

Gaz à effet de serre

Citepa. Rapport Secten édition 2022

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

Gaz à effet de serre

Rédaction

Vincent MAZIN ; Rodrigo GUZMAN ; Mark TUDDENHAM ; Anaïs DURAND; Jonathan HERCULE; Mélanie JUILLARD; Colas ROBERT; Stéphanie BARRAULT ; Romain BORT ; Julien VINCENT ; Jean-Pierre CHANG

► Télécharger les données sur citepa.org/fr/secten

Sommaire du chapitre

Contexte	37
Politique climat en France, dans l'UE et à l'international	43
Emissions totales de gaz à effet de serre en CO ₂ e.....	79
CO ₂ (dioxyde de carbone)	93
CH ₄ (méthane)	101
N ₂ O (protoxyde d'azote).....	111
Total Gaz fluorés.....	119
HFC	123
PFC	129
SF ₆	133
NF ₃	137

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 5^e 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, événements 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 CO₂ 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 CO₂e/an en 2030 (contre 52 Gt CO₂e/an en 2016), soit une réduction de 32,7%,
- réduire les émissions de CO₂ de 45% en 2030 (par rapport à 2010) pour atteindre zéro émission nette vers 2050,
- réduire de 35% les émissions de CH₄ d'ici 2050 (par rapport à 2010),
- ne pas dépasser un budget carbone mondial compris entre 580 et 770 Gt CO₂ (probabilité de 50%) ou entre 420 et 570 Gt CO₂ (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 réfléchi 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 (H₂O), CO₂, CH₄, O₃, N₂O, 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 CO₂, le N₂O 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 CO₂ et CH₄. Pour le CO₂, 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 CO₂. Pour le CH₄, 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, CH₄, certains HFC) ou indirecte (cas du CO et des COV qui se transforment en CO₂). Par ailleurs, certains polluants tels que le SO₂ peuvent aussi avoir des effets refroidissants.

L'ozone (O₃) 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 5^e 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 CO₂ est lié principalement aux combustions industrielles et domestiques ainsi qu'aux transports. Le CH₄ est en majorité lié aux pratiques agricoles : par exemple la riziculture, l'élevage. Le N₂O 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 NF₃, et le SF₆ 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 : CO₂, CH₄, HFC, PFC, SF₆ (depuis la première période d'engagement 2018-2012) et le NF₃ (pour la seconde période d'engagement 2013-2020). Les CFC et HCFC étant couverts, par ailleurs, par le Protocole de Montréal.

Le SO₂, les NO_x, 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 CO₂ et contribuent à la formation d'ozone. Ils ont tous deux un forçage radiatif positif contribuant donc au réchauffement.
- Les NO_x conduisent à la formation d'ozone (forçage positif), mais aussi à la formation de particules de nitrate et oxydent le CH₄ (forçage négatif). Au global ils ont un forçage négatif.
- Le SO₂ a un effet refroidissant, en produisant des sulfates (forçage négatif).
- Le NH₃ 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 présentées ci-après. Pour le rapportage, le SO₂, les NO_x, le CO et les COVNM sont comptabilisés comme des gaz à effet de serre indirect (CCNUCC 2019). Leurs

émissions sont présentées dans le chapitre «polluants atmosphériques» du rapport Secten. Ces gaz à effet de serre indirects ne sont pas pris en compte dans le total des émissions exprimées en équivalent CO₂ (CO₂e), conformément aux objectifs de réduction d'émissions définis aux niveaux national et européen.

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 apparaît indirectement par l'intermédiaire de ses précurseurs.

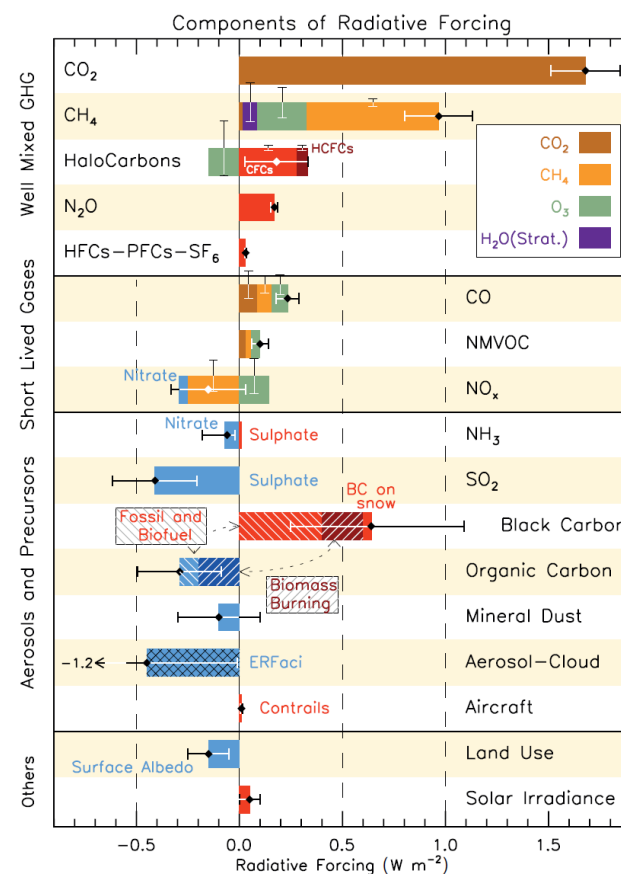


Figure 1 : Forçage radiatif des composés (IPCC- AR5-ch8- 2014) exprimé en W.m⁻²

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 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 CO₂ 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 5^e rapport (GIEC 2014). Ces PRG seront utilisés à partir de l'inventaire portant sur l'année 2021. Actuellement, ce sont les PRG du 4^e 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 4^e rapport (GIEC 2007) et le 5^e rapport d'évaluation du GIEC (GIEC 2014)

Substance	PRG selon 5 ^e rapport		PRG selon 4 ^e rapport
	20 ans	100 ans	100 ans
CO ₂	1	1	1
CH ₄	84	28	25
N ₂ O	264	265	298
NF ₃	12 800	16 100	17 200
SF ₆	17 500	23 500	22 800

Rétroactions climatiques

Les paragraphes ci-dessous présentent les principales rétroactions observables dans le système climatique, et plus particulièrement celles ayant des effets importants dans un contexte de changement climatique. Avant de rentrer dans le détail de celles-ci, il est important de définir ce qu'est une rétroaction (feedback en anglais).

Une rétroaction est un processus à travers lequel la variation d'une variable A d'un système provoque une modification d'une variable B qui influe à son tour sur la variable A initialement perturbée. Dit autrement, il s'agit d'une chaîne de relation de cause à effet qui boucle sur elle-même.



Figure 1 : Représentation d'une boucle de rétroaction.

Les rétroactions sont dites *positives* ou *négatives*. Ces termes n'ont pas vocation à définir si les rétroactions ont des effets souhaitables (dans le cas des rétroactions positives) ou non souhaitables (dans le cas des rétroactions négatives). Une boucle de rétroaction positive entraîne un changement qui « s'autorenforce ». C'est-à-dire que l'influence causale se renforce au sein de la boucle entre les deux variables en jeu (les variables A et B dans le schéma de la Figure 1). Une augmentation de la variable A entraînera une variation de la variable B qui aura pour effet d'augmenter encore davantage la variable A par rapport à la perturbation initiale. Au contraire, si la perturbation initiale fait diminuer la variable A, cette diminution entraînera une variation de la variable B qui aura pour conséquence de faire diminuer encore plus la variable A par rapport à la perturbation initiale. Une rétroaction positive entre deux variables a donc bien

tendance à amplifier l'effet d'une perturbation initiale (à la hausse ou à la baisse) sur l'une de ces deux variables. À l'inverse, les boucles de rétroactions négatives contrebalancent l'influence causale le long de la boucle, c'est-à-dire qu'elles ont tendance à diminuer l'amplitude de la perturbation initiale. Elles ont donc un effet stabilisateur, elles ont tendance à ramener le système à son état initial avant perturbation de l'une des deux variables en jeu. (Meadows, 2022) Une rétroaction positive accentue la perturbation initiale, une rétroaction négative l'atténue.

On peut définir une rétroaction climatique comme : « une interaction dans laquelle la perturbation d'une variable climatique provoque, dans une seconde variable, des changements qui influent à leur tour sur la variable initiale. ». (GIEC, 2019)

Le schéma présenté ci-après dans ce document n'a pas vocation à être exhaustif mais s'attache à présenter les principales rétroactions observables dans le système climatique dans un contexte de réchauffement global. En effet, le système climatique terrestre est extrêmement complexe, avec une multitude de rétroactions positives et négatives en son sein qui sont imbriquées les unes avec les autres par le biais d'un grand nombre de variables.

Les activités humaines sont génératrices d'émissions de gaz à effet de serre (notamment de CO₂ et de CH₄) en particulier du fait de la combustion de combustible fossile (pétrole, charbon et gaz), des activités agricoles et d'élevages et de procédés industriels. Ces émissions anthropiques engendrent une augmentation du stock de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, ce qui se traduit par une augmentation de leur concentration à l'échelle globale. Comme indiqué plus tôt dans ce document, la hausse de cette concentration de GES induit une augmentation de l'effet de serre qui donne lieu à une augmentation de la température de la surface terrestre. Cette dernière conduit à un ensemble de rétroaction que nous allons tenter d'expliquer.

Boucle de rétroaction de l'albédo

La hausse de la température de surface entraîne dans un premier temps la fonte des glaces, provoquant ainsi un assombrissement de la surface de la Terre (diminution de l'albédo moyen), ceci ayant comme conséquence une augmentation de la quantité d'énergie solaire absorbée par la planète. Cette dernière augmentation va enfin induire une augmentation de la température atmosphérique globale. Ainsi, on constate que l'augmentation de la température moyenne de surface de la Terre (perturbation) va induire à travers la fonte des glaces et la diminution de l'albédo terrestre, une hausse supplémentaire de cette même température de surface (amplification de la perturbation). Il s'agit bien d'une boucle de rétroaction positive. La hausse de la température de surface à travers la fonte des glaces d'eaux et de la baisse de l'albédo s'autorenforce.

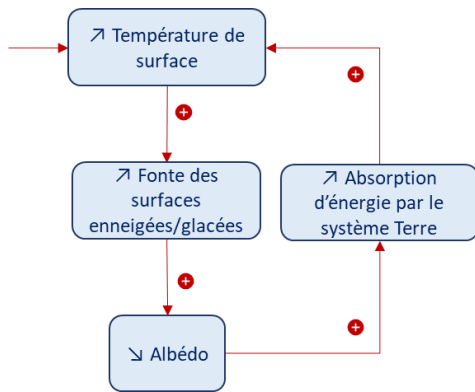


Figure 2 : Boucle de rétroaction de l'albédo

Boucle de rétroaction de la vapeur d'eau

En parallèle, la hausse de la température de surface induit une hausse de la température des océans qui va contribuer à la vaporisation de l'eau de surface des océans. En temps normal, on observe un équilibre entre la vaporisation de l'eau liquide (passage de l'eau liquide à de la vapeur d'eau) et la condensation de la vapeur d'eau (passage de la vapeur d'eau à l'état liquide). Cependant une augmentation de la température des océans déplace cet équilibre vers la vaporisation de l'eau : c'est-à-dire qu'une part plus importante d'eau va être transférée du réservoir océanique vers le réservoir atmosphérique (une atmosphère plus chaude peut contenir plus de vapeur d'eau). Ce processus va induire une hausse de la concentration de H_2O dans l'atmosphère, or l' H_2O_{atm} est un gaz à effet de serre. On va donc observer une concentration croissante de GES, une hausse de l'effet de serre et une hausse de la température de surface. Cette dernière va encore augmenter le phénomène d'évaporation de l'eau liquide et entraîner une boucle de rétroaction positive.

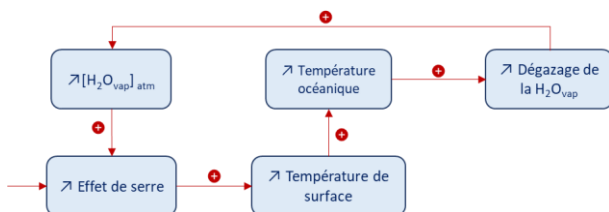


Figure 3 : Boucle de rétroaction de la vapeur d'eau

Boucle de rétroaction du dégel du pergélisol

L'augmentation de la température atmosphérique conduit également à un phénomène appelé : dégel du pergélisol (ou permafrost en anglais). Le pergélisol correspond à la partie d'un cryosol gelé en permanence, la température de l'atmosphère à ces latitudes ne permettant pas de réchauffer suffisamment le sol pour qu'il dégel. Dans les régions où il est présent depuis plusieurs cycles glaciaires, le pergélisol peut être épais de plusieurs centaines de mètres. Il est, de ce fait imperméable.

Cet état des sols entraîne plusieurs choses. D'une part, la vie microbienne et bactériologique du sol (qui participe à la décomposition de la matière organique)

est très réduite. Les processus de fermentation ou de respiration cellulaire, qui sont des processus à l'origine d'émissions de GES, sont très réduits et les émissions de GES dans ces zones sont très faibles. D'autre part, on trouve dans ces sols, de la glace d'eau. Cette dernière peut avoir emprisonnée lors des cycles glaciaires, du CO_2 et du CH_4 . C'est ce qu'on appelle des clathrates.

La hausse de la température atmosphérique permet à une partie du permafrost de dégeler. Ce dégel permet à l'activité microbienne/bactériologique du sol de s'intensifier (respiration cellulaire et dégradation de la matière organique) et va engendrer une hausse des émissions de GES. De plus, le dégel des glaces d'eaux va entraîner une libération du CO_2 et du CH_4 qu'elles contiennent. Ces 2 phénomènes vont induire une hausse de la concentration des GES, une amplification du phénomène d'effet de serre, une augmentation de la température atmosphérique qui va accélérer le dégel du pergélisol. On est encore une fois face à une boucle de rétroaction positive.

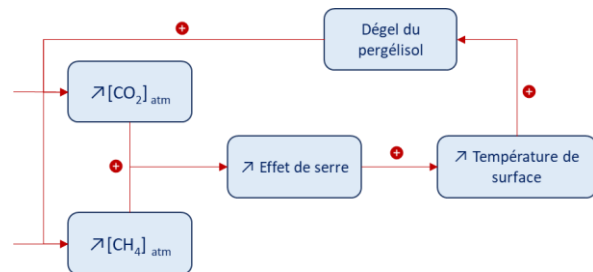


Figure 4 : Boucle de rétroaction du dégel du pergélisol

Boucle de rétroaction de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est le processus biophysique de transfert d'une quantité d'eau vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration de la végétation. Avec l'augmentation de la température atmosphérique, l'évapotranspiration des plantes augmente et le bilan hydrique des sols se dégrade. Ce changement dans le cycle de l'eau renforce les conditions d'apparitions de sécheresses et d'incendies.

La végétation, à travers le phénomène de photosynthèse contribue à diminuer la concentration de CO_2 dans le réservoir atmosphérique et a en temps normal un effet stabilisateur dans le système climatique (rétroaction négative). Cependant, les sécheresses et les incendies réduisent la quantité de végétaux sur Terre et par la même occasion la capacité de stockage du CO_2 atmosphérique. Par conséquent, une part moins importante de CO_2 est transférée de l'atmosphère vers la biomasse, ceci ayant pour effet d'accroître la quantité nette de GES, leur concentration, l'effet de serre, la température globale, l'évapotranspiration, etc. Ici aussi, il s'agit d'une boucle de rétroaction positive.

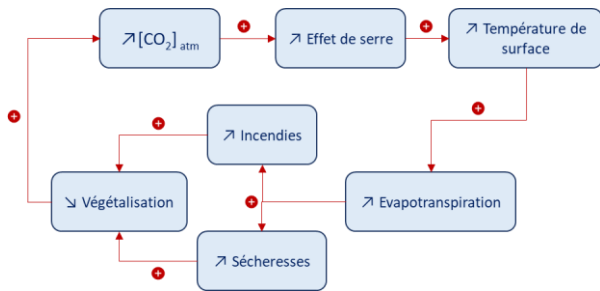


Figure 5 : Boucle de rétroaction de l'évapotranspiration

Rétroaction des pompes océaniques

Enfin, on peut s'intéresser au rôle des océans dans la captation du CO_2 atmosphérique. Le réservoir océanique absorbe une partie du CO_2 atmosphérique aux travers de 2 principaux phénomènes que sont la pompe physique océanique et la pompe biologique océanique. Avant de nous intéresser à ces mécanismes, il semble pertinent de détailler comment (et sous quelle forme) le carbone pénètre dans le réservoir océanique. Dans ce dernier, on trouve le carbone inorganique principalement sous la forme d'ions bicarbonates HCO_3^- . A l'interface atmosphère/océan, une partie du CO_2 atmosphérique se dissout pour donner de l'acide carbonique H_2CO_3 qui, en se dissolvant, va donner du HCO_3^- et des protons H^+ .

La pompe biologique est le système de séquestration du CO_2 ayant le temps de séquestration le plus court. A l'instar de la biomasse terrestre, le phénomène de photosynthèse est à l'œuvre dans la couche euphotique (couche de surface des océans dans laquelle pénètrent la lumière du soleil). Cependant, ici, c'est le phytoplancton qui en est le moteur et qui sert de porte d'entrée au carbone dans la pompe biologique. Par la suite, au travers des interactions au sein du réseau trophique (broutage, prédation, etc.) et des transformations qu'il subit, le carbone organique est stocké au sein des êtres vivants. Une part infime de ce dernier « plonge » enfin vers les fonds océaniques et marins, où il sédimente et reste piégé pour de longues périodes temporelles (plusieurs milliers d'années).

La pompe physico-chimique est liée à la température de l'eau et à la circulation océanique. Plus l'eau est froide, plus la solubilité du CO_2 sera élevée, et plus le transfert de CO_2 de l'atmosphère vers l'océan sera conséquent. Aux hautes latitudes où l'eau est très froide et très dense (plus un fluide est froid plus il est dense), les eaux de surface plongent vers les fonds océaniques et entraîne une forte séquestration du carbone à travers la migration verticale des masses d'eaux.

Ces phénomènes permettent donc de limiter la concentration du CO_2 dans l'atmosphère, de limiter la hausse de l'effet de serre additionnel et par voie de conséquence, la température atmosphérique.

Cependant, plus la température de l'océan augmente, moins le transfert du CO_2 du réservoir atmosphérique au réservoir océanique est efficient (car la solubilité du

CO_2 est plus importante à basse température). Or le réchauffement de l'atmosphère conduit au réchauffement de l'océan et à une diminution de l'efficacité des pompes océaniques. En parallèle, l'absorption massive de CO_2 par les océans depuis le début de la révolution industrielle a engendrée une acidification des masses d'eaux (le pH a diminué). Cette acidification entraîne une baisse de l'efficacité de la pompe biologique (réduction de la biomasse phytoplanctonique). En réponse aux phénomènes que nous venons de présenter, une quantité moindre de CO_2 est transférée de l'atmosphère vers l'océan, ce qui a pour effet d'accroître la quantité nette de GES, leurs concentrations, l'effet de serre, la température atmosphérique, la température des océans qui va de nouveau diminuer l'efficacité des pompes océanique physique et biologique, etc. Une fois de plus, on est face à une boucle de rétroaction positive.

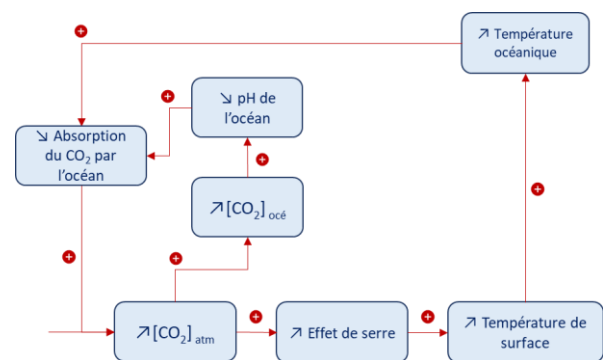


Figure 6 : Rétroaction des pompes océaniques

Enfin, d'autres rétroactions climatiques existent mais pour lesquelles les évolutions sont moins certaines. C'est le cas par exemple des rétroactions associées à la couverture nuageuse.

Il est probable que le réchauffement climatique induise une modification de la couverture nuageuse (répartition et type de nuages). Vu depuis la Terre, les nuages émettent un rayonnement infrarouge vers la surface et ont ainsi un effet de réchauffement. Depuis l'espace, les nuages réfléchissent la lumière du soleil et émettent un rayonnement infrarouge hors du système Terre, et ont ainsi un effet refroidissant. Le bilan net entre réchauffement ou refroidissement dépend du type et de l'altitude du nuage. Les nuages élevés et semi-transparents ont tendance à avoir un effet réchauffant pour le système terrestre et ont donc une rétroaction positive. Les nuages de basse altitude reflètent normalement plus de lumière solaire et ont donc un effet net refroidissant.

Références.

GIEC. (2019). *Résumé à l'intention des décideurs, Résumé technique et Foire aux questions*, dans *Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Glossaire*, p. 88.

Meadows, D. M. (2022). *Limits to growth (50 years after)*, Chapter 2. *The engine: exponential growth*.

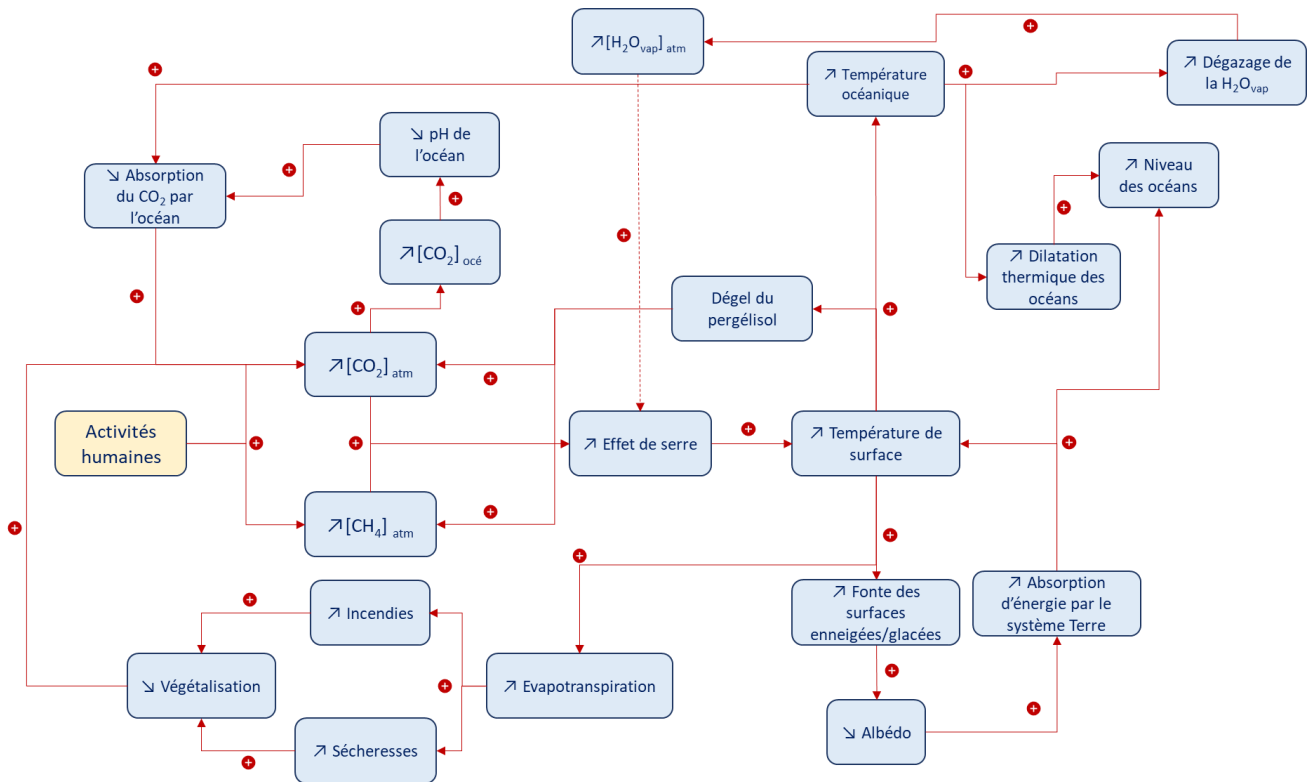
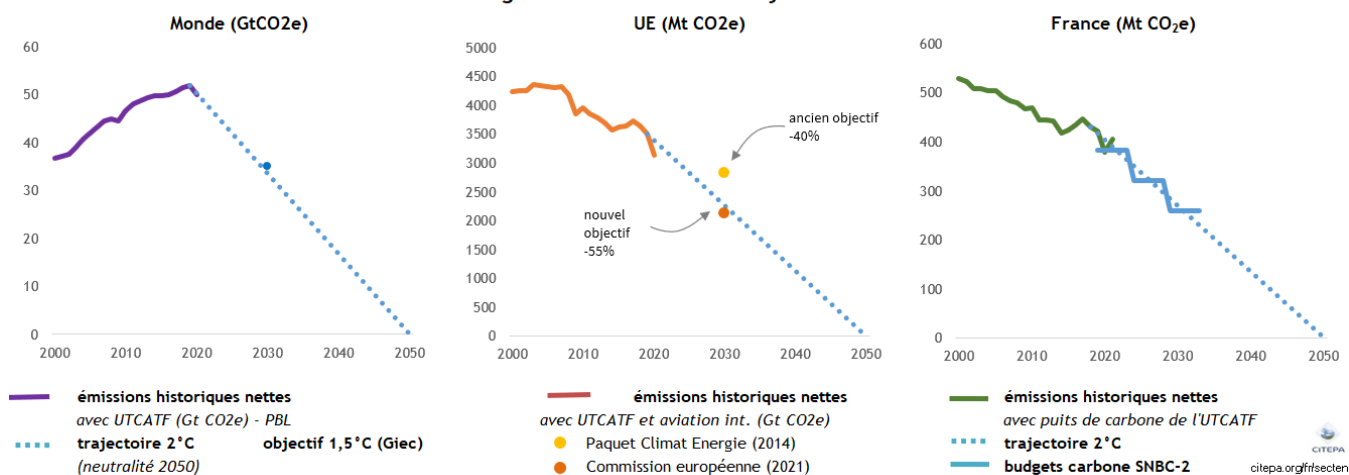


Figure 7 : Boucles de rétroactions climatiques

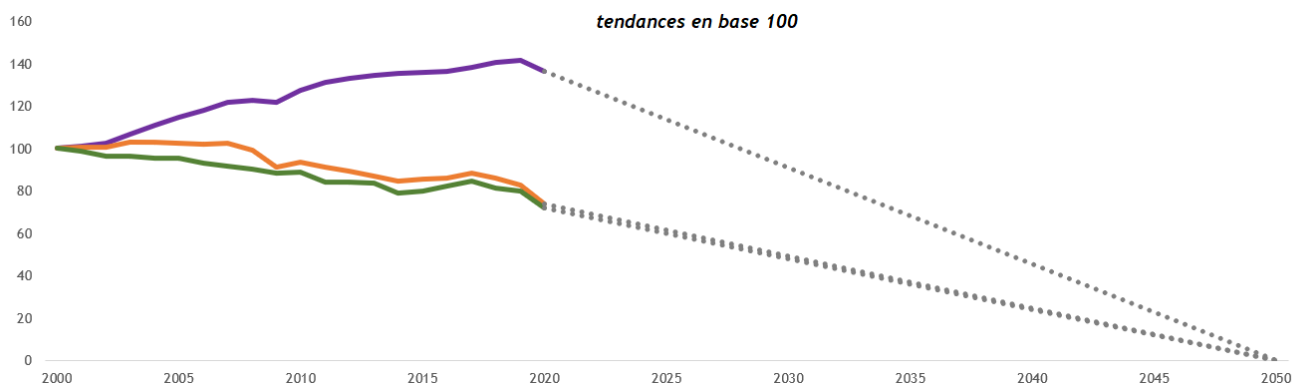
Politique climat en France, dans l'UE et à l'international

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.

Émissions nettes de gaz à effet de serre et objectif de neutralité en 2050



tendances en base 100



Vue d'ensemble des actualités récentes

En 2021, les émissions de gaz à effet de serre ont connu un rebond post-Covid, au point d'atteindre, au niveau mondial, un nouveau record : la crise n'a pas permis d'atteindre le pic d'émissions, qui doit pourtant se produire le plus rapidement possible au cours des prochaines années afin de limiter le réchauffement à +2°C, voire +1,5°C. De nombreux plans de relance (notamment en UE et en France, aux Etats-Unis...) ont mis la transition écologique au centre de la reprise économique. Ainsi, le plan de relance européen est venu renforcer la dynamique insufflée par le *Green Deal* (Pacte vert) de 2019.

Après une année entière sans COP (2020), la COP-26 a enfin permis de finaliser des questions techniques sur les règles concrètes de l'Accord de Paris. En amont de la COP-26, en particulier lors du Sommet des dirigeants sur le climat, de nombreuses NDC nouvelles ou mises à jour ont permis de dessiner une trajectoire de plus en plus compatible avec l'objectif +2°C, à condition que les promesses, dont certaines sont conditionnées à des financements internationaux soient effectivement mises en œuvre. Enfin, le Giec a publié le premier volume de son 6^e rapport d'évaluation, consacré aux connaissances scientifiques du

changement climatique. Au niveau de l'Union européenne, l'ambition climat s'est aussi renforcée en 2021 avec d'abord l'adoption du règlement (UE) 2021/1119 dit « loi européenne sur le climat » fixant un nouvel objectif de réduction des émissions d'au moins -55% d'ici 2030 par rapport à 1990 ; puis par la proposition, par la Commission, d'un paquet politique et législatif, « *fit for 55* », visant à adapter la politique climat de l'UE à ce nouvel objectif.

Cette nouvelle ambition ne s'est pas encore traduite dans les objectifs climat en France mais plusieurs travaux importants ont été menés en 2021, comme le lancement de la future Stratégie française sur l'énergie et le climat regroupant la mise à jour des textes clés de la politique climat nationale, comme la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) ou le programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) ; l'adoption de la loi dite climat et résilience qui reprend en partie certaines propositions de la Convention citoyenne pour le climat, le plan d'investissements annoncé le 12 octobre 2021 par le Président de la République, intitulé « France 2030 », visant notamment la transition écologique ; ou encore des études prospectives comme celles de l'Ademe, et de RTE.

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 leurs situations 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. Après une année sans COP en 2020 pour cause du Covid-19, la dernière COP, la COP-26, a eu lieu en novembre 2021 sous présidence britannique, à Glasgow (Ecosse), où les Parties sont enfin parvenues à un consensus sur la finalisation du dernier volet des règles de mise en œuvre (*Rulebook*) de l'Accord de Paris sur le climat (article 6 : règles sur les marchés carbone), resté en suspens à la COP-24, puis à la COP-25.

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 (CO₂), protoxyde d'azote (N₂O), méthane (CH₄), hydrofluorocarbures (HFC), perfluorocarbures (PFC) et hexafluorure de soufre (SF₆). Pour la seconde période d'engagement (2013-2020), le NF₃ est également visé.

Pour la première période, l'objectif de réduction est fixé pour les 38 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 CO₂e 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 CO₂e. **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 l'amélioration

source CITEPA / format CCNUCC (*) - mars 2022

serre/recap_Kyoto.xlsx

		Ecart (%)															
Substance	Unité	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020/90
Gaz à effet de serre direct																	
CO ₂ (direct et hors UTCATF	Mt	398	393	415	425	387	365	367	369	337	342	345	348	333	327	289	-27%
	Mt équ. C ^(d)	109	107	113	116	106	99	100	101	92	93	94	95	91	89	79	-27%
CO ₂ (direct et indirect net ^(b)	Mt	370	361	390	374	344	322	322	320	295	303	315	327	315	310	271	-27%
	Mt équ. C ^(d)	101	98	106	102	94	88	88	87	80	83	86	89	86	85	74	-27%
CH ₄ Hors UTCATF	kt	2 766	2 815	2 744	2 545	2 467	2 419	2 370	2 363	2 351	2 314	2 297	2 280	2 250	2 230	2 186	-21%
	Mt CO ₂ e	69	70	69	64	62	60	59	59	59	58	57	57	56	56	55	-21%
	Mt équ. C ^(d)	19	19	19	17	17	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	-21%
CH ₄ net ^(b)	kt	2 804	2 962	2 812	2 593	2 512	2 463	2 413	2 405	2 395	2 358	2 341	2 325	2 294	2 275	2 230	-20%
	Mt CO ₂ e	70	74	70	65	63	62	60	60	60	59	59	58	57	57	56	-20%
	Mt équ. C ^(d)	19	20	19	18	17	17	16	16	16	16	16	16	16	16	15	-20%
N ₂ O Hors UTCATF	kt	217	221	180	155	136	130	131	131	134	134	130	135	129	128	122	-44%
	Mt CO ₂ e	65	66	54	46	40	39	39	39	40	40	39	40	39	38	36	-44%
	Mt équ. C ^(d)	18	18	15	13	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	-44%
N ₂ O net ^(b)	kt	228	232	191	165	147	141	142	141	144	144	140	145	139	137	131	-42%
	Mt CO ₂ e	68	69	57	49	44	42	42	42	43	43	42	43	41	41	39	-42%
	Mt équ. C ^(d)	19	19	16	13	12	11	12	11	12	12	11	12	11	11	11	-42%
HFC	t	659	803	3 328	6 202	8 163	8 563	8 690	8 602	8 588	8 528	8 438	8 236	7 435	6 497	5 971	807%
	Mt CO ₂ e	4,4	1,7	6,7	12,9	16,9	17,6	17,9	17,8	17,7	17,5	17,2	16,6	14,8	13,0	11,7	167%
	Mt équ. C ^(d)	1,2	0,5	1,8	3,5	4,6	4,8	4,9	4,8	4,8	4,8	4,7	4,5	4,0	3,5	3,2	167%
PFC	t	588	357	346	204	68	86	87	74	68	59	74	77	75	68	60	-90%
	Mt CO ₂ e	5,2	3,1	3,0	1,8	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	-90%
	Mt équ. C ^(d)	1,4	0,8	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	-90%
SF ₆	t	95	108	96	59	38	29	29	26	21	22	22	20	19	17	15	-84%
	Mt CO ₂ e	2,2	2,5	2,2	1,4	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	-84%
	Mt équ. C ^(d)	0,6	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-84%
NF ₃	t	1,0	0,4	1,2	1,8	1,9	1,8	1,2	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,7	0,6	0,5	-48%
	Mt CO ₂ e	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-48%
	Mt équ. C ^(d)	0,004	0,002	0,005	0,009	0,009	0,009	0,006	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	-48%
CO ₂ e ^(c) Hors UTCATF	Mt CO ₂ e	544	536	549	551	507	483	485	486	455	458	459	463	443	435	393	-28%
	Mt équ. C ^(d)	148	146	150	150	138	132	132	132	124	125	125	126	121	119	107	-28%
CO ₂ e net ^(b)	Mt CO ₂ e	520	512	529	504	469	445	444	441	416	423	434	446	429	422	379	-27%
	Mt équ. C ^(d)	142	140	144	137	128	121	121	120	114	115	118	122	117	115	103	-27%
	kg CO ₂ e/ha	8 929	8 596	8 693	7 981	7 217	6 809	6 760	6 684	6 277	6 360	6 501	6 668	6 410	6 297	5 624	-37%
	kg C/hab. ^(f)	2 435	2 344	2 371	2 177	1 968	1 857	1 844	1 823	1 712	1 734	1 773	1 819	1 748	1 717	1 534	-37%
	g CO ₂ e/€ PI	476	409	344	273	228	213	210	205	189	189	189	189	177	173	165	-65%
	g C /€ PIB ^(f)	130	111	94	74	62	58	57	56	52	52	51	52	48	47	45	-65%
Gaz à effet de serre indirect																	
SO ₂ net ^(a)	kt	1 307	965	643	484	286	242	241	221	178	171	155	149	140	115	104	-92%
NO _x net ^(a) hors UTCATF ^(c)	kt	2 154	1 978	1 811	1 585	1 233	1 177	1 147	1 124	1 034	1 006	956	929	872	828	700	-68%
	kt	2 133	1 959	1 792	1 568	1 217	1 161	1 130	1 108	1 018	990	939	911	855	810	683	-68%
COVNM net ^(a) hors UTCATF ^(c)	kt	4 033	3 681	3 215	2 825	2 338	2 356	2 259	2 265	2 264	2 319	2 250	2 298	2 388	2 304	2 271	-44%
	kt	2 931	2 533	2 089	1 608	1 236	1 165	1 115	1 107	1 090	1 063	1 040	1 028	1 006	989	955	-67%
CO net ^(a) hors UTCATF ^(c)	kt	11 802	9 961	7 360	5 848	4 724	4 025	3 733	3 752	3 254	3 224	3 285	3 264	3 129	3 108	2 793	-76%
	kt	11 060	9 285	6 664	5 265	4 143	3 449	3 158	3 206	2 683	2 650	2 684	2 635	2 513	2 474	2 179	-80%

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

(b) UTCATF inclus

(c) Emissions CO₂ équivalentes calculées sur la base des PRG (Pouvoir de Réchauffement Global) à 100 ans, issus du 4^{ème} rapport du GIEC (GIEC 2007 - AR4).

PRG: CO₂ = 1 ; CH₄ = 25 ; N₂O = 298 ; SF₆ = 22800 ; NF₃ = 17200 ; HFC et PFC = valeurs variables dépendantes de la composition des gaz.

(d) kt équivalent Carbone = (12/44) kt équivalent CO₂

(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 8^e 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 2^e période d'engagement (2013-2020) pour 38 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 amendée pour ajouter un 7^{ème} gaz à effet de serre au panier des six visés jusque-là, le gaz fluoré NF₃ (celui-ci a été identifié comme faisant partie des nouveaux GES et des nouvelles familles de GES énumérés dans le 4^e 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'entrée en vigueur de l'amendement de Doha était conditionnée à l'atteinte d'un seuil de 144 ratifications (soit les trois quarts de l'ensemble des 192 Parties au Protocole de Kyoto). Or, faute d'un nombre suffisant de ratifications, il n'est entré en vigueur qu'*in extremis*, à savoir presque huit ans après le début de la 2^e période d'engagement. Ainsi, avec la ratification par la 144^e Partie, la Jamaïque, le 1^{er} octobre 2020 (suivie par le Nigéria le 2 octobre), l'amendement de Doha est entré en vigueur 90 jours après, soit le 30 décembre 2020, c'est-à-dire un jour avant que la 2^e période ne se termine. Trois des 38 Parties ayant souscrit des engagements de réduction n'ont toujours pas ratifié : Belarus, Kazakhstan et Ukraine. Au 5 juillet 2021, 147 Parties l'avaient ratifié.

Néanmoins, même si la 2^e période d'engagement est terminée, le processus de rapportage des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre relatif à cette période continue encore. En effet, il reste encore à rapporter les émissions de l'année 2020 pour déterminer si les objectifs de Kyoto 2 ont été atteints. Or, non seulement ces inventaires relatifs à 2020 ne seront pas rapportés avant 2022 (15 mars 2022 pour l'UE), mais il faut aussi tenir compte des étapes suivantes (revues, vérification de la conformité aux engagements de la deuxième période, et la période de grâce en cas de besoin pour les derniers ajustements, puis les rapports finaux...).

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 Climat¹ 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 certifiées 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.

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.

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 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 21^e 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 2^e 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.

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 2^{ème} génération aux CFC, après

Au 16 mai 2022, 193 Parties avaient ratifié l'Accord de Paris représentant désormais, selon les chiffres officiels de la CCNUCC, 98,6% des émissions mondiales de GES. Quatre Parties n'ont pas encore ratifié : Erythrée, l'Iran, Libye et Yemen. Quant aux Etats-Unis (17,9%), le retrait par l'administration Trump est devenu effectif le 4 novembre 2020, mais suite à l'élection du nouveau Président américain, Joe Biden, le premier jour de son mandat, le 20 janvier 2021, celui-ci a signé un décret présidentiel (*executive order*) formalisant la réintégration de son pays à l'Accord de Paris (en termes juridiques, une adhésion) en vertu de son article 21. Ce décret a ensuite été transmis aux Nations Unies et la réintégration des Etats-Unis à l'Accord de Paris est devenu effectif le 20 février 2021.

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 3^e 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 depuis le 1^{er} janvier 2021. Cependant, les Parties ne sont pas parvenues à un accord sur la finalisation des règles de mise en œuvre de l'article 6 (mécanismes de marché), ni lors de la COP-24, ni lors de la COP-25 (sous Présidence chilienne, décembre 2019). La COP-26, qui devait se tenir à Glasgow (Ecosse) en novembre 2020, a été reportée en novembre 2021 pour cause de la pandémie de Covid-19. Le régime de l'Accord de Paris a donc formellement démarré au 1^{er} janvier 2021 sans que l'ensemble des règles de mise en œuvre aient été adoptées : le volet entier de l'article 6 était toujours en suspens. Ce n'est qu'au cours des dernières heures de la CMA-3, qui a eu lieu parallèlement à la COP-26 (à Glasgow donc), que les Parties sont enfin parvenues à un consensus sur la finalisation des règles de mise en œuvre de l'Accord de Paris (*Rulebook*) :

- les règles d'un volet entier (l'article 6 sur les mécanismes de marché) : décisions 2/CMA.2, 3/CMA.3 et 4/CMA.4,
- les règles du sous-volet article 4.10 (calendriers communs des NDC) : décision 6/CMA.3,
- les règles des cinq sous-volets de l'article 13 (tableaux de rapportage au titre du cadre de transparence renforcé) : décision 5/CMA.3.

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 1^{er} 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 20^e Partie, la Suède. Au 16 mai 2022, il était ratifié par 131 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 39^{ème} 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 CO₂ pour l'aviation internationale (CORSIA). Lors de sa 37^e 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 CO₂ (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), 1^{ère} phase avec participation volontaire (2024-2026) et 2^{ème} phase contraignante (2027-2035). Il a été convenu que 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 a également été 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 CO₂ 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 1^{er} janvier 2021.

Avant la mise en place de la phase pilote (2021-2023), d'importants travaux techniques de préparation ont permis d'adopter les modalités de la mise en œuvre de ce nouveau mécanisme.

Le système CORSIA s'articule autour de trois principaux volets :

Normes et pratiques recommandées

Il s'agit d'actions obligatoires par les Etats et les exploitants d'avions pour mettre en œuvre le système CORSIA (à savoir "que faire, quand", etc.). Lors de sa 214^e session (11 -29 juin 2018), le Conseil de l'OACI a adopté, le 27 juin 2018, la première édition de l'Annexe 16, Volume IV (relatif au système CORSIA), à la Convention relative à l'aviation civile internationale (dite Convention de Chicago, 1944). Ce document définit les normes et pratiques recommandées (*Standards and Recommended Practices* ou SARPs) concernant :

- la procédure de MRV des émissions annuelles de CO₂ des exploitants d'avion (Concrètement, depuis le 1^{er} janvier 2019, tous les 193 Etats membres de l'OACI où sont immatriculées des compagnies aériennes exploitant des vols internationaux doivent, chaque année, surveiller, rapporter et faire vérifier par un tiers les émissions de CO₂ induites par ces vols) ;
- les obligations de compensation des émissions de CO₂ provenant de vols internationaux et réduction des émissions par l'utilisation de carburants admissibles ;
- les unités d'émission.

Manuel technique environnemental

Il s'agit de recommandations sur le processus de mise en œuvre du système CORSIA (à savoir "comment le faire"). La 2^e édition de ce manuel a été approuvée en février 2019 par le Comité de protection de l'environnement en aviation (CAEP), organe technique de l'OACI.

Les éléments et outils de mise en œuvre

Le Conseil de l'OACI a approuvé cinq éléments et outils essentiels pour la mise en œuvre de CORSIA (14 documents techniques s'y rapportent) :

- un document précisant les Etats qui se sont portés volontaires pour participer à la phase pilote de CORSIA et à la première phase a été approuvée par le Conseil de l'OACI et a été publiée en juillet 2020. Au total, 88 Etats (dont la France), représentant près de 80% des activités aéronautiques internationales ont indiqué leur intention d'y participer sur une base volontaire dès 2021 ;
- l'outil d'estimation et de rapportage des émissions de CO₂ (CERT), dont la 2^e édition a été publiée en 2019 ;
- les carburants admissibles ;
- les unités d'émissions admissibles : un organe consultatif technique (TAB) a été créé, d'une part, pour évaluer l'éligibilité des programmes de compensation et, d'autre part, pour formuler des recommandations au Conseil de l'OACI sur les programmes que le TAB a retenus pour approbation par le Conseil qui pourraient donner lieu à des unités d'émissions qui en résulteraient de la mise en œuvre de projets de réduction des émissions menés dans le cadre

de ces programmes. Lors de sa 219^e session (2-20 mars 2020), le Conseil a approuvé des unités d'émission admissibles pour utilisation dans le cadre de la phase pilote de CORSIA (2021-2023). Ainsi, six programmes de compensation ont été approuvés par le Conseil ;

- le registre central. Il a été mis en place sous la forme d'une application sécurisée hébergée sur le cloud et qui s'appuie sur une base de données (exploitants d'avions, organismes de vérification, émissions de CO₂ de l'aviation internationale, carburants admissibles utilisés aux fins de compensation, unités d'émissions annulées,...).

Impact de la pandémie de Covid-19 sur les règles de CORSIA

Suite à la pandémie du Covid-19, le Conseil de l'OACI a décidé, lors de sa 220^e session (du 8 au 26 juin 2020), de modifier une des règles de base du système CORSIA, en revenant sur le niveau de référence qui était défini comme étant la moyenne des émissions du secteur des deux années 2019 et 2020. Le Conseil de l'OACI a ainsi pris la décision que le volume des seules émissions de 2019 servira à établir le niveau de référence pendant la phase pilote (2021-2023).

Accord dans le secteur maritime (OMI)

Lors de sa 70^e 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 CO₂ 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 CO₂ 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 72^e session du MEPC (avril 2018) a abouti à l'adoption d'une « **stratégie initiale** » globale de l'OMI pour réduire les émissions de CO₂ 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 CO₂ mais préconise également des mesures de réduction du CH₄ et des COV, mais ne prend pas en compte le carbone suie ou le N₂O.

Les objectifs fixés :

- pic : les émissions de CO₂ 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 2^e moitié du siècle) ;
- objectifs en *relatif* (intensité carbone) :

Il a justifié cette décision par la très forte réduction du nombre de vols en 2020 au niveau mondial, et donc des émissions de CO₂ du secteur de l'aviation, en raison du Covid-19. Selon l'OACI, cette situation imprévue et inédite réduirait artificiellement le niveau de référence de CORSIA et induirait un fardeau économique inapproprié pour les exploitants d'avions car, une fois que le trafic aérien connaîtra un retour à la normale (post-Covid-19 donc), ils seraient tenus de compenser un volume plus élevé d'émissions de CO₂.

Objectif de l'ATAG

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 CO₂ 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.

⇒ émissions de CO₂ 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).

Lors de sa 73^e session (22-26 octobre 2018), le MEPC a approuvé un programme d'activités de suivi en guise d'outil de planification pour respecter les échéances fixées dans la stratégie initiale. Dans le cadre du processus qui mène à l'adoption d'une stratégie révisée en 2023, la collecte des données relatives à la consommation de fuel-oil des navires d'une jauge brute égale ou supérieure à 5 000 t est obligatoire depuis le 1^{er} janvier 2019.

Lors de sa 74^e session (13-17 mai 2019), le MEPC a approuvé une procédure d'évaluation de la faisabilité des mesures proposées dans la stratégie initiale et de leurs impacts économiques, sociaux et environnementaux sur les Etats. Le MEPC a également démarré le travail d'évaluation. Cependant, les négociations ont échoué sur les mesures de court terme qui permettraient de stabiliser les émissions de CO₂ et d'amorcer leur baisse.

Lors de sa 75^e session (16-20 novembre 2020, en virtuel), le MEPC a approuvé des propositions de nouvelles règles contraignantes pour réduire l'intensité carbone des navires existants. Il s'agit de propositions d'amendements à la Convention MARPOL 73/78 qui obligerait les exploitants de suivre une double approche, technique et opérationnelle, pour réduire l'intensité carbone de leurs navires. Ces propositions d'amendements s'inscrivent dans le cadre de l'objectif de réduction de la stratégie initiale (réduction d'au moins 40% d'ici 2030 des émissions de CO₂ par tonne-km, base 2008).

Ces mesures se décomposent en deux volets :

- un **volet « technique »** : avec la mise en place d'une certification obligatoire de l'efficacité énergétique des

navires, les exploitants seront tenus de calculer l'indice d'efficacité énergétique pour les navires existants (*Energy Efficiency Existing Ship Index* ou EEXI) afin d'améliorer leur efficacité énergétique et donc de réduire leur consommation de combustible. Les navires devront mettre en place en 2023 au plus tard de nouveaux équipements (limiteurs de puissance, systèmes améliorant l'hydrodynamisme et la consommation d'électricité, dispositifs d'assistance de propulsion à la voile, recours aux biocarburants,...) afin de réduire immédiatement leur intensité carbone ;

- un volet « opérationnel » : une notation individuelle de l'intensité carbone réelle (consommation de combustible du navire / distance parcourue) sera attribuée aux navires (note de A à E) chaque année sur la base de leurs performances de l'année précédente, en référence à des seuils qui seront abaissés d'année en année. Les navires classés D trois années consécutives, ou E, seront tenus de soumettre un plan d'actions correctives montrant comment ils prévoient d'être classés C, B ou A. Ce dispositif de classement annuel, baptisé « notation d'indicateur d'intensité carbone (*carbon intensity indicator* [CII] *rating*), devrait conduire à réduire la vitesse de certains navires ou encore encourager la propulsion par voile.

Ce nouveau cadre s'appliquera à la très grande majorité des navires du transport maritime international. Il devrait apporter davantage de transparence sur les performances des navires et facilitera les prochaines étapes de la décarbonation du secteur maritime, en permettant notamment aux États, aux financeurs, aux clients ou aux ports de mettre en place sur

cette base des mesures additionnelles ou des mécanismes d'incitation de type bonus-malus.

Lors de sa 76^e session (10-17 juin 2021, en virtuel), le MEPC a formellement adopté ces propositions d'amendements, qui constituent ainsi les premières mesures concrètes visant à mettre en œuvre sa stratégie initiale et notamment son objectif de réduction de l'intensité carbone des navires d'ici 2030. Les amendements entreront en vigueur le 1^{er} novembre 2022 et les obligations concernant la certification EEXI et la notation CII s'appliqueront le 1^{er} janvier 2023. Cela signifie que le premier rapportage annuel sera réalisé en 2023 et la première notation sera effectuée en 2024.

La France avec ses partenaires européens se sont fortement mobilisés pour défendre un objectif de réduction de l'intensité carbone de 22% sur le volet opérationnel jusqu'en 2030 par rapport à 2019. Malgré ces efforts, cependant, une majorité d'Etats membres de l'OMI, dans la dernière ligne droite des négociations, se sont prononcés en faveur d'une réduction de l'intensité carbone du volet opérationnel limitée à 11% entre 2020 et 2026 (par rapport à 2019). Une révision de la mesure en 2025 devrait permettre de fixer de nouvelles valeurs pour les années 2027-2030 après analyse des premières années de mise en œuvre afin d'atteindre l'objectif fixé par la stratégie initiale de l'OMI de réduire l'intensité carbone de la flotte mondiale de 40% entre 2008 et 2030.

Enfin, le MEPC a également adopté un programme de travail pour élaborer des mesures de moyen et de long terme conformément à la stratégie initiale de 2018 et dans la perspective de l'adoption de 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 des 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 approuvée 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

Les trois objectifs du Paquet climat énergie à l'horizon 2020, dits « 3x20 » -voir ci-dessus- se sont traduits 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 CO₂.

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 CO₂ 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 (SEQUE) et les secteurs hors SEQUE (bâtiments du secteur résidentiel-tertiaire, transports, petites installations industrielles, déchets, agriculture, etc.).

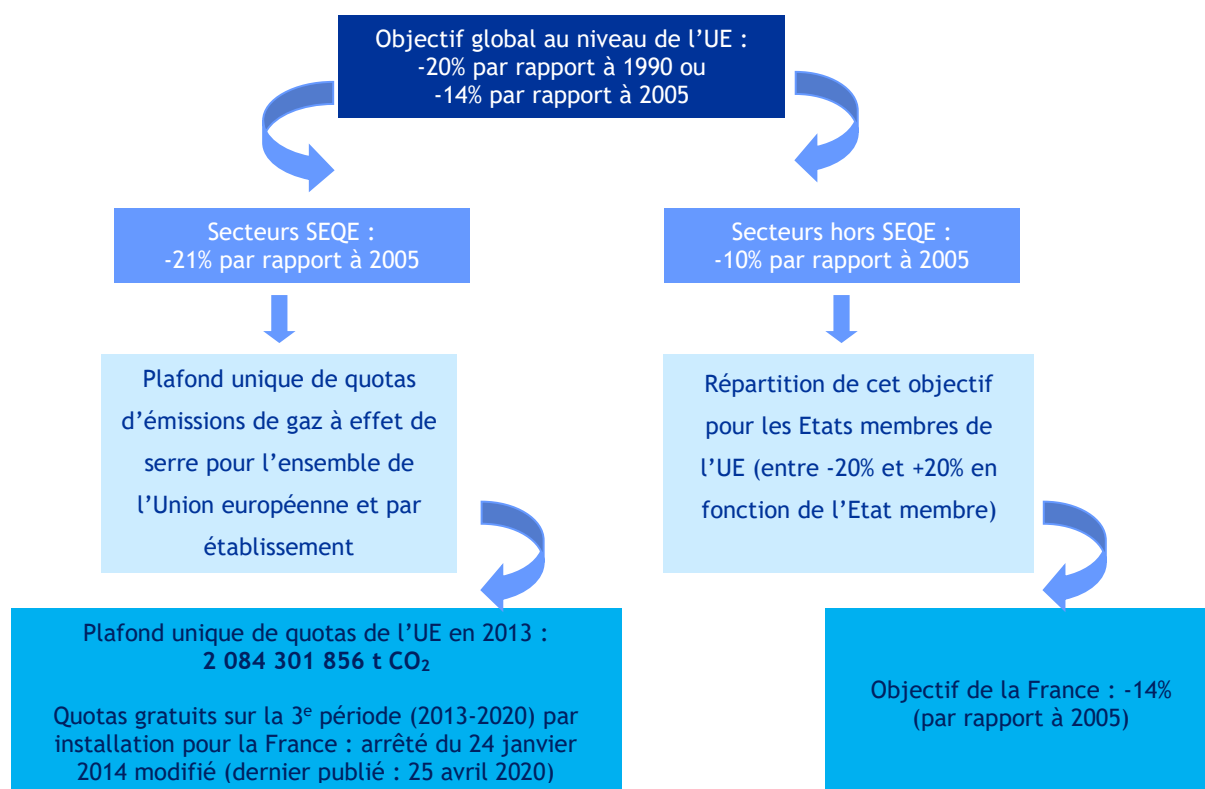
Approche retenue (cf. schéma ci-après)

- une réduction de 21% d'ici 2020 dans les secteurs du SEQUE (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 SEQUE (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 2020, de 355,3 Mt CO₂e, n'a pas été dépassé (émissions hors SEQE : 307,8 Mt CO₂e en 2020).

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

En t CO₂e calculées en appliquant les valeurs PRG du 4^e 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 CO₂ 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 1^{er} 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 CO₂ de l'Union européenne.

Ces installations fixes doivent restituer chaque année autant de quotas (1 quota = 1 tonne de CO₂) 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 CO₂).

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 2^{ème} 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 fuites² 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 CO₂ par année sur cette période (la réserve pour les nouveaux entrants de 3,94 Mt CO₂ 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

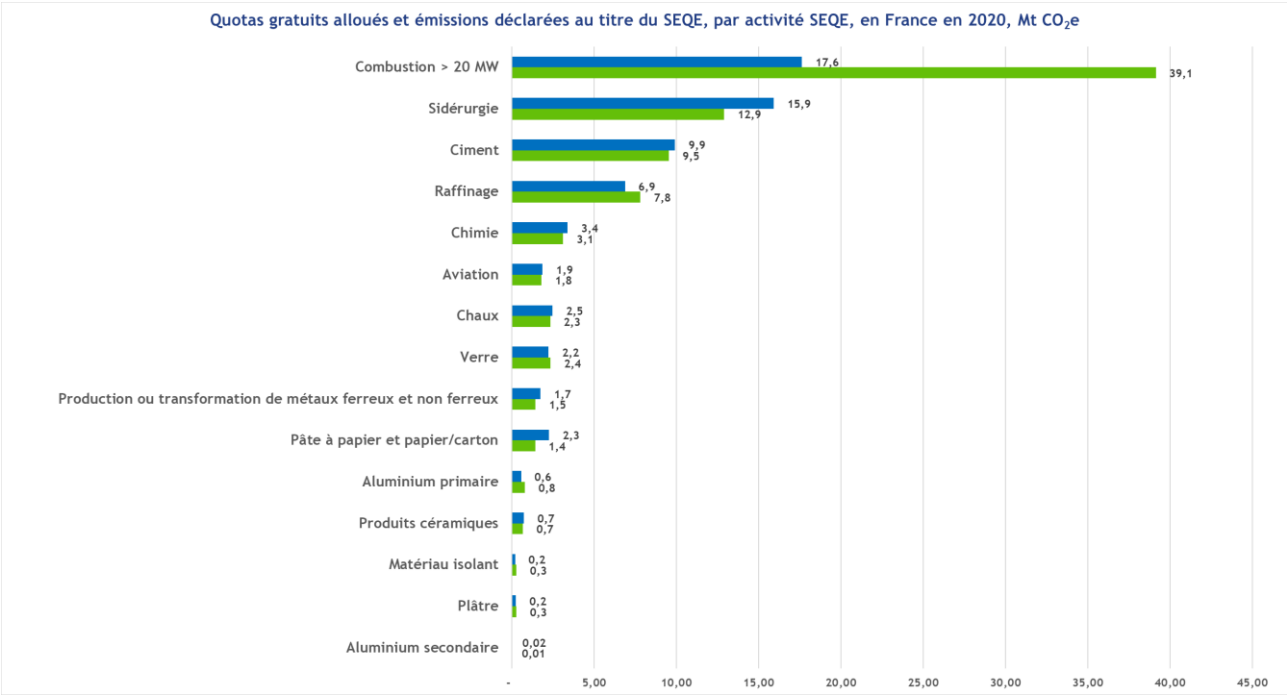
Concernant la troisième période (2013-2020), l'annexe I de la directive 2009/29/CE fixe la liste des nouvelles activités à prendre en compte dans le cadre du SEQE :

- les émissions de CO₂ de la production ou transformation de métaux ferreux et non ferreux (y compris les ferro-alliages),
- les émissions de CO₂ et de PFC de la production d'aluminium primaire,
- les émissions de CO₂ dues au séchage et à la calcination du plâtre,
- les émissions de N₂O de la production d'acide nitrique, adipique et glyoxylique,
- les émissions de CO₂ de la production d'ammoniac et de produits chimiques organiques en vrac,
- les émissions de CO₂ 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.

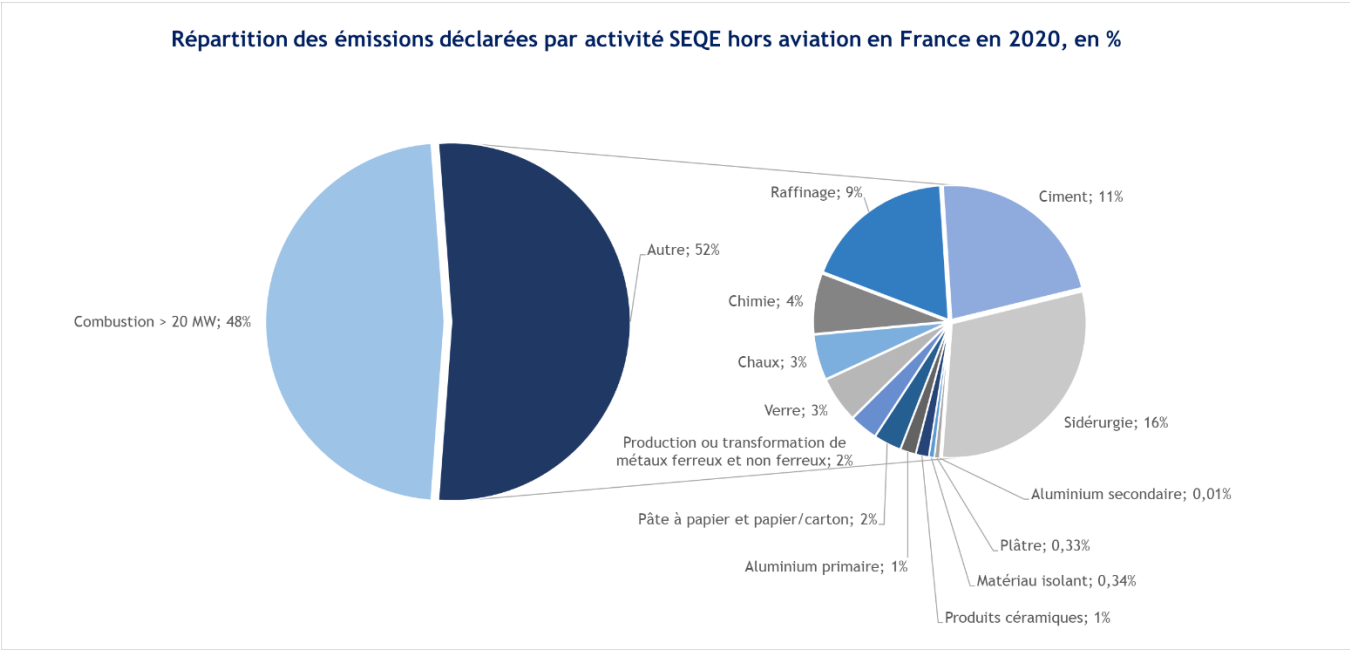
De plus, le périmètre des installations de combustion de puissance supérieure à 20 MW est élargi à toutes les unités

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.

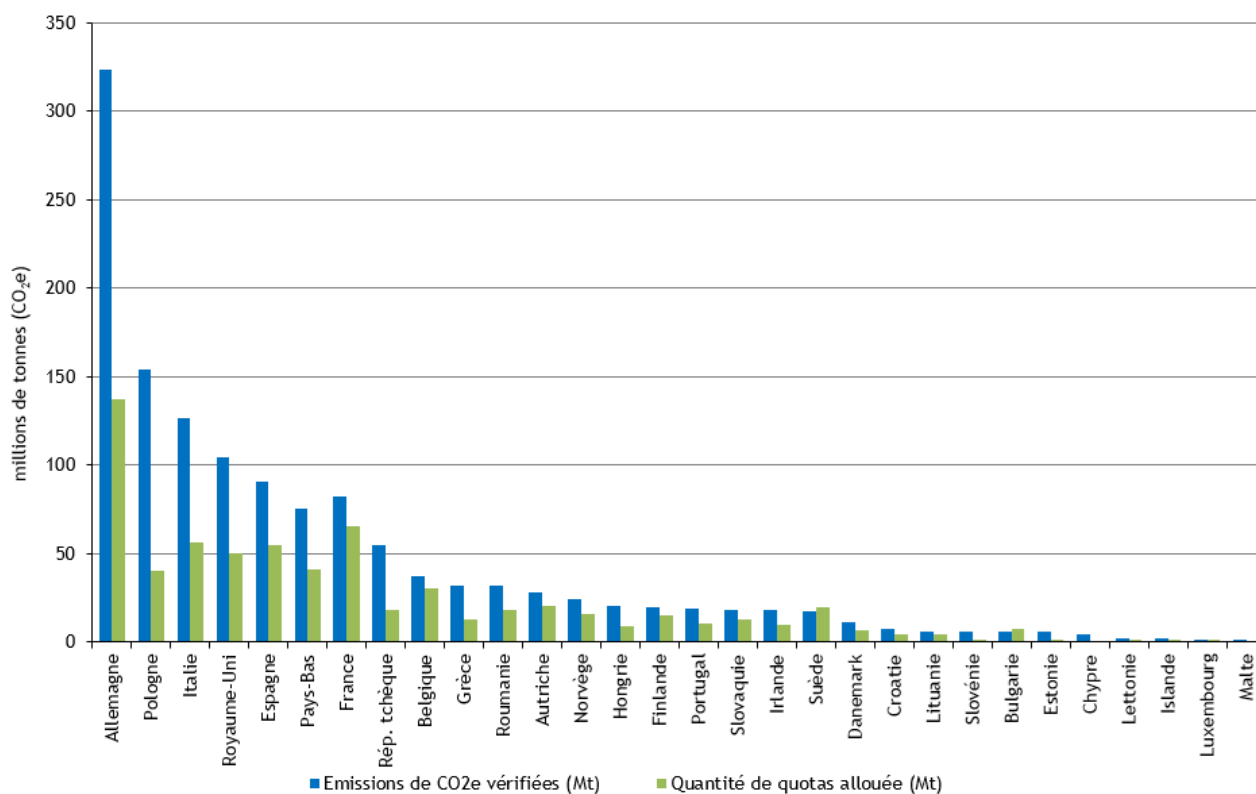
techniques dans lesquelles des combustibles sont brûlés : chaudières, brûleurs, turbines, appareil de chauffage, hauts-fourneaux, incinérateurs, calcinateurs, fours, étuves, sécheurs, moteurs, pile à combustible, unités de combustion en boucle chimique, torchères, ainsi que les unités de postcombustion thermique ou catalytique.



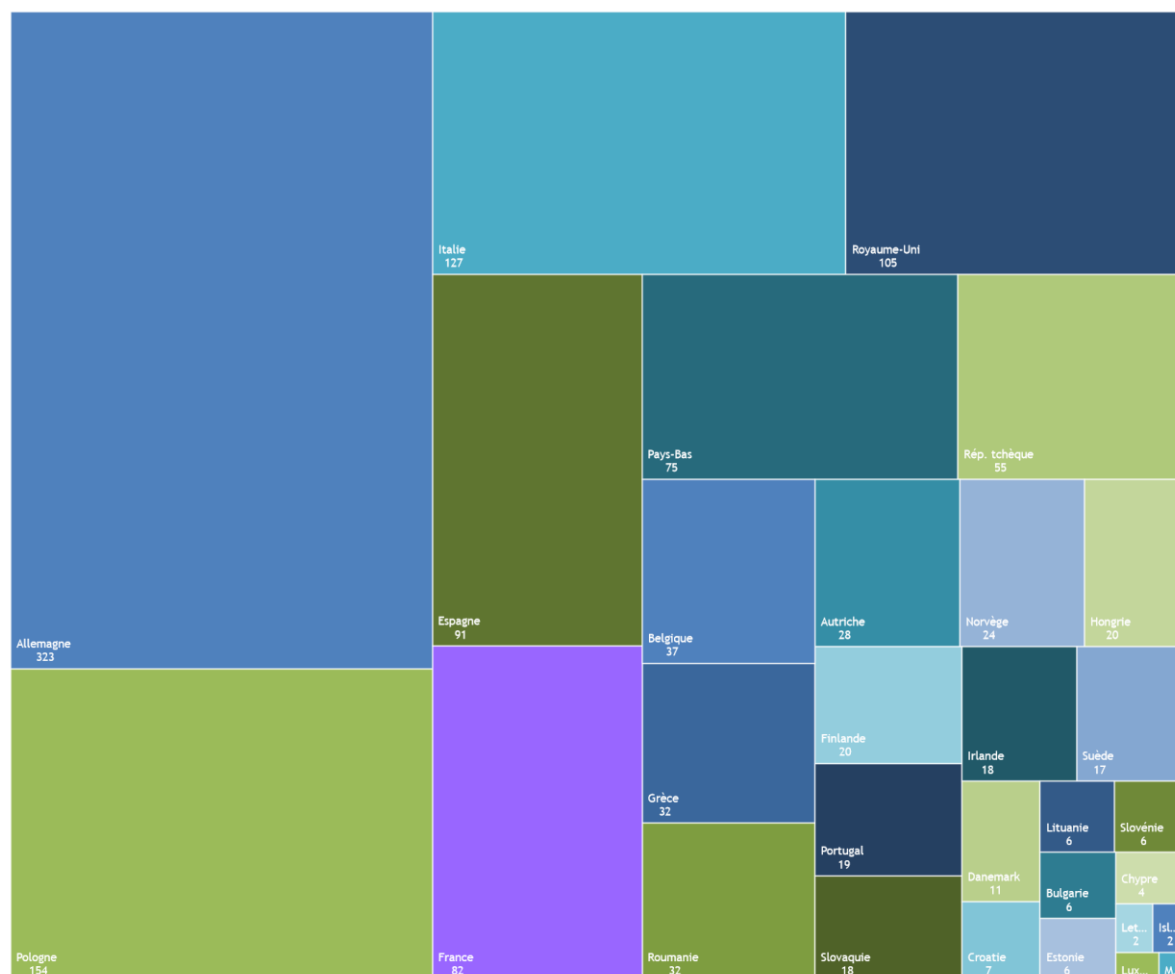
Note :
L'affectation des émissions et des quotas gratuits par secteur SEQUE est réalisée à partir des déclarations annuelles des émissions.
Les règles d'allocation de quotas à titre gratuit pour la phase 3 (2013-2020) sont établies par la décision de la Commission du 27 avril 2011 (2011/278/UE). Les quotas gratuits perçus peuvent être supérieurs aux émissions dans plusieurs cas de figure, par exemple lors de l'importation de chaleur d'un fournisseur soumis au SEQUE, ou encore lorsque l'installation consomme de la biomasse (exemples non exhaustifs).
Des agrégations d'activités SEQUE ont été réalisées afin de représenter les sites industriels qui poursuivent plusieurs activités SEQUE :
Sidérurgie inclut les activités SEQUE suivantes : grillage ou frittage de minéral métallique, production de coke et production de fonte et acier
Pâte à papier et papier/carton inclut les activités SEQUE suivantes: pâte à papier et papier/carton
Production ou transformation de métaux ferreux et non ferreux inclut les activités SEQUE suivantes: production ou transformation de métaux ferreux, et production ou transformation de métaux non ferreux
Chimie inclut les activités SEQUE suivantes: 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



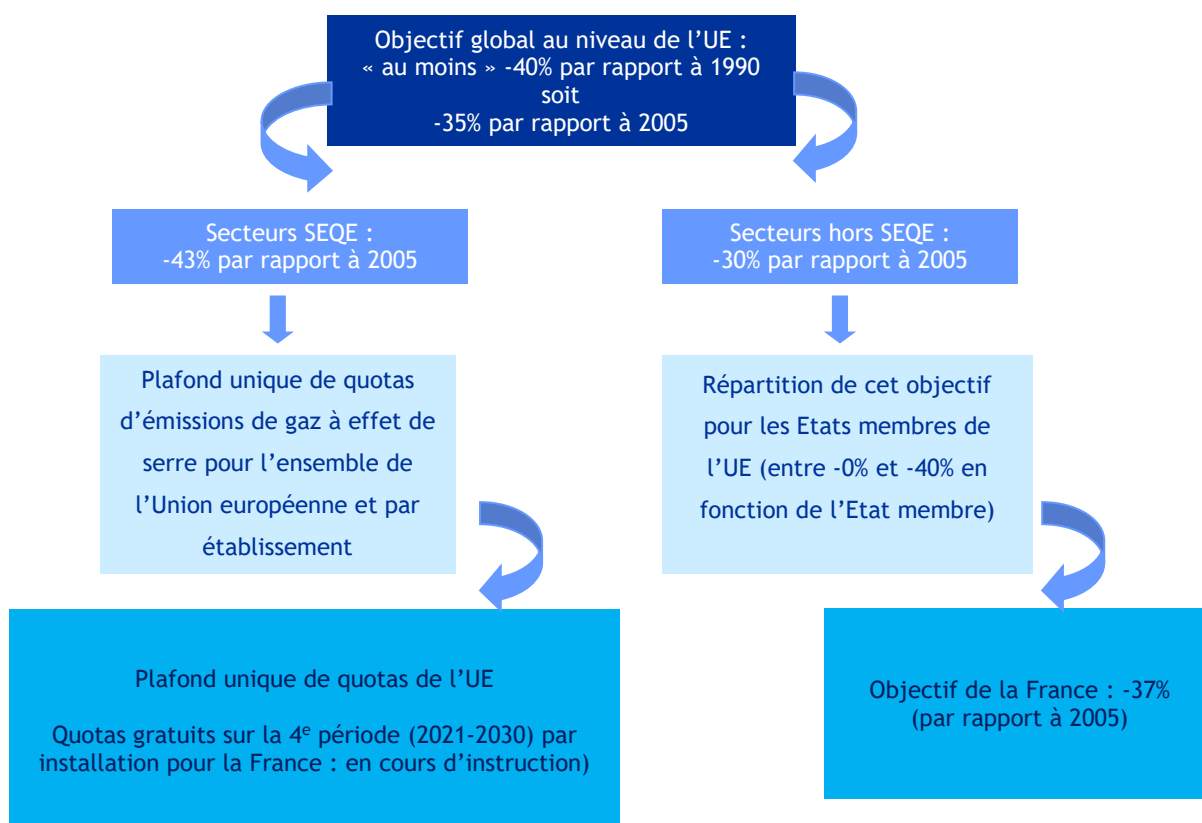
Emissions vérifiées et quantité de quotas allouée par Etat membre de l'UE-28 (+IS, NO, LI) en 2020



Emissions vérifiées par Etat membre de l'UE-28 (+IS, NO, LI) en 2020



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 SEQUE (base 2005),
- -30% pour les secteurs hors SEQUE (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 SEQUE, 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 SEQUE

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 SEQUE entre l'offre et la demande.

La réserve, établie à partir de 2019 (pour la fin de la 3^{ème} période d'échange du SEQUE), 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, révisé en profondeur la directive 2003/87/CE pour la 4^e 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 SEQUE.

Cette directive définit les règles de fonctionnement du SEQUE 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 SEQUE (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 détails sur les nouveautés du SEQUE-4](#)

Secteurs hors SEQUE

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 SEQUE : transports, agriculture, résidentiel/tertiaire et traitement des déchets. Ces secteurs hors SEQUE

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 SEQUE 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 SEQUE**. 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 CO₂e) 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 1^{er} 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 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 1^{ère} période (2008-2012) que pour la 2^{ème} (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 1^{er} 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 2^e et de 3^e 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 2^e PNIEC d'ici le 1^{er} 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 1^{er} janvier 2020.

La Commission européenne a rendu publiques le 1^{er} avril 2020, les versions définitives des NECP, soumis par 22 Etats membres

sur 27 (sans le Royaume-Uni donc) conformément à l'obligation établie par le règlement (UE) 2018/1999 du 11 décembre 2018 sur la gouvernance de l'Union de l'énergie. Les cinq qui n'avaient pas alors soumis leur NECP étaient la France, l'Allemagne, l'Irlande, le Luxembourg et la Roumanie. Désormais, tous les 27 Etats membres ont transmis leur premier PNIEC définitif à la Commission, les deux derniers ayant été l'Allemagne (11 juin 2020) et l'Irlande (4 août 2020).

Le 17 septembre 2020, la Commission a publié une évaluation, à l'échelle de l'UE, des NECP des 27 Etats membres, qui a montré que l'UE est sur la bonne voie pour dépasser son objectif actuel de réduction des émissions de GES d'au moins 40% d'ici à 2030, en particulier grâce aux progrès en cours dans le déploiement des EnR dans toute l'UE. Sur la base des NECP agrégés, globalement :

- *émissions de GES* : il en résulterait une réduction d'environ 41% en 2030 (base 1990, hors UTCATF, y compris l'aviation intra-UE et extra-UE mais hors transport maritime),
- *EnR* : la part des EnR dans l'UE pourrait atteindre 33,7% d'ici 2030, dépassant ainsi l'objectif actuel d'au moins 32%,
- *efficacité énergétique* : la Commission pointe un manque d'ambition des NECP. Par rapport à l'objectif collectif d'au moins 32,5%, elle constate un écart de 2,8 points de pourcentage pour la consommation d'énergie primaire (ambition collective de l'UE de 29,7%) et un écart de 3,1 points de pourcentage pour la consommation d'énergie finale (ambition collective de l'UE de 29,4%).

La Commission a conclu que pour atteindre le nouvel objectif de réduction des émissions de GES de -55% en 2030 (base 1990), avalisé le 21 avril 2021 (*voir plus loin*), l'UE devra donc accroître davantage l'efficacité énergétique et la part des EnR.

Le 14 octobre 2020, la Commission a complété cette évaluation agrégée en publiant les évaluations individuelles des NECP de chacun des 27 Etats membres. Il s'agissait d'analyser les parcours et les ambitions de chaque Etat membre par rapport aux objectifs actuels en matière de climat et d'énergie à l'horizon 2030.

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 1^{er} 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. Ainsi, il vise à réduire d'ici 2030 les émissions de gaz fluorés de l'UE de deux tiers par rapport aux niveaux de 2014. Les émissions cumulées qui devraient être évitées par la mise en œuvre du règlement sont estimées à 1,5 Gt CO₂e d'ici 2030 et à 5 Gt CO₂e d'ici 2050 (source : *Commission européenne/DG CLIM*). Ce règlement 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 (SF₆).

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 (*articles 15 à 18 et annexe V*), 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 CO₂e). 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.

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 :

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.

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.

En juillet 2020, la Commission a lancé des travaux sur la révision du règlement (UE) n° 517/2014, notamment pour le rendre complètement compatible, d'une part, avec les règles du Protocole de Montréal et, d'autre part, avec les nouvelles ambitions climat de l'UE définies dans le cadre du pacte vert (*Green Deal*) et les objectifs du nouveau règlement, dit « loi européenne sur le climat » (renforcement de l'objectif de réduction des émissions de GES à l'horizon 2030, de -40% à -55%, base 1990) et neutralité carbone 2050. Elle a mené une consultation publique du 15 septembre au 29 décembre 2020 sur la révision du règlement (UE) n° 517/2014. Le 5 avril 2022, la Commission a publié une évaluation de la mise en œuvre de ce règlement et a présenté une proposition de règlement révisé accompagnée d'une étude d'impact. Concrètement, cette proposition de règlement vise à :

- renforcer le fonctionnement du système de quotas pour limiter les HFC (et de permettre leur réduction progressive), réduisant de 98% l'incidence potentielle sur le climat des nouveaux HFC mis sur le marché entre 2015 et 2050,
- renforcer et à améliorer l'application et le respect des règles existantes, en permettant notamment aux autorités douanières et de surveillance de contrôler plus facilement les importations et les exportations, pour lutter contre le commerce illégal de gaz fluorés,
- rendre les sanctions plus sévères et plus standardisées,
- assurer une surveillance plus complète, en élargissant les substances et activités couvertes.

- Tous modes confondus : baisse des émissions de GES d'au moins 60% (base 1990),
- Transport maritime : réduction des émissions de CO₂ de 40% provenant des combustibles de soute,
- Aviation : part de 40% de carburants à faible teneur en carbone.

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 CO₂ 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

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,...). Baptisée **Pacte vert pour l'Europe (European Green Deal)**, cette stratégie définit les politiques et mesures pour la mettre en œuvre, 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 (SEQUE) 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 présentait également la voie à suivre pour atteindre l'objectif fixé pour 2050. Le 17 septembre 2020, la Commission a ensuite présenté, sur la base d'une étude d'impact, son "plan cible en matière de climat pour 2030", à savoir une modification de la proposition de règlement du 4 mars 2020, en intégrant 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 la Présidente de la Commission, Ursula von der Leyen. La Commission a ainsi proposé de renforcer l'objectif de réduction en vigueur jusqu'ici, d'au moins -40% sur la période 1990-2030, en le faisant passer à au moins -55%. Il s'agit d'un objectif sur les émissions nettes, (avec puits de carbone). C'est la première fois qu'un objectif global de réduction des émissions de GES de l'UE prend en compte ce secteur complexe. L'objectif d'au moins -55% devra être atteint collectivement par les Vingt-sept (et non individuellement par chaque Etat membre) mais chaque Etat membre doit participer à cet effort collectif.

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.

Après son adoption formelle en juin 2021 par le Conseil et le Parlement européen, le règlement (UE) 2021/1119, dit « loi européenne pour le climat », a été publié au Journal Officiel de l'UE le 9 juillet 2021.

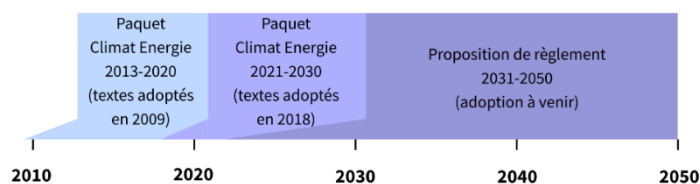
Le 14 juillet 2021, la Commission européenne a publié un **nouveau paquet politique et législatif** (dit « *fit for 55 [%]* ») visant à adapter plusieurs actes législatifs européens en vigueur en matière de climat-énergie pour qu'ils soient compatibles avec le nouvel objectif global de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), de -55% d'ici 2030 par rapport à 1990, objectif formalisé par le nouveau règlement. Le paquet propose également de propositions de nouvelles mesures.

Ce paquet est composé d'un ensemble de 18 propositions d'actes législatifs et documents politiques (communications, stratégies) visant à adapter le cadre politique climat-énergie de l'UE pour la période 2021-2030 au nouvel objectif de -55% d'ici 2030 (base 1990). En clair, l'objectif premier de ce nouveau paquet politique et législatif est de mettre concrètement en œuvre ce nouvel objectif 2030 de -55%, la législation climat-énergie en vigueur étant adaptée à l'ancien objectif de réduction des émissions de GES pour 2030 de -40% (base 1990).

Parmi les propositions de la Commission :

- révision du SEQUE (trois propositions) :
 - proposition de directive modifiant la directive Quotas 2003/87/CE, la décision (UE) 2015/1814 sur la réserve de stabilité du marché pour SEQUE, et le règlement (UE) 2015/757 concernant la surveillance, la déclaration et la vérification des émissions de CO₂ du secteur du transport maritime,
 - proposition de directive modifiant la directive 2003/87/CE en ce qui concerne la contribution de l'aviation à l'objectif de réduction des émissions de GES et mettant en œuvre un mécanisme de marché mondial,
 - proposition de décision modifiant la décision (UE) 2015/1814 en ce qui concerne la quantité de quotas à placer dans la réserve de stabilité du marché pour le SEQUE jusqu'en 2030 ;
- révision du règlement ESR (2018/842) ;
- révision du règlement UTCATF (2018/841) ;

- révision de la directive EnR (2018/2001) ;
- révision de la directive efficacité énergétique (2018/2002) ;
- révision de la directive carburants alternatifs (2014/94/UE) ;
- révision du règlement fixant les normes d'émissions spécifiques de CO₂ pour les voitures et véhicules utilitaires légers (2019/631) ;
- mise en place d'un mécanisme d'ajustement de carbone aux frontières de l'UE ;
- révision de la directive taxation de l'énergie (2003/96/CE) ;
- initiative sur les carburants durables pour l'aviation (ReFuelEU Aviation) ;
- initiative sur les combustibles durables pour le transport maritime (FuelEU Maritime) ;
- création d'un fonds social pour le climat ;
- nouvelle stratégie forestière.



L'ensemble de ces propositions législatives a été soumis aux deux co-législateurs (Conseil de l'UE et Parlement européen) pour examen et adoption dans le cadre de la procédure législative ordinaire, prévue par le Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (*articles 289 et 294*). Cette procédure pourrait durer jusqu'à deux ans.

La stratégie européenne sur l'hydrogène

Dans le cadre du pacte vert pour l'Europe (*Green Deal*), la Commission européenne a présenté le 8 juillet 2020 une stratégie sur l'hydrogène en vue de la neutralité climatique de l'Europe. Celle-ci vise à stimuler la production d'hydrogène propre en Europe, et à ouvrir la voie à un secteur de l'énergie plus efficace et moins émetteur. Elle prévoit un nouveau programme d'investissement dans les énergies propres, qui s'inscrit dans le droit fil du plan de relance de l'UE, et du pacte vert pour l'Europe. D'abord, la stratégie propose une terminologie des différents procédés de production. Selon le procédé utilisé, la quantité d'émissions de GES générée varie considérablement en fonction de la technologie et la source d'énergie utilisées. La priorité pour l'UE est de développer l'hydrogène renouvelable, produit principalement à partir des énergies éolienne et solaire (en gardant à l'esprit l'importante quantité d'électricité supplémentaire à produire), comme l'option la plus compatible avec l'objectif de neutralité climatique de l'UE d'ici 2050. Toutefois, à court et à moyen terme, il faudra avoir recours à d'autres modes de production d'hydrogène bas carbone (hydrogène d'origine fossile avec captage du CO₂ et hydrogène électrolytique) pour réduire rapidement les émissions résultant de la production d'hydrogène actuelle et soutenir le développement d'un marché viable à grande échelle.

Pour la Commission, cette transition progressive se fera en trois étapes :

- de **2020 à 2024**, l'UE soutiendra l'installation d'une capacité d'au moins **6 gigawatts** d'électrolyseurs pour la production d'hydrogène renouvelable dans l'UE, avec l'objectif de produire jusqu'à **1 million de tonnes d'hydrogène renouvelable**,
- de **2025 à 2030**, l'hydrogène devra faire partie intégrante du système énergétique intégré de l'UE, avec une capacité d'au moins **40 gigawatts** d'électrolyseurs pour la production d'hydrogène renouvelable et une production allant jusqu'à **10 millions de tonnes d'hydrogène renouvelable** dans l'UE,
- de **2030 à 2050**, les technologies utilisant l'hydrogène renouvelable devraient atteindre leur maturité et être déployées à **grande échelle** dans tous les secteurs difficiles à décarboner.

Une liste des **actions clés** à mettre en œuvre, prévues par la stratégie, est présentée en annexe de celle-ci.

Stratégie européenne pour réduire les émissions de méthane

Le 14 octobre 2020, la Commission européenne a présenté une stratégie de l'UE pour réduire les émissions de méthane (CH₄). En effet, depuis plusieurs années, de nombreux experts appellent à accorder une plus grande attention à la diminution urgente des émissions de CH₄, dont les effets sur le climat sont importants sur le court terme. L'objet de la stratégie est donc de réduire les émissions de CH₄, à la fois en tant que puissant

gaz à effet de serre (deuxième contributeur après le CO₂, et forçeur climatique à courte durée de vie) et comme polluant atmosphérique (deuxième précurseur d'ozone troposphérique après les NOx).

Cette stratégie cible les trois grands secteurs émetteurs de CH₄ anthropique (représentant 95% des émissions mondiales) ;

énergie (charbon, pétrole et gaz) ; agriculture ; et déchets. Elle présente des mesures législatives et non législatives visant à réduire les émissions dans l'UE mais aussi en dehors, en agissant sur les émissions en amont des chaînes d'approvisionnement des entreprises européennes.

La stratégie prévoit également des mesures pour renforcer les normes de suivi, vérification et déclaration (système dit « MRV », appliqué pour les inventaires nationaux d'émissions, dont celui de la France réalisé par le Citepa), afin de réduire

les écarts de précision entre Etats membres. Elle inclut aussi le soutien à la création d'un nouvel observatoire international des émissions de CH₄, en partenariat avec le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, la Coalition pour le climat et l'air pur et l'Agence internationale de l'énergie. La stratégie souligne aussi le rôle du programme satellitaire Copernicus pour repérer les fuites de CH₄.

Mobilité durable et intelligente : nouvelle stratégie et plan d'actions

Le 9 décembre 2020, la Commission européenne a présenté une nouvelle stratégie de mobilité durable et intelligente, accompagnée, en annexe, d'un plan d'actions composé de 82 mesures concrètes regroupées en 10 grands domaines d'action (dites initiatives phares ou "*flagships*" en anglais).

Cette nouvelle stratégie doit guider les travaux et actions de l'UE au cours des quatre prochaines années (2021-2024) pour permettre à l'UE de réaliser l'objectif fixé par le pacte vert pour l'Europe (*Green Deal*) pour le secteur des transports de l'UE : une réduction de 90% d'émissions de GES d'ici 2050 (alors que les transports représentent un quart des émissions de GES de l'UE). Cet objectif sectoriel vise à faire contribuer les transports à la réalisation de l'objectif global de la neutralité carbone de l'UE pour 2050 (tous secteurs confondus).

Pour y parvenir, la nouvelle stratégie de mobilité durable définit les trois piliers des actions futures de l'UE :

- 1) rendre tous les modes de transport plus durables,
- 2) faire en sorte que des alternatives durables soient largement disponibles dans un système de transport multimodal et
- 3) mettre en place les mesures d'incitation appropriées pour favoriser la transition.

La stratégie détaille ensuite les différentes mesures prévues par "initiative phare", dont beaucoup ont déjà été annoncées dans le pacte vert pour l'Europe.

Le plan d'actions fixe des étapes intermédiaires qui indiquent le stade à atteindre à l'horizon 2030 et 2035.

À l'horizon 2030

- atteindre la mise en service d'au moins 30 millions de voitures dites à zéro émission et de 80 000 camions à zéro émission ('zéro émission' s'applique au moment du

l'utilisation du véhicule et non de l'ensemble de son cycle de vie de sa fabrication à sa fin de vie),

- atteindre 100 villes européennes climatiquement neutres, (c'est-à-dire non pas sans émissions mais où les émissions sont intégralement compensées par des absorptions)
- doubler le trafic ferroviaire à grande vitesse sur tout le territoire européen,
- augmenter le trafic ferroviaire de marchandises de 50%,
- rendre neutres en carbone les déplacements collectifs programmés pour des trajets inférieurs à 500 km,
- déployer la mobilité automatisée à grande échelle,
- être prêt à commercialiser les navires à zéro émission.

À l'horizon 2035

- être prêt à commercialiser les avions de grande capacité à zéro émission.

À l'horizon 2050

- la quasi-totalité des voitures, camionnettes, autobus et véhicules utilitaires lourds neufs à zéro émission,
- doubler le trafic ferroviaire de marchandises,
- rendre opérationnel le réseau transeuropéen de transport (RTE-T) multimodal au service de transports durables et intelligents garantissant une connectivité très rapide.

Feuille de route du secteur de l'aviation européenne visant la neutralité carbone en 2050

Le 11 février 2021, cinq fédérations professionnelles du secteur de l'aviation européenne ont conjointement publié une vision commune à long terme pour le secteur et une feuille de route fixant des mesures concrètes pour atteindre l'objectif de zéro émission nette de CO₂ à l'horizon 2050. Les cinq fédérations (*Airlines for Europe* [A4E], *Airports Council International-Europe* [ACI-Europe], Association européenne des industries aérospatiales et de défense [ASD], Association des compagnies aériennes régionales européennes [ERAA] et Organisation des services de la navigation aérienne civile [CANSO]) représentent les constructeurs d'avions, les compagnies aériennes, les aéroports et les prestataires de services de navigation aérienne. Cette vision et cette feuille de route font suite à l'engagement de neutralité carbone en

2050 annoncé le 16 novembre 2020 par le secteur de l'aviation européenne. Baptisée "**Destination 2050 : une route vers une aviation européenne à zéro émission nette**", cette initiative collective du secteur vise à identifier les mesures communes que peuvent mettre en œuvre le secteur et les Gouvernements nationaux des Vingt-sept pour parvenir à une décarbonation des activités de l'aviation européenne en 2050.

Selon les cinq partenaires, au total, la réduction projetée en 2050 par la mise en œuvre de cette feuille de route serait de 250 Mt CO₂, soit l'équivalent des émissions nationales de CO₂ d'Espagne en 2018 (*source : AIE, 5 octobre 2020*). La feuille de route fixe aussi un cap intermédiaire pour 2030 : une réduction des émissions nettes de CO₂ de 55% des vols intra-européens par rapport aux niveaux de 1990.

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 CO₂.

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 CO₂.

L'objectif était un gain de 6 à 8 Mt CO₂e 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.

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.

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 2^e 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".

Sur les huit grands titres que comporte la LTE, cinq sont liés directement ou indirectement aux domaines climat/énergie (Titre I^{er} : 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 1^{er}, 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),

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 1^{er} 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

- 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 3^e 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.

- 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 1^{er} 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 1^{er} 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 CO₂e/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) CO₂e/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.

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 1^{er} 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 ₂ e)	2013	1 ^{er} budget (2015-2018)	2 ^e budget (2019-2023)	3 ^e 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 2^e et 3^e budgets, la répartition des émissions entre le SEQE et les autres secteurs sera précisée lors de la fixation du 4^e budget (2029-2033).

Le 2^{ème} budget (399 Mt CO₂e) représente un niveau plus ambitieux que celui du scénario avec mesures supplémentaires pour 2020 établi dans le Plan Climat de 2010 (437 Mt CO₂e).

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 CO₂e** à cet horizon-là [de 552 Mt CO₂e en 1990 et de 492 Mt CO₂e en 2013] - il faudra réaliser des réductions encore plus importantes, de l'ordre de 9-10 Mt CO₂e/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 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 CO₂e) 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 ₂ e)	1 ^{er} budget (2015-2018)	2 ^e budget (2019-2023)	3 ^e 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 CO₂e 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 CO₂e sur l'ensemble de la période pour chacun de ces secteurs) ainsi que de l'agriculture (environ +10 Mt CO₂e 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 CO₂e 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 ₂ e)	1990	2005	2015	2 ^e budget (2019-2023)	3 ^e budget (2024-2028)	4 ^e 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 MtCO₂e (hors UTCATF) en 2050 (contre 546 MtCO₂e en 1990 et 458 MtCO₂e 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 MtCO₂e/an).

Le premier budget carbone de la SNBC-1 (budget ajusté ; hors puits de carbone), de 440 Mt CO₂e en moyenne sur la période de 2015-2018, a été dépassé, avec des émissions de 456 Mt CO₂e en moyenne par an, (soit 16 Mt CO₂e par an de dépassement en moyenne).

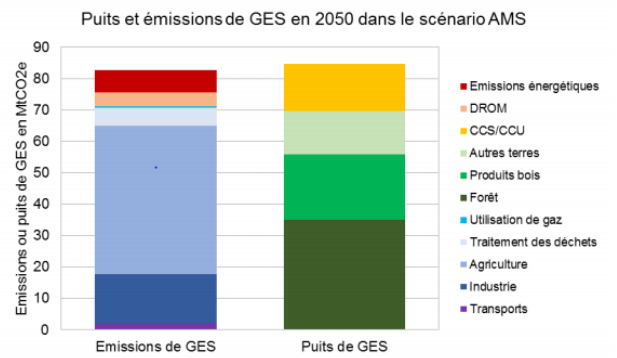
Par secteur, les objectifs de réduction à l'horizon 2050 (exprimés en facteur de réduction par rapport à 2015 et par rapport au scénario tendanciel "avec mesures existantes" ou AME) sont les suivants : cf. voir p.32 de la SNBC-2.

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 MtCO₂e (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 CO₂/captage et utilisation de CO₂.

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

Le décret n°2020-457 du 21 avril 2020 révisé les **budgets carbone pour les périodes 2019-2023 (2^e budget) et 2024-2028 (3^e 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**.

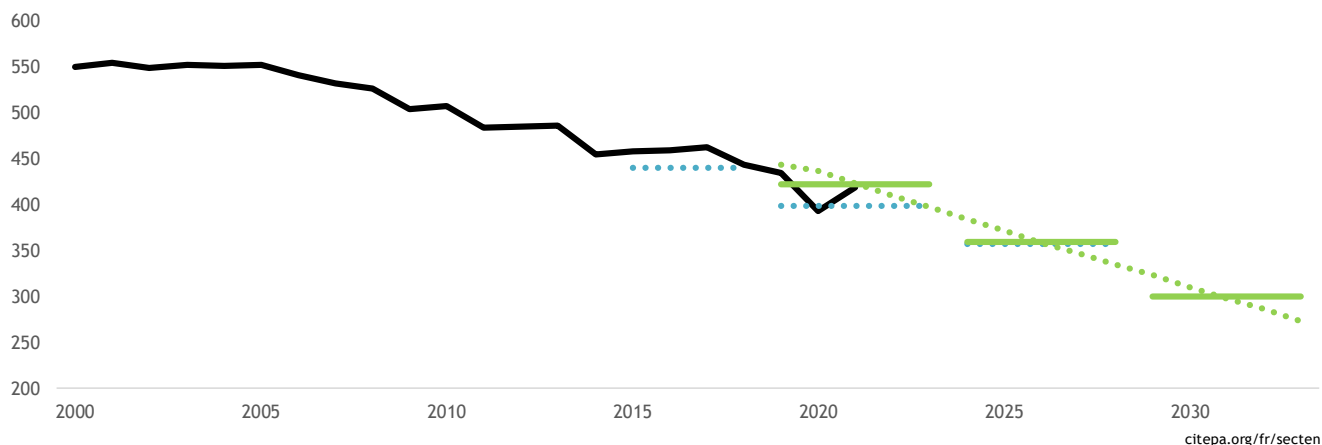
Les budgets des périodes 2019-2023 et 2024-2028 ont été revus entre ceux définis initialement par la SNBC-1 en 2015, et ceux fixés par la SNBC-2. Le budget 2019-2023 pour tous les GES s'élevait à 398 Mt CO₂e/an (hors UTCATF) dans la SNBC-1 (en tenant compte de l'ajustement provisoire en 2018) et s'élève désormais à 422 Mt CO₂e/an (hors UTCATF), soit 24 Mt CO₂e de plus. L'effort de réduction est donc abaissé pour cette période. En revanche, pour la période 2024-2028, le nouveau budget (359 Mt CO₂e/an) est similaire à celui de la SNBC-1 (en tenant compte de l'ajustement provisoire en 2018) (357 Mt CO₂e/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 MTE 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 CO₂e), alors que cette diminution est proche de 30% entre le deuxième et le quatrième budget carbone. Selon le MTE, 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 ?

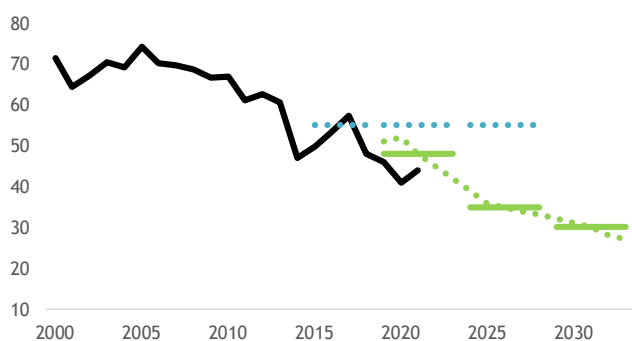
en MtCO₂e - périmètre France métropolitaine + Outre-mer inclus dans l'UE

Tous secteurs (hors UTCATF) - CO₂e

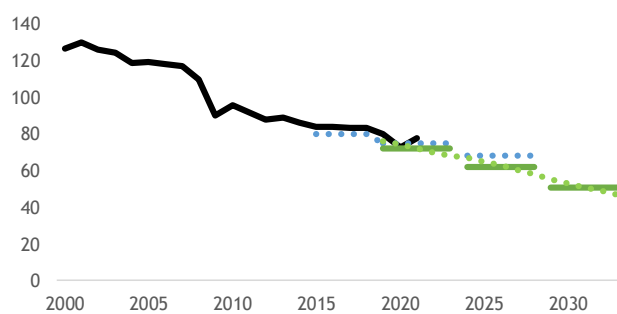


Déclinaison indicative des budgets carbone de la SNBC par grand secteur (en MtCO₂e)

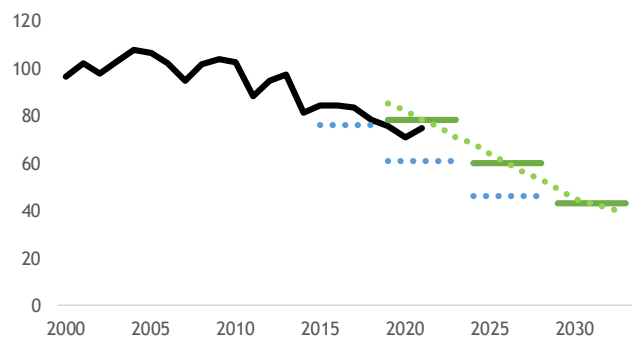
Industrie de l'énergie - CO₂e



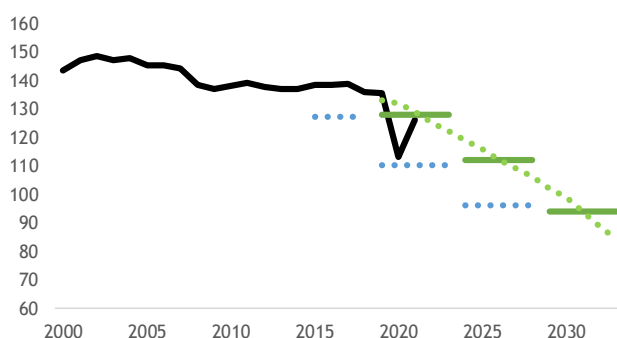
Industrie manufacturière et construction - CO₂e



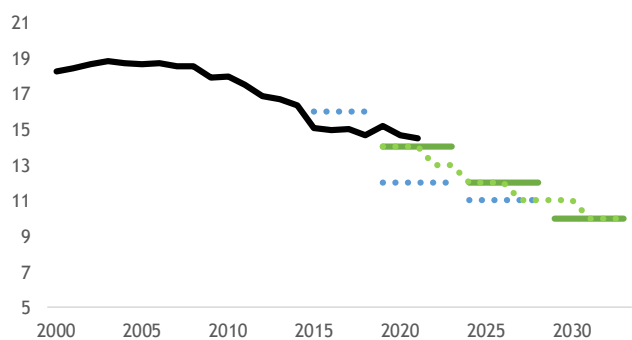
Résidentiel-Tertiaire - CO₂e



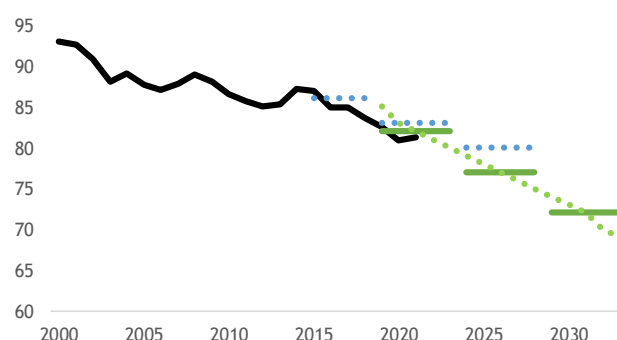
Transports - CO₂e



Traitement centralisé des déchets - CO₂e



Agriculture - CO₂e



— émissions historiques

••• budgets carbone précédents (SNBC-1)

— nouveaux budgets carbone

Programmation pluriannuelle de l'énergie

La 2^e 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 1^{er}, 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 CO₂ 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

Le Gouvernement a lancé des travaux en 2021 pour élaborer la future stratégie française sur l'énergie et le climat (SFEC) qui s'intégrera dans le cadre de la planification écologique dont sera chargée la nouvelle Première Ministre, nommée le 16 mai 2022. Ainsi, le Ministère de la Transition Ecologique a ouvert une première phase de [consultation publique](#) volontaire en ligne du 2 novembre 2021 au 15 février 2022. Ces travaux déboucheront sur la toute première loi de programmation sur l'énergie et le climat (LPEC) d'ici l'été 2023 et qui fixera les grandes orientations sectorielles pour la répartition de ce nouvel effort. Ces orientations seront traduites au niveau opérationnel dans une nouvelle version de la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), en lien avec les feuilles de route de décarbonation par filières.

La SFEC regroupe :

- la LPEC qui doit être adoptée avant le 1^{er} juillet 2023 ;
- la SNBC dont la 3^e version (SNBC 3) est attendue d'ici 2024 ;
- la PPE, dont la 3^e version (PPE-3) est attendue aussi d'ici 2024 ;
- le plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC).

Cette stratégie constituera une feuille de route actualisée de la France pour atteindre la neutralité carbone en 2050, et notamment réactualiser les budgets carbone de la SNBC pour tenir en compte le nouvel objectif collectif de l'UE de réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre de -55% entre 1990 et 2030.

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,

Le plan de relance

Le 3 septembre 2020, le Gouvernement a annoncé un plan de relance exceptionnel pour faire face aux conséquences économiques et sociales de la crise sanitaire du Covid-19. Baptisé « France relance », ce plan s'élève à 100 milliards d'euros (pour comparaison, le plan de relance de 2008, suite à la crise financière, s'élevait à 26 milliards) et est financé à 40% par l'UE.

Sur les 100 milliards du plan, 30 milliards sont dédiés à la transition écologique, et vise en particulier :

Bâtiments résidentiels et tertiaires

- la **rénovation énergétique des bâtiments** publics (4 milliards) et privés (2 milliards, via un élargissement de la prime MaPrimeRenov' destinée aux ménages dès 2021) ;
- la **lutte contre l'étalement urbain** via des aides aux collectivités délivrant des permis de construire optimisant le foncier (densification) ou recyclant des friches.

Transports

- une enveloppe totale de 11 milliards d'euros ;
- le **ferroviaire** : 4,7 Md€ (redéveloppement du fret, des petites lignes et des trains de nuit) et les transports du quotidien (plan vélo, transports en commun) ;
- le soutien à la recherche pour le développement d'**avions à hydrogène** (comme annoncé dans le plan de soutien à la filière aéronautique française présenté par le Gouvernement le 9 juin 2020) ;
- la **conversion des véhicules** les plus émetteurs ; l'installation de bornes électriques (pour atteindre 100 000 bornes fin 2021) ; la création de voies réservées au covoiturage ;
- le **transport fluvial** (375 M€ : rénovation de canaux et ports, électrification à quai).

- 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.

Energie et Industrie

- le développement de l'**hydrogène "vert"** (2 Md€) ;
- le soutien à la **décarbonation des industries** (1,2 Md€) ;
- le soutien à la **filiale nucléaire** via le plan, le programme d'investissements d'avenir (PIA) et un co-investissement d'EDF et de l'État (470 M€ au total) ;
- le renforcement des infrastructures des **réseaux électriques** (50 M€).

Déchets et économie circulaire

- le renforcement du fonds **Economie circulaire** de l'Ademe (226 M€ supplémentaires sur trois ans) ;
- la modernisation des **centre de tri, de recyclage et de valorisation des déchets** (274 M€) ;
- la modernisation des stations d'épuration et des réseaux d'eau (300 M€).

Agriculture

- la modernisation de la filière animale, la sécurité sanitaire et le bien-être animal (250 M€) ;
- la mise en œuvre de la **stratégie nationale sur les protéines végétales** (100 M€) ;
- la modernisation des équipements agricoles (250 M€).

Forêt et biodiversité

- l'adaptation des **forêts aux changements climatiques** (200 M€) ;

- la restauration écologique (135 M€), les aires protégées (60 M€), la protection du littoral (40 M€) et pour le renforcement des barrages (15 M€).

Le 15 décembre 2020, le Haut Conseil pour le Climat (HCC) a publié un rapport, intitulé « France Relance : quelle contribution à la transition bas-carbone ? ». Il constitue une évaluation des mesures du plan de relance (lire notre article) au regard des objectifs climat nationaux, en particulier la trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) fixée par la SNBC vers la neutralité carbone en 2050.

Le HCC conclut notamment :

- sur les 100 Md€ du plan de relance, 28 Md € sont favorables à la réduction des émissions de GES (contre 30 Md€ d'après le Gouvernement) ;

La décarbonation de l'industrie

Dans le cadre du plan de relance (*voir plus haut*) et en application de l'article 301 de la loi climat et résilience (loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 - *voir plus loin*), plusieurs feuilles de route de décarbonation des différentes filières industrielles ont été publiées : la première sur la filière chimie (le 7 mai 2021), la deuxième sur la filière ciment (le 19 mai 2021), la troisième sur la filière mines et métallurgie (le 20 mai 2021), la quatrième sur la filière papier-carton (le 9 mars 2022).

D'après le MTE, au total, ce sont près de 80% des émissions industrielles françaises de GES qui font désormais l'objet d'une stratégie détaillée de diminution de leur empreinte carbone.

La feuille de route sur la filière chimie a été élaborée grâce à la collaboration du Comité Stratégique de Filière Chimie-Matériaux et des services de l'État. Les feuilles de route ciment et mines et métallurgie découlent des travaux du Conseil National de l'Industrie, de l'État et de la filière autour de la décarbonation de l'industrie. L'objectif de ces feuilles de route est de rendre chaque filière compatible avec cet objectif général de la SNBC-2, et notamment à l'horizon 2030. Pour l'horizon 2050, et un prisme d'analyse plus large, d'autres travaux sont en cours impliquant l'Ademe et la filière, pour co-construire des trajectoires de décarbonation ambitieuses.

Feuille de route décarbonation de la filière chimie

Elle prévoit une réduction de ses émissions de 26% en 2030 par rapport à 2015, soit -5,7 Mt CO₂ (c'est-à-dire un niveau plus faible que le niveau moyen prévu pour l'ensemble de l'industrie manufacturière et construction par la SNBC-2 à la même échéance, de -35%). Cette réduction d'émissions serait atteinte via plusieurs leviers :

- l'amélioration de l'efficacité énergétique (-1,8 MtCO_{2e}),
- la production de chaleur bas-carbone (-2,2 MtCO_{2e}), avec la combustion de combustibles solides de récupération (CSR) et de biomasse,
- la réduction des émissions de N₂O (-0,8 MtCO_{2e}) et de HFC (-0,9 MtCO_{2e}).

Feuille de route décarbonation de la filière ciment

- 2,1 Md € (6 mesures) auraient un effet ambigu ;
- l'effort de verdissement du plan de relance français est parmi les mieux dotés à l'échelle mondiale et, s'il est mis en œuvre, contribuerait significativement à réorienter la trajectoire vers la neutralité carbone ;
- le plan de relance couvre 60% des orientations sectorielles et transversales définies par la SNBC, surtout pour les aspects de décarbonation et d'efficacité énergétique, et surtout dans les secteurs des transports et des bâtiments résidentiels et tertiaires ;
- le plan de relance n'aborde pas de mesures de sobriété énergétique et traite peu des questions d'emploi, de formation à la transition bas-carbone, de l'agriculture et des forêts (puits de carbone).

Elle prévoit une diminution des émissions de GES de la filière ciment de 24% ses émissions en 2030, puis de 80% en 2050, par rapport à 2015. Cela s'inscrit dans le cadre de la trajectoire de réduction prévue par la SNBC-2 pour le sous-secteur de production de minéraux non métalliques dans son ensemble, visant -24% en 2030 et -85% en 2050, par rapport à 2015.

Cette réduction d'émissions serait atteinte via plusieurs leviers :

- amélioration de l'efficacité énergétique, sur les procédés (-0,33 Mt CO_{2e} en 2030) ;
- remplacement des combustibles fossiles par des combustibles alternatifs (-0,86 Mt CO_{2e} en 2030) ;
- augmentation de la part de biomasse (déchets biosourcés) dans les combustibles (-0,20 Mt CO_{2e} en 2030) ;
- diminution de la teneur en clinker des ciments (-1,1 Mt CO_{2e} en 2030) ;
- développement de ciments alternatifs
- captage, utilisation et stockage de carbone (levier utilisé après 2030, il permet à lui seul de réduire de 47% le bilan de production d'une tonne de ciment entre 2015 et 2050 ; et une réduction d'émissions de -5 Mt CO_{2e} en 2050) ;
- recyclage du béton, dans une logique d'économie circulaire (notamment dans le cadre du Comité Stratégique de Filière Industries pour la Construction).

Feuille de route décarbonation de la filière mines et métallurgie

Elle vise en particulier les secteurs de la sidérurgie intégrée et de l'aluminium, et sur les activités de métallurgie.

Pour la sidérurgie intégrée, un objectif de réduction des émissions de GES de 31% entre 2015 et 2030 (soit -7,4 MtCO_{2e}) est fixé, via différents leviers :

- l'augmentation du taux de recyclage d'acier circulaire ;
- la réduction de l'utilisation de charbon dans le haut fourneau ;
- la capture et le stockage du carbone issu des hauts-fourneaux ;

- la pré-réduction du minerai de fer par utilisation de l'hydrogène remplacement des combustibles fossiles par des combustibles alternatifs (-0,86 Mt CO₂e en 2030).

Pour l'aluminium, dont la production est déjà fortement décarbonée par l'usage d'électricité (elle-même décarbonée par le recours au nucléaire et aux renouvelables), la feuille de route prévoit entre 5% et 9% de réduction des émissions supplémentaires entre 2015 et 2030 (soit -55 à -105 ktCO₂e), via les leviers suivants :

- la réduction des émissions de procédés liées à la fabrication d'aluminium primaire ;
- par des moyens incrémentaux (transformation et recyclage de l'aluminium) ;
- au-delà de 2030, via l'innovation et le développement de technologies de rupture.

La décarbonation des autres secteurs

Dans le cadre de l'art. 301 de la loi climat et résilience, des représentants des principales filières économiques et des collectivités territoriales ont été réunis le 19 février 2022 par le Commissaire Général au Développement Durable, le Directeur Général de l'Energie et du Climat et le Directeur Général des Entreprises pour lancer les travaux de concertation sur l'élaboration des prochaines feuilles de route de décarbonation qui viseront les autres secteurs : **transports, bâtiment, agriculture, déchets**. Elles devront identifier les leviers de

La Convention citoyenne pour le climat

Lors de son discours le 25 avril 2019 annonçant les mesures adoptées par le Gouvernement suite au grand débat (organisé en réponse à la crise des gilets jaunes), le Président de la République a indiqué la mise en œuvre d'un changement de méthode pour accélérer la transition écologique, dont la création d'un Conseil de défense écologique et d'une Convention citoyenne pour le climat (CCC). Cette méthode de travail constitue une première, très débattue, en France. Les démarches similaires dans le monde sont rares : on peut citer l'Irlande (via des assemblées citoyennes). L'enjeu de cette démarche politique est immense puisqu'il pourrait s'agir de permettre à une assemblée citoyenne d'apporter des modifications à la Constitution, en supplément du Sénat et de l'Assemblée Nationale.

Le 3 juin 2019, l'ancien Ministre de la Transition écologique et solidaire a présenté en Conseil des Ministres les objectifs et le cadre de la CCC. Cette instance de concertation est composée de 150 citoyens tirés au sort et représentatifs de la diversité de la société.

Pour assurer le bon fonctionnement de la Convention, un dispositif tripartite a été mis en place :

- un comité de gouvernance, animé par le Conseil économique, social et environnemental (CESE) et associant le MTE, a été chargé d'élaborer le programme de travail et de piloter les travaux de la CCC ;
- un comité des garants a été chargé de veiller au respect des principes d'impartialité, d'indépendance et de déontologie ;

Par ailleurs, le 4 février 2022, le Comité Stratégique de Filière « Mines & Métallurgie » a présenté un « Plan Acier », élaboré avec les services de l'Etat, identifiant les actions à mener en partenariat entre les industriels et pouvoirs publics pour répondre aux enjeux climatiques, environnementaux, mais aussi économiques et sociaux du secteur de la sidérurgie.

Feuille de route décarbonation de la filière papier-carton

Elle fixe un nouvel objectif pour ce secteur d'une réduction de 39% entre 2015 et 2030, tout en augmentant sa capacité de production de près de 5 % sur la même période. Les leviers de décarbonation identifiés sont :

- l'efficacité énergétique (récupération de chaleur fatale, autoconsommation de biogaz),
- la production de chaleur bas-carbone (biomasse et combustibles solides de récupération).

décarbonation et les freins éventuels à surmonter pour respecter les objectifs fixés par la SNBC. Elles permettront par ailleurs d'alimenter l'élaboration de la future Stratégie française sur l'énergie et le climat (SFEC), intégrant la mise à jour de la SNBC, et les politiques d'accompagnement et de soutien qui seront mises en place.

- un appui technique et juridique a été mis en place pour assurer la transcription juridique des propositions formulées par les citoyens.

La CCC a été chargée de redessiner toutes les mesures concrètes d'aides aux citoyens sur la transition climatique dans le domaine des transports, de la rénovation des logements [isolation et chauffage] pour les rendre plus efficace, de définir des mesures complémentaires [incitatives ou contraignantes], ainsi que leur financement.

Le 2 juillet 2019, l'ancien Ministre de la Transition Ecologique et Solidaire et le Président du CESE ont installé le comité de gouvernance, composé :

- de deux co-Présidents (Thierry Pech, directeur général de Terra Nova et Laurence Tubiana, PDG de la Fondation européenne pour le climat et co-architecte de l'Accord de Paris) ;
- d'un rapporteur, et
- de 12 personnalités qualifiées dans le domaine de l'écologie (dont le climatologue Jean Jouzel et Michel Colombier, directeur scientifique de l'Institut du développement durable et des relations internationales, IDDRI), de la démocratie participative et des sujets économiques et sociaux.

Au terme de ses travaux, la Convention devait adresser au Président de la République et au Gouvernement un rapport de synthèse de ses discussions et de ses propositions de mesures législatives et réglementaires jugées nécessaires pour

atteindre les objectifs climat-énergie de la France. Parmi les mesures législatives, elle était habilitée à sélectionner celles à soumettre à un référendum. Le Gouvernement devait ensuite répondre publiquement à ces propositions et publier un calendrier prévisionnel de leur mise en œuvre.

La CCC s'est installée et a démarré ses travaux les 4, 5 et 6 octobre 2019. Après neuf mois de travaux, lors de leur septième session (19-21 juin 2020), les 150 membres de la CCC ont débattu des propositions de mesures élaborées par les cinq groupes de travail thématiques (se loger ; se déplacer ; se nourrir ; consommer ; produire et travailler), réunies dans le projet de rapport final. Ensuite, ils ont formellement adopté, par vote, les propositions retenues et leur traduction juridique (voies réglementaire, législative et/ou référendaire). Les propositions adoptées ont été incorporées dans le rapport final, assorti de 149 propositions de mesures, qui a été soumis au Gouvernement le 21 juin 2020 au terme de la session.

Le 29 juin 2020, le Président de la République a reçu à l'Élysée les 150 membres de la CCC pour apporter ses réponses à leurs propositions. Bien qu'il se fût engagé, le 25 avril 2019, ainsi que le 10 janvier 2020, à reprendre « sans filtre » les propositions de la CCC, lors de son discours devant la CCC, il a néanmoins indiqué qu'il écartait d'emblée trois « jokers » (la taxe de 4% sur les dividendes des grandes entreprises, la modification du préambule de la Constitution pour y intégrer l'exigence de préservation de l'environnement, et la réduction à 110 km/h de la vitesse maximale sur autoroute). Lors de ce discours, le Président a indiqué plusieurs suites possibles à ces propositions :

- certaines propositions devaient être affinées, modifiées (par exemple pour l'introduction du crime d'écocide) ;
- les propositions bien abouties et relevant de la politique nationale devaient être transmises à l'Assemblée nationale pour examen parlementaire et pour les transformer en propositions législatives ;

La loi Climat et Résilience

Les 7 et 8 décembre 2020 se sont tenues cinq réunions thématiques du groupe de travail entre les membres de la Convention Citoyenne pour le Climat (CCC - voir plus haut) et les parlementaires, et présidées par les Ministres en charge des différentes thématiques abordées par les propositions de la CCC (se loger ; se déplacer ; consommer ; se nourrir ; produire et travailler). Ces réunions visaient à préparer le projet de loi du Gouvernement issu des propositions de la CCC.

Le Gouvernement a indiqué que sur les 146 propositions de la CCC préalablement retenues, 40% seraient reprises dans le projet de loi. Néanmoins, des membres de la CCC ont fait observer qu'il ne s'agissait pas d'une reprise « sans filtre » des propositions auprès des parlementaires, mais de versions souvent remaniées qui atténuent la portée des recommandations initiales.

Le 10 février 2021, le projet de loi « portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets » (dit aussi « Climat et Résilience ») a été présenté en Conseil des Ministres.

Le projet de loi climat et résilience s'inscrit directement dans la suite des propositions de la CCC : comme l'indique l'exposé des motifs, il « traduit les dispositions de nature législative recommandées par la Convention Citoyenne ».

- les propositions relevant du champ d'action européen devaient faire l'objet de discussions au sein des instances européennes et auprès des partenaires privilégiés ;
- les propositions relevant du champ d'action international devaient faire l'objet d'actions diplomatiques et de discussions au sein des instances internationales ;
- les propositions qui resteraient bloquées, par exemple à l'étape parlementaire, pourraient finalement faire l'objet d'un référendum, en 2021, pour que la population tranche sur certains points.

Le Président a indiqué que certaines des 146 propositions, en particulier toutes celles qui relèvent du champ réglementaire, allaient être abordées lors d'un Conseil de défense écologique en juillet 2020. D'autres allaient être intégrées au plan de relance économique, écologique et social et devait être soumis au Parlement avant la fin de l'été 2020. Ensuite un projet de loi spécifique devait être présenté à la fin de l'été 2020. Il devait intégrer l'ensemble des propositions de mesures relevant du champ législatif après leur finalisation. Le Chef de l'Etat a proposé que soient mis en place les groupes de travail sur les propositions pour associer les membres de la CCC aux transformations en lois, en règles concrètes par les parlementaires et le Gouvernement.

La huitième et dernière session de travail de la CCC s'est tenue en visio-conférence du 26 au 28 février 2021. L'objectif de cette session était de produire un avis sur les réponses apportées par le Gouvernement à ses propositions, et notamment le projet de loi Climat et Résilience qui reprenait partiellement une série des propositions de la CCC.

La CCC a définitivement terminé ses travaux à la clôture de cette 8^e et ultime session. L'association des 150, fondée par les membres de la CCC pour poursuivre leur engagement sur le sujet, pourra néanmoins continuer de suivre le devenir de leurs propositions. Le projet de loi Climat et Résilience est la traduction principale de cette initiative.

Le projet de loi (69 articles) était organisé selon les cinq mêmes grandes thématiques que les propositions de la CCC, complétées par un volet « renforcer la protection judiciaire de l'environnement » (renforcement des sanctions pour mise en danger de l'environnement grave et durable, création d'un délit général de pollution des eaux et de l'air,...).

D'après le décompte du Gouvernement, sur les 149 propositions initiales :

- 3 propositions ont été écartées d'emblée par le Président de la République ;
- 40% des propositions seraient traduites :
 - dans le projet de loi « Climat et Résilience »,
 - dans le projet de loi « Parquet européen » de décembre 2019,
 - dans la réforme de l'article 1^{er} de la Constitution qui fait l'objet d'un projet de loi constitutionnelle, présenté au Conseil d'Etat, et en Conseil des Ministres le 20 janvier 2021. Le Conseil d'Etat a rendu un avis négatif sur ce projet de loi ;
- 20% des propositions, de nature fiscale et budgétaire, seraient traduites dans la loi de finances 2021, et notamment à travers le plan de relance *France Relance* ;

- moins de 10% des propositions, de nature réglementaire, devraient être traduites sous forme de décrets et d'arrêtés (ex : interdiction des terrasses chauffées ; interdiction de l'installation de chaudières au fioul, mesures anti-gaspillage, etc.) ;
- plus de 5% des propositions relèveraient des négociations européennes et internationales ;
- 25% ne relèveraient pas directement d'une traduction dans la loi, la réglementation ou les accords internationaux, mais relèveraient de plans d'actions nationaux (biodiversité...), ou directement des agences de l'Etat comme l'Ademe (campagnes de sensibilisation...), de l'action des préfets (moratoire sur les nouvelles zones commerciales périurbaines...).

Le Gouvernement a engagé la procédure accélérée sur ce projet de loi le 10 février 2021. Prévue par l'article 45, alinéa 2, de la Constitution, elle permet au Gouvernement d'accélérer les délibérations parlementaires sur certains projets ou propositions de loi (une lecture du texte par chambre du Parlement avant d'être adopté, ce qui réduit donc la navette parlementaire à une unique transmission du texte).

Après trois semaines de délibérations, le 4 mai 2021, l'Assemblée nationale a adopté en première lecture, le projet de loi Climat et Résilience. Sur les 12 719 amendements qui avaient été préalablement déposés, 999 ont été adoptés.

Le texte du projet de loi adopté par l'Assemblée nationale a ensuite été soumis au Sénat pour examen du 14 au 28 juin 2021. Celui-ci a adopté le projet de loi le 29 juin 2021. Le MTE a exprimé son regret que les sénateurs aient choisi de revenir sur certaines avancées importantes votées par l'Assemblée nationale.

Une commission mixte paritaire (CMP), s'est tenue et a conclu à un texte de compromis dans la nuit du 12 au 13 juillet 2021. Le 20 juillet 2021, après de nouvelles discussions, l'Assemblée nationale a adopté le texte final de la loi, laquelle a été promulguée le 22 août 2021 (et publié dans le Journal Officiel du 24 août 2021) sous l'intitulé loi n°2021-1104 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets.

La loi comporte huit titres :

- Titre I^{er} : atteindre les objectifs de l'Accord de Paris et du Pacte vert pour l'Europe ? (article 1^{er}),
- Titre II : Consommer (articles 2 à 29),
- Titre III : Produire et travailler (articles 30 à 102),
- Titre IV : Se déplacer (articles 103 à 147),
- Titre V : Se loger (articles 148 à 251),
- Titre VI : Se nourrir (articles 252 à 278),
- Titre VII : Renforcer la protection judiciaire de l'environnement (articles 279 à 297),
- Titre VIII : Dispositions relatives à l'évaluation climatique et environnementale (articles 298 à 305).

Le Titre I^{er} rappelle les engagements climatiques européens et internationaux de la France.

Le Titre II prévoit des mesures portant sur l'éducation à l'environnement, la publicité, l'affichage environnemental et l'économie circulaire afin d'orienter les Français dans leurs choix de consommation. En particulier, l'article 4 interdit la publicité sur les énergies fossiles.

Le Titre III prévoit notamment des mesures pour rendre les investissements publics (commandes publiques) plus verts, impliquer les citoyens et les territoires dans le développement des énergies renouvelables, et décliner la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) au niveau régional via des objectifs régionaux de développement des énergies renouvelables. Il établit également l'obligation de mettre en place des installations photovoltaïques ou des toits végétalisés lors de la construction, l'extension ou de la rénovation lourde de tous les bâtiments à usage commercial, industriel ou artisanal de plus de 500 m², et de plus de 1 000 m² pour des immeubles de bureau.

Le Titre IV vise à rendre moins émetteurs de GES et de polluants les moyens de transport (transports collectifs, voiture, transport aérien), en promouvant les alternatives à la voiture individuelle et la transition vers un parc de véhicules moins émetteurs. Entre autres :

- il fixe l'objectif de mettre fin à la vente des voitures émettant plus de 95 g CO₂/km en 2030,
- pour encourager l'usage du vélo, il prévoit l'élargissement de la prime à la conversion aux personnes souhaitant remplacer un vieux véhicule émetteur par un vélo à assistance électrique, y compris les vélos-cargos,
- il prévoit la facilitation du déploiement des bornes de recharge des véhicules électriques dans les copropriétés, leur amplification sur les voies express et autoroutes avec la prise en charge des coûts de raccordement à 75% jusqu'en 2025 (prolongement de quatre ans d'une mesure déjà prévue par la loi d'orientation des mobilités),
- il prévoit l'accélération du déploiement des bornes de recharge ouvertes au public en établissant l'obligation pour les parkings publics de s'en équiper,
- il fixe un objectif de fin de vente des poids lourds à moteur thermique d'ici 2040, donnant ainsi pour la première fois une perspective quant à la fin de leur commercialisation,
- il interdit des vols hors vols majoritairement en correspondance) sur des liaisons intérieures au territoire national si un trajet alternatif en train existe en moins de 2h30,
- il fixe l'obligation pour tous les opérateurs aériens de compenser leurs émissions de CO₂ des vols intérieurs métropolitains, ainsi que sur une base volontaire pour des vols depuis et vers l'outre-mer. Un calendrier de mise en œuvre progressive de cette obligation est défini : les compagnies aériennes doivent compenser 50% de leurs émissions de CO₂ pour l'année 2022, 70% pour l'année 2023, et 100% dès l'année 2024.

Le Titre V vise à accélérer la rénovation énergétique à grande échelle des logements et à sortir des millions de ménages de la précarité énergétique. Entre autres :

- il confère une valeur législative aux classes du diagnostic de performance énergétique (DPE), c'est-à-dire les étiquettes énergétiques allant de G à A, et consacre son rôle central dans l'évaluation de la performance d'un logement, en intégrant dans cette évaluation les émissions de gaz à effet de serre, au-delà de la seule consommation énergétique,
- il prévoit l'interdiction pour les propriétaires, à partir de 2023, d'augmenter le loyer des logements considérés comme des passoires énergétiques, c'est-à-dire les logements ayant des étiquettes énergétiques des classes F et G,

- il prévoit l'interdiction progressive de mise en location des passoires énergétiques selon un calendrier de mise en œuvre en 2025 (étiquettes énergétiques G), en 2028 (étiquettes F) et en 2034 (étiquettes E, qui ne sont cependant pas considérées comme des passoires énergétiques). Selon le MTE, cette mesure devra permettre de rénover plus de 4 millions de logements au total d'ici 2034,
- il rend obligatoire dès 2022 les audits énergétiques lors des ventes de maisons ou d'immeubles en monopropriété qui sont considérés comme des passoires énergétiques. Cette obligation sera étendue aux logements classés E à partir de 2025 et à ceux classés D (un tiers du parc) en 2034.

Le Titre VI vise à enclencher un changement significatif dans la manière des Français de se nourrir pour consommer plus local, plus durable et plus sain, soutenir un système agricole plus respectueux de l'environnement par le développement de l'agroécologie et mieux encadrer le commerce équitable. En particulier, il prévoit la définition d'une trajectoire annuelle de réduction des émissions de N₂O et de NH₃ du secteur agricole, avec la possibilité de mettre en place une redevance sur les engrais azotés d'origine minérale si cette trajectoire n'est pas tenue deux années consécutives.

Les contentieux climat : Grande Synthe et l'Affaire du Siècle

La question des contentieux climat a pris une tournure importante en 2021, année marquée par deux cas importants : l'Affaire du siècle et Grande-Synthe.

L' « Affaire du siècle »

Après une première demande au Gouvernement en décembre 2018 pour accélérer la réduction des émissions de GES ; et non satisfaits de la première réponse du Gouvernement, quatre ONG, Notre Affaire à tous, la Fondation Nicolas Hulot (FNH), Greenpeace et Oxfam, avaient lancé une action judiciaire en mars 2019 remettant l'Etat en cause pour inaction climatique, via une requête déposée devant le tribunal administratif de Paris et officialisant le passage au stade de contentieux.

Après deux ans de procédure, l'action judiciaire a d'abord été examinée par le tribunal administratif de Paris le 14 janvier 2021. C'est la première fois que la question de la responsabilité de l'Etat dans la lutte contre le changement climatique était posée au juge. La rapporteure publique a proposé au tribunal :

- de reconnaître la carence fautive de l'Etat pour ne pas avoir respecté sa trajectoire de réduction des émissions de GES (fixée dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas-Carbone - le premier budget carbone (2015-2018) n'avait pas été respecté et les nouveaux budgets carbone de la SNBC-2 décalent l'effort de réduction après le budget carbone de la période en cours (2019-2023)) ;
- de demander la réparation du préjudice moral de trois des associations requérantes à hauteur de 1 euro symbolique ;
- de reconnaître l'existence d'un préjudice écologique : même si son application au contexte des émissions de GES est complexe, elle considère qu'il n'y a pas d'impossibilité de réparer le préjudice écologique en nature, ce qui écarte une réparation par une indemnité financière ;
- de surseoir à statuer sur la demande visant à enjoindre l'Etat de prendre des mesures supplémentaires pour atteindre ses objectifs de réduction de GES, dans l'attente de la nouvelle

Le Titre VII vise à garantir une meilleure protection judiciaire de l'environnement en renforçant les peines pour qu'elles soient plus dissuasives et en créant un délit d'écocide.

Enfin, en vertu du Titre VIII, chaque année la Cour des Comptes, pour le compte du Parlement, devra évaluer la mise en œuvre de la loi Climat et Résilience avec l'appui du Haut Conseil pour le Climat et le Gouvernement devra y répondre. Par ailleurs, un rapport sera également annexé à chaque Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) présentant les actions du Gouvernement, des collectivités et des entreprises pour être en conformité avec la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC). Le Parlement votera sur ce rapport.

Le Titre VIII invite également les collectivités territoriales à créer un observatoire de la transition écologique pour suivre la mise en œuvre des actions de transition menées par les collectivités.

Il prévoit en outre l'adoption et la mise en œuvre de feuilles de route multipartites pour chaque grand secteur émetteur de GES afin de garantir la réalisation des objectifs de la SNBC.

décision du Conseil d'Etat, dans l'affaire Grande-Synthe (*voir plus loin*), concernant la justification, par l'Etat, que les mesures actuelles sont bien compatibles avec la trajectoire de réduction fixée.

Le 3 février 2021, le tribunal administratif de Paris a rendu son jugement final et n'a que partiellement repris les demandes des requérants. Il a bien condamné l'Etat à réparer le préjudice moral des associations à hauteur d'un euro symbolique, « compte tenu des carences fautives de l'Etat à mettre en œuvre des politiques publiques lui permettant d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre qu'il s'est fixés ».

Il a rejeté la demande de réparation du préjudice écologique mais il reconnaît ce préjudice, notion déjà établie en droit. Il juge que cette réparation peut être sollicitée devant les juridictions administratives, notamment par des associations de protection de l'environnement.

Néanmoins, pour le juge, le préjudice écologique n'est qu'en partie due à la carence de l'Etat. Ainsi, il considère que « *la carence de l'Etat n'a pas contribué directement à l'aggravation du préjudice écologique* » pour ce qui est des objectifs d'efficacité énergétique, d'énergies renouvelables, pour l'objectif de +1,5°C, de l'évaluation et du suivi et des mesures d'adaptation. La carence porte sur le non-respect du premier budget carbone de la SNBC-1.

Enfin, comme le concluait la rapporteure publique, il a sursis à statuer pour enjoindre à l'Etat de prendre de nouvelles mesures, en ordonnant un supplément d'instruction de deux mois (soit jusque début avril 2021). Il s'agit des mesures « *qui doivent être ordonnées à l'Etat* » pour réparer le préjudice constaté ou prévenir, pour l'avenir, son aggravation », c'est-à-dire permettant bien, in fine, la réparation du préjudice écologique passé et futur.

Le 30 septembre 2021 s'est tenue une deuxième audience. Lors de cette deuxième audience, la rapporteure publique du tribunal administratif de Paris a demandé au tribunal d'enjoindre au Premier ministre de « *prendre toutes les mesures utiles* » pour

réparer le préjudice écologique causé par le non-respect des engagements de réduction des émissions de GES, et ce d'ici le 31 décembre 2022, sans astreinte financière. En clair, elle n'a pas recommandé de mesures pour réparer ce préjudice mais l'a sommé de respecter ses engagements, sachant que leur non-respect engage sa responsabilité.

Le 14 octobre 2021, les juges ont rendu leur décision en suivant les recommandations de la rapporteure : le Tribunal administratif de Paris a, pour la première fois, enjoint à l'Etat de **réparer les conséquences** de sa carence en matière de lutte contre le changement climatique. A cette fin, le tribunal a ordonné que le dépassement du plafond des émissions de gaz à effet de serre fixé par premier budget carbone (2015-2018), soit 15 Mt CO₂e « *et sous réserve d'un ajustement au regard des données estimées du Citepa au 31 janvier 2022** », soit compensé au 31 décembre 2022, au plus tard. Il n'a pas assorti, « *à ce stade* », cette injonction d'une astreinte. Il a ainsi ordonné au Premier ministre et aux Ministres compétents « de prendre toutes les mesures sectorielles utiles de nature à réparer le préjudice à hauteur de la part non compensée ».

Grande-Synthe

Fin 2018, la commune de Grande-Synthe (Nord) et son maire ont demandé au Président de la République et au Gouvernement de prendre des mesures supplémentaires pour que la France respecte ses engagements en termes de réduction des émissions de GES, pris dans le cadre de l'Accord de Paris et dans le cadre de ses objectifs nationaux (et notamment les budgets carbone de la Stratégie nationale bas-carbone, SNBC). Un refus du Président de la République et du Gouvernement leur a été opposé.

Soutenus par d'autres villes (Paris, Grenoble) et ONG (Oxfam France, Greenpeace France, Notre Affaire à Tous, Fondation Nicolas Hulot), ils ont alors saisi le Conseil d'État, la plus haute juridiction administrative publique française, qui a dû, pour la première fois, se prononcer sur la question des engagements climatiques de la France. Celui-ci s'est prononcé le 19 novembre 2020 via une décision. Sur la demande des requérants « *que soient prises toutes mesures utiles permettant d'infléchir la courbe des émissions de gaz à effet de serre produites sur le territoire national de manière à respecter à minima les engagements consentis par la France au niveau international et national* », le Conseil d'Etat a sursis à statuer en attendant que l'Etat prenne toutes les mesures utiles permettant de réduire plus efficacement les émissions de GES. Avant de statuer définitivement sur cette requête, le Conseil d'Etat a donc demandé au Gouvernement de justifier, dans un délai de trois mois (soit avant le 19 février 2021), que la trajectoire de réduction des émissions de GES pour 2030 (-40 % par rapport à 1990) pourra être respectée sans qu'il soit nécessaire de prendre des mesures supplémentaires.

Après avoir reçu, le 22 janvier 2021, du Ministère de la Transition écologique (MTE) un mémoire justifiant que les mesures prises par le Gouvernement sont suffisantes pour atteindre cet objectif de -40%, le Conseil d'Etat a indiqué dans un communiqué, publié le 22 février 2021, les suites qu'il comptait donner à ce contentieux et a précisé le calendrier à venir. Le Conseil d'Etat a aussi transmis le mémoire du MTE aux associations requérantes ou intervenantes pour recueillir leurs observations.

En avril 2021, la section du contentieux du Conseil d'Etat a ouvert la phase d'instruction avec procédure contradictoire sur la base de l'ensemble des éléments reçus. Le MTE lui avait transmis quatre nouveaux mémoires (enregistrés le 18 février, le 19 mars, le 27 avril et le 31 mai 2021). Le 11 juin 2021, une nouvelle audience publique s'est tenue au Conseil d'Etat, en

présence des collectivités, des associations requérantes et intervenantes ainsi que des représentants du Gouvernement, déjà présents lors de l'audience du 19 novembre 2020. Le rapporteur public a conclu que le Conseil d'Etat devait enjoindre au Gouvernement de prendre sous neuf mois toutes les mesures utiles permettant de respecter ses engagements.

S'appuyant sur les conclusions du rapporteur public, le Conseil d'Etat a statué le 1^{er} juillet 2021 sur ce contentieux dans une décision inédite. Il a fait droit à la demande des requérants, en observant :

- que, sur la base des éléments et documents transmis par le MTE (et notamment les données d'émissions de GES pour 2019, élaborées par le Citepa et soumises au MTE), le niveau d'émissions en 2019 (441 Mt CO₂e) respecte le plafond indicatif annuel du 2^e budget carbone (fixé à 443 MtCO₂e, cf. décret 2020-457 du 21 avril 2020) ;
- que la baisse constatée des émissions entre 2018 et 2019 (-0,9%) apparaît toutefois limitée alors que le 1^{er} budget carbone (2015-2018) visait une diminution de l'ordre 1,9% par an et que le 3^e budget carbone (2024-2028) prévoit, selon la SNBC révisée par le décret, une réduction de 3% en moyenne par an, dès 2025 ;
- que si, ainsi que l'a fait valoir le MTE, les données provisoires pour 2020 (élaborées par le Citepa et soumises au MTE) mettent en évidence une baisse sensible du niveau des émissions (environ 401 Mt CO₂e), il ressort des pièces du dossier que cette baisse est intervenue dans le contexte des mesures de gestion de la crise sanitaire causée par la pandémie de Covid-19 prises depuis mars 2020, qui ont conduit à une forte réduction du niveau d'activité et, par voie de conséquence, du niveau des émissions de GES. Dans ce contexte, cette réduction pour 2020 apparaît néanmoins, comme "transitoire" et "sujette à des rebonds", et ne peut, en conséquence, être regardée comme suffisante à établir une évolution des émissions de GES respectant la trajectoire fixée pour atteindre les objectifs de 2030 ;
- que si le 2^e budget carbone, tel qu'il est issu de la révision de la SNBC par le décret du 21 avril 2020, se borne à prévoir une diminution des émissions de GES de l'ordre de 6% sur la période de cinq ans concernée (2019-2023), une diminution de l'ordre de 12% est prévue sur la période de cinq ans suivante (2024-2028), correspondant au 3^e budget carbone, afin d'atteindre l'objectif de réduction 2030 de -40% de la France. Dans ce contexte, sur la base de plusieurs rapports et avis publiés entre 2019 et 2021 par l'Autorité environnementale (au sein du CGEDD), le Conseil économique, social et environnemental (CESE) et le Haut Conseil pour le climat (HCC), il ressort que cette nouvelle trajectoire de diminution des émissions de GES implique l'adoption de mesures supplémentaires à court terme pour obtenir l'accélération de la réduction des émissions visée à partir de 2023 et ce, alors même que l'UE a rehaussé son objectif de -40% à -55% (suite à son adoption formelle par le Parlement européen et le Conseil respectivement les 24 et 28 juin 2021) ;
- que ce constat de la nécessité d'une accentuation des efforts pour atteindre les objectifs fixés en 2030 et de l'impossibilité, en l'état des mesures adoptées à ce jour, d'y parvenir n'est pas sérieusement contesté par le Gouvernement qui met en avant les différentes mesures prévues par le projet de loi Climat et Résilience (*voir plus haut*). En d'autres termes, le Gouvernement admet ainsi que les mesures déjà en vigueur ne permettent pas d'atteindre l'objectif 2030 de -40%, puisqu'il compte sur les mesures

prévues par le projet de loi Climat et Résilience pour l'atteindre.

En conclusion, le Conseil d'Etat fait droit à la demande des requérants et enjoint au Premier Ministre de prendre toutes mesures utiles avant le 31 mars 2022 pour infléchir la courbe des émissions de GES produites sur le territoire national afin d'assurer sa compatibilité avec l'objectif national 2030 de la France de -40% et l'objectif national assigné à la France de -37% (base 2005) pour les secteurs hors SEQE fixé par le règlement dit ESR (2018/842). Le Gouvernement dispose donc de neuf mois pour adopter des mesures de réduction supplémentaires à court terme pour atteindre la réduction de 12% sur la période 2024-2028 fixée par le 3^e budget carbone. Au terme de ce délai du 31 mars 2022, le Conseil d'Etat pouvait décider de prononcer une astreinte (amende) à l'encontre de l'Etat.

Enfin, le Conseil d'Etat a condamné l'Etat à verser 5 000 € à la commune de Grande-Synthe.

Le 4 mai 2022, le Gouvernement a publié une synthèse de sa réponse au Conseil d'Etat dans le cadre de cette procédure, où il indique avoir transmis un mémoire au Conseil d'Etat détaillant l'ensemble des mesures prises depuis juillet 2021 (date de la décision du Conseil d'Etat). Dans cette synthèse, le Gouvernement souligne :

- que la loi dite climat et résilience prévoit le renforcement des objectifs sur les ZFE-m et l'accompagnement de l'évolution des comportements (formation, régulation de la publicité, etc.) ;
- le plan d'investissements annoncé le 12 octobre 2021 par le Président de la République, intitulé « France 2030 », visant notamment la transition écologique et l'accompagnement de

filières d'excellence française (énergie, automobile, aéronautique et spatial) ;

- l'annonce, par le Président de la République le 10 février 2022, dans le cadre de « France 2030 », des grandes orientations qu'il souhaitait donner à la politique énergétique de la France, avec notamment une multiplication par 10 des capacités de production solaire à horizon 2050, le doublement des capacités de production d'éolien terrestre, la création d'une cinquantaine de parcs éoliens en mer, la construction de six réacteurs nucléaires (EPR2) d'ici 2050 ainsi que le lancement d'études pour la construction de huit réacteurs EPR2 supplémentaires.

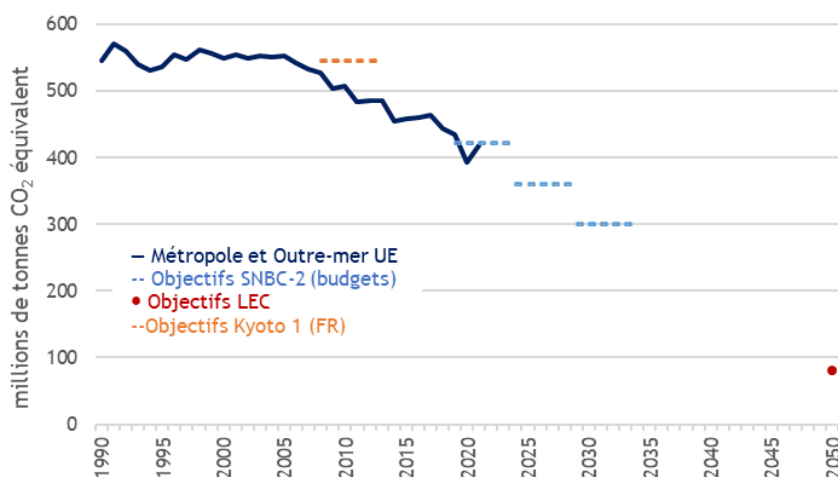
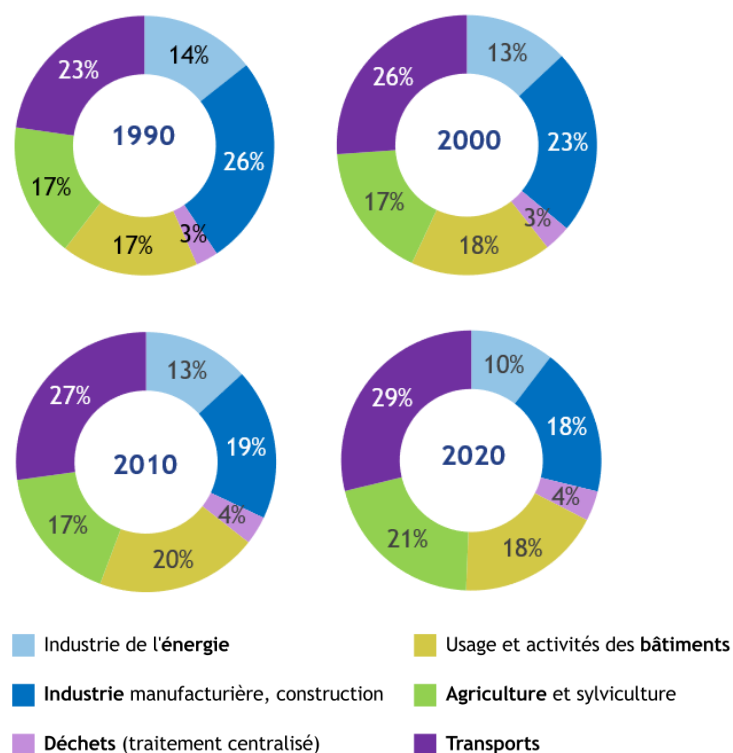
Enfin, le Gouvernement cite aussi les travaux en cours pour la mise en place de la future stratégie française sur l'énergie et le climat (SFEC).

C'est au Conseil constitutionnel de décider, suite à une saisine ou une auto-saisine, s'il rouvre ou non l'instruction de ce dossier. Le cas échéant, la procédure pourrait alors encore durer plusieurs mois.

La judiciarisation des actions climat

Les deux recours de l'Affaire du siècle et de Grande-Synthe en France s'inscrivent dans un contexte plus large où les contentieux climat prennent de plus en plus d'ampleur à travers le monde, et notamment en Europe (Allemagne, Pays-Bas, Belgique,...).

Emissions de gaz à effet de serre en bref

Evolution des émissions de CO₂e en FranceRépartition des émissions de CO₂e hors UTCATF en FranceCO₂eCO₂ équivalent

Type
Indicateur

Définition

Les émissions en CO₂e (équivalent CO₂) correspondent à l'agrégation de toutes les émissions de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆, NF₃) présentées en tonnes de CO₂ 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 CO₂, de PRG = 1. Les valeurs ci-après, utilisées dans l'inventaire national, sont celles issues du rapport du Giec de 2007 (AR4) et sont utilisées jusque dans l'inventaire portant sur l'année 2020.

CO₂ = 1CH₄ = 25N₂O = 298

HFC = 124 à 14 800

PFC = 7 390 à 12 200

SF₆ = 22 800NF₃ = 17 200

Origine

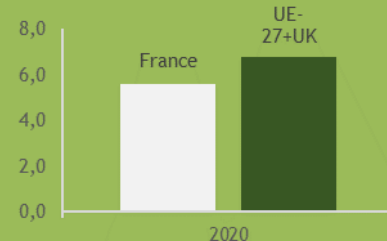
Voir les fiches par gaz à effet de serre

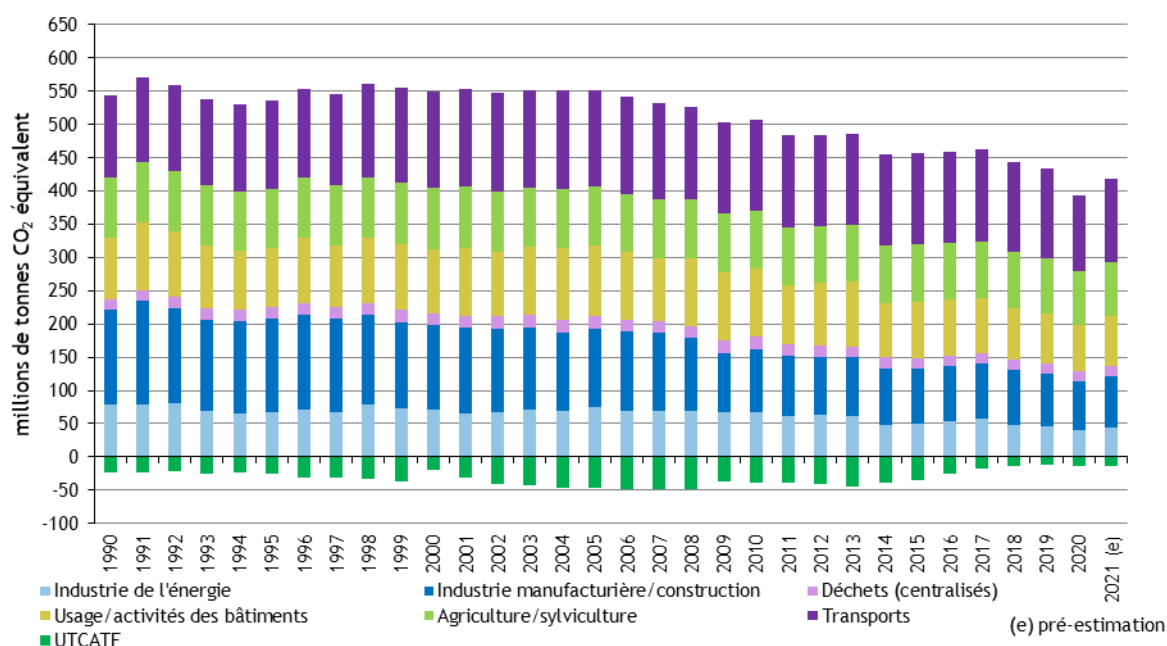
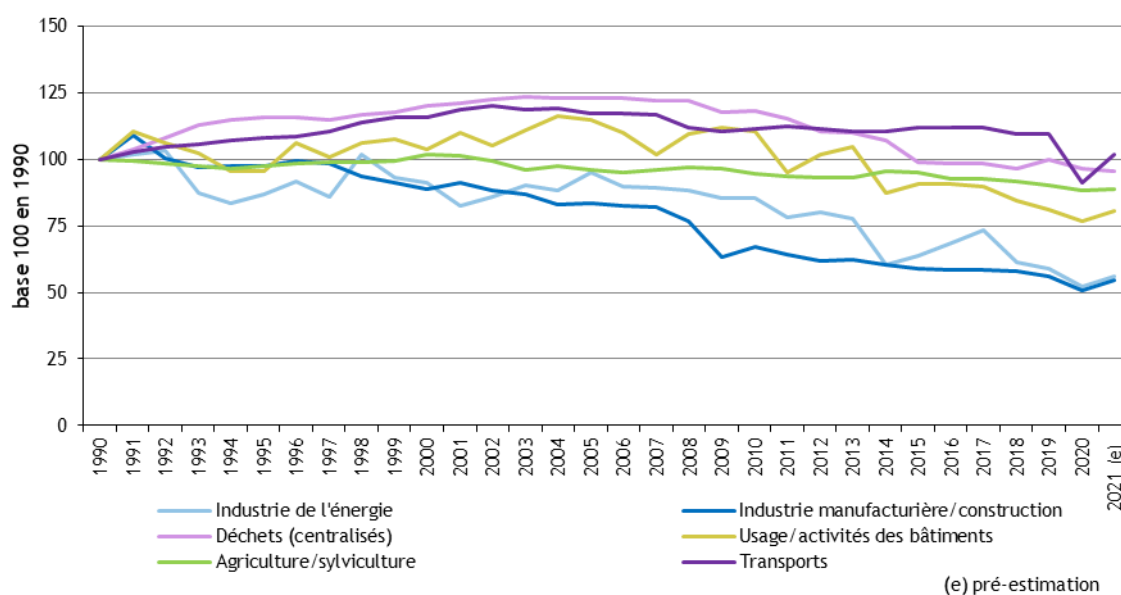
Phénomènes associés

Voir les fiches par gaz à effet de serre

Effets

Voir les fiches par gaz à effet de serre

Emissions par habitant (UTCATF inclus)
t CO₂e/hab/an en 2019

Evolution des émissions dans l'air de CO₂e depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)Evolution des émissions dans l'air de CO₂e en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)

Emissions de CO ₂ e (MtCO ₂ e/an)														
Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE		1990	2000	2010	2019	2020	2021 (e)	% du total national (hors UTCATF) en 2020	% du total national (hors UTCATF) en 2021	1990-2020		2019-2020		2020-2021 (provisoire)
Industrie de l'énergie		78,1	71,3	66,8	46,0	40,8	43,8	10%	10%	-37,3	-48%	-5,1	-11%	3,0 +7%
Industrie manufacturière et construction		142,8	126,6	95,8	80,1	72,5	77,8	18%	19%	-70,3	-49%	-7,6	-9%	5,2 +7%
Traitement centralisé des déchets		15,2	18,3	18,0	15,2	14,7	14,5	4%	3%	-0,5	-3%	-0,5	-3%	-0,2 -1%
Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires		92,8	96	102	75	71	75	18%	18%	-21,8	-23%	-4,4	-6%	3,9 +5%
Agriculture / sylviculture		91,5	93,0	86,5	82,5	80,9	81,2	21%	19%	-10,6	-12%	-1,6	-2%	0,3 +0%
Transports		123,7	143,4	138,0	135,4	113,1	126,0	29%	30%	-10,6	-9%	-22,4	-17%	13,0 +11%
Transport hors total		16,9	23,9	24,3	24,8	11,3	11,9							
TOTAL national hors UTCATF		544	549	507	435	393	418	100%	100%	-151,1	-28%	-41,6	-9,6%	25,2 6%
UTCATF		-24,0	-19,7	-38,4	-12,3	-14,0	-13,8							
Emissions naturelles hors total		2,9	3,3	3,5	3,6	3,5	3,5							
TOTAL national avec UTCATF		520	529	469	422	379	404							
Hors total		19,8	27,3	27,9	28,4	14,8	15,4							

Téléchargez les données complètes, pour toutes les années, sur citepa.org/fr/secten

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux

La hausse des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère entraîne 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.

Définition

Les émissions en CO₂e (équivalent CO₂) agrègent toutes les émissions de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆, NF₃) au sens du Protocole de Kyoto, en prenant en compte leur pouvoir de réchauffement global (PRG) propre. Il est 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

Dans le cadre de la CCNUCC

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 la neutralité carbone au cours de la seconde moitié du 21^e s.

Dans le cadre du Protocole de Kyoto

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 CO₂e. Les émissions réelles cumulées sur la période s'élevant à 2509 Mt CO₂e, cet objectif a été atteint. Dans le cadre de la 2^e 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

L'UE s'est fixé un objectif *global* de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2030, qui est désormais de -55% (au lieu de -40%) (par rapport aux niveaux de 1990). Ce nouvel objectif global renforcé, formalisé par le [règlement \(UE\) 2021/1119](#), dite loi européenne sur le climat, vise à s'adapter à la nouvelle ambition européenne à long terme, à savoir l'objectif de neutralité carbone à horizon 2050, également fixé par le règlement précité.

La Commission a présenté le 14 juillet 2021 un « paquet » climat dit « adapté aux 55% » (« *fit for 55* ») visant à adapter les différents textes législatifs européens en vigueur au nouvel objectif plus ambitieux de -55%, afin de concrètement mettre en œuvre ce nouvel objectif.

L'UE s'est fixé des objectifs climatiques *sectoriels* qui se déclinent en trois volets :

- les **objectifs visant le SEQUE** (Système d'échange de quotas d'émissions ou EU-ETS, couvrant des installations industrielles et énergétiques, et l'aviation). Pour s'aligner avec l'objectif de réduction de 55% des émissions de GES en 2030 par rapport à 1990 au niveau européen, un objectif de réduction des émissions de 61% en 2030 par rapport à 2005 a été assigné au SEQUE (par la proposition de directive révisant le SEQUE, présentée par la Commission le 14 juillet 2021). L'objectif sectoriel pour l'UE actuellement en vigueur est une baisse des émissions 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-SEQUE** pour s'aligner avec l'objectif de -55%, un objectif de réduction des émissions de 40% en 2030 par rapport à 2005 a été assigné aux secteurs hors SEQUE (par la proposition de règlement révisant le règlement (UE) 2018/842 sur la répartition de l'effort de réduction au sein de l'UE-27), présentée par la Commission dans le cadre du paquet « Fit for 55 ». Une fois avalisés, les nouveaux objectifs contraignants de réduction par Etat membre à atteindre sur la période 2005-2030, seront insérés à l'annexe I du texte. Dans le cadre de l'ESR (Effort Sharing Regulation), l'objectif sectoriel actuellement en vigueur est une réduction de 30% d'ici 2030 (base 2005) pour l'ensemble de l'UE. L'ESR fixe, par Etat membre, un objectif pour les secteurs hors SEQUE à atteindre en 2030 par rapport aux niveaux de 2005. L'objectif assigné à la France est de -37%.

- et enfin le **secteur UTCATF** : jusque-là, le secteur de l'UTCATF a été géré à part, comme un pilier indépendant des objectifs climat, avec les secteurs SEQE et hors-SEQE. Le règlement (UE) 2018/841, actuellement en vigueur, 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. Le nouvel objectif global de réduction des émissions de GES de l'UE de 55% en 2030 (base 1990) prend en compte les puits de carbone du secteur UTCATF. Il s'agit donc d'un objectif sur les émissions nettes (avec puits de carbone), et non brutes (hors puits de carbone). La proposition de règlement (réf. (COM(2021) 554 final) visant à réviser le règlement (UE) 2018/841, présentée dans le cadre du paquet « Fit for 55 », pose une limite au recours aux puits de carbone, en donnant la priorité à la réduction des émissions sur le développement des puits (absorptions nettes). Pour cela, le recours aux puits pour atteindre l'objectif de -55% en 2030 est limité à -225 Mt CO₂e à cet horizon (au titre du règlement (UE) 2021/1119). Afin de renforcer le puits de carbone de l'UE conformément à l'objectif de neutralité climatique d'ici à 2050, l'UE doit néanmoins s'efforcer d'atteindre un volume plus élevé de puits de carbone net en 2030.

Le paquet législatif « Fit for 55 », composé de ces propositions législatives, ainsi que plusieurs autres, est en cours de négociation par les deux co-législateurs (Parlement européen et Conseil de l'UE). Ce processus législatif devrait durer deux ans environ avant l'adoption définitive des textes législatifs.

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 Énergétique (LTE), et révisés en 2020 (SNBC-2). Le 1^{er} budget carbone, sur la période 2015-2018, de 442 MtCO₂e/an (hors UTCATF), a été dépassé (456 MtCO₂e/an en moyenne).

Le budget carbone pour la période 2019-2023, fixé en 2020 par la [SNBC révisée](#), s'élève à **422 MtCO₂e/an en moyenne**. La tranche indicative annuelle pour l'année 2019 s'élève à 443 Mt CO₂e et celle de 2020 à **436 Mt CO₂e**. Les objectifs annuels indicatifs de la SNBC ont été respectés pour 2019 et pour 2020, avec un niveau exceptionnellement bas de 393 Mt CO₂e en 2020.

A noter

Les valeurs de Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) utilisés dans l'inventaire sont ceux du 4^e rapport du Giec, conformément aux exigences de la CCNUCC. A partir du 1^{er} janvier 2023, la France devra prendre en compte les PRG du 5^e rapport (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 CH₄ ne vaudra plus 25 t de CO₂e mais 28 t ; 1 t de N₂O ne vaudra plus 298 t de CO₂e mais 265 t. Par ailleurs, des nouveaux PRG ont été proposés par le 6^e rapport du Giec, non encore appliqués dans les inventaires nationaux. (voir *chapitre Comprendre nos données, section sur les PRG*).

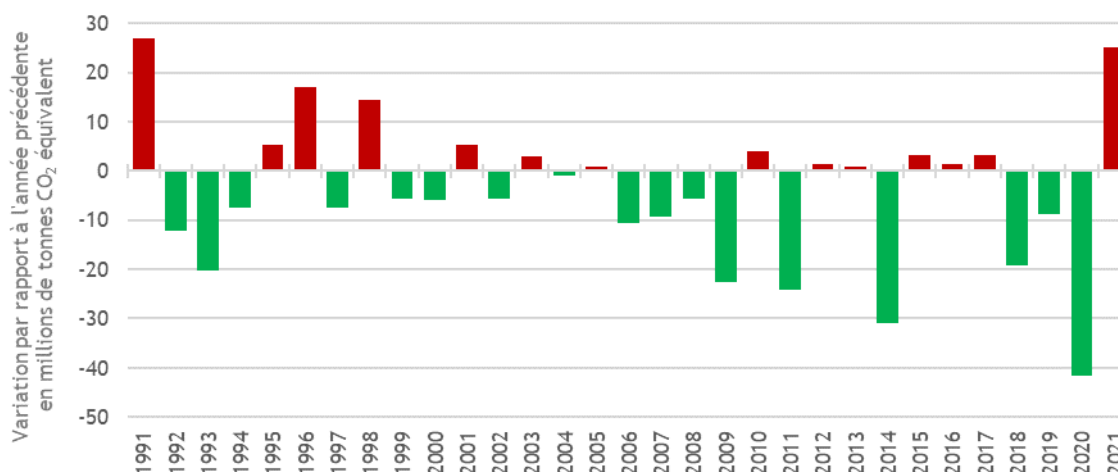
Contrairement aux éditions du rapport Secten antérieures à 2020, le périmètre utilisé pour les émissions de GES couvre **la Métropole et l'Outre-Mer inclus dans l'UE**, en cohérence avec les périmètres des objectifs. Sauf mention contraire, les émissions de chaque GES individuel sont exprimées en CO₂e.

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 CO₂, 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'en 2014, puis une période de lente ré-augmentation des émissions entre 2014 et 2017, de moins de 1% par an (0,9% en 2015, 0,2% en 2016, 1,1% en 2017) du fait des secteurs de l'énergie, transport, chauffage notamment. **Depuis 2018, les émissions sont de nouveau en baisse, jusqu'à atteindre les niveaux le plus bas enregistré en 2020. En 2021, malgré un rebond par rapport à l'année 2020 exceptionnellement basse, les émissions restent inférieures à 2019 (voir *tendance récente*).**

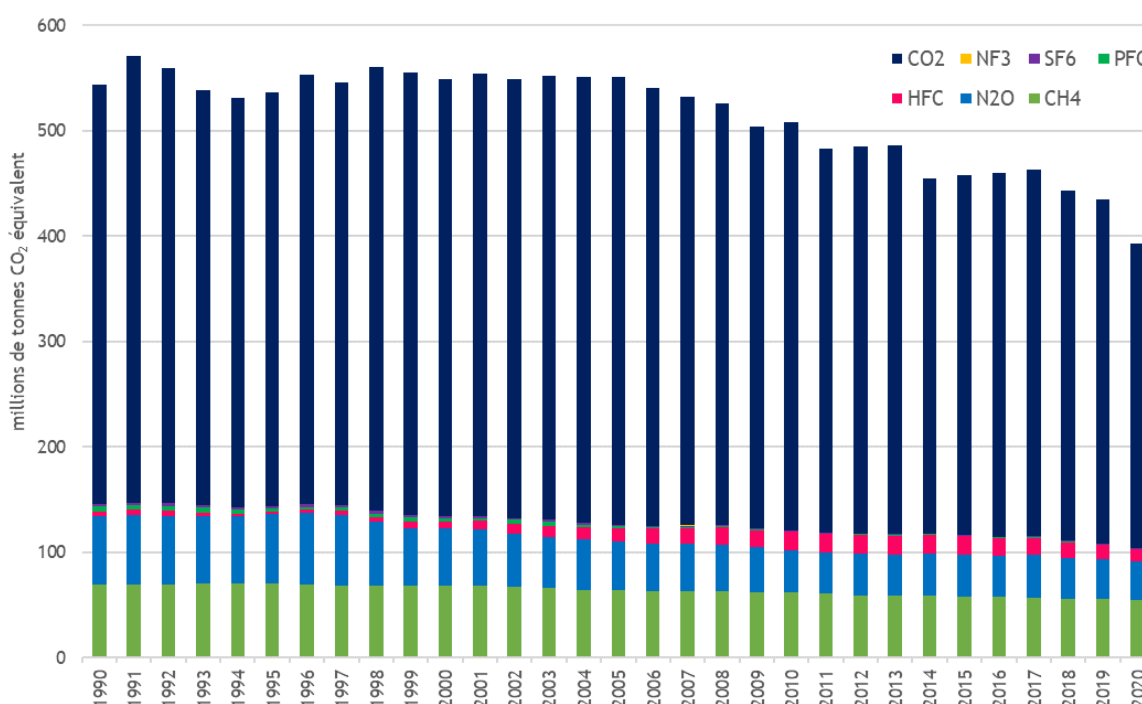
Les variations interannuelles sont hétérogènes au cours de la période estimée. Cette variation s'explique notamment par des **facteurs conjoncturels** : les fluctuations des conditions climatiques, la douceur ou la rigueur des hivers jouant sur les émissions de CO₂ dans les secteurs Énergie (production d'électricité par des centrales au gaz voire au charbon) et Résidentiel-Tertiaire (chauffage) ; les crises économiques (2008-2009, 2020) ou encore la disponibilité des centrales nucléaires.

Variations interannuelles des émissions de CO₂e (Mt CO₂e) - en France (Métropole et Outre-mer UE)

Au cours de la période 1990-2020, les variations interannuelles font apparaître des **hausse de moins en moins fortes** : La hausse de 2021 reste un cas particulier, étant le contre-coup de la crise de 2020. Les **réductions d'émissions sont, en revanche, de plus en plus fortes**, avec une baisse exceptionnellement forte en 2020. Ces différents écarts interannuels historiques montrent que les réductions d'émissions ont à la fois des causes conjoncturelles (notamment la rigueur de l'hiver jouant sur la consommation d'énergie, le chauffage, une crise sanitaire en 2020...) et des causes structurelles (évolution du mix énergétique, du parc automobile, des bâtiments, transformation du système productif, des pratiques agricoles, des comportements...).

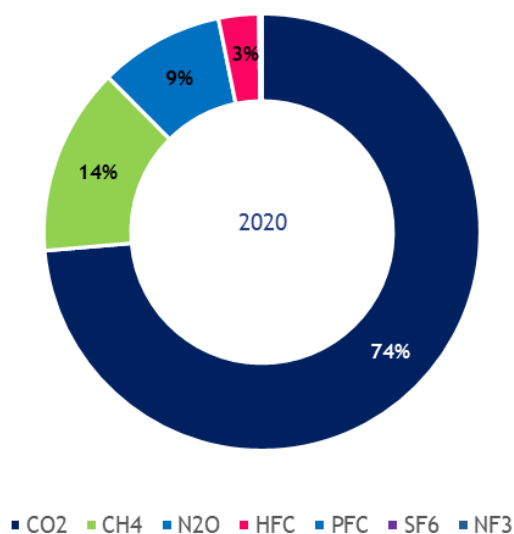
Poids des différents gaz à effet de serre

Ce sont les émissions de CO₂ 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 CO₂e.

Répartition des émissions de CO₂e par GES - hors UTCATF - en France (Métropole et Outre-mer UE)

La part en % des GES contribuant aux émissions de CO₂e en 2019 est présentée sur le graphique ci-dessous.

Répartition des émissions de CO₂e par GES en France (Métropole et Outre-mer UE) hors UTCATF - en %



Le CO₂ est le principal contributeur aux émissions de GES en France métropolitaine. L'évolution des émissions de CO₂ s'explique essentiellement par :

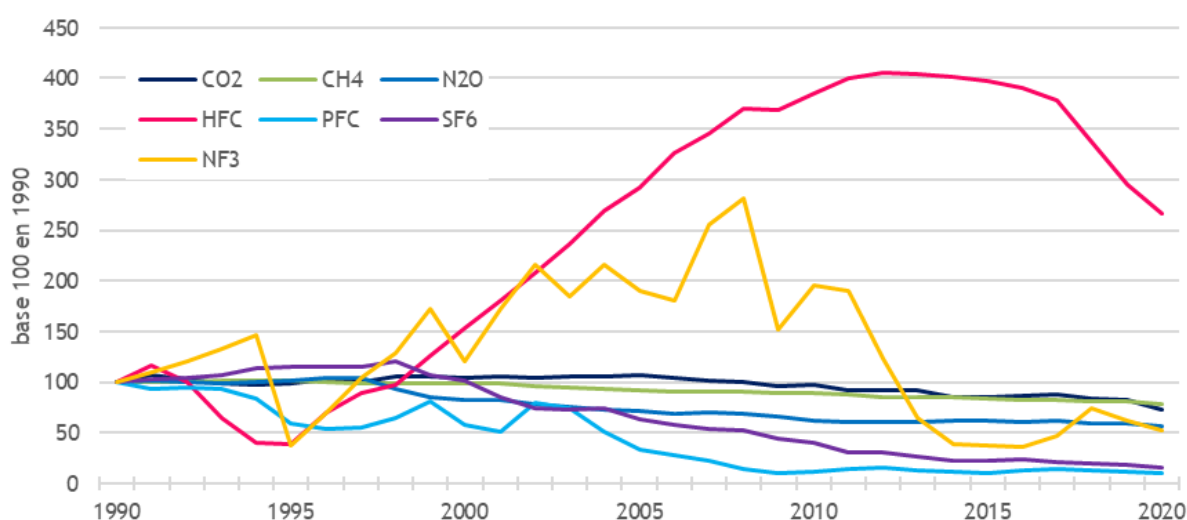
- La hausse du trafic routier sur la période, même si, depuis 2008, la part des véhicules moins consommateurs et des biocarburants augmente ;
- La hausse de la consommation énergétique dans le secteur des bâtiments résidentiels et tertiaires, avec une forte variabilité liée à celle de la rigueur des hivers ;
- La baisse de la consommation de pétrole et de 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).

Le CH₄ et le N₂O représentent à eux deux 23% des émissions de GES en 2020. Ces deux gaz sont très majoritairement émis par le secteur Agriculture (élevage et culture) : fermentation entérique des bovins, gestion des déjections... En 2020, les PFC ne représentent que 0,14% des émissions de CO₂e, le SF₆ 0,09% et le NF₃ seulement 0,002%.

Entre 1990 et les années 2000, la part des gaz autres que le CO₂ a baissé, passant de 27% en 1990 à 23% en 2006. Ensuite, avec la baisse des émissions de CO₂, les émissions hors CO₂ ont représenté une part de plus en plus importante des émissions de CO₂e, passant de 23% en 2006 à 25% ces dernières années.

Les évolutions des différents GES présentent des profils différents, globalement en baisse depuis 1990 sauf pour les HFC qui ont connu une période de forte hausse alors qu'ils remplaçaient progressivement les CFC et HCFC ; leurs émissions sont également en baisse, significative depuis 2018, du fait notamment de la limitation des quantités de HFC autorisées à être mises sur le marché imposée par le règlement européen (UE) n°517/2014.

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

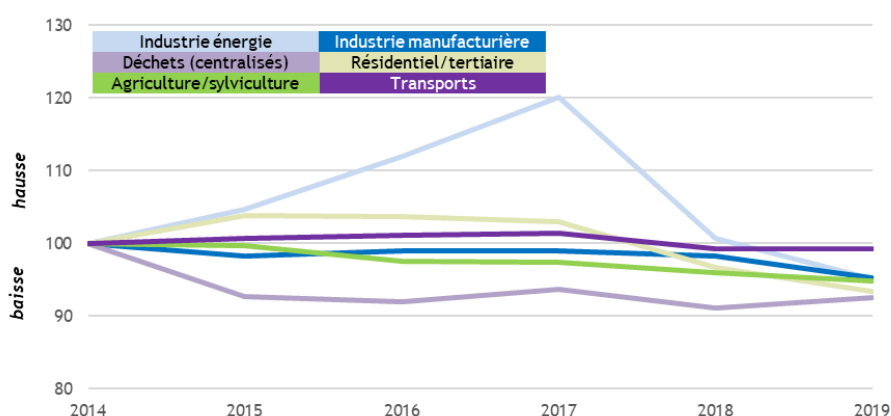


Puits de carbone et bilan net

Le secteur UTCATF est un puits net de carbone, il est pour l'instant le seul moyen pour la France de générer des absorptions importantes de CO₂. En 2020, ce puits net est estimé à -14 Mt CO₂e. Dans le même temps, les autres secteurs ayant émis 393 Mt CO₂, l'UTCATF permet donc de compenser 4% 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 CO₂e au milieu des années 2000 à -15 Mt CO₂e ces dernières années. Il semble que la dynamique de puits de carbone de la forêt française, historiquement responsable de cette croissance du puits, s'amenuise, marquée notamment par des sécheresses et maladies qui entraînent une surmortalité des arbres et une diminution de leur croissance (*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 2015-2017

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 2015-2017 (entre 0,5 et 0,7% par an). La hausse en 2015-2017 est surtout liée au fait que la baisse en 2014 était exceptionnelle, et conjoncturelle. L'année 2014 avait en effet un niveau d'émissions en très forte baisse en lien avec un climat particulièrement clément - indice de rigueur météo le plus bas observé depuis 1960 après le record de 2011). Cela avait impacté notamment à la baisse les émissions du chauffage des bâtiments. Il y avait eu aussi une moindre activité de raffinage et moindre consommation de charbon pour produire de l'électricité, en lien avec cette douceur météo exceptionnelle. Ce rebond, entre 2015 et 2017, des émissions de GES était principalement lié :

- 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 2015 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 Énergie*).
- au **secteur résidentiel**. 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 Bâtiments Résidentiels & Tertiaires*).
- au **transport routier**, dans une moindre mesure, avec une hausse des émissions de CO₂e des **véhicules essence** (*voir le chapitre Transports*).

A noter cependant que derrière cette hausse générale on observe des dynamiques sectorielles contrastées. Ainsi, en 2016, c'est la Transformation d'énergie qui explique 96% de la hausse de cette année. A part les transports, tous les autres secteurs étaient en baisse. En 2014, ce secteur avait connu une baisse exceptionnelle de -13,6 Mt. Les hausses subséquentes en 2015 (+2,8) en 2016 (+3,6) et en 2017 (+3,8) restent, même cumulées, moins fortes que cette baisse de 2014. Le rebond des émissions post 2014 pour ce secteur n'a donc pas entraîné un retour au niveau d'émission aussi élevé que celui observé avant 2014. De la même façon, en 2017, on retrouve ce même contraste entre d'un côté une hausse principalement causée par le secteur de transformation d'énergie (et un peu par les transports) et de l'autre plusieurs secteurs en (légère) baisse.

Des émissions de nouveau en baisse en 2018 et 2019

Après cette période de hausse modérée, les émissions de GES ont diminué de : -4,2% en 2018 et de -2,0% en 2019. Avant le niveau exceptionnellement bas de 2020, 2019 (435 Mt CO₂e hors UTCATF) constitue le niveau le plus bas observé depuis 1990.

La réduction d'émissions entre 2017 et 2018 était due à une baisse des consommations d'énergie du fait d'un hiver doux, d'une hausse de la production d'électricité d'origine hydraulique (excédent pluviométrique) et d'une plus grande disponibilité du parc nucléaire (moins d'arrêts). Elle était donc surtout liée au secteur de l'industrie de l'énergie (-9,3 Mt CO₂e, soit 48% de la baisse), et au secteur résidentiel-tertiaire (-5,1 Mt CO₂e, soit 27% de la baisse) ; et, dans une moindre mesure, aux transports (-3 Mt CO₂e, 15% de la baisse) et à l'agriculture (-1,2 Mt CO₂e, 6% de la baisse).

La baisse des émissions du transport en 2018 (-3Mt, soit -2%), même si elle ne représente qu'une petite partie de la baisse globale, n'avait pas été observée dans la série depuis la crise de 2008 (-5,6 Mt CO₂e, -4%). Elle est liée à une baisse des émissions des véhicules diesel (véhicules particuliers surtout). Cette baisse interannuelle s'inscrit dans une baisse des émissions des véhicules particuliers diesel observée à partir de 2015, à la suite d'une baisse des ventes de diesel depuis 2009-2010 et qui s'accélère vers 2015, liée au « *dieselgate* » et à l'introduction de normes plus contraignantes (Euro 5 en 2011, Euro 6 en 2014) ayant entraîné un surcoût des véhicules diesel à l'achat et un regain d'attractivité pour les véhicules essence. La mise en place des ZFE, où les véhicules diesel seront progressivement interdits, a peut-être aussi joué un rôle d'anticipation de la demande.

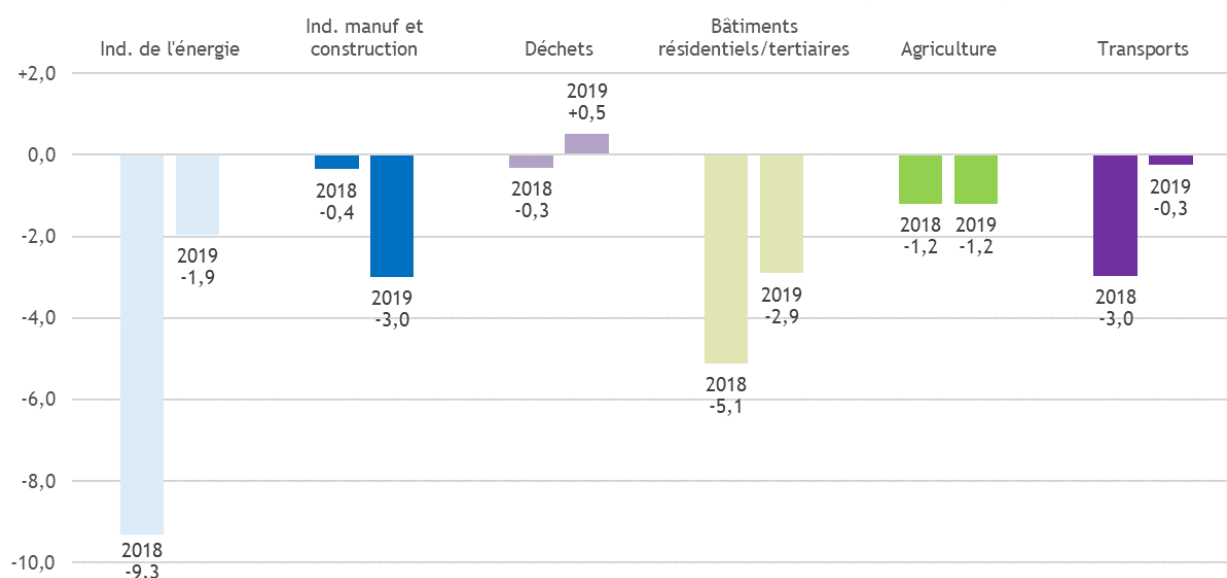
La réduction d'émissions entre 2018 et 2019 s'explique notamment par une baisse des volumes de fioul consommés dans le résidentiel et des activités de métallurgie des métaux ferreux dans l'industrie, ainsi qu'un moindre recours au charbon dans la production d'électricité, en raison d'une baisse du cours du gaz et d'une hausse du cours des quotas européens de CO₂). Ainsi, cette baisse est surtout liée :

- au **secteur des bâtiments résidentiels et tertiaires** (-2,9 Mt CO₂e, soit 31% de la baisse). La baisse est plus importante dans le résidentiel (-1,6 MteqCO₂) que dans le tertiaire (-1,0 MteqCO₂), mais ces deux sous-secteurs ont vu leurs émissions baisser au même rythme par rapport à leur niveau de 2018 (-3,4 % respectivement). Après correction des variations météorologiques, la baisse des émissions des bâtiments est plus importante, (-3,0 Mt CO₂e soit -3,6%). La baisse des émissions liées au chauffage des bâtiments résidentiels s'explique notamment par une baisse des volumes de fioul domestique consommés (-7 %) et dans une moindre mesure de gaz naturel (-2 %)³, dans le contexte pourtant d'un hiver 2019 un peu moins doux que 2018. Dans le tertiaire, la baisse s'explique principalement par une baisse des gaz fluorés ;
- à l'**industrie manufacturière** et à la construction (-3 Mt CO₂e, soit 32% de la baisse). Cette baisse s'explique pour plus de la moitié par la métallurgie des métaux ferreux (-1,5 Mt CO₂e), suivi dans une moindre mesure de la chimie (-0,4 Mt CO₂e), ainsi que les biens d'équipements, l'agroalimentaire et la métallurgie des métaux non ferreux (-0,2 Mt CO₂e respectivement). La baisse des émissions de la métallurgie des métaux ferreux s'explique par une baisse des consommations d'énergie (gaz naturel, charbon) et une baisse de la production d'acier, de ciment et de verre creux ;
- à la **production d'énergie** (-1,9 Mt CO₂e, soit 21% de la baisse). Cette baisse s'explique pour plus de la moitié par la baisse de la production d'électricité (-1,3 Mt CO₂e), suivi du raffinage du pétrole (-0,4 Mt CO₂e) et du chauffage urbain (-0,3 Mt CO₂e). Dans la production d'électricité, l'année 2019 est marquée par une moindre utilisation du charbon (-44 % de consommation de charbon, -4,1 Mt CO₂) compensée en partie par une hausse du gaz (+24 % de consommation de gaz, +2,7 Mt CO₂). Le moindre recours au charbon est lié à la forte baisse du cours du gaz en 2019 qui favorisa les centrales à gaz ainsi qu'à la hausse continue du cours des quotas européens de CO₂.
- à l'**agriculture** (-1,2 Mt CO₂e, soit 13% de la baisse). La baisse est plus forte dans l'élevage (-0,7 Mt CO₂e) que la culture (-0,3 Mt CO₂e). La baisse du CH₄ constatée est principalement liée à la baisse du cheptel bovin (-2,4 % entre 2018 et 2019). La baisse du N₂O s'explique par une baisse de l'azote minéral épandu (-1,8 % entre 2018 et 2019) et la baisse du cheptel bovin.

Deux secteurs ne participent pas à cette baisse modérée des émissions entre 2018 et 2019 :

- Les **émissions des transports** stagnent entre 2018 et 2019. Cette stagnation masque une baisse des émissions des poids lourds (-0,5 Mt) compensée par une hausse des émissions des véhicules utilitaires (+0,5 Mt). Le transport aérien national a légèrement augmenté (+0,1 Mt).
- Le **traitement centralisé des déchets** voit ses émissions augmenter de 0,5 Mt en 2019, compte tenu de la hausse des quantités mises en décharges (voir chapitre Déchets).

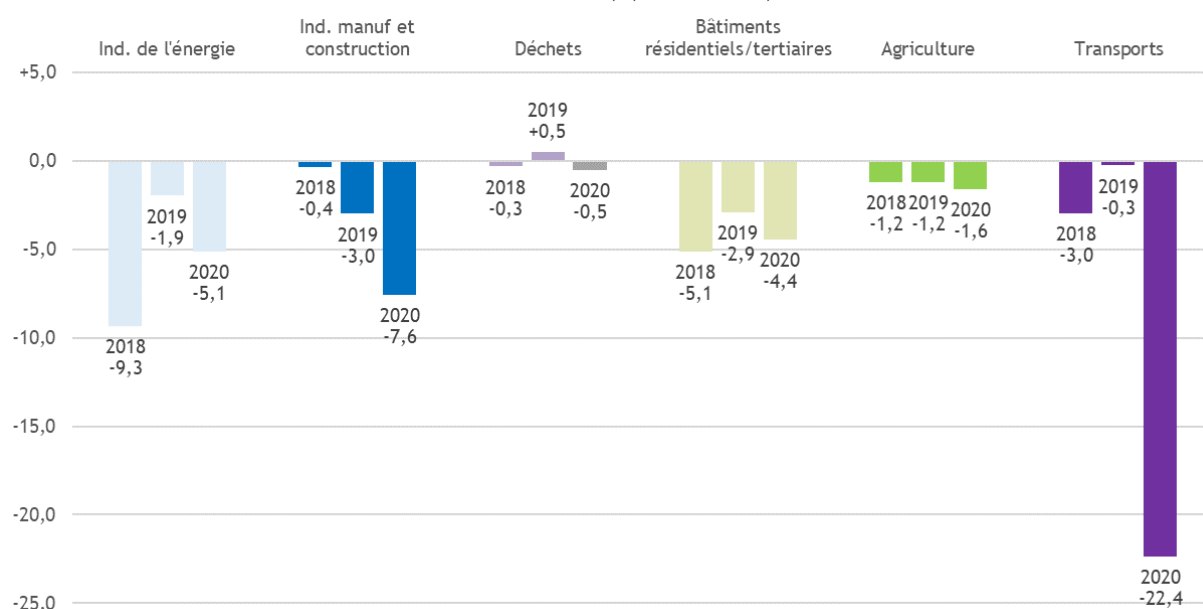
Comparaison des évolutions 2017-2018 et 2018-2019 (en Mt CO2e)



En 2020 : l'impact sans précédent de la crise du Covid-19

L'année 2020 est marquée par deux phénomènes conjoncturels ayant entraîné une baisse massive, et sans précédent, des émissions de gaz à effet de serre en France : la crise de la pandémie de Covid-19 et, dans une moindre mesure, des températures hivernales très clémentes (niveau record de l'indice météo depuis que cet indicateur est suivi, en 1970, après les records précédents de 2011 et 2014 qui avaient aussi entraîné de fortes baisses des émissions). Mais c'est surtout en raison de l'impact de la crise sanitaire du Covid-19 et des mesures de confinements associées, que l'année 2020 constitue une rupture forte dans l'évolution des émissions de GES en France. Le graphique ci-dessous compare l'évolution interannuelle des émissions en 2018, 2019, et en 2020.

Comparaison des évolutions 2017-2018, 2018-2019 et 2019-2020 (en Mt CO2e)



Tous les secteurs n'ont pas été affectés par la crise de la même façon et les évolutions des émissions reflètent ces contrastes. Il apparaît ainsi, pour 2020 :

- pour le **secteur des transports**, très marqué par la crise et les restrictions de circulation (réduction massive du trafic aérien, chômage partiel, télétravail...), une réduction d'émissions exceptionnellement forte, mais

temporaire, de **-16,5%** (-22,4 Mt CO₂e), de -16% pour le transport routier et -39% pour le transport aérien domestique.

- une forte diminution du **secteur des bâtiments**. La baisse est d'abord liée à une baisse des émissions du secteur tertiaire, du fait de la crise (fermeture restaurants, commerces, bureaux...) mais aussi à une diminution du chauffage résidentiel du fait d'un très faible indice de rigueur météo (nouveau record historique de douceur hivernale en 2020).
- une forte diminution des émissions de **l'industrie (-9,5%)**, là aussi en raison des effets économiques de la crise du Covid-19 mais une partie de ces réductions d'émissions s'inscrivent dans la continuité des efforts d'atténuation du secteur déjà observés l'an dernier.
- dans le secteur de l'énergie, une poursuite de la **baisse des émissions de la production d'électricité (-11%)** principalement décarbonée mais qui recourt aussi à des centrales au gaz naturel voire à quelques centrales au charbon et une forte accélération de la **baisse des émissions de la transformation du charbon (-26%)**.
- Pour l'agriculture, la baisse observée (-2%) n'est pas liée à la crise du Covid-19 mais à la poursuite du recul du cheptel bovin; à la baisse de l'azote minéral épandu (en lien avec des conditions de cultures défavorables en 2020), et dans une moindre mesure au recul de l'épandage d'urée.

En 2021, un niveau inférieur à 2019 malgré le rebond des émissions post-crise.

L'année 2021 a été pré-estimée à l'aide d'indicateurs et données déjà disponibles en début d'année. Certaines hypothèses conservatrices ont été appliquées en attendant de disposer de données complètes. Cette évolution sera donc consolidée pour la prochaine édition d'inventaire.

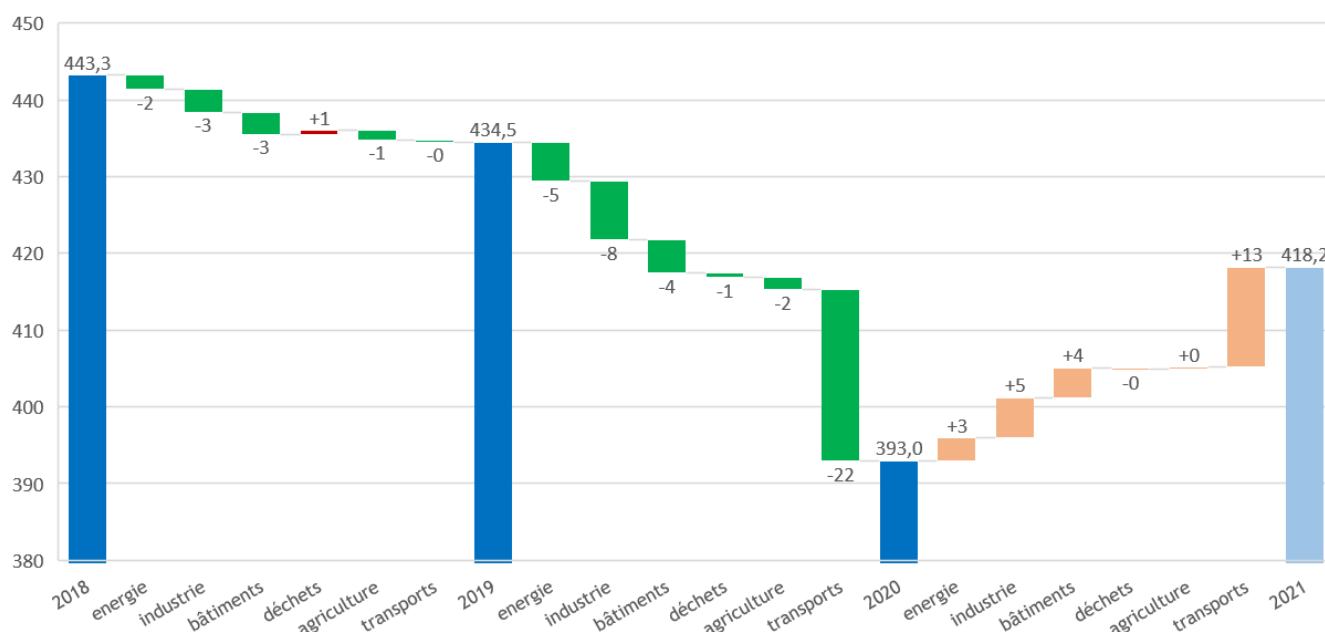
L'année 2021 est marquée par le rebond des émissions lié à la reprise d'activités (principalement les transports, mais aussi l'industrie, le tertiaire...) à la suite de la crise du Covid-19 de 2020. Une partie de la hausse est aussi liée à une météo plus rigoureuse qu'en 2020, jouant sur les émissions du chauffage résidentiel et de la transformation d'énergie.

Selon cette première pré-estimation de l'année 2021, il apparaît :

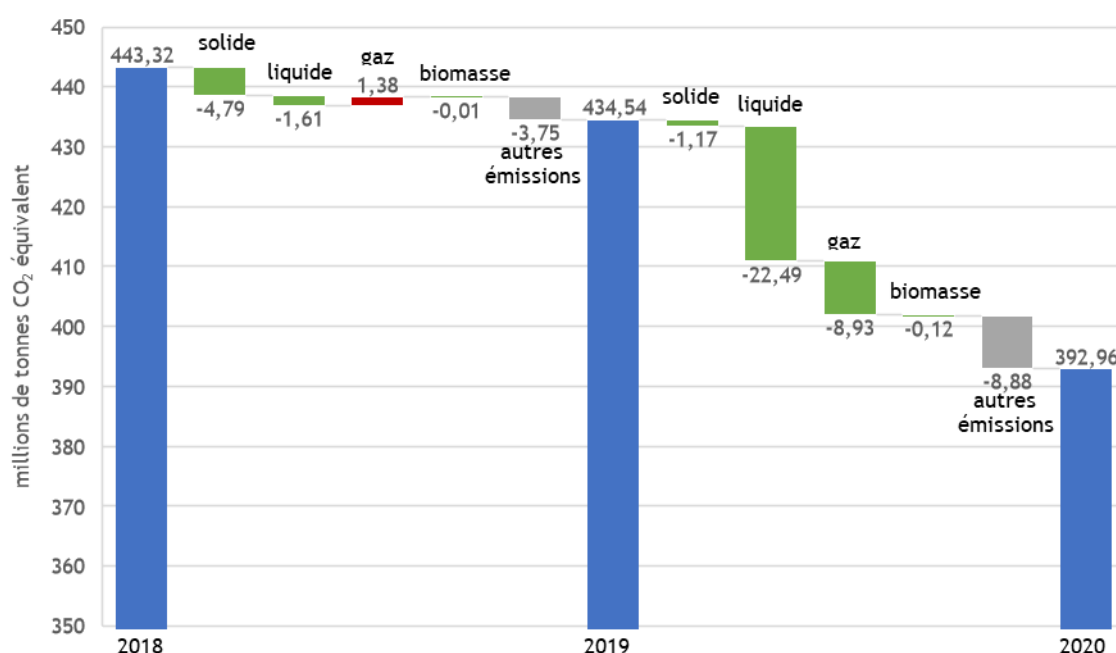
- un fort rebond des émissions des **transports** (+13 Mt CO₂e, +11,5%), mais qui reste moins fort que la baisse observée en 2020 (-22,4 Mt CO₂e). Ce secteur à lui seul explique la moitié de la hausse des émissions de 2021, et principalement le transport routier (+12,8 Mt CO₂e, soit +12%). Même s'ils représentent une part plus faible des émissions du secteur, en proportion, l'aérien domestique a connu un rebond de +6% et l'aérien international (hors total) un rebond de +8%.
- pour **l'industrie manufacturière**, une hausse des consommations d'énergie, et notamment du gaz naturel (+6%), et du charbon (+16%), en lien notamment avec la reprise d'activité post Covid 2020. Les émissions sont surtout en hausse pour les sous-secteurs de la métallurgie des métaux ferreux, des minéraux non-métalliques et matériaux de construction.
- Dans le secteur des **bâtiments résidentiels et tertiaires**, on observe une hausse des consommations d'énergie due à la fois au rebond post-covid pour le tertiaire, et, en partie, à un climat plus rigoureux impactant le chauffage pour le résidentiel et le tertiaire.
- Pour la **production d'énergie**, les émissions sont en hausse de +7,4% (+3 Mt CO₂e). Pour la production d'électricité, cela est lié à l'augmentation de consommation d'énergie de plus de 10% due à la reprise économique et un coefficient de rigueur plus rigoureux en 2021 ; pour le chauffage urbain, à une année 2021 plus rigoureuse ; pour le raffinage du pétrole, à une baisse des consommations d'énergie et notamment du gaz de raffinerie (-12%).

A noter, pour l'agriculture, l'estimation 2021 provisoire ne prend en compte que des évolutions pour les émissions des engins et moteurs, et ne prend pas encore en compte d'éléments d'évolution sur cultures et élevage.

Changements de la distribution des émissions de CO₂e hors UTCATF
par secteur en France (Métropole et Outre-mer UE)



Changements de la distribution des émissions de CO₂e hors UTCATF
par type de combustible en France (Métropole et Outre-mer UE)



La majorité de la baisse des émissions entre 2018 et 2019, et entre 2019 et 2020, est liée à l'usage des combustibles fossiles. Pour 2019, c'est la baisse de l'usage des combustibles solides (comme le charbon) qui représente la plus grande part de la baisse totale, tous secteurs confondus. En 2020 en revanche il s'agit principalement de la baisse de l'usage des combustibles liquides tel que le pétrole, qui est responsable de la majeure partie de la baisse des émissions.

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

Le budget carbone pour la période 2019-2023, fixé en 2020 par la [SNBC révisée](#), s'élève à **422 MtCO₂e/an en moyenne**. La tranche indicative annuelle pour l'année 2019 s'élève quant à elle à **443 Mt CO₂e**. Or, les émissions nationales annuelles de GES de 2019 s'élèvent à 435 Mt CO₂e : **l'objectif indicatif fixé pour 2019 a donc été respecté**. En 2020, l'objectif indicatif de 436 Mt CO₂e a aussi été respecté avec le niveau exceptionnellenent bas observé (393 Mt CO₂e). Malgré le rebond des émissions, le niveau de 2021 (418 Mt CO₂e) respecte lui aussi l'objectif annuel indicatif fixé pour cette année (423 Mt CO₂e).

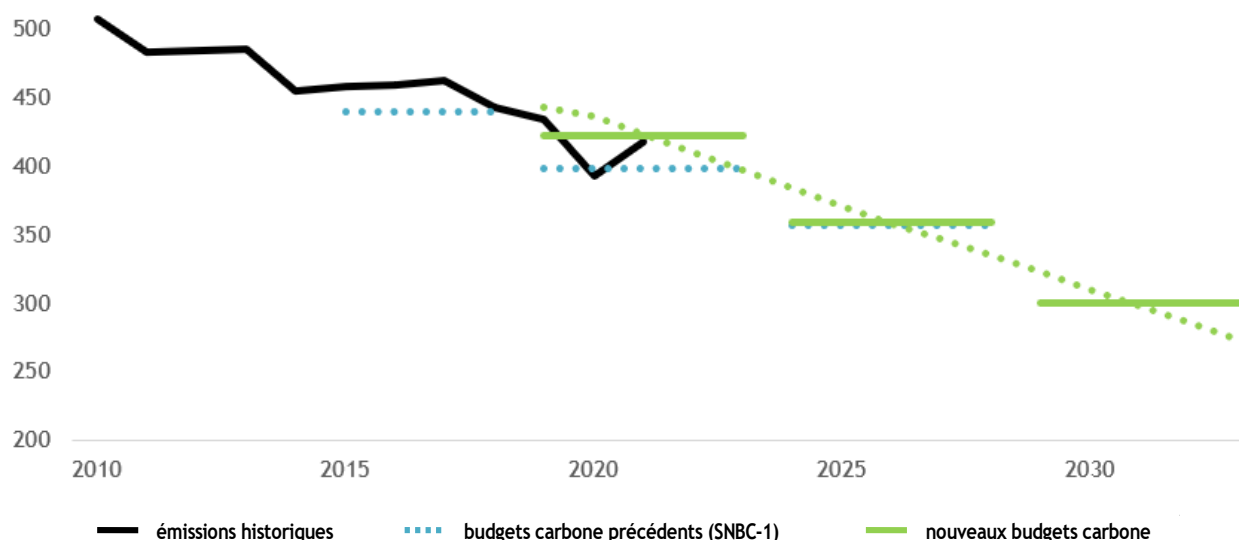
Pour les années 2019-2021, la moyenne des émissions s'élève à 415 Mt CO₂e. Ainsi, compte tenu du niveau exceptionnellenent bas de 2020, même si les émissions stagnaient, en 2022 et en 2023, au niveau de 2021, le **budget carbone 2019-2023** (422 Mt CO₂e en moyenne) serait respecté.

A plus long terme, la SNBC-2 prévoit une poursuite de la baisse des émissions pour atteindre zéro émissions nettes en 2050, avec un rythme de réduction annuelle progressif, entre **-3% et -4% par an** sur la période 2022-2030.

La prochaine mise à jour de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC-3), attendue pour 2024, proposera une mise à jour de ces objectifs, notamment pour refléter certaines évolutions méthodologiques de l'inventaire.

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



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 Réglementation*), 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 2019, les émissions hors UTCATF (émissions brutes) s'élèvent à 435 Mt CO₂e; et les absorptions de l'UTCATF s'élèvent à -12 Mt CO₂e. Autrement dit, les émissions brutes sont 35 fois plus importantes que le puits de carbone- l'UTCATF ne compense que l'équivalent de 3% 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 CO₂e (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 CO₂e** 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. Une nouvelle révision de la SNBC est attendue en 2024.

Part des émissions liée aux combustibles

Les émissions liées aux combustibles représentent une part assez stable, autour de 70% des émissions totales de Gaz à effet de serre. C'est cette part liée aux combustibles qui connaît 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 2020 25% des émissions de GES liées aux combustibles (contre 21% en 1990).

Et dans le monde ?

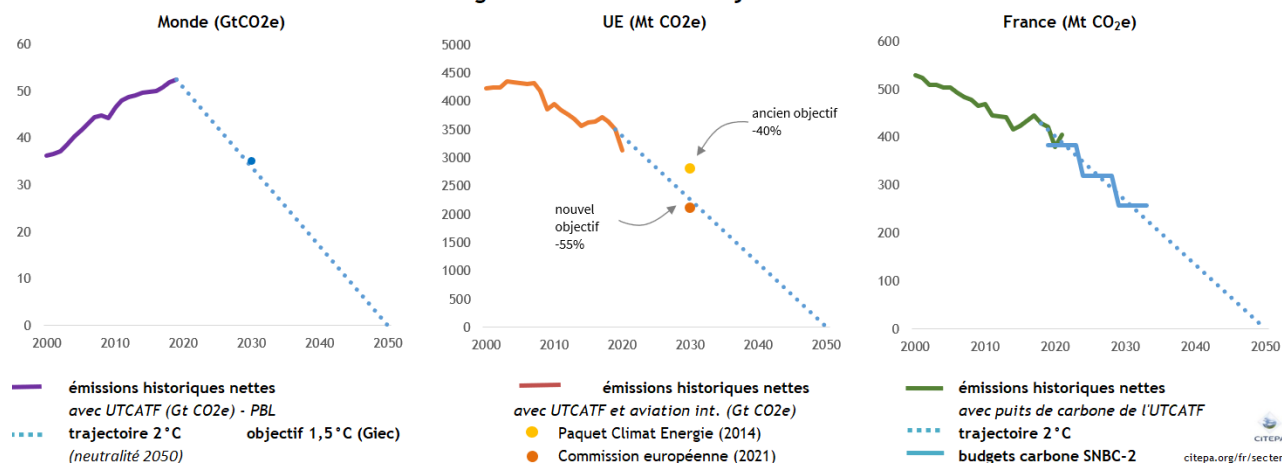
Selon le dernier rapport du PNUE (Gap report 2021), les émissions mondiales de GES ont augmenté de 1,3%/an en moyenne (hors et avec UTCATF). En 2019, les émissions totales mondiales de GES ont atteint le niveau record de 51,5 Gt CO₂e hors UTCATF et 58,1 Gt CO₂e avec UTCATF. Pour l'année 2020, à l'heure actuelle, le PNUE ne dispose pas de données sur l'ensemble de émissions de GES mais uniquement sur le CO₂ (avec une baisse estimée à -5,4%).

Au cours de la dernière décennie, les quatre principaux émetteurs (Chine, Etats-Unis, UE-28 et Inde) ont contribué à hauteur de 55% des émissions totales de GES hors UTCATF. Les sept principaux émetteurs (ces quatre émetteurs + Russie, Japon, transport aérien et maritime international) y ont contribué à hauteur de 65%. Quant aux [pays du G20](#), leur contribution est de 78%. Le PNUE note un certain ralentissement de la croissance des émissions mondiales de GES dans les [pays de l'OCDE](#) alors que celles des pays hors OCDE sont en hausse.

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 CO₂e en 2030 (contre 52 Gt CO₂e 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.

Le 8 mars 2021, l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) a publié une note d'analyse sur les tendances en matière d'émissions mondiales de CO₂ provenant de la combustion de combustibles fossiles (données 2020-2021). Les émissions mondiales totales de la combustion des combustibles fossiles liées à l'énergie (production et consommation d'énergie dans les secteurs de la production d'énergie, de l'industrie manufacturière, des transports, des bâtiments [résidentiel/tertiaire/institutionnels]) ont atteint un nouveau niveau inédit en 2021 : **36,3 Gt CO₂**, soit une hausse de plus de 2,0 Gt CO₂ (+6%) par rapport au niveau de 2020. Cette forte hausse des émissions de CO₂ intervient après une baisse importante (de près de 1,9 Gt CO₂, soit -5,1%) en 2020 en raison de la pandémie du Covid-19 et des restrictions sanitaires imposées à travers le monde. La hausse des émissions en 2021 a été plus forte que la baisse constatée en 2020. Ce nouveau record signifie que l'année 2021 dépasse désormais 2010 où l'AIE a observé jusque-là la plus forte hausse interannuelle des émissions de CO₂ liées à l'énergie en termes absolus. En 2021, les émissions de CO₂ ont atteint un niveau supérieur d'environ 180 Mt CO₂ au niveau pré-Covid-19 de 2019. Autrement dit, entre 2019 et 2021, ces émissions mondiales ont augmenté et 2020 n'a été qu'une baisse temporaire, et non un changement de tendance qui aurait pu marquer le début d'une baisse durable. Le **charbon** a contribué à hauteur de **plus de 40%** à la progression des émissions mondiales de CO₂ en 2021. Les émissions de CO₂ liées au charbon ont atteint un niveau record de **15,3 Gt en 2021**, dépassant de près de 200 Mt leur précédent pic (observé en 2014). Les émissions de CO₂ provenant du **gaz naturel** ont également rebondi bien au-delà des niveaux de 2019 pour atteindre **7,5 Gt en 2021**, la demande ayant augmenté dans tous les secteurs. À **10,7 Gt**, les émissions provenant du **pétrole** sont restées nettement inférieures aux niveaux pré-Covid-19, en raison de la reprise limitée des activités mondiales de transport en 2021. Le secteur de la production d'électricité et de chaleur a connu la plus forte hausse sectorielle d'émissions de CO₂ en 2021 (+900 Mt CO₂, soit +6,9%), pour atteindre un niveau inédit, de près de **14,6 Gt CO₂**. Cette hausse sectorielle représente 46% de la hausse mondiale des émissions de CO₂ en 2021 tous secteurs confondus. Elle s'explique par une hausse inédite, en 2021, de la demande mondiale accrue d'électricité. En raison de cette hausse inédite, la part du charbon dans la production mondiale d'électricité a connu un rebond pour atteindre plus de 36% en 2021. La quasi-totalité des régions a enregistré une hausse des émissions de CO₂ en 2021 par rapport à 2020. Cependant, l'évolution 2020-2021 a été contrastée en fonction des régions, allant d'une progression de plus de 10% en **Inde** et au **Brésil** à moins de 1% au **Japon**. Quant à la **Chine**, où la demande d'électricité a crû de 10% en 2021, elle a connu une hausse de 5% de ses émissions de CO₂. Pour leur part, les **Etats-Unis** et l'**UE-27** ont chacun enregistré une augmentation d'environ 7% de leurs émissions de CO₂.

Émissions nettes de gaz à effet de serre et objectif de neutralité en 2050



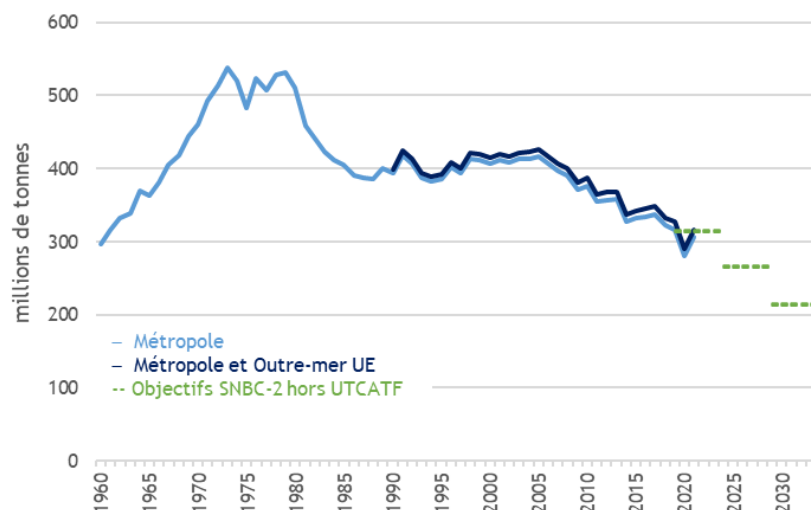
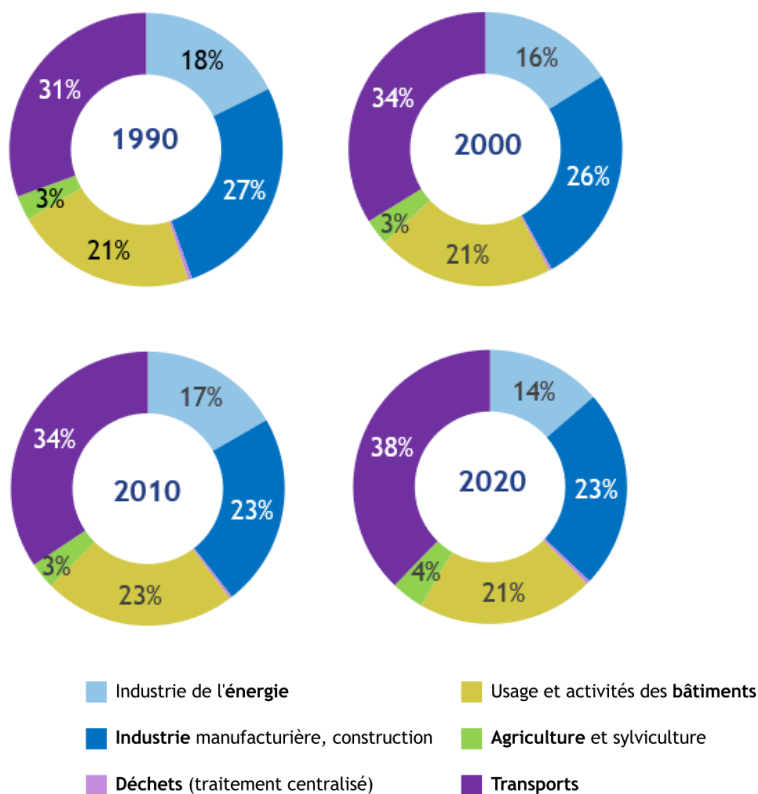
En savoir plus

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

[Pages du MTE consacrées à l'action climat de la France](#)

[Site du Giec \(en français\)](#)

Emissions de dioxyde de carbone en bref

Evolution des émissions de CO₂ en FranceRépartition des émissions de CO₂ hors UTCATF en FranceCO₂

Dioxyde de carbone

Type

Gaz à effet de serre

Définition

Le dioxyde de carbone (CO₂) 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).

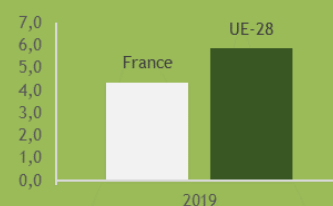
Phénomènes associés

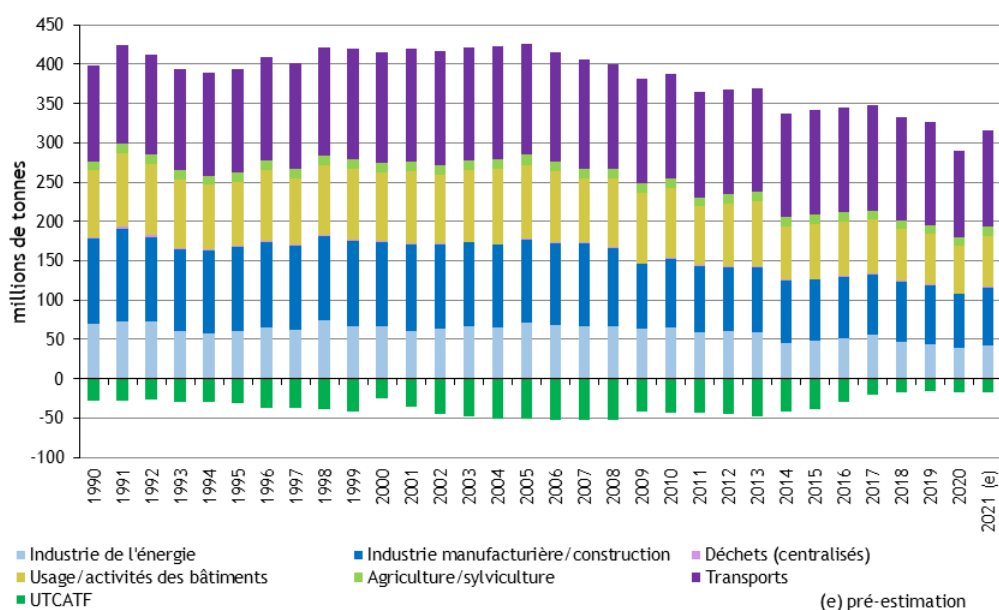
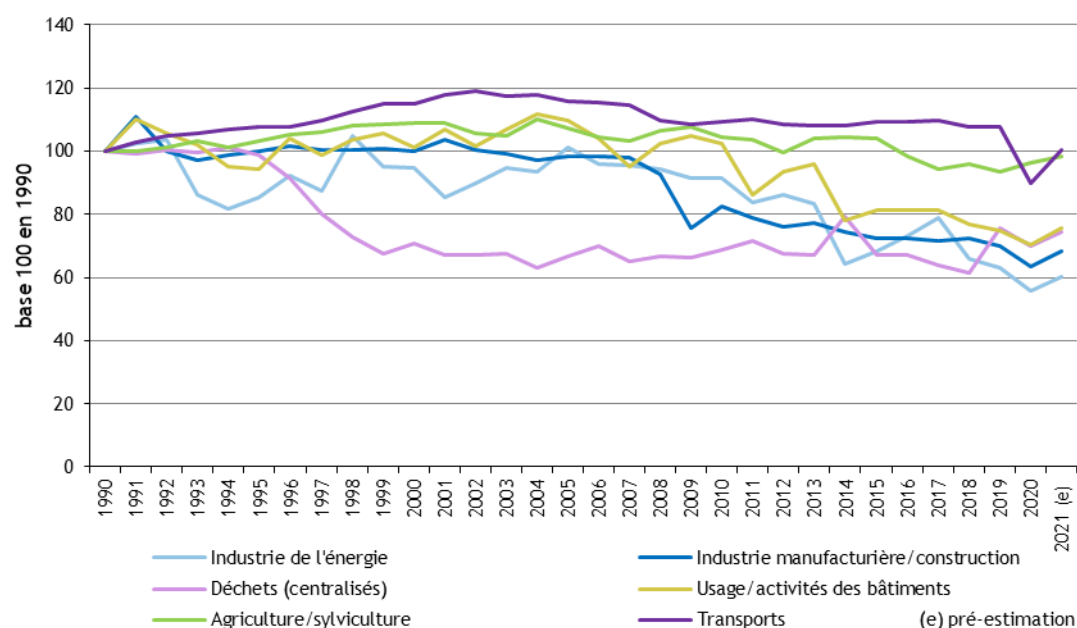
Le CO₂ est le principal contributeur aux émissions de GES en France métropolitaine (UTCATF inclus). Outre sa contribution aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre, le CO₂ a un impact important sur l'acidification des océans. En effet, l'océan absorbe le CO₂ augmentant ainsi son 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 UTCATF inclus par habitant (t/hab/an) en 2019



Evolution des émissions dans l'air de CO₂ depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)Evolution des émissions dans l'air de CO₂ en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)

Emissions de CO ₂ (Mt/an)											% du total national (hors UTCATF)		% du total national (hors UTCATF)		1990-2020		2019-2020		2020-2021 (provisoire)	
Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE											en 2020		en 2021							
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 (e)										
Industrie de l'énergie	70,4	66,8	64,5	48,1	51,6	55,5	46,3	44,4	39,4	42,3	14%	13%	-31	-44%	-5,1	-11%	3	7%		
Industrie manufacturière et construction	107,1	107,3	88,2	77,5	77,5	76,7	77,3	74,9	67,9	73,2	23%	23%	-39	-37%	-7,0	-9%	5	8%		
Traitement centralisé des déchets	1,9	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,4	1,3	1,4	0%	0%	-1	-30%	-0,1	-7%	0	7%		
Usage des bâtiments et activités résidentielles/tertiaires	85,6	86,5	87,8	69,8	69,8	69,6	65,7	64,0	60,4	64,7	21%	21%	-25	-29%	-3,6	-6%	4	7%		
Agriculture / sylviculture	11,6	12,7	12,1	12,1	11,4	11,0	11,2	10,9	11,2	11,5	4%	4%	0	-4%	0,3	3%	0	2%		
Transports	121,7	140,2	133,0	132,9	133,1	133,6	131,0	131,0	109,2	122,3	38%	39%	-13	-10%	-21,8	-17%	13	12%		
Transport hors total	16,8	23,6	24,0	23,1	22,5	23,1	24,4	24,6	11,2	11,8										
TOTAL national hors UTCATF	398,4	414,8	386,9	341,6	344,7	347,6	332,6	326,7	289,4	315,4	100%	100%	-109,0	-27%	-37,3	-11%	26,0	9%		

Téléchargez les données complètes, pour toutes les années, sur citepa.org/fr/secten

Analyse

Enjeux

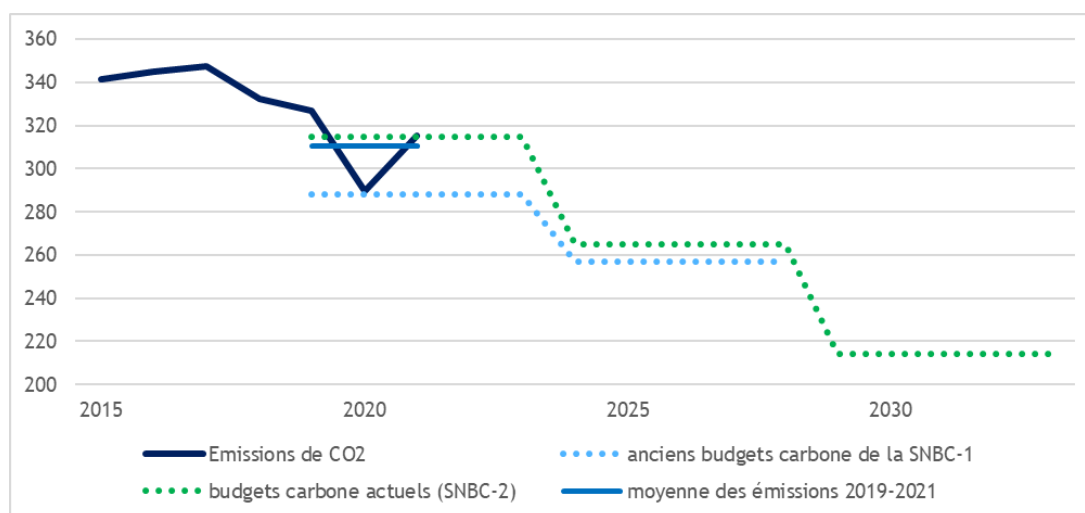
Effets environnementaux

Le CO₂ (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. Ses concentrations sont en hausse constante et atteignent aujourd'hui les niveaux les plus élevés jamais enregistrés depuis l'époque préindustrielle, avec 419 parties par million (ppm) en moyenne mensuelle atteints en avril 2021.

Objectifs de réduction

Au niveau mondial et européen, les objectifs visent tous les gaz à effet de serre, pas uniquement le CO₂ (*voir section CO₂*). 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 CO₂ (hors UTCATF) Avec des émissions de 339 MtCO₂e en moyenne sur 2015-2018, cet objectif n'a pas été respecté (dépassement de 5%). Le 2^e budget carbone (2019-2023) fixé en 2020 par la révision de la SNBC s'élève à 315 MtCO₂ (hors UTCATF) en moyenne sur la période. Les émissions réelles pour le CO₂ seul s'élèvent pour l'instant à 327 Mt CO₂ en 2019, 289 Mt CO₂ en 2020 et sont pré-estimées à 315 Mt CO₂ pour 2021, soit une moyenne de 310 Mt CO₂ sur 2019-2021. Les émissions ne doivent pas réaugmenter après 2021 pour respecter le budget CO₂ sur la période 2019-2023. Elles doivent cependant diminuer pour respecter les prochains budgets. les objectifs annuels indicatifs sont aussi atteints pour les années 2019 à 2021.

Atteinte des objectifs SNBC pour le CO₂



Enjeux actuels

D'après le rapport spécial 1,5°C du Giec (2018), il faut réduire les émissions de CO₂ 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

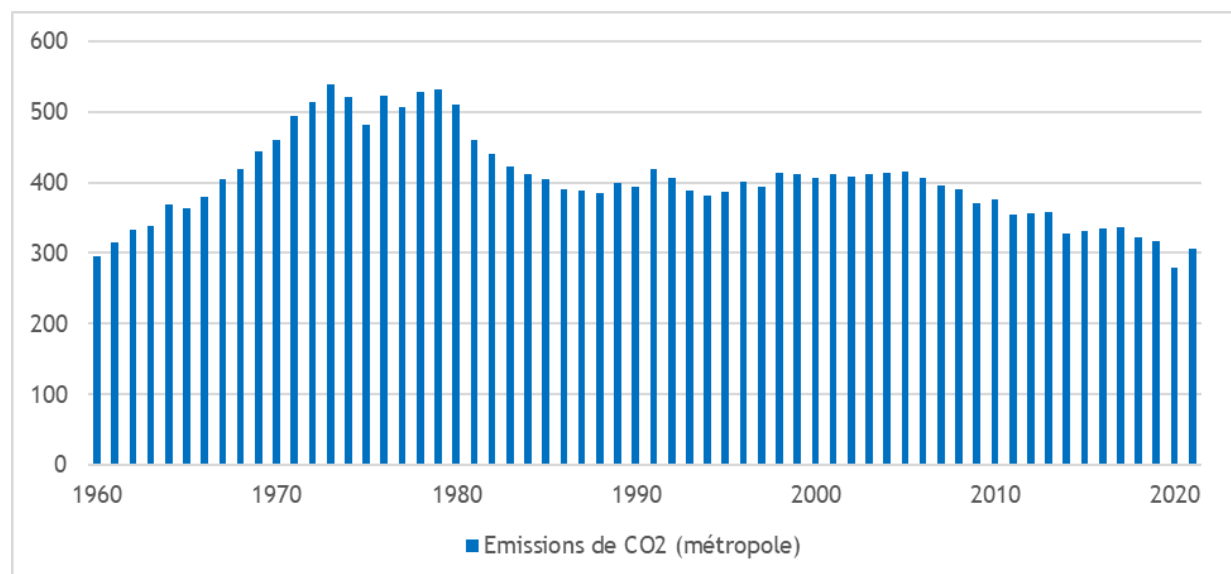
Les émissions de CO₂ sont présentées, comme les autres gaz à effet de serre, présentées au périmètre France métropolitaine et Outre-mer inclus dans l'UE. Par ailleurs, pour information, les émissions de CO₂ sont aussi présentées pour la France métropolitaine uniquement, depuis 1960.

Tendance générale

Analyse globale de la tendance

Le calcul des émissions de CO₂ pour la métropole uniquement remonte à 1960. L'évolution générale des émissions depuis 1960 reflète surtout des évolutions relatives à l'utilisation de l'énergie en France.

Evolution des émissions de CO₂ hors UTCATF en France (métropole uniquement) depuis 1960



Depuis 1960 (mais en fait depuis la fin de la seconde guerre mondiale) les émissions de CO₂ 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 maxima 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 Énergie (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 (425 Mt CO₂ en métropole et outre-mer UE). Depuis 2005, les émissions ont alterné entre des périodes de baisse rapide (-3%/an de 2006 à 2009, -6% en 2011, -9% en 2014, -4% en 2018) et des périodes 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 CO₂ observées s'expliquent en partie par des effets climatiques, notamment pour les secteurs Production d'énergie et Résidentiel-Tertiaire. Malgré des réductions qui se sont faites par à-coups, les émissions ont été réduites de 21% entre 1990 et 2021. L'année 2020 a connu un niveau exceptionnellement bas, mais temporaire, lié à la crise du Covid-19 ainsi qu'à un indice de rigueur météo exceptionnellement faible. Le niveau de 2020, en métropole (280 Mt CO₂) est ainsi inférieur au niveau de 1960 (296 Mt CO₂). L'enjeu désormais est de parvenir à maintenir une dynamique de baisse rapide et pérenne, conforme avec la trajectoire de décarbonation de l'économie dessinée par la SNBC et par l'Union européenne.

Analyse par secteur

Transport : 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. Entre et 2009 2019, les émissions totales du secteur des transports oscillent autour de 130 Mt. Pour l'aérien domestique, les émissions de CO₂ ont connu un pic en 2000, une baisse de 2001 à 2015 puis ont de nouveau augmenté de 2016 à 2019. L'année 2020 a marqué une rupture nette avec un niveau historiquement bas du fait de la crise du Covid-19. Pour 2021, les émissions ont repris, mais à un niveau qui reste historiquement bas. Pour ce qui concerne l'aérien international (départs et arrivées de la France), comptabilisé en dehors du total national, les émissions de CO₂ ont connu une hausse quasi constante jusqu'en 2019, avant, là aussi, la baisse record de 2020 et un niveau 2021 encore très bas.

Bâtiments et activités résidentiels et tertiaires : le niveau des émissions de ce secteur est globalement en baisse depuis 1990. En 2020, compte tenu à la fois de la faible rigueur météo (baisse des émissions du chauffage) et de la crise du Covid-19 (baisse des émissions du secteur tertiaire), le niveau atteint est le plus bas enregistré depuis 1990.

CO₂

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 post-crise de 2008-2009, mais ont depuis connu une légère baisse (-2%/an en moyenne) pendant les années 2010. La crise de 2020 a entraîné une forte baisse temporaire (-9%) rattrapée partiellement en 2021 par un rebond (+8%).

Transformation de l'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. Les fluctuations observées dans les années 2010 sont en partie liées aux variations de la rigueur météo (les années avec un hiver doux comme en 2011, 2014, 2020 et 2021 qui entraînent une baisse des émissions du chauffage et de production d'électricité d'origine fossile), l'évolution des activités du raffinage de pétrole, et à l'évolution de la disponibilité des moyens de production d'électricité non carbonés (nucléaire et hydroélectrique).

Agriculture/sylviculture : les émissions de ce secteur sont relativement stables depuis 1990, autour de 12 Mt CO₂, avec néanmoins d'importantes variations interannuelles (baisse de -2% à -5%/an et hausses de +2% à 4%/an).

UTCATF : le puits de CO₂ du secteur UTCATF a doublé entre 1990 et la fin des années 2000, passant d'environ -25 Mt à environ -50Mt. Ce puits connaît désormais une diminution progressive, atteignant -18 Mt en 2020.

Autres puits de carbone : le CO₂ 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 CO₂ liés à la combustion représentent, ces dernières années, 90% 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 CO₂, qui pourraient être envisagées dans le futur avec la mise en place du captage et du stockage du CO₂.

Évolution récente

Après une période de hausse modérée des émissions au cours des années 2015, 2016 et 2017 (+1%/an), les émissions de CO₂ sont reparties à la baisse : -4% en 2018, -2% en 2019, -11% en 2020 (baisse exceptionnelle liée à la crise du Covid-19). Le rebond de 2021 (+9%) masque en réalité la poursuite de la baisse à rythme de près de -2%/an sur la période 2018-2021 sans tenir compte de 2020.

On constate que **trois secteurs connaissent une dynamique de réduction des émissions**, tant sur temps long (depuis 1990 ou les années 2000) que ces dernières années : **l'industrie de l'énergie, l'industrie manufacturière et les bâtiments résidentiels et tertiaires**. L'évolution des émissions de ces trois secteurs restent liées à des **effets structurels** (décarbonation de l'industrie, évolution du mix énergétique...) mais aussi à des **effets conjoncturels** (rigueur des hivers, disponibilité des centrales nucléaires et hydroélectriques).

Les transports n'ont pas encore enclenché de dynamique de réduction de leurs émissions. Le transport routier, principal contributeur aux émissions de CO₂ du secteur des transports, a vu ses émissions augmenter jusqu'en 2004 en lien avec la hausse du trafic. Depuis, les émissions se sont décorrélées du trafic, en raison du renouvellement du parc de véhicules et un recours accru aux agro-carburants. Les émissions restent quasi-stables depuis la fin des années 2000, marquées par l'effet de crises (2008 et 2020).

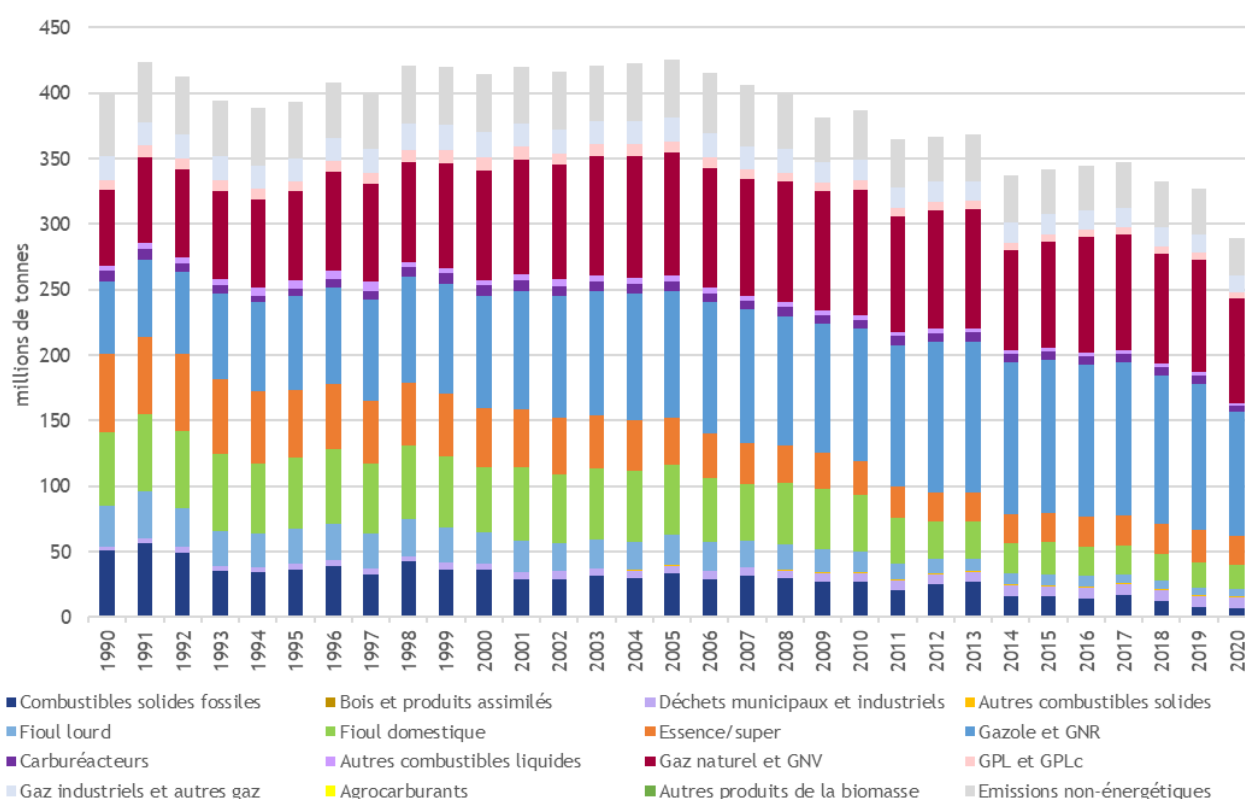
Pour les secteurs des **déchets** et de **l'agriculture**, les émissions de CO₂ restent mineures comparées aux autres gaz à effet de serre (principalement le méthane).

Part des émissions liée aux combustibles

Dans les années 1990, les émissions de CO₂ 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 CO₂ chacun environ). Dans les années récentes, seuls le gazole et le gaz naturel dominent. De plus, les émissions de CO₂ 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.

Répartition des émissions de CO₂ hors UTCATF par combustible en France (Métropole et Outre-mer UE)



CO₂ de la biomasse énergie

La combustion de la biomasse (quelle qu'elle soit) émet du CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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.

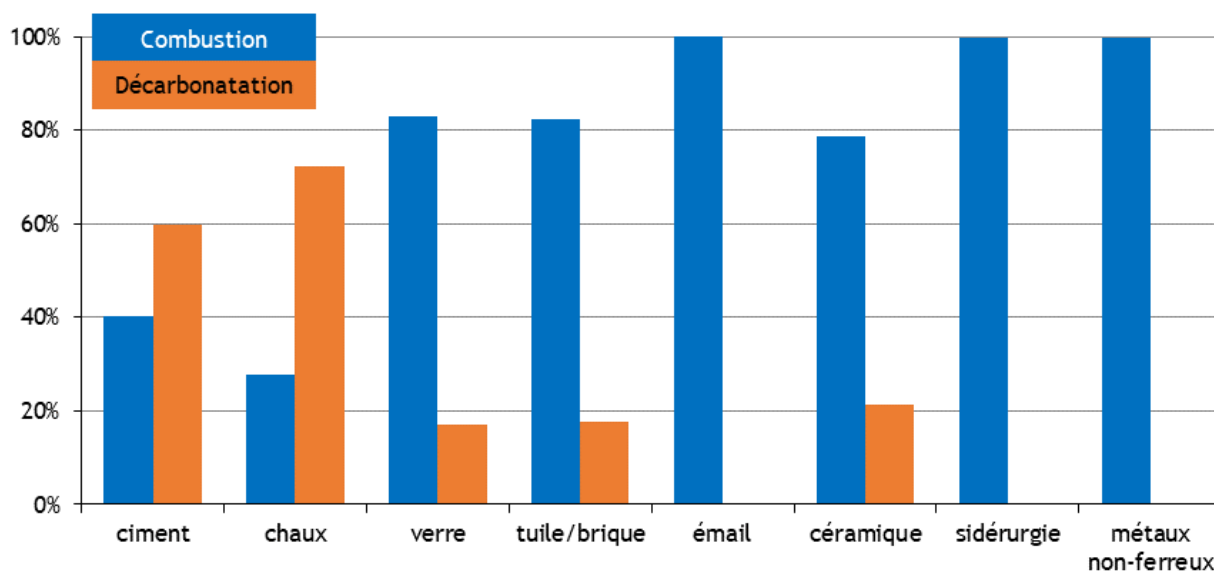
Pour information, les émissions de CO₂ liées à la combustion de biomasse à finalité énergétique sont indiquées en aparté (hors total) dans les données et le rapport Secten.

Répartition des émissions de CO₂ entre la combustion et la décarbonatation

Pour certaines activités, les émissions de CO₂ 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 CO₂, 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 CO₂ 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 CO₂ du secteur concerné, comme par exemple le ciment et la chaux.

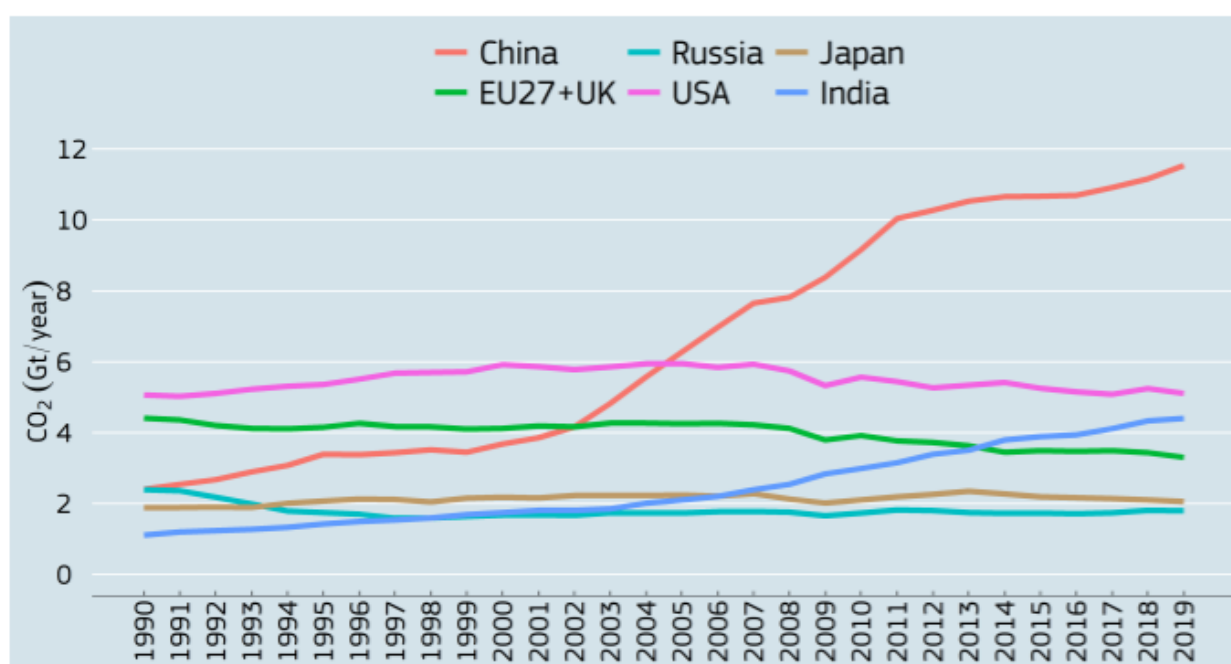
Le graphique suivant présente la répartition des émissions de CO₂ entre la combustion et la décarbonatation pour les principaux secteurs, pour l'année 2020.

Répartition des émissions de CO₂ entre combustion et décarbonatation en 2020



Et ailleurs ?

D'après l'édition 2020 du rapport du JRC sur les émissions mondiales de CO₂ (Crippa, et al. 2020), qui s'appuie sur la base de données d'émissions EDGAR et les données de l'AIE, les émissions mondiales totales de CO₂ dues aux combustibles fossiles sont élevées en 2019 à 38,0 Gt CO₂ (+ 0,9% depuis 2018). Ces émissions de CO₂ fossile, après avoir connu un plateau en 2015-2016, sont reparties à la hausse après 2017.



Source : JRC, 2020.

Selon le rapport spécial 1.5°C du Giec, il faut réduire les émissions de CO₂ 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

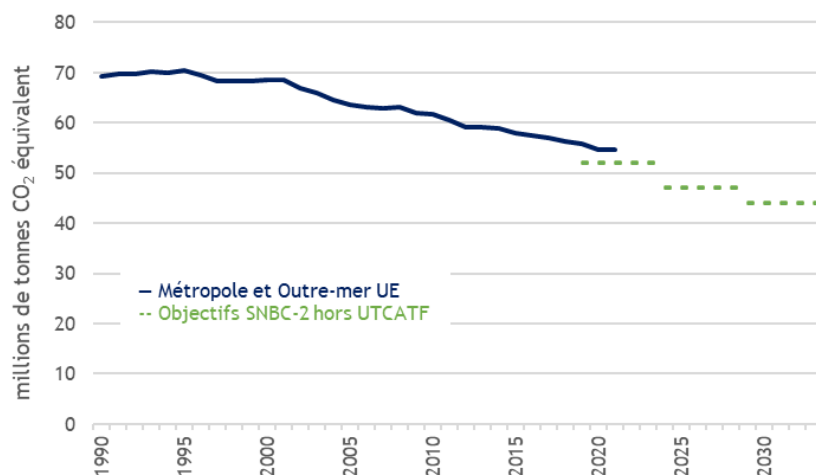
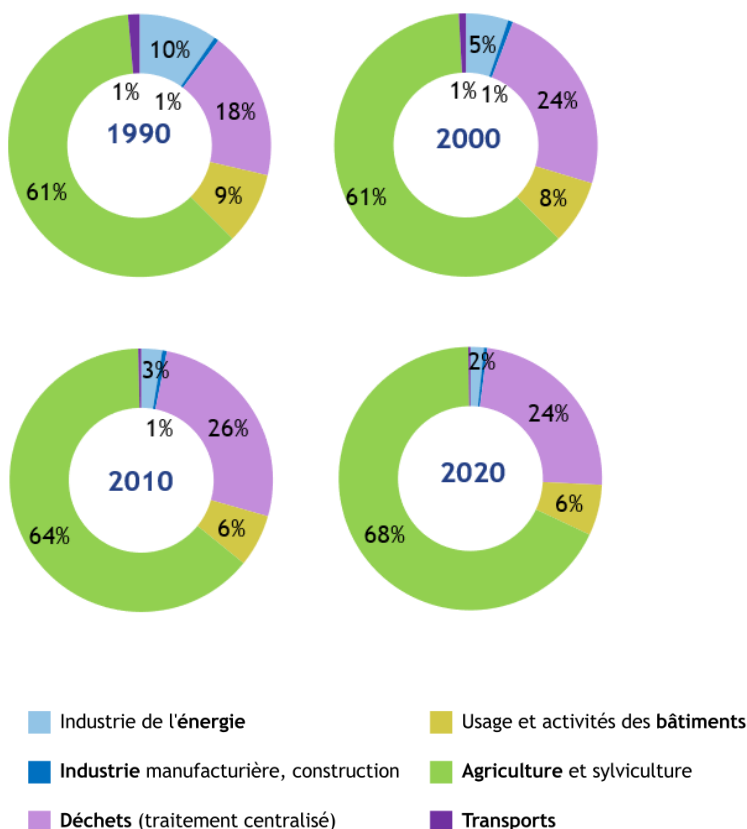
Voir les sections Climat du Chapitre *Politique et réglementation* de ce rapport

[Pages du MTES consacrées à l'action climat de la France](#)

[Site du Giec \(en français\)](#)

[Site de l'AIE](#) pour les émissions de CO₂ fossiles mondiales

Émissions de méthane en bref

Évolution des émissions de CH₄ hors UTCATF en FranceRépartition des émissions de CH₄ hors UTCATF en FranceCH₄

Méthane

Type

Gaz à effet de serre

Définition

Le méthane (CH₄) 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 CO₂ (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 (CO₂). Contribution aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre.

Effets



Effet de serre.

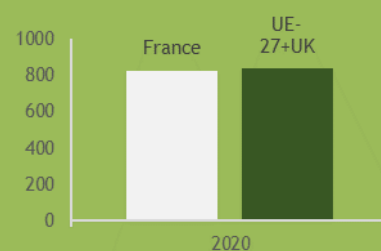


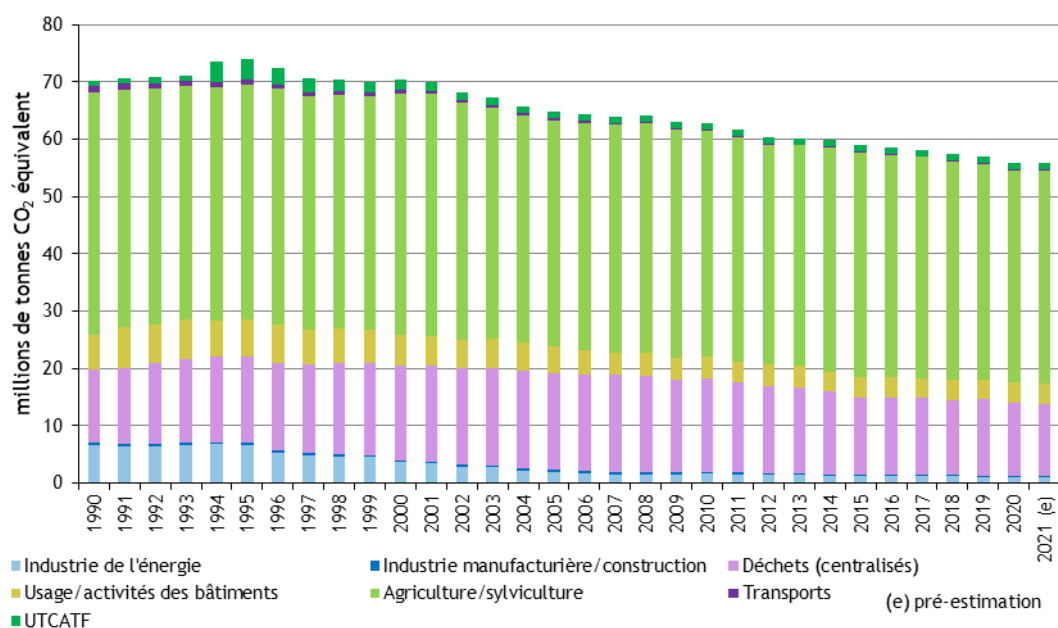
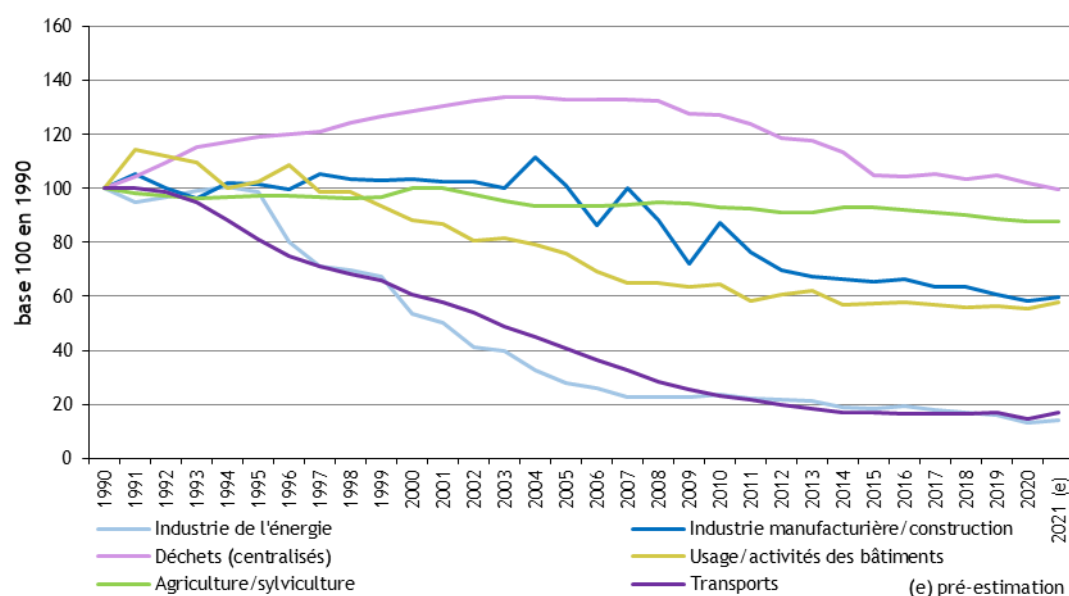
Précurseur d'ozone



Santé (à très haute concentration, peut provoquer des asphyxies)

Emissions UTCATF inclus par habitant : (kgCO_{2e}/hab/an) en 2020



Evolution des émissions dans l'air de CH₄ depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)Evolution des émissions dans l'air de CH₄ 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							% du total national (hors UTCATF) en 2020	% du total national (hors UTCATF) en 2021	1990-2020		2019-2020		2020-2021 (provisoire)	
	1990	2000	2010	2019	2020	2021 (e)								
Industrie de l'énergie	70,4	66,8	64,5	44,4	39,4	42,3	14%	13%	-31,1	-44%	-5,1	-11%	2,9	+7%
Industrie manufacturière et construction	107,1	107,3	88,2	74,9	67,9	73,2	23%	23%	-39,2	-37%	-7,0	-9%	5,4	+8%
Traitement centralisé des déchets	1,9	1,4	1,3	1,4	1,3	1,4	0%	0%	-0,6	-30%	-0,1	-7%	0,1	+7%
Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires	85,6	86,5	87,8	64,0	60,4	64,7	21%	21%	-25,2	-29%	-3,6	-6%	4,3	+7%
Agriculture / sylviculture	11,6	12,7	12,1	10,9	11,2	11,5	4%	4%	-0,4	-4%	0,3	3%	0,3	+2%
Transports	121,7	140,2	133,0	131,0	109,2	122,3	38%	39%	-12,5	-10%	-21,8	-17%	13,1	+12%
Transport hors total	16,8	23,6	24,0	24,6	11,2	11,8								
TOTAL national hors UTCATF	398,4	414,8	386,9	326,7	289,4	315,4	100%	100%	-109,0	-27%	-37,3	-11%	26,0	9%
UTCATF	-28,1	-24,6	-42,7	-16,3	-18,0	-17,8								
Emissions naturelles hors total	0,0	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1								
TOTAL national avec UTCATF	370,3	390,2	344,2	310,4	271,4	297,6								
Hors total	16,8	23,9	24,2	24,7	11,2	11,9								

Téléchargez les données complètes, pour toutes les années, sur citepa.org/fr/secten

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux

Le méthane est un puissant **gaz à effet de serre**, un forcéur 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 2021 du Bulletin annuel sur les GES publié par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le CH₄ est le deuxième contributeur à l'augmentation du forçage radiatif total des GES, à hauteur de 16 % entre l'ère préindustrielle et 2020, après le CO₂ (66 %) et avant les CFCs (8 %) et le N₂O (7 %). En 2020, les concentrations moyennes mondiales de CH₄ dans l'atmosphère ont atteint les niveaux les plus élevés jamais enregistrés depuis l'époque préindustrielle (1750) : 1 889 parties par milliard (ppb), soit + 160 % depuis 1750 (722 ppb) et + 1 % depuis 2019. Par rapport à d'autres gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, HFC, PFC, SF₆, NF₃), le CH₄ a une durée de vie dans l'atmosphère courte. Ainsi, dans son 6^e rapport d'évaluation (2021), le Giec l'estime à 11,8 ans, soit une légère réévaluation par rapport aux précédents rapports (12,4 ans pour l'AR5, 12 ans pour l'AR4). Ainsi, le CH₄ fait partie de la catégorie des forcéurs climatiques à courte durée de vie. Quant à la valeur PRG du CH₄, elle diffère sensiblement selon que le PRG soit considéré sur 20 ans ou sur 100 ans. Sur 100 ans, le 6^e rapport d'évaluation l'estime à 27,9 (contre 28 dans le 5^e rapport). Cependant, sur 20 ans, le PRG du CH₄ est beaucoup plus important : 81,2 dans le 6^e rapport (contre 84 dans le 5^e rapport). Autrement dit, le CH₄ a un effet sur le climat beaucoup plus fort à court terme (20 ans) qu'à long terme (100 ans). Pour rappel, les PRG utilisés actuellement dans l'inventaire sont ceux de l'AR4 (voir la section dédiée aux PRG dans le chapitre Comprendre nos données).

Nous pouvons évoquer un enjeu méthodologique vis-à-vis du pouvoir réchauffant du méthane. A l'heure actuelle les différents programmes français et européens déclinent leurs objectifs quantitatifs en CO₂e en convertissant les différents gaz selon le pouvoir de réchauffement global à 100 ans (PRG₁₀₀), celui-ci constituant la valeur de référence pour les reportages effectués dans le cadre de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). C'est également sur la base du PRG₁₀₀ que le Citepa fournit ses chiffres en CO₂e (en conservant un reportage par tonne de gaz émis). En fournissant une pondération unique des effets de chaque gaz à effet de serre émis, le PRG₁₀₀ ne parvient pas à décrire comment les impacts relatifs des différents gaz évoluent au fil du temps. En raison de leur courte durée de vie dans l'atmosphère, l'impact de l'émission de molécules de CH₄ diminue rapidement après quelques décennies. A l'inverse, en raison de leur longue durée de vie, les molécules de CO₂ exercent un impact relativement stable sur la température globale à long terme. Les poids relatifs des impacts du CH₄ et du CO₂ sont donc très sensibles à la métrique utilisée, notamment en termes d'horizon temporel (Figure 1).

Ainsi le choix du PRG₁₀₀ pour les polluants à courte durée de vie, tels que le méthane ou les HFC, devient plus ambiguë à mesure que l'horizon temporel des actions de transition se réduit. L'AR6 du Giec (chapitre 7 du WGI¹) précise que pour un secteur émetteur multi-gaz (à l'instar du secteur agricole), la contribution estimée des émissions au réchauffement de surface est améliorée en utilisant de nouvelles approches telles que le PRG* (ou GWP*) qui sont conçues pour mieux relier les taux d'émission de gaz à courte durée de vie aux impacts en termes de réchauffement de surface, notamment lorsque ces émissions se stabilisent ou se replient (Lynch *et al.*, 2020², Figure 2 & Figure 3).

¹ https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter_07.pdf

² Lynch, J. *et al.*, 2020, Environ. Res. Lett. 15 044023. DOI : <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7e>

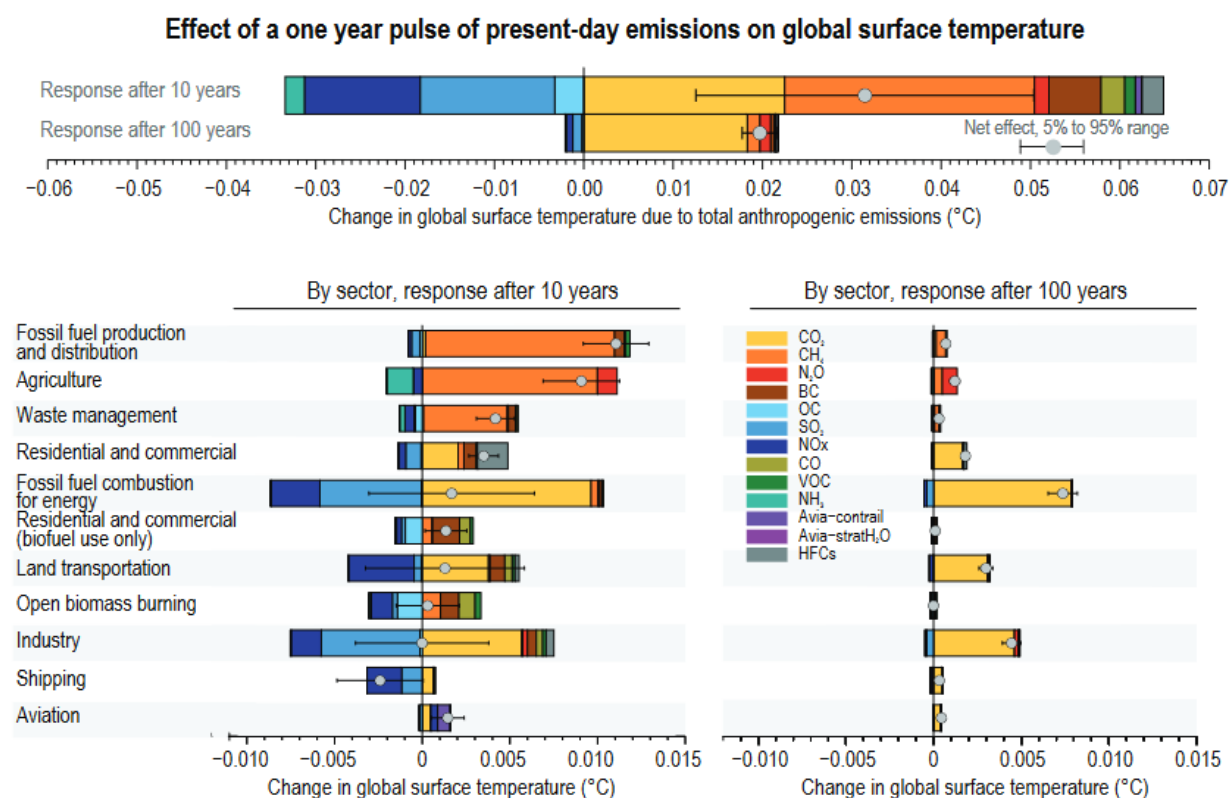


Figure TS.20 | Global surface temperature change 10 and 100 years after a one-year pulse of present-day emissions. The intent of this figure is to show the sectoral contribution to present-day climate change by specific climate forcers, including carbon dioxide (CO_2) as well as short-lived climate forcers (SLCFs). The temperature response is broken down by individual species and shown for total anthropogenic emissions (**top**), and sectoral emissions on 10-year (**left**) and 100-year time scales (**right**). Sectors are sorted by (high-to-low) net temperature effect on the 10-year time scale. Error bars in the top panel show the 5–95% range in net temperature effect due to uncertainty in radiative forcing only (calculated using a Monte Carlo approach and best estimate uncertainties from the literature). Emissions for 2014 are from the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) emissions dataset, except for hydrofluorocarbons (HFCs) and aviation H_2O , which rely on other datasets (see Section 6.6.2 for more details). CO_2 emissions are excluded from open biomass burning and residential biofuel use. [6.6.2, Figure 6.16]

Figure 1. Effet d'une année actuelle d'émission sur la température de surface selon différents horizons temporels (à gauche : réponse après 10 ans ; à droite : réponse après 100 ans) et différents types de gaz - source : IPCC, 2021, Technical Summary. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.002>

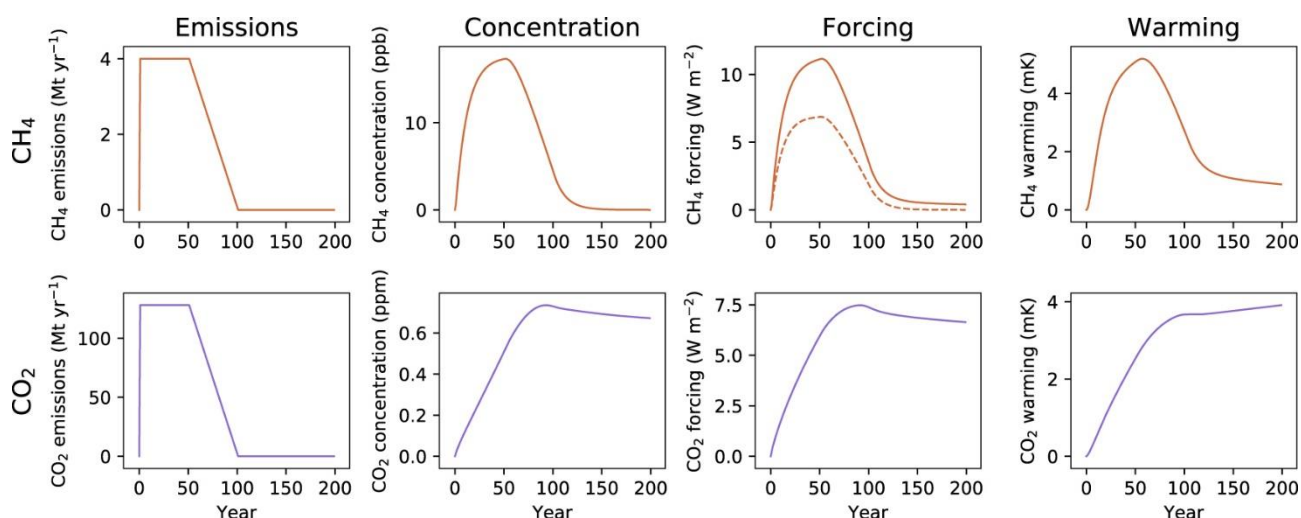


Figure 2. Comparaison de deux scénarios hypothétiques de réduction des émissions de méthane (rangée du haut en orange) et de dioxyde de carbone (rangée du bas en violet) et de la dynamique des effets en termes de concentration dans l'atmosphère, de forçage radiatif et de réchauffement. Pour le forçage du méthane, la ligne pointillée montre le forçage du méthane seul, mais l'impact total du forçage (ligne pleine) est supérieur en raison de l'ozone et de la vapeur d'eau stratosphérique produits lors de la décomposition du méthane. Source : Lynch et al. (2020) Environ. Res. Lett. 15 044023. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6d7e/meta>

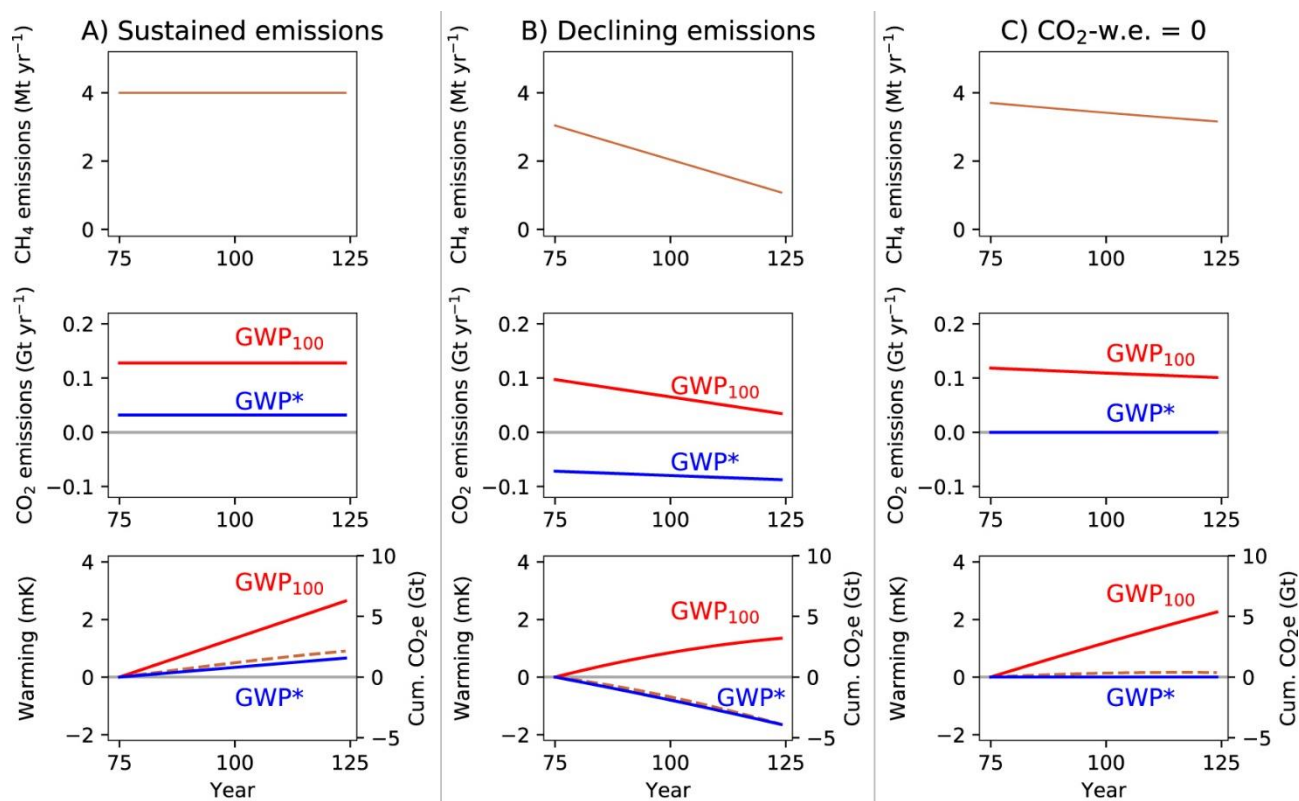


Figure 3. Comportement des métriques PRG_{100} (GWP_{100}) et PRG^* (GWP^*) selon des scénarios hypothétiques de (A) maintien des émissions ou (B) de réduction des émissions et profil des émissions à obtenir tel que le GWP^* soit nul (C). La rangée du haut correspond aux émissions de CH_4 , la rangée du milieu correspond à la conversion en CO_2e selon la métrique et la dernière rangée correspond à la comparaison entre émissions cumulées en CO_2e selon différentes métriques et le réchauffement induit par les différents scénarios d'émission (en pointillé). Source : Lynch et al. (2020) Environ. Res. Lett. 15 044023. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6d7e/meta>

Un papier de Pérez-Dominguez *et al.* (2021)³, en comparant la réponse de plusieurs modèles agricoles à des changements de politiques (taxes, réduction de la consommation de viande), montre que le choix d'une métrique particulière pour le potentiel de réchauffement du méthane a une influence sur le choix des stratégies d'atténuation optimales.

Le CH₄ 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 CH₄ 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 CH₄ 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 CH₄ de 35 % d'ici 2050 (par rapport à 2010). En plus de ces réductions, il faudrait également tenir compte des éventuelles émissions du futur dégel du permafrost (CO₂ et CH₄), ainsi que des émissions de CH₄ des zones humides. Ces émissions additionnelles réduiraient les budgets carbone de 100 Gt CO₂e au cours du 21^e siècle et d'une quantité supérieure au-delà du 21^e siècle.

Le 15 juillet 2020, le Global Carbon Project (GCP) a publié son bilan mondial des émissions de méthane (CH₄), qui se base sur des travaux pilotés par le LSCE (Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement). Cette étude est venue confirmer des travaux précédents, publiés par le *National Institute of Water and Atmospheric Research* (NIWA, Nouvelle-Zélande) en juin 2019, qui montraient une forte hausse des émissions mondiales de CH₄ entre 2014 et 2018. Le GCP note que, si les modèles prédisent des émissions naturelles de méthane plus importantes au cours du 21^e siècle, en raison de la fonte du pergélisol boréal et de la création de lacs thermo karstiques, les mesures de concentrations atmosphériques ne décèlent pas encore de signal allant dans ce sens.

Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et la Coalition pour le Climat et l'Air Propre (CCAC) ont conjointement publié, le 6 mai 2021 une évaluation mondiale sur le méthane (Global Methane Assessment). Pour la première fois, cette évaluation intègre les coûts et les bénéfices pour le climat et la pollution de l'air d'une réduction des émissions de CH₄. Le nouveau rapport estime que les émissions anthropiques de CH₄ pourraient être réduites de 45 % au cours de la décennie 2021-2030. Une telle réduction permettrait de réduire le réchauffement climatique de 0,28°C sur la période 2040-2070 et serait compatible avec l'objectif de +1,5°C de l'Accord de Paris. Elle permettrait également d'éviter par an 255 000 morts prématurés, 775 000 hospitalisations liées aux problèmes d'asthme, 73 milliards d'heures de travail perdues en raison de canicules, ainsi que 26 millions de tonnes de pertes de récoltes. Les résultats de l'évaluation sont également disponibles via un outil interactif d'aide à la décision qui permet aux utilisateurs de saisir différents objectifs de réduction des émissions de CH₄ pour calculer les avantages multiples au niveau national.

Enfin, en amont de la COP-26, le 18 septembre 2021, l'UE et les Etats-Unis ont conjointement annoncé une nouvelle initiative, le Global Methane Pledge (Engagement mondial sur le méthane). Dans le cadre de cette initiative, les futurs signataires s'engageront sur un objectif collectif de réduction des émissions mondiales de CH₄ d'au moins 30% d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 2020. Ils s'engageront également à s'efforcer d'appliquer les meilleures méthodologies de comptabilisation disponibles dans le cadre de leurs inventaires nationaux pour quantifier les émissions de CH₄, en mettant l'accent sur les grandes sources d'émission.

Au niveau européen

Après plusieurs années de discussions sur le sujet, notamment dans le cadre de la révision de la directive NEC (voir plus haut), dans le rapport Perspectives pour un air propre publié en juin 2018 par la Commission, ou encore au sein du pacte vert pour l'Europe (*European Green Deal*), la Commission européenne a présenté le 14 octobre 2020, une stratégie de l'UE pour réduire les émissions de CH₄. Cette stratégie cible les trois grands secteurs émetteurs de CH₄ anthropique (représentant 95 % des émissions mondiales) : énergie (charbon, pétrole et gaz) ; agriculture ; et déchets. Elle présente des mesures législatives et non législatives visant à réduire les émissions dans l'UE mais aussi en dehors, en agissant sur les émissions en amont des chaînes d'approvisionnement des entreprises européennes. La stratégie prévoit également des mesures pour renforcer les normes de suivi, vérification et déclaration (système dit « MRV », appliqué pour les inventaires nationaux d'émissions, dont celui de la France réalisé par le Citepa), afin de réduire les écarts de précision entre Etats membres. Elle inclut aussi le soutien à la création d'un nouvel observatoire international des émissions de CH₄, en partenariat avec le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, la Coalition pour le climat et l'air pur et l'Agence internationale de l'énergie. La stratégie souligne aussi le rôle du programme satellitaire Copernicus pour repérer les fuites de CH₄.

À la suite de la publication de cette stratégie, plusieurs avancées sont à souligner pour le secteur de l'énergie. Le 7 octobre 2021, l'Agence Internationale de l'Energie a publié un rapport intitulé « *Pathways to a 75% Cut in Methane Emissions from Fossil Fuel Operations by 2030* » (Options pour une réduction de 75% des émissions de méthane liées à la production de combustibles fossiles) présentant des mesures que des Etats et entreprises peuvent mettre en œuvre

³ <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00385-8>

afin de réduire fortement les émissions de CH₄ liées à la production de combustibles fossiles. Par ailleurs, le 15 décembre 2021, la Commission Européenne a présenté une proposition de règlement visant à réduire les émissions de CH₄ issues de la production ou de la consommation d'énergies fossiles dans l'UE. Les principaux objectifs de la proposition sont d'améliorer l'exactitude des informations sur les principales sources d'émissions de CH₄ associées à l'énergie produite et consommée dans l'UE ; d'assurer la poursuite de la réduction effective des émissions de CH₄ dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement énergétique de l'UE ; et d'améliorer la disponibilité des informations pour inciter à la réduction des émissions de CH₄ liées aux énergies fossiles importées dans l'UE.

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 CH₄ (périmètre Kyoto (Métropole + Outre-Mer inclus dans l'UE) hors UTCATF), celui-ci était de 42 Mt CO₂e/an. Or, la moyenne des émissions de CH₄ 2015-2018 s'établit finalement autour de 57 Mt CO₂e/an.

La nouvelle ambition affichée pour la période 2019-2023 sur le CH₄ est de 52 Mt CO₂e/an (total hors UTCATF), soit un niveau inférieur de 5 % par rapport à l'année 2020. L'objectif fixé n'est donc pas respecté pour l'instant, bien que la tendance soit à la baisse (- 5,6 % entre 2015 et 2020). Ainsi, la tendance à la baisse actuellement observée doit se poursuivre et 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 CH₄ pour la période 2029-2033 est de 44 Mt CO₂e/an (total hors UTCATF), soit une baisse d'environ 19 % par rapport à 2020.

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

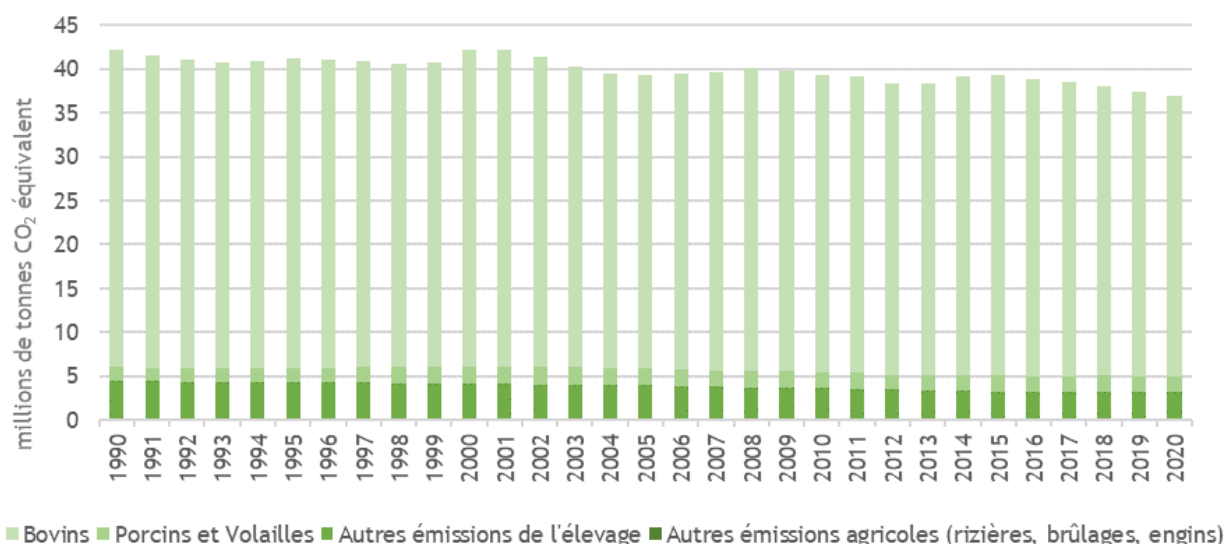
Les émissions de méthane (CH₄) ont baissé de manière significative sur la période 1990-2020 (-14,5 Mt CO₂e au niveau du total national hors UTCATF, soit environ - 21 %).

Cette baisse est due en particulier aux évolutions du secteur de la transformation d'énergie (-5,7 Mt CO₂e) 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 sur la période 1990-2020, dans des proportions plus modestes (- 5,2 Mt CO₂e). En 2020, la fermentation entérique représente 89 % des émissions de CH₄ du secteur agricole. Il est possible de réduire ces émissions en modifiant l'alimentation des animaux (ajout de lipides dans les rations), mais les techniques disponibles demeurent limitées dans la mesure où les émissions de CH₄ 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 CH₄ 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 métropolitaine, sur la période 1990-2020, le cheptel laitier a fortement décru (-1,9 millions de vaches laitières soit -36 %) compensé par une hausse des rendements laitiers ce qui a conduit à une réduction effective des émissions de CH₄ de la fermentation entérique des vaches laitières d'environ 2,4 Mt CO₂e soit -18 %. 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, 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 (-1,9 Mt CO₂e soit -9 %).

Répartition des émissions de CH₄ du secteur de l'agriculture/sylviculture en France (Métropole et Outre-mer UE)



En plus du cheptel bovin, le cheptel ovin a également (malgré lui) contribué à la baisse des émissions de CH₄ liées à la fermentation entérique (-1,3 Mt CO₂e soit -39 %) du fait d'un très net recul des cheptels (-4,4 millions d'ovins soit -39 %). 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 CH₄ 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 CH₄ sont liées aux conditions anaérobies (sans oxygène) auxquelles sont exposées les déjections animales. Les situations sont multiples : ainsi les émissions de CH₄ 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 CH₄. D'une manière générale, plus les exploitations seront grandes plus elles évolueront vers des systèmes lisiers potentiellement émetteurs de CH₄.

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 CH₄, 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 Énergie 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 CH₄ 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 CH₄ de l'agriculture dans les politiques actuelles.

Le CH₄ est aussi une problématique importante pour le secteur déchet du fait des émissions des décharges. Les émissions de CH₄ de ce secteur présentent un profil en cloche sur la période 1990-2020. Elles ont fortement augmenté entre 1990 et 2003 (+4 Mt CO₂e soit +34 %) pour baisser ensuite et retrouver globalement depuis 2015 le niveau qu'elles avaient en 1990. On constate depuis une stabilité des émissions. Cette évolution recouvre évidemment plusieurs dynamiques : la mise en décharge a à peu près suivi cette même courbe en cloche mais les émissions de CH₄ 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 CH₄ se soient fortement développés sur la période, permettant de limiter les émissions de CH₄ 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 CH₄ de ce secteur (-2,7 Mt CO₂e soit - 45 %) 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 2020 qu'une part assez modeste (6 %) des émissions globales de CH₄ de la France.

Évolution récente

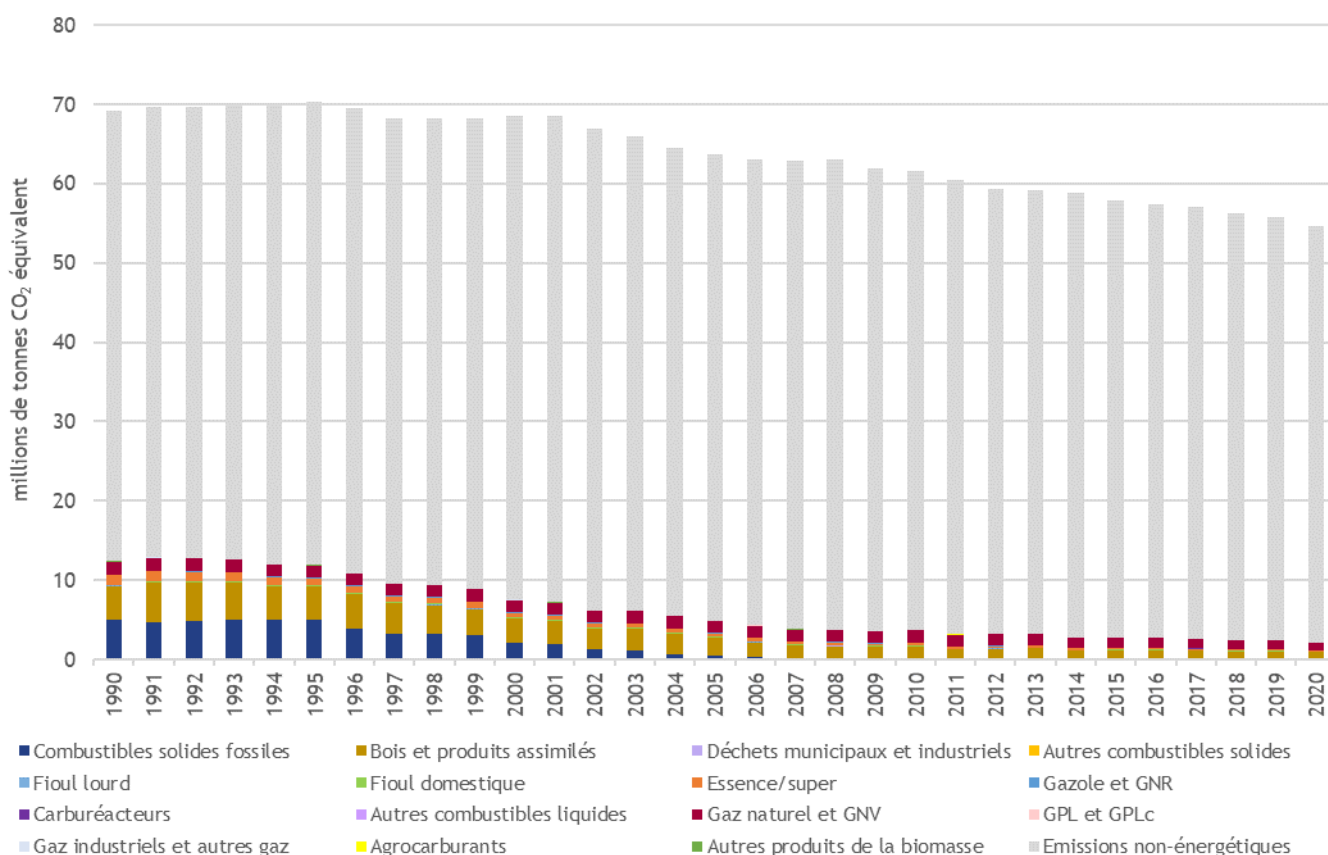
A partir du début des années 2000, la baisse des émissions de CH₄ de la France est principalement due à la baisse des émissions agricoles, le recul des émissions des décharges étant moins marqué à partir de 2016 et les autres secteurs demeurant de faibles contributeurs aux émissions totales nationales.

Sur 2019-2020, les émissions de méthane du secteur agricole se sont repliées de 1,2 %, à un rythme similaire à celui de l'année précédente (- 1,7 %). La pandémie de Covid-19 a relativement moins affecté l'agriculture que d'autres secteurs à court terme en lien avec la structure de l'offre (gestion pluriannuelle des troupeaux bovins, caractère essentiel des productions alimentaires, possibilités de stockage / séchage pour conservation, etc.) et des reports de débouchés (de la restauration vers la grande distribution). L'impact du confinement sur le marché intérieur de la viande bovine aurait même été profitable à l'offre nationale, avec une envolée de la demande de produits d'origine France. Cependant, certains des principaux marchés à l'export de viande ont été très affectés par la pandémie. L'ensemble de ces conditions économiques n'a toutefois pas empêché la poursuite de l'érosion des cheptels laitier et allaitant.

Part des émissions liée aux combustibles

En France, les émissions de CH₄ ne sont que très peu liées aux combustibles. Cette part est dominée par l'usage du bois et de gaz naturel.

Répartition des émissions de CH₄ hors UTCATF par combustible en France (Métropole et Outre-mer UE)



Et ailleurs ?

En 2020, les émissions communautaires de CH₄ (434 Mt CO₂e) représentaient 12 % des émissions totales de GES dans l'UE hors UTCATF (3 495 Mt CO₂e), en baisse de 40 % depuis 1990 (où leur niveau était de 728 Mt CO₂e). Les deux principales sources d'émission en 2020 sont l'agriculture (43 % des émissions sont issues de la fermentation entérique des bovins) ; et les déchets (21 % des émissions sont liées au traitement anaérobie) (source : *Rapport d'inventaire de l'UE à la CCNUCC (NIR)*, éd. 2022).

D'après l'interface de visualisation des données d'émissions de GES de la CCNUCC, la France en 2020 est au 1^{er} rang des pays émetteurs de méthane au sein de l'UE 27, en y ajoutant également le Royaume Uni et l'Islande.

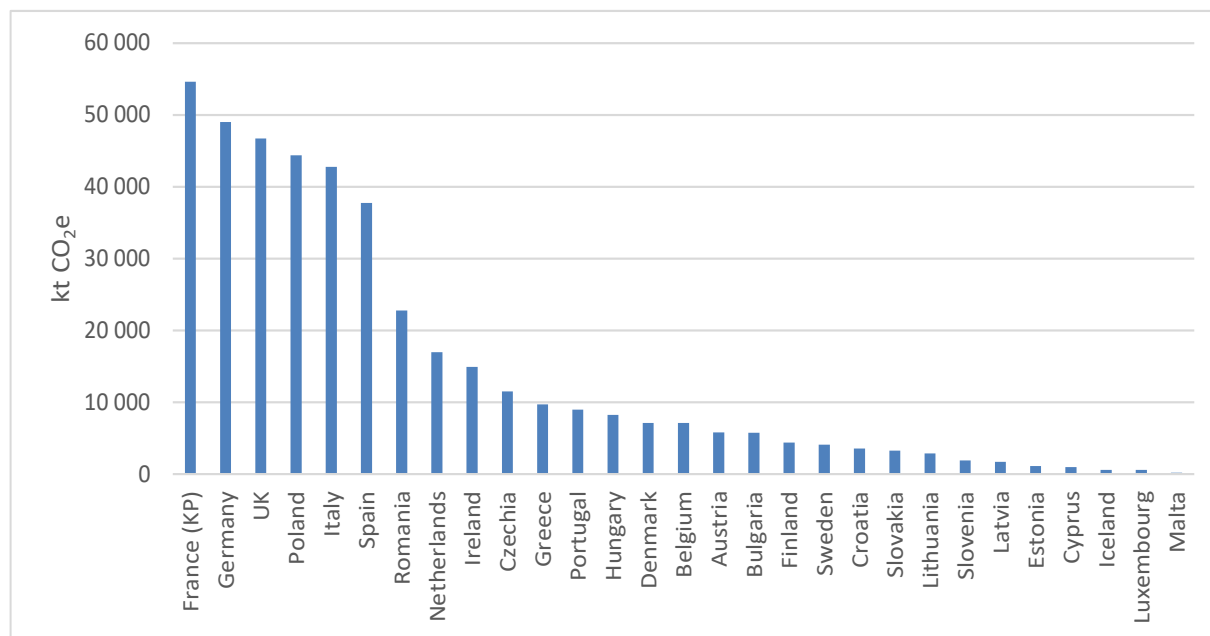


Figure 4. Emissions de méthane en Europe en 2020 (hors UTCATF; en kt CO₂e)

Le classement des émissions de méthane par pays (Figure 4) s'explique en grande partie par l'importance du cheptel d'herbivores au niveau européen. En 2020, la France détient le plus grand cheptel bovin de l'UE-27 avec 18 millions de têtes, suivie de l'Allemagne (12 millions de têtes). Viennent ensuite l'Espagne (6,6 millions de têtes), l'Irlande (6,6 millions de têtes) l'Italie (6,4 millions de têtes) et la Pologne (6,2 millions de têtes). L'élevage ovin est également très important au Royaume-Uni, en Espagne et en Roumanie. Enfin, certains pays ayant fortement développé leur production de monogastriques comme la Pologne ou n'ayant pas réduit leurs émissions au stockage des déchets peuvent également présenter des émissions de méthane importantes pour ces postes expliquant leur contribution élevée aux émissions de méthane européen.

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 CH₄ (*Methane tracker*). [Lien](#).

HMIEL B. et al (2020). Article publié le 19 février 2020 dans la revue scientifique *Nature* : "Preindustrial CH₄ indicates greater anthropogenic fossil CH₄ emissions". [Lien](#).

Centre commun de recherche (Joint Research Centre, JRC) (2020). *Arctic permafrost thawing - impacts on high-latitude emissions of carbon dioxide and methane*.

Centre commun de recherche (Joint Research Centre, JRC) (2018). *Global trends of methane emissions and their impacts on ozone concentrations*. [Lien](#).

Programme des Nations Unies pour l'Environnement (United Nations Environment Programme and Climat), Coalition pour le Climat et l'Air Propre (Clean Air Coalition), 2021. Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions - Interactive tool. [Lien](#).

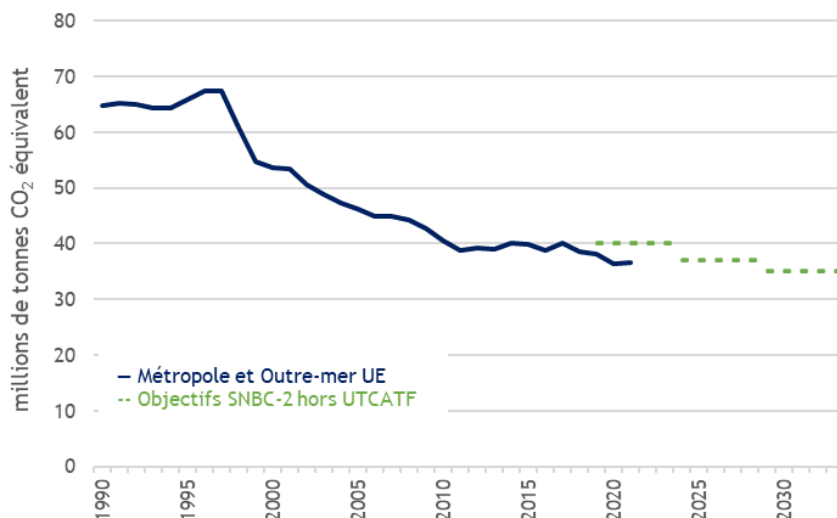
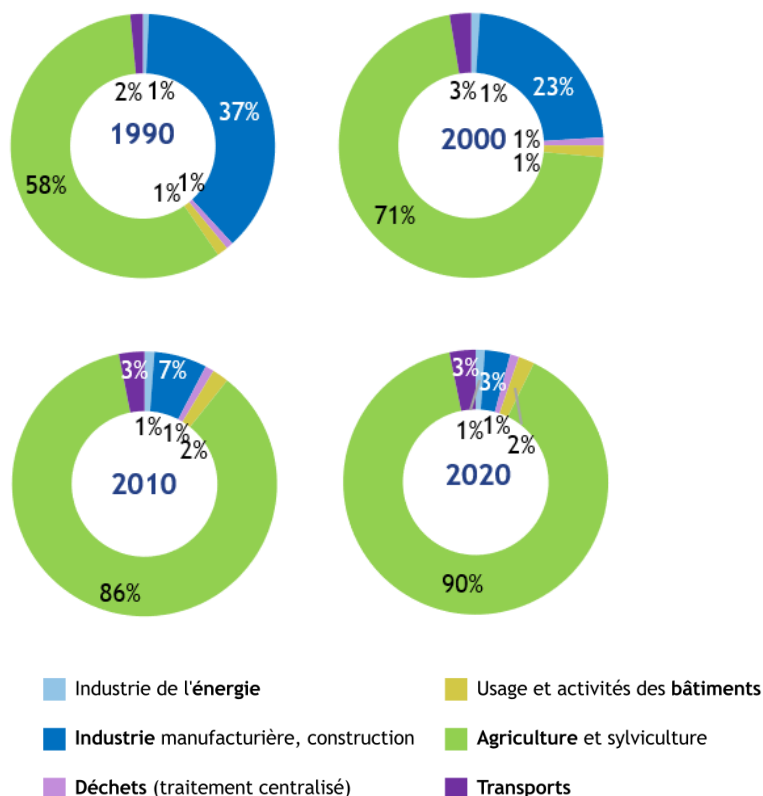
Idele, Dossier économie n° 516 - Janvier 2021 ; Filière viande. [Lien](#).

Idele, Dossier économie n° 517 - Février 2021 ; Filière lait. [Lien](#).

Commission Européenne, 2020. Stratégie sur le méthane. [Lien](#). CCNUCC. Interface de visualisation des émissions de GES. [Lien. https://di.unfccc.int/time_series](https://di.unfccc.int/time_series).

WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No.17: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020. [Lien](#).

Emissions de protoxyde d'azote en bref

Evolution des émissions de N₂O hors UTCATF en FranceRépartition des émissions de N₂O hors UTCATF en FranceN₂O

Protoxyde d'azote

Type

Gaz à effet de serre

Définition

Le protoxyde d'azote (N₂O), 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 (NO_x).

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/dénitrification ; 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 N₂O 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.

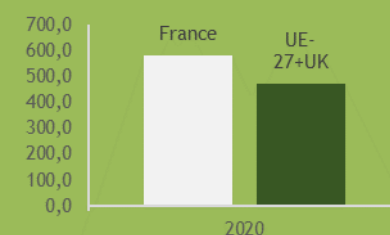
Effets

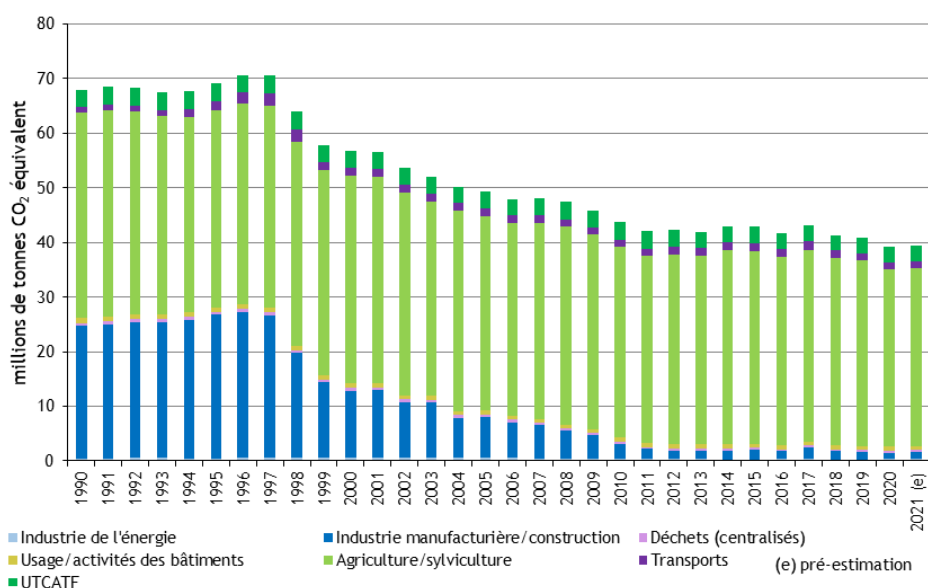
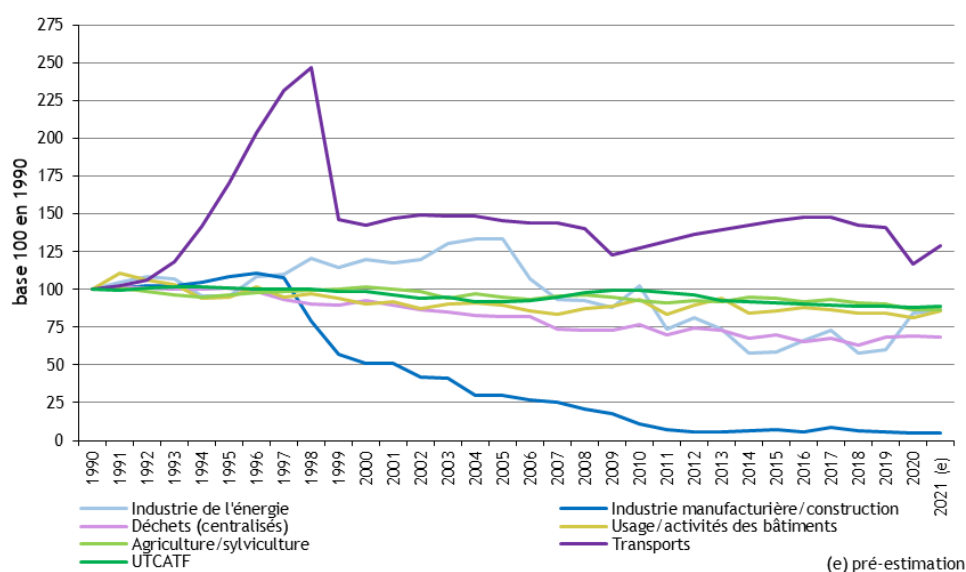


Effet de serre



Appauvrissement couche d'ozone

Emissions avec UTCATF par habitant
kg CO₂e/hab/an

Evolution des émissions dans l'air de N₂O depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)Evolution des émissions dans l'air de N₂O en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)

Emissions de N ₂ O (ktCO ₂ e/an)							% du total national (hors UTCATF) en 2020	% du total national (hors UTCATF) en 2021	1990-2020		2019-2020		2020-2021 (provisoire)	
Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE		1990	2000	2010	2019	2020	2021 (e)							
Industrie de l'énergie		477,4	572,1	487,5	285,6	401,0	414,7	1%	1%	-76	-16%	+115	+40%	+14
Industrie manufacturière et construction		24 226	12 318	2 606	1 330	1 131	1 214	3%	3%	-23094	-95%	-198	-15%	+83
Traitement centralisé des déchets		565,6	522,0	435,3	386,7	389,1	388,8	1%	1%	-177	-31%	+2	+1%	-0
Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires		871,3	786,2	810,7	736,1	709,1	744,4	2%	2%	-162	-19%	-27	-4%	+35
Agriculture / sylviculture		37 598	38 078	34 880	33 946	32 511	32 529	90%	89%	-5087	-14%	-1435	-4%	+17
Transports		987	1 404	1 259	1 387	1 156	1 274	3%	3%	+169	+17%	-232	-17%	+118
Transport hors total		132,1	186,8	191,0	196,8	89,1	94,6							
TOTAL national hors UTCATF		64 725	53 681	40 478	38 071	36 297	36 564	100%	100%	-28 428	-44%	-1 774	-5%	267
UTCATF		3 226	3 193	3 216	2 867	2 850	2 857							
Emissions naturelles hors total		32	33	36	37	37	37							
TOTAL national avec UTCATF		67 951	56 873	43 694	40 939	39 147	39 421							
Hors total		164,3	219,8	227,0	233,5	125,9	131,3							

Téléchargez les données complètes, pour toutes les années, sur citepa.org/fr/secten

Analyse

Enjeux

Effets environnementaux et mécanismes de formation

Le protoxyde d'azote (N₂O) est un puissant gaz à effet de serre qui subsiste longtemps dans l'atmosphère (109 ans selon le 6^{ème} rapport du Giec). Son PRG sur 100 ans a été révisé à la baisse dans le 5^e rapport du Giec (à 265) par rapport au 4^e rapport actuellement utilisé (298). Dans l'AR6, le PRG proposé a été revu à la hausse (273). Selon l'édition 2020 du Bulletin annuel sur les GES publié par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le N₂O est le quatrième contributeur au forçage radiatif total des GES, à hauteur de 7 % en 2020, après le CO₂ (66 %), le CH₄ (16 %) et les CFC (8 %).

Dans un rapport du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) publié en 2013, intitulé « *N₂O: Its Role in Climate Change and Ozone Layer Depletion* », il est indiqué que le N₂O, 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 N₂O était déjà en quatrième position parmi les substances contribuant à l'amincissement de la couche d'ozone.

Une des sources majeures des émissions de N₂O est liée aux phénomènes microbiens **dans les sols cultivés** en lien avec l'utilisation d'engrais azotés minéraux et la gestion des déjections animales. Les deux principaux processus microbiens à l'origine de la production et de la consommation de N₂O sont la nitrification et la dénitrification :

- la nitrification est un processus d'oxydation biologique de l'ammonium (NH₄⁺) en nitrite (NO₂⁻) puis en nitrate (NO₃⁻) en condition aérobie par des micro-organismes du genre *Nitrosomas* ou *Nitrobacter*. La nitrification est principalement contrôlée par la teneur en NH₄⁺, la pression partielle en O₂, l'humidité et la température du sol et son rendement en N₂O est faible ;
- la dénitrification est un processus naturel au cours duquel des bactéries réduisent les nitrates en N₂. Il s'agit de l'unique processus biologique de retour à l'atmosphère de l'azote réactif sous forme inerte. La réaction a lieu en condition anaérobie par des micro-organismes dénitrifiants hétérotrophes, comme les bactéries *Pseudomonas* et *Bacillus*. Au cours de la réaction de dénitrification, les formes solubles de l'azote (nitrate NO₃⁻, nitrite NO₂⁻) sont réduites en composés gazeux (oxyde nitrique NO, protoxyde d'azote N₂O et azote gazeux N₂). Son rendement en N₂O est élevé car ce gaz est un produit intermédiaire de la transformation. Si le processus de dénitrification est incomplet, du N₂O peut être libéré dans l'atmosphère.

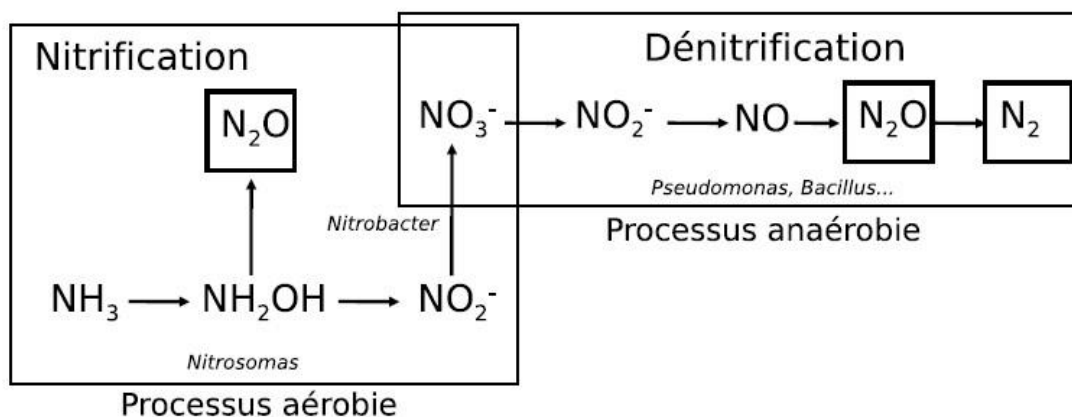


Figure 5. Processus de nitrification-dénitrification. Source : Lehuger, 2009

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 N₂O.

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 N₂O agricoles de 6 % entre 2010 et 2050. Le Giec indique par ailleurs que la forte demande en bioénergie peut augmenter les émissions de N₂O 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 N₂O 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 (N₂), et d'autres, comme le N₂O, 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 événement, 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.

Du 30 mai au 3 juin 2021 s'est tenue la 8^{ème} édition de la Conférence Mondiale sur l'Azote (Global Nitrogen Conference, dite INI), qui a rassemblé plus de 1 000 participants de 60 pays et a débouché sur une déclaration conjointe, dite déclaration de Berlin, appelant entre autres à :

- une gestion durable des composés azotés réactifs dans tous les secteurs afin d'atteindre les objectifs de développement durable de l'ONU d'ici 2030 ;
- la mise en œuvre de mesures ambitieuses, telle que la proposition faite en 2019, via la Déclaration de Colombo, de réduire de moitié les pertes d'azote (y compris sous forme de N₂) d'ici 2030 ; ou tel que le Plan d'Action Zéro Pollution de la Commission européenne ;
- un rôle accru des experts scientifiques dans la mise en place de ces politiques, notamment via les recommandations de la première Evaluation Internationale sur l'Azote (International Nitrogen Assessment) attendue en 2022 ;
- porter une attention plus grande au N₂O dans le cadre des engagements climat des pays, via leur contribution nationale (NDC) au titre de l'article 4 de l'Accord de Paris ;
- établir un effort mondial de réduction des pertes d'azote au sein des négociations de la Convention des Nations Unies sur la Biodiversité ;
- inclure des options de gestion intégrée de l'azote dans la revue et la potentielle révision du Protocole de Göteborg.

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 N₂O a été renforcée en 2018. En effet, si l'on considère le budget initial 2015-2018 pour le N₂O (périmètre Kyoto (Métropole + Outre-Mer inclus dans l'UE, hors UTCATF), celui-ci était de 57 Mt CO₂e/an. Or, la moyenne des émissions de N₂O entre 2015 et 2018 s'est établie autour de 39 Mt CO₂e/an.

La nouvelle ambition affichée pour la période 2019-2023 sur le N₂O est de 40 Mt CO₂e/an (total hors UTCATF), or, les niveaux d'émission de 2019 (38 Mt CO₂e) et 2020 (36 Mt CO₂e) sont déjà inférieurs à ce budget. 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 N₂O (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 N₂O pour la période 2029-2033 est de 35 Mt CO₂e/an (total hors UTCATF), soit une baisse d'environ 8 % par rapport à 2019 et 4 % par rapport à 2020. L'importance de réduire les émissions de N₂O a d'ailleurs été intégrée au sein de la loi Climat et résilience avec une proposition, au sein du volet agroécologie (article 268), visant la mise en place par décret d'une trajectoire annuelle de réduction des émissions de N₂O (objectif de réduction de 15 % en 2030 par rapport à 2015).

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 N₂O est l'agriculture. Ces émissions proviennent surtout des sols agricoles en lien avec les apports azotés de fertilisants minéraux et organiques.

Néanmoins, la tendance des émissions est avant tout marquée par la chute drastique des émissions industrielles de N₂O entre 1997 et 2011. En effet, certaines industries très émettrices de N₂O 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 2020, l'industrie ne représente plus qu'une part très modeste des émissions de N₂O (1,1 MtCO₂e soit 3 %), l'essentiel des émissions provenant désormais de l'agriculture (32,5 MtCO₂e soit 90 %).

Ces émissions agricoles présentent une tendance à la baisse sur toute la période 1990-2019 (- 3,6 MtCO₂e soit - 9,7 %). Entre 2011 et 2014, elles ont légèrement augmenté avant de repartir à la baisse et d'atteindre, en 2020, 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 N₂O liées à cette fertilisation, peu de solutions techniques sont actuellement disponibles. Les émissions de N₂O 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 N₂O.

Dans le même temps, sur l'ensemble de la période, les évolutions observées en élevage (baisse du cheptel bovin notamment) impactent les émissions de N₂O. 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 N₂O étant plutôt à la baisse sur la période 1990-2020.

D'autres secteurs influent à la marge les émissions de N₂O :

- 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 N₂O. Depuis 2010, la reprise du trafic explique l'augmentation des émissions.

Évolution récente

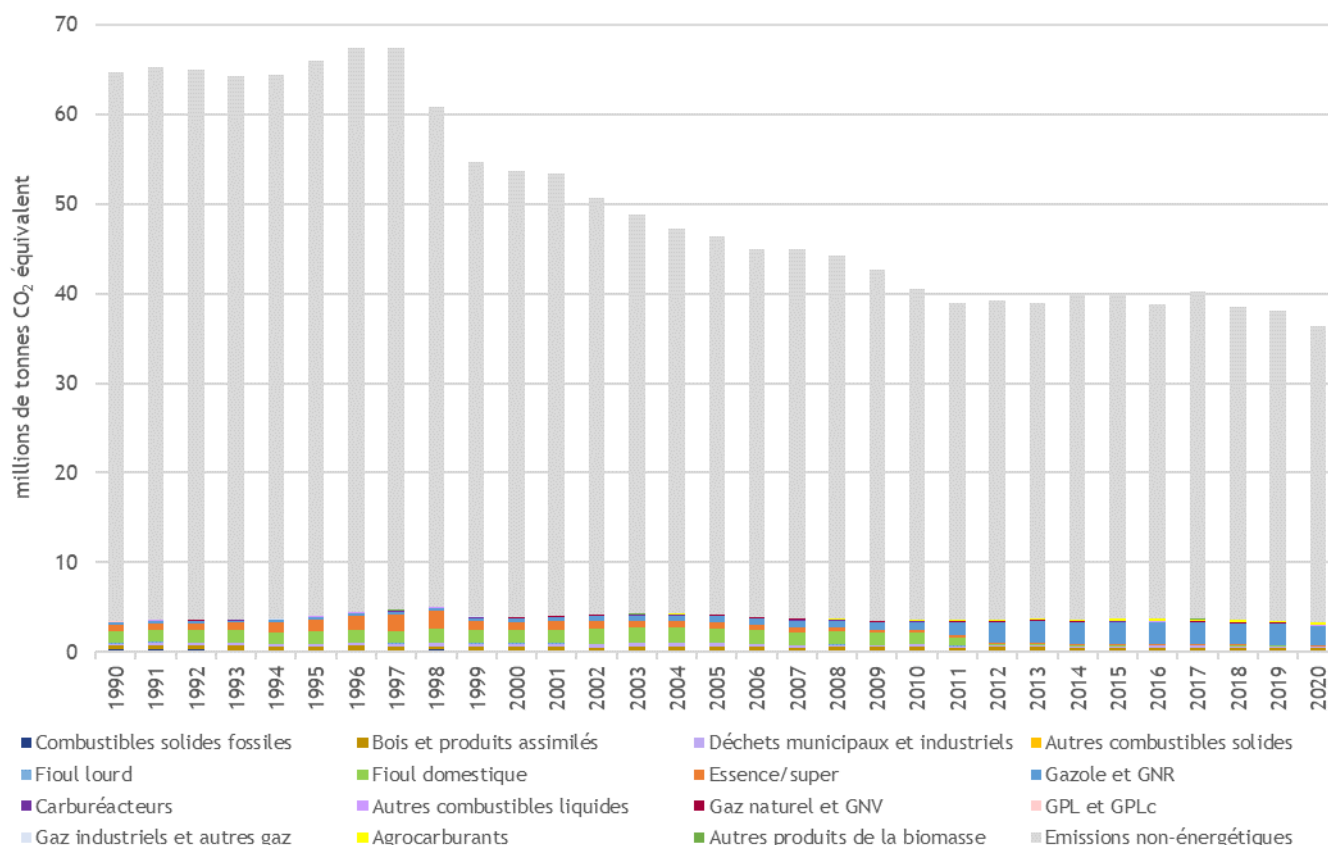
Lors des dernières années, et depuis 2010, on peut considérer que les émissions de N₂O sont stables pour tous les secteurs sans réelle perspective d'amélioration de la situation. C'est clairement le secteur agricole qui apparaît le plus concerné par cet enjeu : il importe donc de trouver des solutions 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.

La pandémie de Covid-19 a relativement moins affecté l'agriculture que d'autres secteurs à court terme en lien avec la structure de l'offre (gestion pluriannuelle des troupeaux bovins, caractère essentiel des productions alimentaires, possibilités de stockage / séchage pour conservation, etc.) et des reports de débouchés (de la restauration vers la grande distribution). Entre 2019 et 2020, les émissions de N₂O se replient de 5 % en lien avec le repli en agriculture (- 4 % soit 1,4 Mt CO₂e). Le repli observé au niveau des sols agricoles est à distinguer de l'épidémie de Covid, et provient avant tout d'un recul de la fertilisation minérale azotée, en lien avec des conditions de cultures défavorables en 2019-2020. Si les autres secteurs sont moins contributeurs aux émissions de N₂O, ils ont en revanche été bien plus affectés par les restrictions sanitaires. Ainsi les émissions de N₂O du secteur des transports se sont repliées de 17 % et celles du secteur de l'industrie manufacturière et de la construction de 15 %.

Part des émissions liée aux combustibles

En France, les émissions de N₂O 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).

Répartition des émissions de N₂O hors UTCATF par combustible en France (Métropole et Outre-mer UE)



Et ailleurs ?

Selon le 6^e rapport d'évaluation du Giec, les émissions mondiales de N₂O sont en hausse continue depuis trente ans passant de 2,0 GtCO₂e à 2,7 GtCO₂e en 2019. Le rythme moyen de hausse des émissions étant moins marqué pour le N₂O que pour le CO₂, sa part dans les émissions mondiales diminue passant de 5,2 % à 4,5 % sur 1990-2019 (Tableau 1).

Tableau 1. Emissions nettes mondiales de GES (GtCO₂e.an⁻¹) entre 1990 et 2019

	1990	2000	2010	2019
CO ₂ FFI ^a	22,7	25,8	34,2	37,9
CO ₂ LULUCF ^b	5,0	5,1	5,3	6,6
CH ₄	8,2	8,4	9,7	10,6
N ₂ O	2,0	2,2	2,4	2,7
Fgas	0,4	0,7	0,9	1,4
Total	38,3	42,2	52,5	59,1

(a) combustion de carburants fossiles et procédés industriels, (b) usage des terres, leur changement et forêt

D'après l'interface de visualisation des données d'émissions de GES de la CCNUCC, la France en 2020 est au 1^{er} rang des pays émetteurs de N₂O au sein de l'UE 27, en y ajoutant également le Royaume Uni et l'Islande.

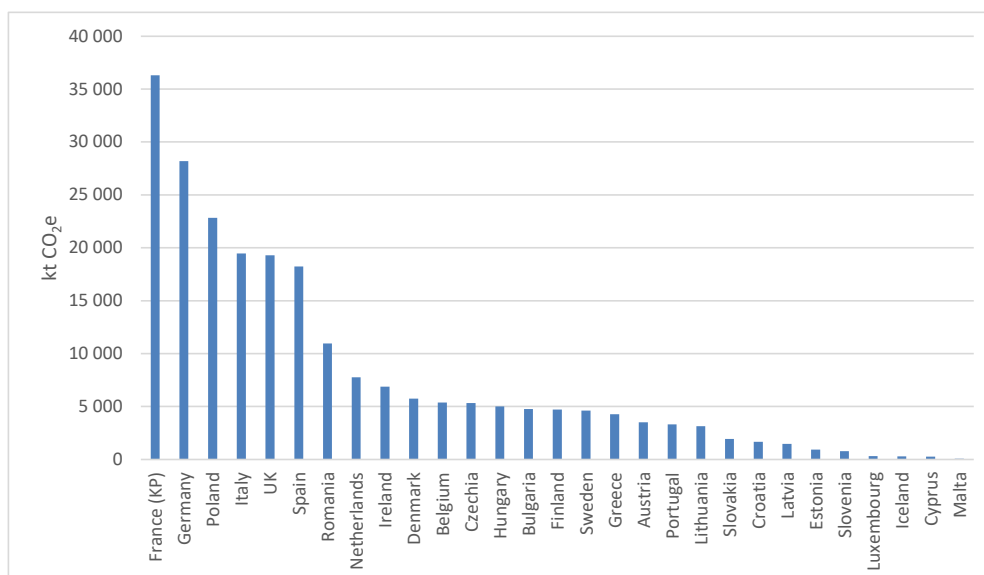


Figure 6. Emissions de N₂O hors UTCATF par pays européen en 2020 (kt CO₂e)

Les écarts observés des émissions de N₂O selon les pays proviennent essentiellement des surfaces en terres arables et du taux de fertilisation des cultures. Selon Eurostat, la France détient 18 % des terres arables de l'UE-27 suivie de l'Espagne (12 %), l'Allemagne (12 %), la Pologne (11 %), la Roumanie (9 %) et l'Italie (7 %). On retrouve bien ces principaux pays dans les principaux émetteurs de N₂O avec quelques différences s'expliquant par des pratiques différenciées selon les pays (apports azotés, assolements, prévalence de l'agriculture biologique...).

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). N₂O: 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](#).

Terre-Net. Article sur l'impact du Covid-19, 13 mai 2020. [Lien](#).

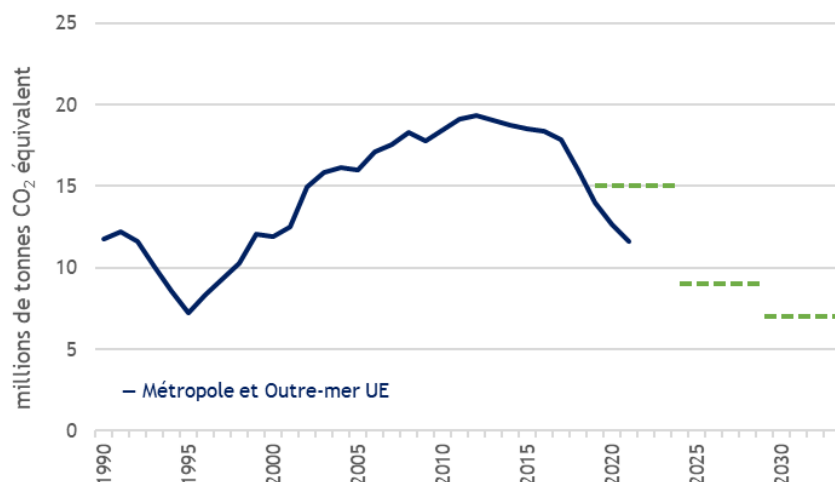
INI, 2021. Berlin Declaration on Sustainable Nitrogen Management for the Sustainable Development Goals. [Lien](#).

CCNUCC. Interface de visualisation des émissions de GES. Lien. https://di.unfccc.int/time_series.

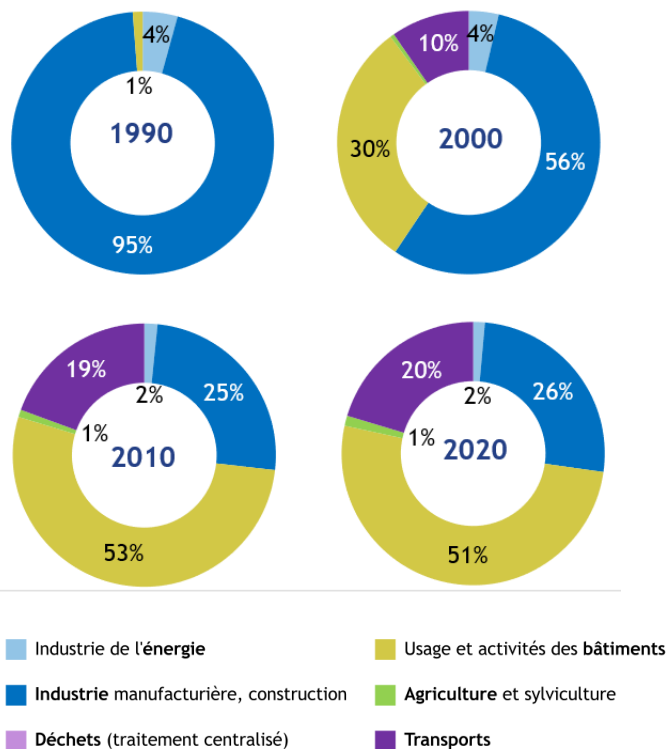
WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No.17: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020. [Lien](#).

Emissions de gaz fluorés (HFC, PFC, SF₆, NF₃) 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 SF₆ (l'hexafluorure de Soufre) et le NF₃ (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

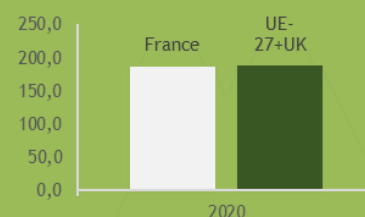
Sources anthropiques : réfrigération et climatisation ; fabrication des mousses d'isolation ; aérosols ; protection incendie, semi-conducteurs, équipements électriques, agroalimentaire, résidentiel, chimie, climatisation automobile, micro-électronique. etc.

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 kg CO₂e/hab/an



millions de tonnes CO₂ équivalent

Année	Industrie de l'énergie	Industrie manufacturière/construction	Usage/activités des bâtiments	Agriculture/sylviculture	Déchets (centralisés)	Transports
1990	11.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1991	12.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1992	11.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1993	10.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1994	8.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
1995	6.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
1996	6.5	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0
1997	6.5	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0
1998	7.0	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0
1999	8.0	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0
2000	7.0	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0
2001	6.5	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0
2002	8.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2003	7.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2004	7.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2005	6.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2006	6.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2007	5.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2008	5.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2009	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2010	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2011	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2012	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2013	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2014	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2015	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2016	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2017	4.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2018	4.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2019	3.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2020	3.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0
2021 (e)	3.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0

(e) pré-estimation

Le graphique illustre l'évolution des émissions de CO2 dans trois secteurs clés de l'économie française, exprimées en base 100 en 1990. L'axe vertical gauche mesure les émissions de l'Industrie de l'énergie (bleu clair) et de l'Industrie manufacturière/construction (bleu foncé). L'axe vertical droit mesure les émissions de l'Usage/activités des bâtiments (jaune). Les données sont présentées de 1990 à 2021, avec des pré-estimations pour les dernières années.

Les émissions de l'Industrie de l'énergie ont augmenté de manière constante, passant de 100 en 1990 à environ 35 en 2021. Les émissions de l'Industrie manufacturière/construction ont fluctué, avec une baisse significative à partir de 1992, atteignant environ 25 en 2021. Les émissions de l'Usage/activités des bâtiments ont augmenté de manière constante, passant de 0 en 1990 à environ 4000 en 2021.

Source : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1686844?geo=FRANCE>

Année	Industrie de l'énergie (base 100 en 1990)	Industrie manufacturière/construction (base 100 en 1990)	Usage/activités des bâtiments (base 100 en 1990)
1990	100	100	0
1991	100	105	0
1992	100	100	0
1993	100	85	0
1994	100	70	0
1995	100	50	0
1996	100	55	0
1997	100	58	0
1998	100	62	0
1999	100	70	0
2000	100	60	0
2001	100	58	0
2002	100	70	0
2003	100	68	0
2004	100	65	0
2005	100	55	0
2006	100	52	0
2007	100	48	0
2008	100	45	0
2009	100	42	0
2010	100	43	0
2011	100	44	0
2012	100	43	0
2013	100	42	0
2014	100	40	0
2015	100	40	0
2016	100	40	0
2017	100	40	0
2018	100	38	0
2019	100	35	0
2020	100	32	0
2021 (e)	100	28	0

Emissions de GF-total (ktCO ₂ e/an) Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE												2021 (e)	% du total national (hors UTCATF) en 2020	% du total national (hors UTCATF) en 2021	1990-2020		2019-2020		2020-2021 (provisoire)	
		1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020										
	Industrie de l'énergie	505,9	439,2	297,7	210,7	212,3	184,0	194,5	179,8	180,8	180,8	1%	2%	-325	-64%	+1	+1%	0	0%	
	Industrie manufacturière et construction	11 127	6 652	4 650	4 403	4 456	4 439	4 002	3 612	3 261	3 057	26%	26%	-7867	-71%	-351	-10%	-203	-6%	
	Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
	Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires	142,5	3 632	9 760	10 090	9 932	9 605	8 479	7 208	6 463	5 908	51%	51%	+6321	+4434%	-745	-10%	-555	-9%	
	Agriculture / sylviculture	0	59,1	166,7	186,6	183,5	180,9	174,7	169,6	157,0	137,4	1%	1%	+157	0%	-13	-7%	-20	-12%	
	Transports	0	1 150	3 579	3 645	3 600	3 405	3 119	2 834	2 572	2 329	20%	20%	+2572	0%	-262	-9%	-244	-9%	
	Transport hors total	0	123,7	119,2	100,1	98,6	98,1	53,5	6,0	0,2	0,2									
	TOTAL national hors UTCATF	11 776	11 933	18 455	18 535	18 384	17 814	15 969	14 004	12 634	11 612	100%	100%	+858	+7%	-1370	-10%	-1022	-8%	

Rapport Secten - Citepa

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 SF₆) selon les valeurs du 4^{ème} rapport du GIEC (voir chapitre *comprendre nos données*, section sur les PRG). Même s'ils ne représentent que 3% des émissions de GES en 2021, les émissions de gaz fluorés ont connu une forte croissance entre les années 1990 et le milieu des années 2010 et sont de ce fait, des substances fortement réglementées.

Objectifs de réduction

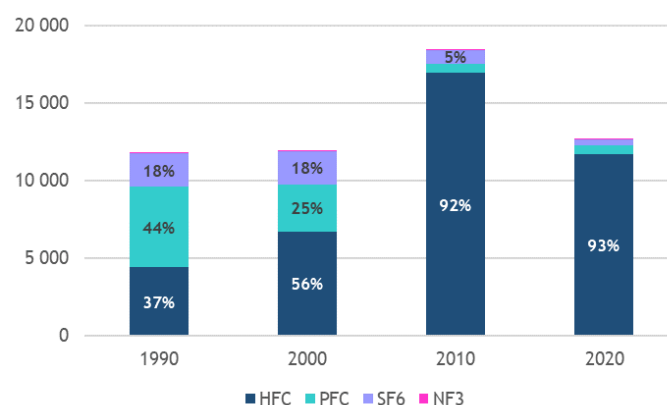
Les gaz fluorés constituent un secteur visé par la SNBC. Dans la SNBC-1, le premier budget de 20 Mt CO₂e/an en moyenne sur la période 2015-2018 avait été respecté. L'objectif SNBC2, a redéfini un budget plus ambitieux pour la période 2019-2023 avec un niveau de 25% inférieur au premier palier, soit un niveau à atteindre de 15 Mt CO₂e/an en moyenne. Selon les résultats de cet inventaire, les émissions de gaz fluorés s'élèvent en moyenne sur la période 2019-2021 à 12,7 Mt CO₂e/an, et sont bien en deçà du budget à respecter.

Le 5 avril 2022, la Commission européenne a présenté une proposition de règlement révisant le règlement dit F-Gas (règlement (UE) n° 517/2014) sur les gaz à effet de serre fluorés. L'objectif global de la proposition législative est de parvenir à des **réductions supplémentaires des émissions de gaz fluorés** afin de contribuer à la réalisation d'une réduction globale de 55% des émissions de GES de l'ensemble des secteurs d'ici à 2030 et de la neutralité carbone à l'horizon 2050. La proposition a notamment pour objet de renforcer le fonctionnement du mécanisme de réduction progressive (« phasedown ») des quantités de HFC autorisées à être mises sur le marché européen et de permettre la réduction progressive de leurs émissions. Elle introduirait également de nouvelles restrictions pour garantir que l'utilisation de gaz fluorés dans de nouveaux équipements ne serait possible que s'il n'existe aucune solution de remplacement appropriée. Un autre objectif de cette proposition est de renforcer et améliorer l'application et le respect des règles : la proposition permettrait aux autorités douanières et de surveillance de contrôler plus facilement les importations et les exportations, en s'attaquant au commerce illégal de gaz fluorés.

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 et sa révision à venir.

Répartition des émissions de gaz fluorés par famille (en kt CO₂e)



A noter

Les HFC ont remplacé progressivement les CFC et HCFC mais ces derniers étant régis par le protocole de Montréal, ils ne font pas partie des gaz fluorés pris en compte dans l'inventaire au titre de la CCNUCC et du protocole de Kyoto. Si l'on analysait les émissions totales de gaz fluorés incluant les CFC et HCFC depuis 1990, c'est bien une décroissance que l'on observerait, les HFC ayant un PRG en moyenne inférieur à celui des CFC et les taux d'émissions ainsi que les filières de récupération en fin de vie des équipements ayant été considérablement améliorés par ailleurs.

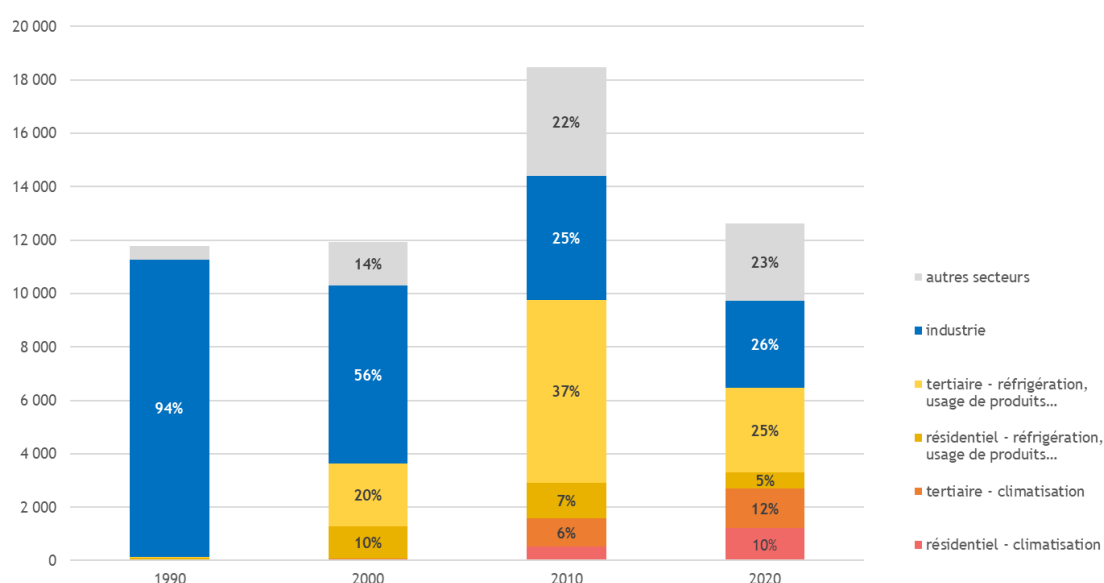
Tendance générale

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 remplacement progressif 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. D'une part, dans le secteur de la climatisation automobile pour 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, dans les autres secteurs du froid et de la climatisation, le 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 de PRG. L'amélioration des pratiques de maintenance et de démantèlement des équipements a également permis de réduire les émissions au cours de la vie des équipements. Le secteur du résidentiel a subi la plus forte augmentation des émissions de gaz fluorés entre 1990 et 2020, comme le montre les graphiques ci-dessous : ce secteur inclut la climatisation des bâtiments mais également les systèmes de réfrigération du froid commercial et de l'agroalimentaire. Le secteur de l'industrie manufacturière a vu ces émissions diminuer fortement entre 1990 et 2010. Le graphique ci-dessous présente l'évolution entre 1990 et 2020 de la part des principales sources d'émissions de gaz fluorés en France. La réfrigération, dans le secteur tertiaire, représente environ la moitié des émissions de gaz fluorés du secteur résidentiel tertiaire, et 25% des émissions totales de gaz fluorés (contre 37% en 2000). La part de la climatisation représente au total 22% des émissions de gaz fluorés (12% pour le tertiaire, 10% pour le résidentiel), et a fortement augmenté depuis 2010.

Evolution de la part des sous-secteurs principaux émetteurs de gaz fluorés en kt CO₂e



Et ailleurs ?

D'après le 5^e 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 croissante des émissions totales (passant de 0,4% en 1970 à 2% en 2010).

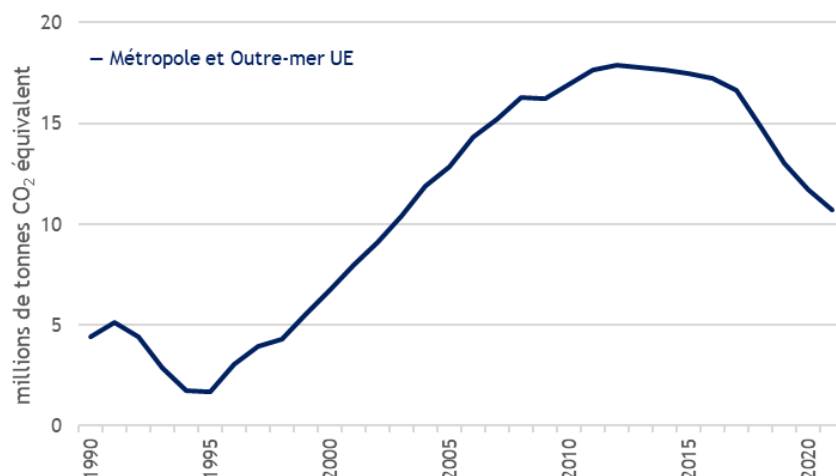
En savoir plus

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>

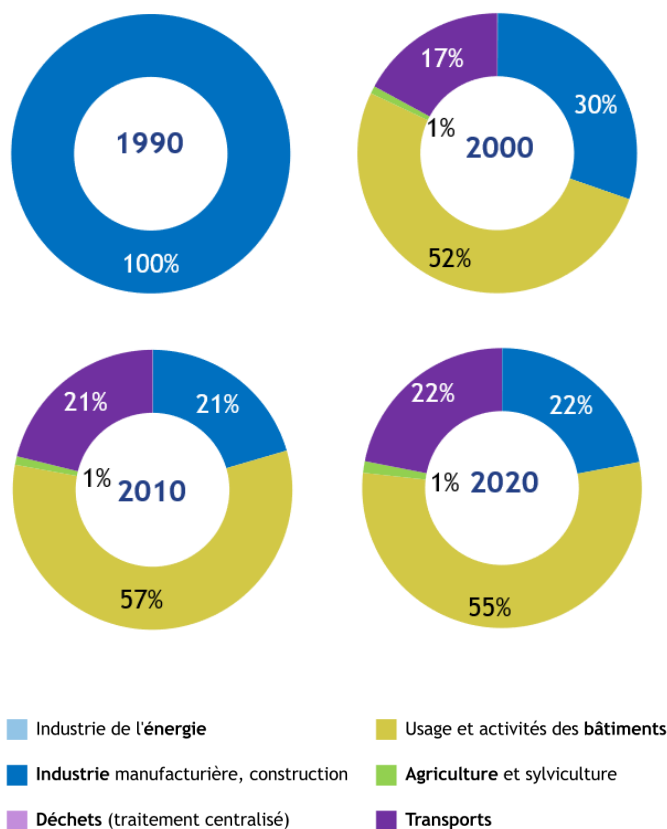
Journée Défi Climat, MTES 6 Juin, 2017, Stéphanie Barrault, Citepa : Vers une réduction facteur 4 des émissions CO₂ à l'horizon 2050 pour le secteur des Gaz fluorés.

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

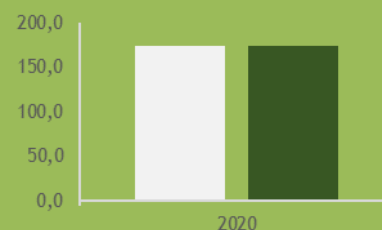
Sources anthropiques : réfrigération et climatisation ; fabrication des mousses ; aérosols ; protection incendie, agroalimentaire, résidentiel, chimie, climatisation automobile.

Source naturelle : aucune.

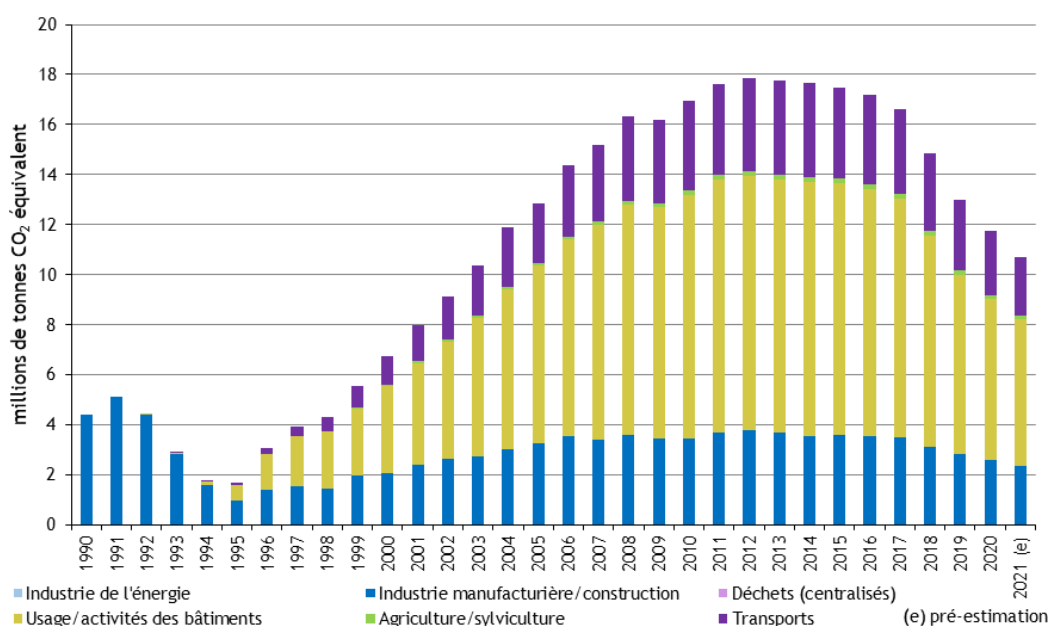
Phénomènes associés

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).

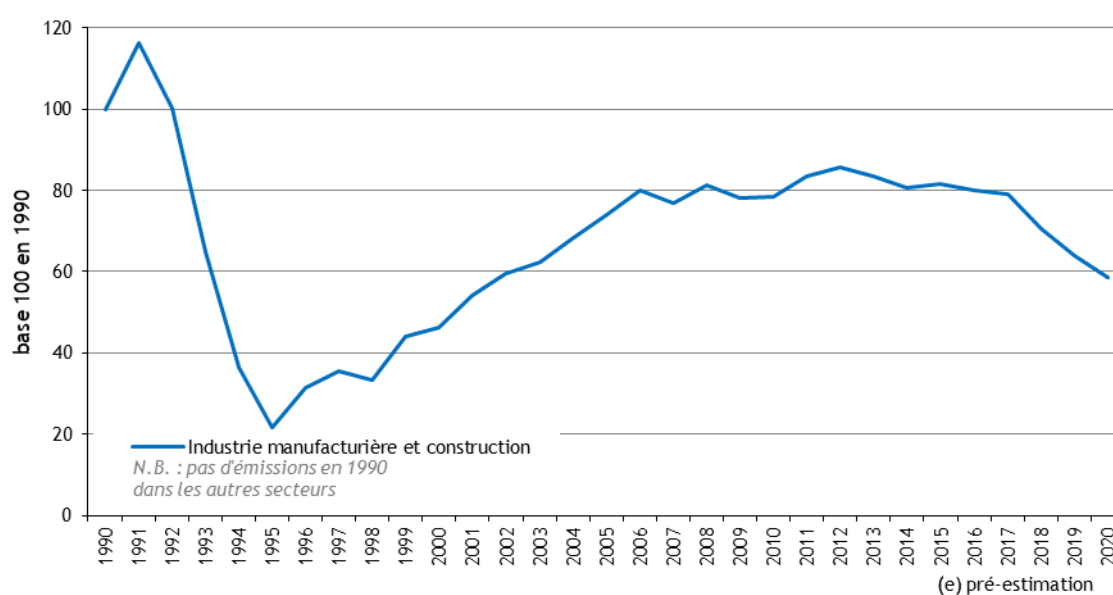
HFC	HFC-134a	HFC-143a	HFC-125	HFC-32
PRG	1 430	4 470	3 500	675

Emissions par habitant
kg CO₂e/hab/an

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												% du total national (hors UTCATF) en 2020	% du total national (hors UTCATF) en 2021	1990-2020		2019-2020		2020-2021 (provisoire)	
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 (e)									
Industrie de l'énergie	0	4,3	9,6	7,3	6,7	6,1	4,7	3,7	3,2	3,2	0%	0%	+3	0%	-1	-14%	0	0%	
Industrie manufacturière et construction	4 402	2 039	3 458	3 598	3 522	3 474	3 110	2 819	2 581	2 359	22%	22%	-1822	-41%	-238	-8%	-222	-9%	
Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires	0	3483	9716	10057	9893	9571	8440	7166	6422	5867	55%	55%	+6422	0%	-744	-10%	-555	-9%	
Agriculture / sylviculture	0	59,1	166,7	186,6	183,5	180,9	174,7	169,6	157,0	137,4	1%	1%	+157	0%	-13	-7%	-20	-12%	
Transports	0	1150,3	3579,5	3645,4	3600,4	3405,1	3118,9	2834,0	2572,2	2328,6	22%	22%	+2572	0%	-262	-9%	-244	-9%	
Transport hors total	0	123,7	119,2	100,1	98,6	98,1	53,5	6,0	0,2	0,2									
TOTAL national hors UTCATF	4 402	6 736	16 930	17 494	17 205	16 637	14 847	12 992	11 735	10 695	100%	100%	+7333	+167%	-1257	-10%	-1040	-9%	

Téléchargez les données complètes, pour toutes les années, sur citepa.org/fr/secten

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 CO₂ (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 CO₂ équivalent (CO₂e).

Objectifs de réduction

Les secteurs utilisateurs de HFC ont été fortement marqués par la réglementation européenne (EU) N° 517/2014, entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2015. Ce règlement prévoit une réduction progressive des quantités CO₂ 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 réglementation 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.

Le 5 avril 2022, la Commission européenne a présenté une proposition de règlement révisant le règlement dit F-Gas (règlement (UE) n° 517/2014) sur les gaz à effet de serre fluorés. L'objectif global de la proposition législative est de parvenir à des **réductions supplémentaires des émissions de gaz fluorés** afin de contribuer à la réalisation d'une réduction globale de 55% des émissions de GES de l'ensemble des secteurs d'ici à 2030 et de la neutralité carbone à l'horizon 2050. La proposition a notamment pour objet de renforcer le fonctionnement du système de « *phasedown* » limitant les quantités de HFC sur le marché européen. Un autre objectif de cette proposition est de renforcer le contrôle des importations et exportations pour s'attaquer au commerce illégal de gaz fluorés.

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 (environ 20% depuis 2005).

). 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 1^{er} 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 » représentent environ 55% des émissions de HFC depuis 2005 ; elles 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 entrepôts. Les principales applications émettrices sont la réfrigération commerciale, fortement utilisatrice du HFC-404A (PRG 3 900) 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 régénérés 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.

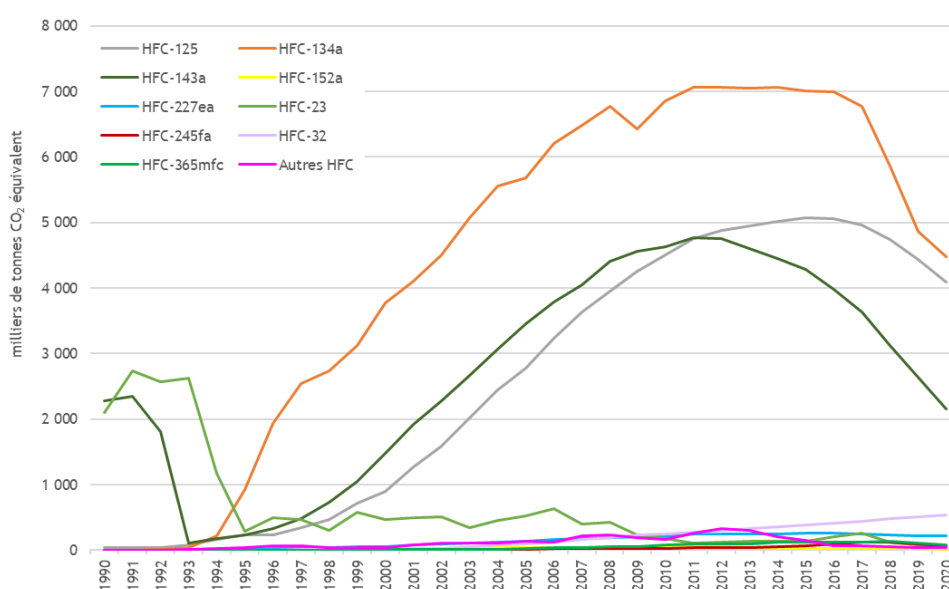
Évolution récente

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 CO₂ 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 CO₂ 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)



Le graphe ci-dessus représente les émissions de HFC décomposées en fluides primaires, lesquels sont utilisés dans les déclarations internationales.

HFC

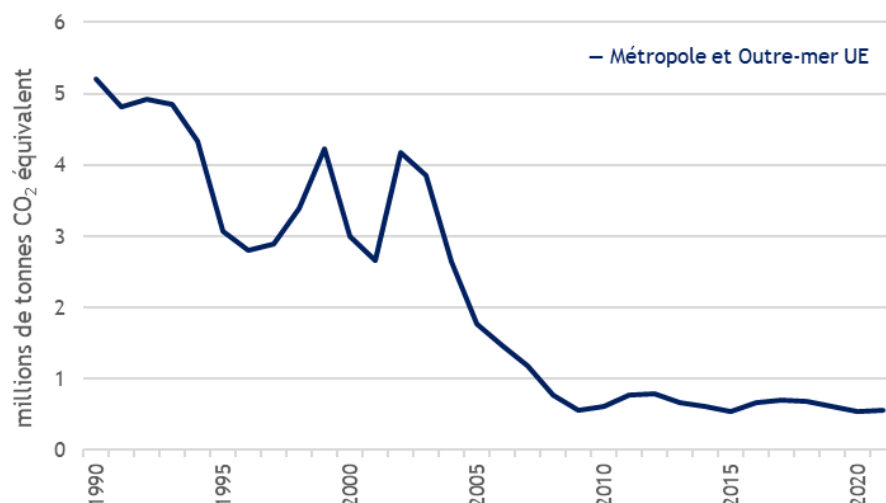
Le HFC-143a est directement lié au R-404A (52% de sa composition), ce qui explique sa forte baisse récente du fait de la réduction de son utilisation pour les équipements neufs et la maintenance (l'arrêt du R-404A neuf pour la maintenance étant prévue en 2020). Le HFC-125 apparaît dans la composition du R-404A mais aussi dans celles du R-407C, R-410A et dans certains fluides de transition (R-407A, R-407F), ce qui explique une décroissance plus lente des émissions. Le HFC-134a est le fluide le plus utilisé car il est employé dans un grand nombre de secteurs, aussi bien seul qu'en mélange, en climatisation automobile, en froid commercial, en froid industriel, en transport frigorifique et dans certains *chillers*. Les émissions sont donc élevées, la forte baisse récente est majoritairement due à la réduction d'usage et de fuites associées en climatisation automobile.

Et ailleurs ?

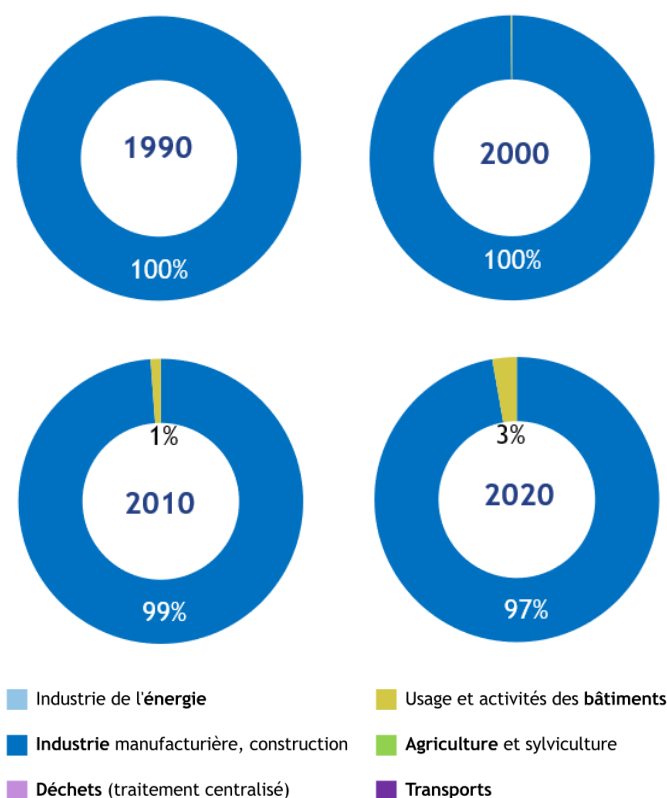
Le niveau des émissions de HFC/habitant de la France présenté page 118 est supérieur au niveau Européen. Il convient de souligner que la moyenne européenne est basée sur les déclarations des pays, lesquels ne calculent pas les émissions selon la même approche ni avec le même niveau de précision. Lors de la participation du Citepa à la revue ESD des inventaires de GES des états membres en 2020, il a pu être constaté des écarts importants notamment en termes de méthodologie et d'hypothèses de facteurs d'émission entre les différents pays, ce qui pourrait être à l'origine d'une sous-estimation de la moyenne européenne.

Emissions de substance en bref

Evolution des émissions de PFC en France



Répartition des émissions de PFC en France



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

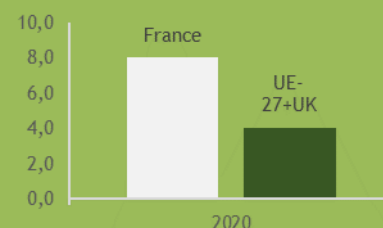
PFC-116 = 12 200

C₆F₁₄ = 9 300

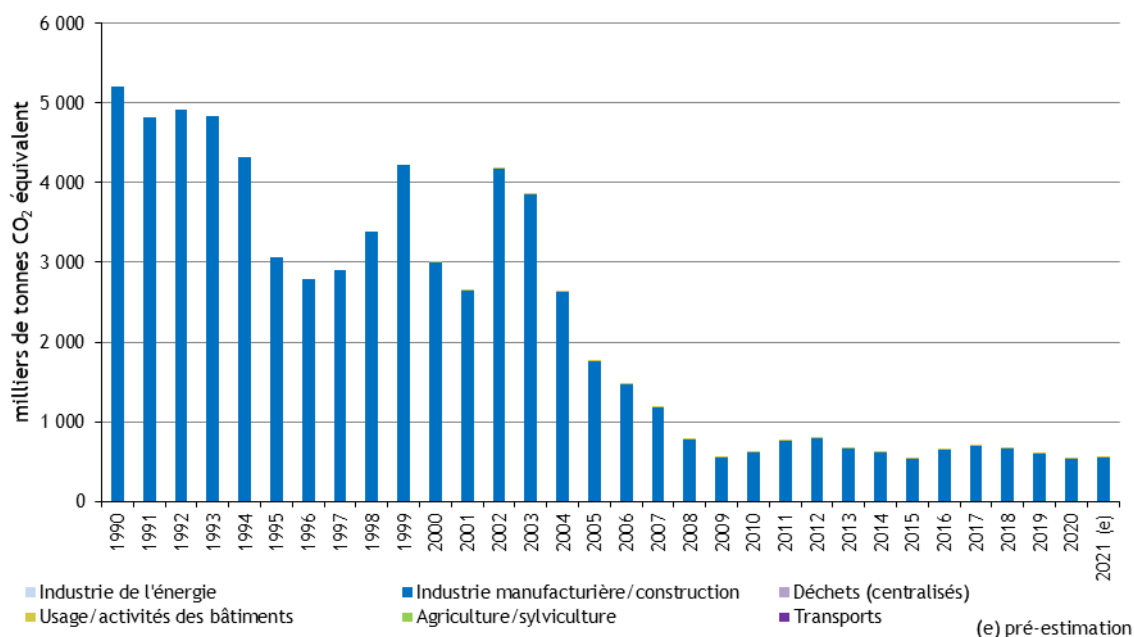
Effets

▲ Santé

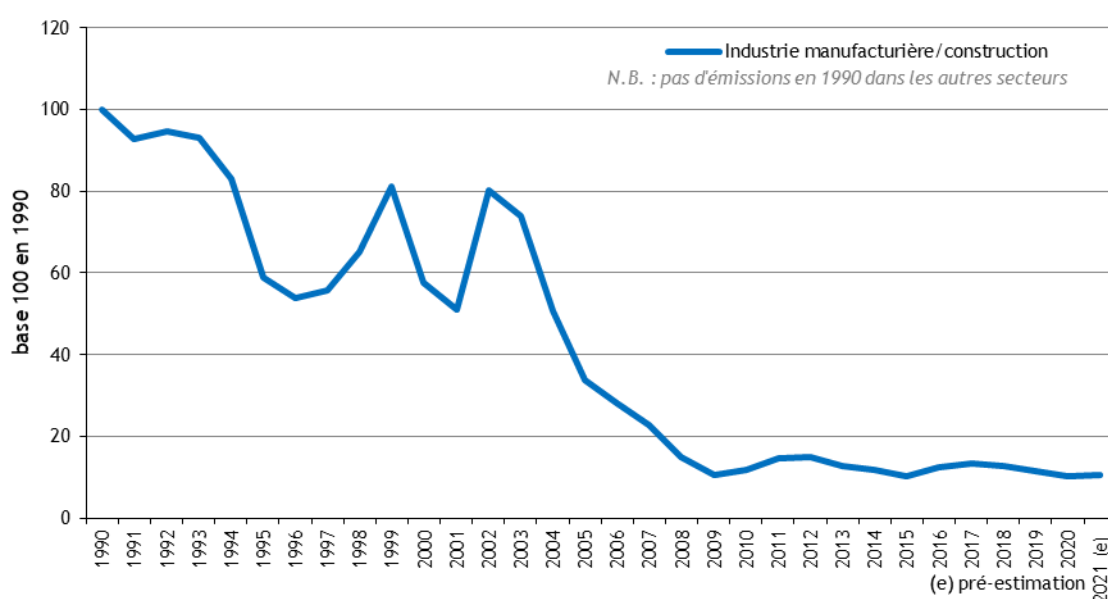
▲ Effet de serre

Emissions par habitant
kgCO₂e/hab/an

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 ₂ e/an)													
Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE													
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 (e)	% du total national (hors UTCATF) en 2020	% du total national (hors UTCATF) en 2021	
Industrie de l'énergie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0
Industrie manufacturière et construction	5 202	2 994	610	530	652	698	663	599	528	545	97%	97%	-4674
Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0
Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires	0	3,7	7,1	6,2	13,7	9,3	13,8	16,2	15,1	15,1	3%	3%	+15
Agriculture / sylviculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0
Transports	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0
Transport hors total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
TOTAL national hors UTCATF	5 202	2 997	617	537	666	708	677	615	543	560	100%	100%	-4659
													-90%
													-71
													-12%
													+17
													+3%

Téléchargez les données complètes, pour toutes les années, sur citepa.org/fr/secten

Analyse

Tendance générale

Dans les graphes de cette partie, les émissions sont présentées en tonnes de CO₂ 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 »).

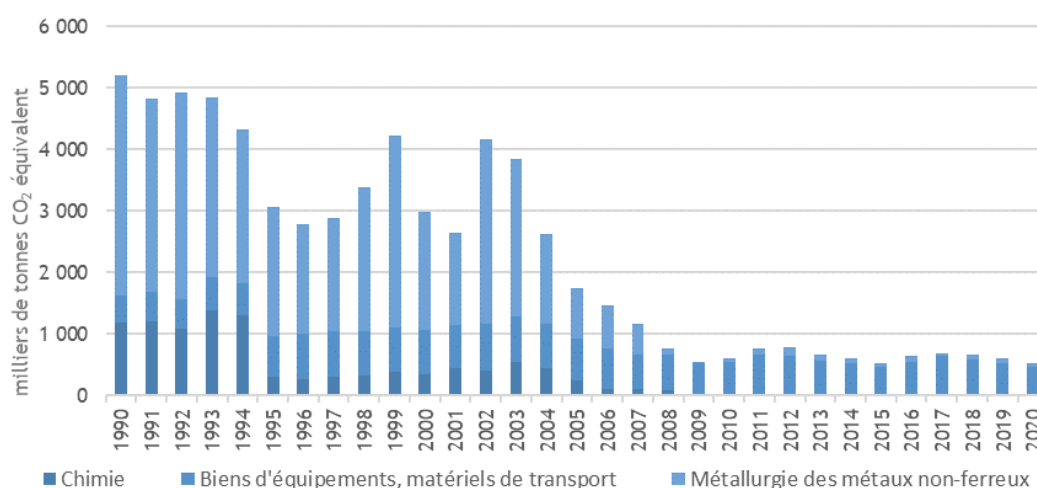
Un retour à une situation maîtrisée pour l'aluminium en 2000 et 2001 a conduit à des niveaux d'émission plus faibles, malgré des difficultés résiduelles expliquant les résultats de 2002 et 2003.

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.

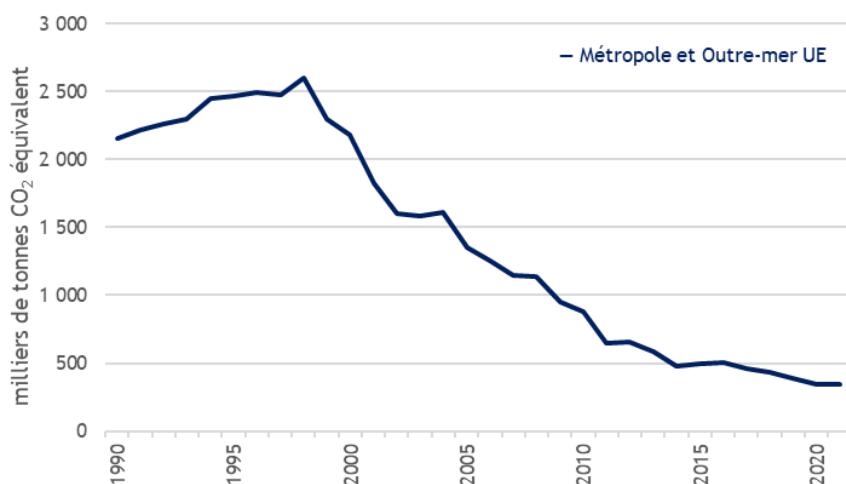
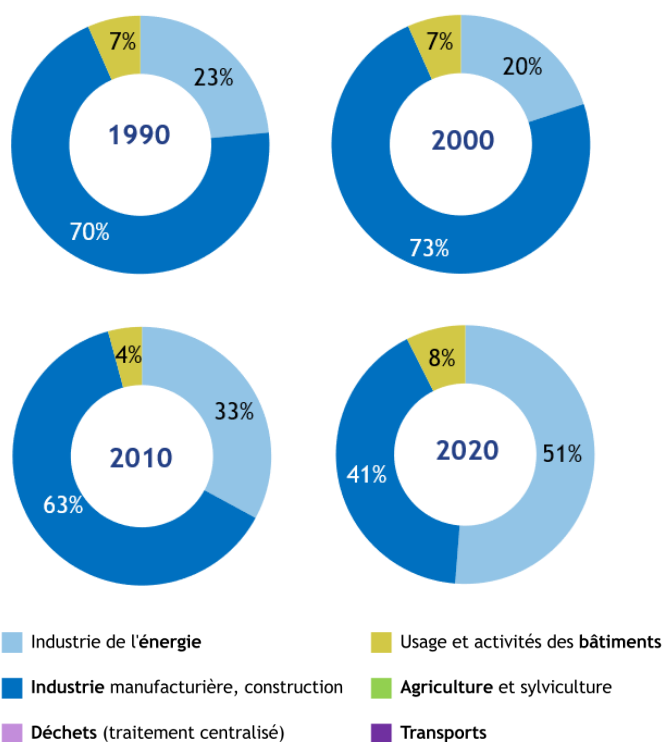
Répartition des émissions de PFC par sous-secteur de l'industrie manufacturière
en kt CO₂e



Évolution récente

Sur la période 1990 - 2019, les émissions sont en nette diminution, de plus d'un facteur 7 en équivalent CO₂. 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 CO₂e 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 quatre dernières années.

Emissions de SF₆ en brefEvolution des émissions de SF₆ en FranceRépartition des émissions de SF₆ en FranceSF₆

Hexafluorure de soufre

Type

Gaz à effet de serre

Définition

Synthétisé exclusivement par voie chimique, l'hexafluorure de soufre (SF₆) 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 SF₆ a un pouvoir de réchauffement global (PRG) de 22 800, c'est à-dire 22 800 fois plus élevé que celui du CO₂ (Giec, AR4, valeur utilisée dans l'inventaire national). Il contribue aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre.

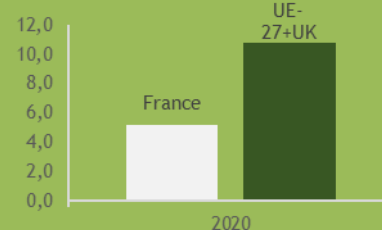
Effets



Effet de serre



Santé (asphyxiant à forte concentration)

Emissions par habitant
kgCO₂e/hab/an

milliers de tonnes CO₂ équivalent

■ Industrie de l'énergie ■ Industrie manufacturière/construction ■ Déchets (centralisés)
■ Usage/activités des bâtiments ■ Agriculture/sylviculture ■ Transports

(e) pré-estimation

base 100 en 1990

Industrie de l'énergie
Industrie manufacturière/construction
Usage/activités des bâtiments

N.B. : pas d'émissions dans les autres secteurs

(e) pré-estimation 2021

Emissions de SF ₆ (ktCO ₂ e/an) Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE		1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 (e)	% du total national (hors UTCATF) en 2020	% du total national (hors UTCATF) en 2021	1990-2020		2019-2020		2020-2021 (provisoire)	
	Industrie de l'énergie	505,9	435,0	288,1	203,5	205,6	178,0	189,8	176,1	177,6	177,6	51%	51%	-328	-65%	+2	+1%	0	0%
	Industrie manufacturière et construction	1 506	1 600	550	268	276	258	218	184	143	144	41%	41%	-1363	-90%	-41	-22%	+1	+0%
	Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires	142,5	145,7	37,0	26,9	25,4	24,8	25,4	25,4	25,7	25,7	7%	7%	-117	-82%	+0	+1%	0	0%
	Agriculture / sylviculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Transports	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Transport hors total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	TOTAL national hors UTCATF	2 155	2 180	875	498	507	461	433	385	347	347	100%	100%	-1808	-84%	-39	-10%	+1	+0%

134

Analyse

Tendance générale

Les émissions de SF₆ 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 SF₆ 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 2019, 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 SF₆ depuis 2018 qu'elle ne l'était en 1990.

Sur la période 1990-2019, les émissions de l'industrie manufacturière ont donc fortement baissé. Cette évolution est notamment liée :

▫ aux réductions de consommation de SF₆ 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 SF₆ 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 SF₆ suite notamment à un engagement des industriels à réduire leurs émissions dès 2000,

▫ enfin, aux réductions de consommation de SF₆ 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 SF₆) et des procédures de maintenance, malgré l'augmentation du parc. Depuis 1998, l'amélioration des équipements chargés en SF₆ 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.

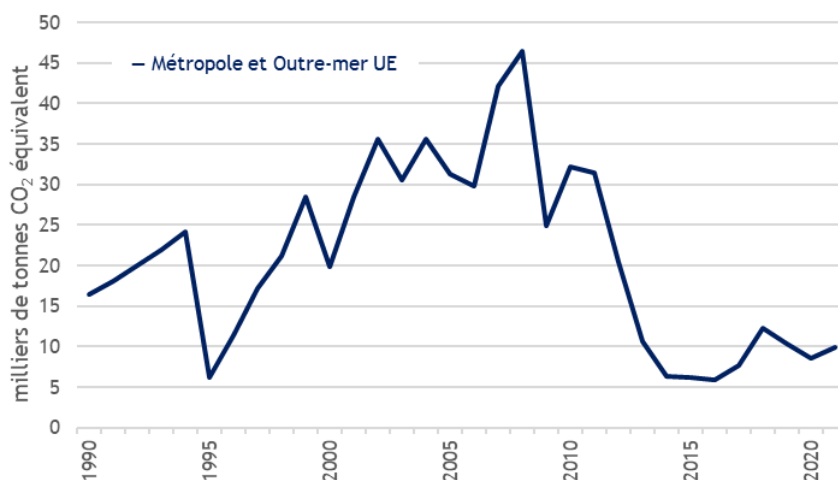
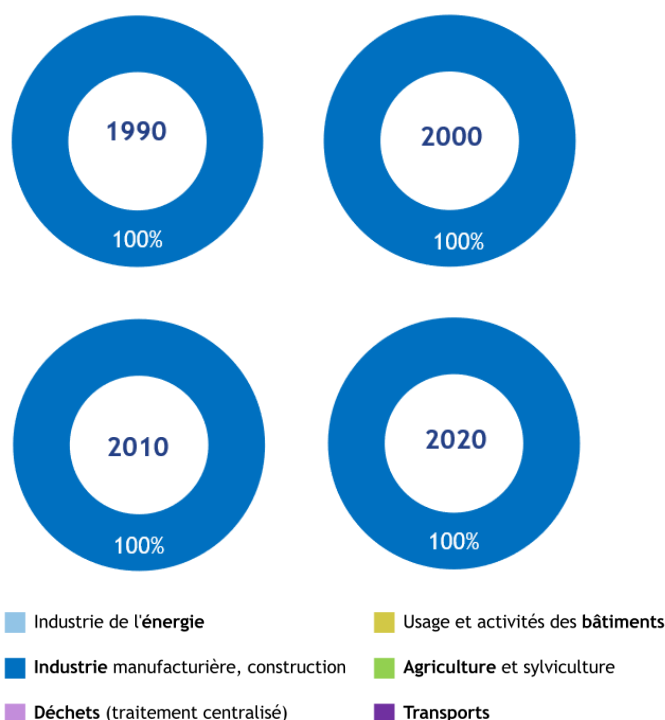
La forte baisse constatée dans le secteur résidentiel/tertiaire à partir de 2004 résulte de l'arrêt de l'utilisation d'un accélérateur de particules qui consommait du SF₆ en grande quantité

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 SF₆ du parc d'appareils électriques français et, d'autre part, par la réduction des émissions de SF₆ 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 (vieillesse du parc et conditions climatiques défavorables).

Ces dernières années, les fonderies tendent à remplacer le SF₆ par des gaz de substitution (HFC-134a, NaCl, SO₂ ...) pour répondre aux exigences européennes d'une interdiction d'utilisation de ce gaz dès le 1^{er} janvier 2018 (règlement (EU) n° 517/2014 relatif aux gaz à effet de serre fluorés). Les émissions de SF₆ dans l'industrie manufacturière ont ainsi continué de diminuer lors des années récentes, alors qu'elles stagnent pour les secteurs de la production d'énergie et des bâtiments résidentiels-tertiaires.

La réglementation européenne ((EU) n° 517/2014) n'interdit pas l'utilisation de SF₆ dans les équipements électriques car, au moment de sa mise à jour, des alternatives fiables et rentables n'existaient pas. Aujourd'hui, de nombreux travaux de recherches d'alternatives au SF₆ existent même si des freins perdurent (place plus importante requise, prix d'achat plus élevé, conformité aux caractéristiques techniques, fournisseurs, etc.). Sur la base des nouvelles substances identifiées, la Commission européenne pourrait ainsi suggérer à l'avenir des modifications de l'actuelle réglementation.

Emissions de NF₃ en brefEvolution des émissions de NF₃ en FranceRépartition des émissions de NF₃ en FranceNF₃

Trifluorure d'azote

Type

Gaz à effet de serre

Définition

Le trifluorure d'azote (NF₃) est un composé inorganique. C'est un gaz inodore, incolore et non inflammable.

Le NF₃ 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 NF₃ a un pouvoir de réchauffement global (PRG) de 17 200, c'est-à-dire 17 200 fois supérieur à celui du CO₂ (Giec, AR4, valeur utilisée dans l'inventaire national).

Contribution aux conséquences multiples de l'augmentation de l'effet de serre.

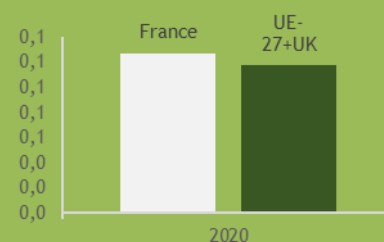
Effets



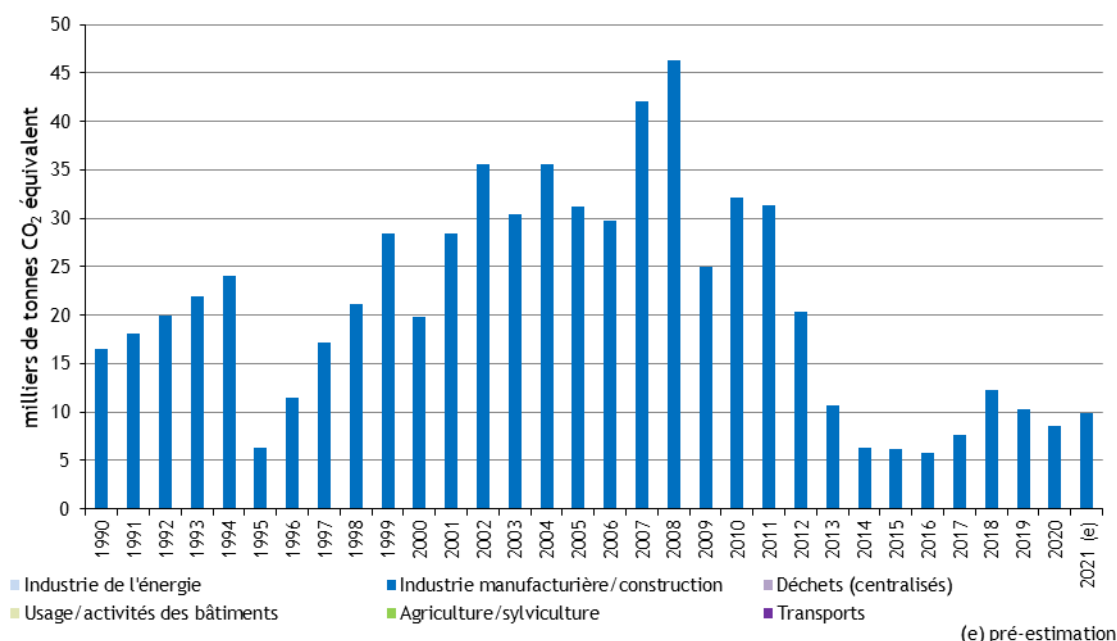
Effet de serre



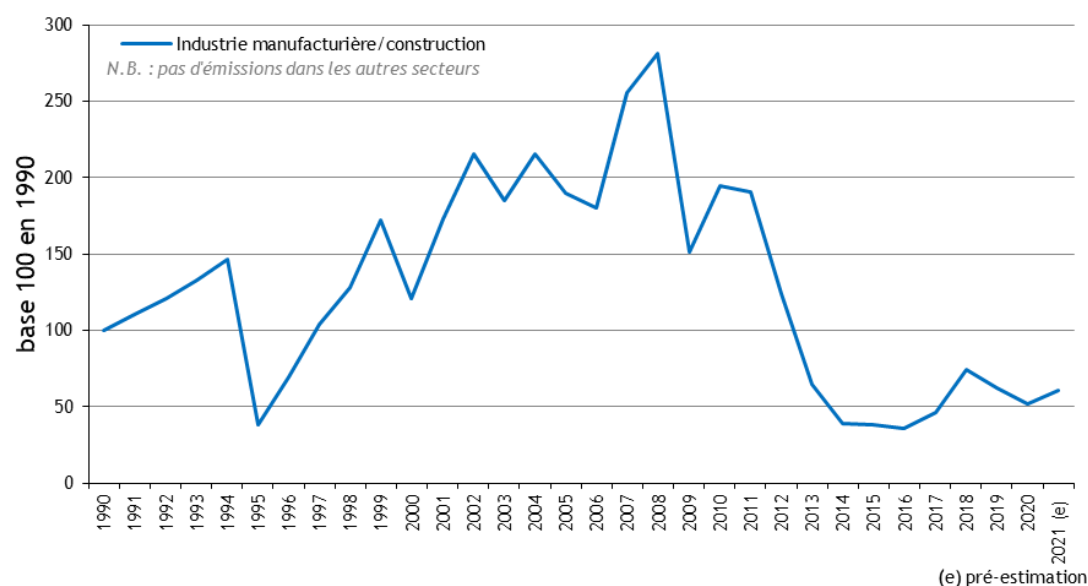
Santé (toxique)

Emissions par habitant
(kgCO₂e/hab/an)

Evolution des émissions dans l'air de NF3 depuis 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Evolution des émissions dans l'air de NF3 en base 100 en 1990 en France (Métropole et Outre-mer UE)



Emissions de NF ₃ (ktCO ₂ e/an)															
Périmètre : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE															
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 (e)	% du total national (hors UTCATF) en 2020	% du total national (hors UTCATF) en 2021	1990-2020		2020-2021 (provisoire)
Industrie de l'énergie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0%
Industrie manufacturière et construction	16,5	19,9	32,1	6,2	5,8	7,6	12,3	10,3	8,5	9,9	100%	100%	-8	-48%	+1
Traitement centralisé des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0%
Usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0%
Agriculture / sylviculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0%
Transports	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0%
Transport hors total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0	0%	0%
TOTAL national hors UTCATF	16,5	19,9	32,1	6,2	5,8	7,6	12,3	10,3	8,5	9,9	100%	100%	-8	-48%	+1

Téléchargez les données complètes, pour toutes les années, sur citepa.org/fr/secten

Analyse

Tendance générale

En France, le NF₃ est intégralement utilisé dans la fabrication de semi-conducteurs. La totalité des émissions de NF₃ est donc attribuée à l'industrie manufacturière.

Sur la période 1990-2019, les émissions de NF₃ 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 NF₃ 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 NF₃ n'ont cessé d'augmenter jusqu'en 2008, année du pic d'émissions de NF₃ en France. Les variations observées d'une année à l'autre sur les émissions proviennent des quantités de NF₃ 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 NF₃. Les variations des émissions sur cette période proviennent donc des variations de consommations de NF₃ au sein des différents sites de production en France et pouvant eux-mêmes présenter des procédés de traitement différent.

Les émissions de NF₃ 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 NF₃ 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 NF₃ en 2017 et 2018, engendrées par la hausse importante des consommations de NF₃ dans ce secteur ces mêmes années. En 2019, les émissions sont de nouveau à la baisse du fait des consommations moins élevées que les années précédentes et d'un facteur d'émission plus faible. A noter que les gaz fluorés utilisés dans l'industrie de la fabrication de semi-conducteurs ne sont pas 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 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

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. Fuglestad, 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.