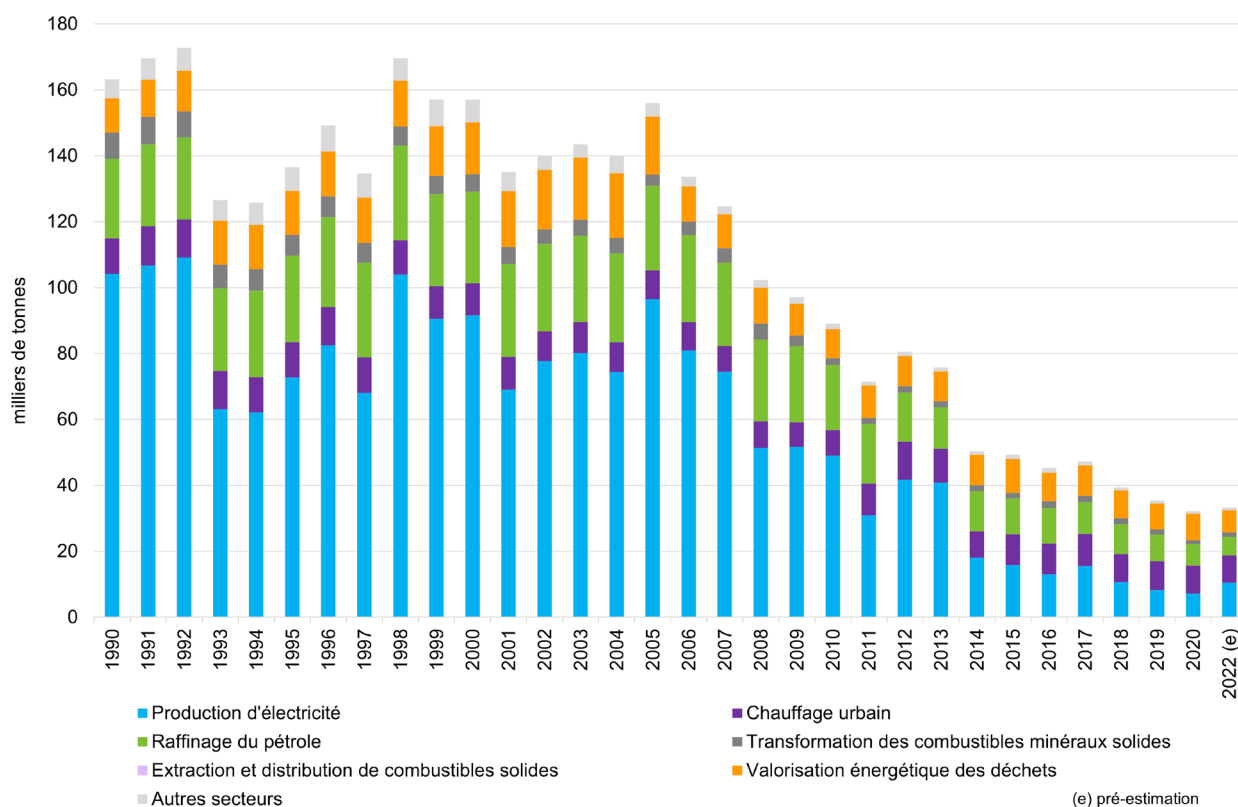


Figure 12 : Évolution des émissions de NOx de l'industrie de l'énergie en France métropolitaine depuis 1990 (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN).

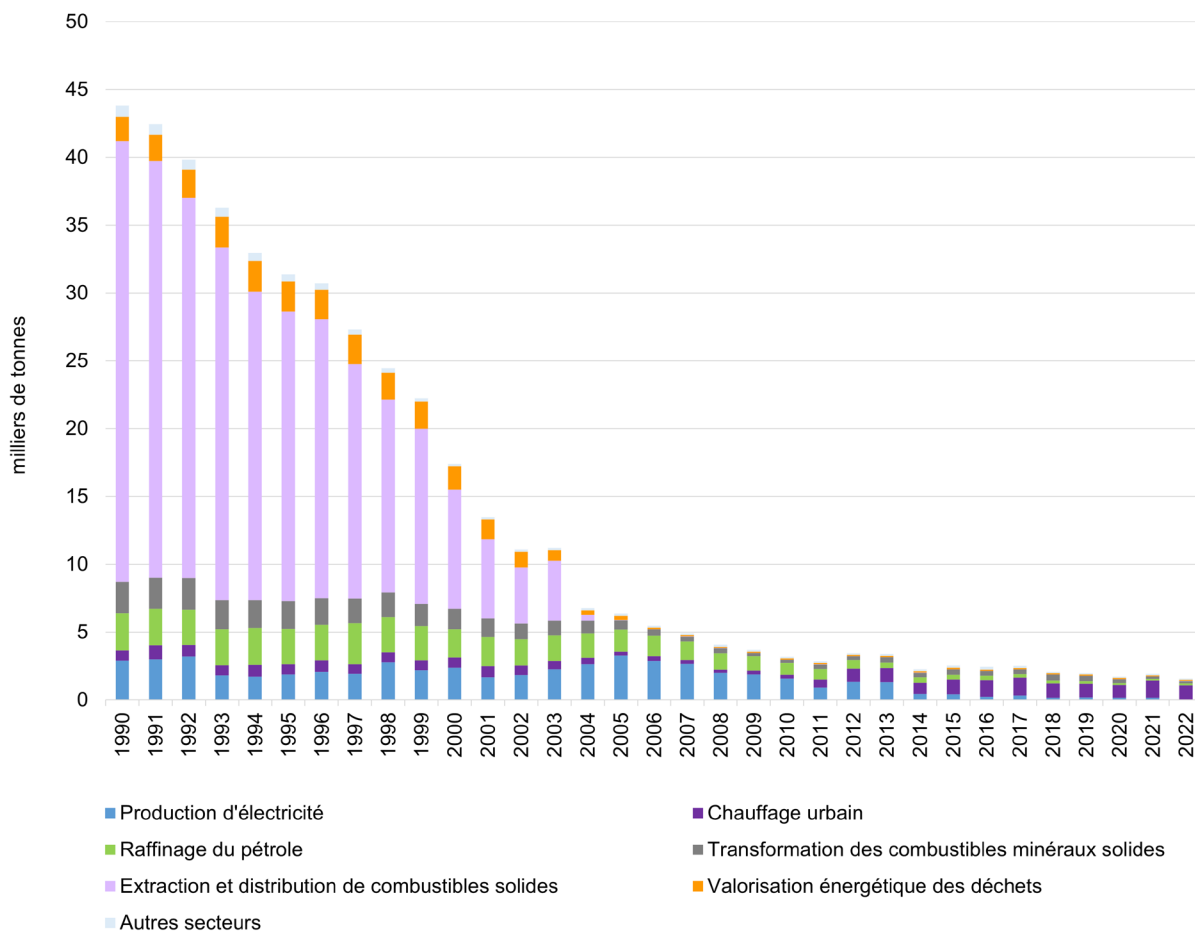


Figure 13 : Évolution des émissions de PM<sub>2,5</sub> de l'industrie de l'énergie en France métropolitaine depuis 1990 (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN).

de combustible totale, le gaz naturel représente 68 % en 2021 contre 22 % en 1990. La biomasse bois n'était pas employée en 1990 mais représente 27 % de la consommation totale en 2021). La mise en œuvre de techniques de réduction de NOx et de particules performantes afin de respecter les réglementations relatives aux installations de combustion permet de limiter la croissance des émissions totales du secteur. Par exemple, les émissions de NOx par GJ de combustibles minéraux consommés ont diminué de 24 % entre 2005 et 2021 dans les installations entre 50 et 300 MW [8]. Pour ces mêmes installations, celles de PM<sub>2,5</sub> ont diminué de 95 % [8].

Une baisse marquée des émissions du raffinage de pétrole s'observe à la fois pour les NOx et les PM<sub>2,5</sub>. Entre 2005 et 2021, la quantité de brut traité a diminué de 61 %, les émissions de NOx de 80 % et celles de PM<sub>2,5</sub> de 93 %. Les émissions de NOx ont, par exemple, diminué de 56 % dans les craqueurs catalytiques entre 2005 et 2021 [8].

La valorisation énergétique des déchets, contribue pour 20 % aux émissions totales de NOx et pour 3,8 % aux émissions totales de PM<sub>2,5</sub> du secteur de l'industrie de l'énergie en 2021. Les émissions de NOx par unité de déchets ménagers incinérés ont diminué de 63 % entre 2005 et 2021 et celles de PM<sub>2,5</sub> de 76 % [8].

Les émissions de PM<sub>2,5</sub> ont fortement baissé dans les années 1990 en raison de la disparition de l'activité extraction de combustibles solides.

## Conclusions

La France a réussi à tenir ses engagements de réduction de ses émissions totales de SO<sub>2</sub>, NOx, COVNM et PM<sub>2,5</sub> à partir de 2020. Des réductions importantes ont été obtenues dans l'ensemble des secteurs émetteurs, notamment les transports, l'industrie de l'énergie et l'industrie manufacturière. Les émissions des secteurs de la production d'énergie et l'industrie manufacturière étaient très importantes dans les années 1990. Aujourd'hui, leurs contributions dans les émissions totales sont bien moindres, face au transport routier et à l'agriculture pour les NOx, au chauffage domestique au bois pour les PM<sub>2,5</sub> et au chauffage domestique au bois et à l'agriculture pour les COVNM. Les émissions de l'industrie de l'énergie ont diminué de 80 % en NOx et de 96 % en PM<sub>2,5</sub> entre 1990 et 2021. Pour l'industrie manufacturière des réductions de 58 % en NOx et 61 % en PM<sub>2,5</sub> ont été obtenues sur la même période. Ces réductions peuvent s'expliquer, en partie, par des baisses des niveaux de consommation de combustible dans la production d'électricité ou de baisses de l'activité dans certains secteurs industriels, mais rapportées à l'unité de consommation de combustible ou unité de production, les émissions ont diminué sous l'impulsion des réglementations mises en œuvre et notamment la directive émissions industrielles qui a imposé le recours aux meilleures techniques disponibles ou équivalent.

Pour 2030, les actions de réduction doivent se poursuivre pour assurer le respect des prochains engagements de réduction, notamment pour les NOx et les

PM<sub>2,5</sub>. Les évaluations faites par le MTECT montrent la faisabilité de ces réductions [20]. Il est nécessaire de garder en mémoire que le projet de nouvelle directive Qualité de l'air en préparation [11], va fortement abaisser les valeurs limites de concentrations de polluants en 2030 pour ensuite adopter les nouvelles valeurs guides de l'OMS [10] à un horizon de 2035, ou peut-être un peu plus tard, en fonction des résultats des négociations en cours. Des nouvelles valeurs guides nécessiteront de réduire encore les émissions. Les politiques énergie/climat renforcées [18] [19], les nouveaux textes réglementaires comme le projet de révision de la directive 2010/75/UE Émissions industrielles [21], devraient permettre d'abaisser encore les émissions de polluants.

## Références

- [1] Protocol to the 1979 Convention on long-range transboundary air pollution to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone (2012), [https://unece.org/sites/default/files/2021-10/1999.Multi\\_.F.Amended.2005.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2021-10/1999.Multi_.F.Amended.2005.pdf)
- [2] 1979 Convention on long-range transboundary air pollution, <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/1999%20Multi.E.Amended.2005.pdf>
- [3] Directive 2284/2016 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques.
- [4] MTECT (2022), « Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) 2022-2025 », [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/23028\\_PREPA\\_BAT\\_web.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/23028_PREPA_BAT_web.pdf)
- [5] Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050>
- [6] Service des données et études statistiques (2023), « Bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2022 ».
- [7] Citepa (2023), « Rapport SECTEN 2023 », <https://www.citepa.org/fr/secten/>
- [8] Citepa (2023), « Rapport OMINEA2023 », <https://www.citepa.org/fr/ominea/>
- [9] Arrêté du 24 août 2011 relatif au système national d'inventaires d'émissions et de bilans dans l'atmosphère, <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000024556265/2012-08-10/>
- [10] OMS (2021), « Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air 2021 », <https://www.who.int/fr/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>
- [11] Proposal for a revision of the Ambient Air Quality Directives, [https://environment.ec.europa.eu/publications/revision-eu-ambient-air-quality-legislation\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/revision-eu-ambient-air-quality-legislation_en)
- [12] European Topic Center on Human Health and the Environment (2023), "Health risk assessment of air pollution: assessing the environmental burden of disease in Europe in 2021", Report 2023/7, ETC HE Report 2023/7, Eionet Portal (europa.eu).
- [13] European Commission. Reducing emissions of air pollutants, [https://environment.ec.europa.eu/topics/air/reducing-emissions-air-pollutants\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/air/reducing-emissions-air-pollutants_en)
- [14] Code de l'Environnement, partie législative : Titre 1<sup>er</sup> : Installations classées pour la protection de l'environnement (articles L.511-1 A à L.517-2) – Légifrance.
- [15] Directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions indus-

rielles. EUR-Lex - 02010L0075-20110106 - EN - EUR-Lex (europa.eu).

[16] Conseil de l'Europe (2023). Euro 7 : le Conseil et le Parlement parviennent à un accord provisoire sur les limites d'émissions des véhicules routiers. Communiqué de presse du 18 décembre 2023.

[17] Règlement (UE) 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil du 14 septembre 2016 relatif aux exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes et la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers, modifiant les règlements (UE) n°1024/2012 et (UE) n°167/2013 et modifiant et abrogeant la directive 97/68/CE.

[18] Ministère de la transition énergétique (2023), « Stratégie française énergie climat », Dossier de presse du 22 novembre 2023, <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-francaise-lenergie-et-climat>

[19] Signature des contrats de transition écologique de l'industrie, 22 novembre 2023.

[20] Citepa (2023), « Scénarios prospectifs d'émissions de polluants atmosphériques pour la France de 2020 à 2050 par intervalle de 5 ans selon un scénario AME et un scénario AMS, sur la base du scénario énergie climat AME 2023 Rapport hypothèses et résultats des scénarios AME et AMS », Citepa pour le MECT, [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Rapport-final-AME\\_AMS2023.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Rapport-final-AME_AMS2023.pdf)

[21] European Commission (2022), "Green deal: Modernising EU industrial emissions rules to steer industry in the long-term transition", [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_22\\_2238](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_2238)