

# Origine du Changement Climatique

Les 30 dernières années sont les plus chaudes enregistrées depuis des milliers d'années témoignant d'un **réchauffement global** de la planète sans précédent {1}. En parallèle, les taux de gaz à effet de serre (GES) n'ont jamais été aussi élevés dans l'atmosphère depuis plus de 2 millions d'années {2}. Cette augmentation de GES est responsable du réchauffement global par amplification de l'effet de serre naturel. Or, cette augmentation résulte de l'accumulation dans l'atmosphère des GES émis par les activités humaines depuis la révolution industrielle {1}.

## Comprendre le phénomène d'effet de serre

Tout commence avec l'énergie que la Terre reçoit du Soleil. Seule une petite partie arrive à traverser l'atmosphère et à parvenir jusqu'à la **surface terrestre**. Celle-ci la renvoie vers l'espace ou l'absorbe et, dans ce dernier cas, elle émet ensuite de la chaleur sous forme de rayons Infrarouges (IR). Les GES présents dans l'atmosphère ont la capacité d'absorber ces rayons IR et de les réémettre en partie vers la surface terrestre. Les rayons IR restants sont piégés dans l'atmosphère ou parviennent à se dissiper dans l'espace. Cela signifie que la Terre conserve une partie de la chaleur qu'elle émet grâce aux GES dans l'atmosphère. C'est ce phénomène naturel que nous appelons effet de serre.

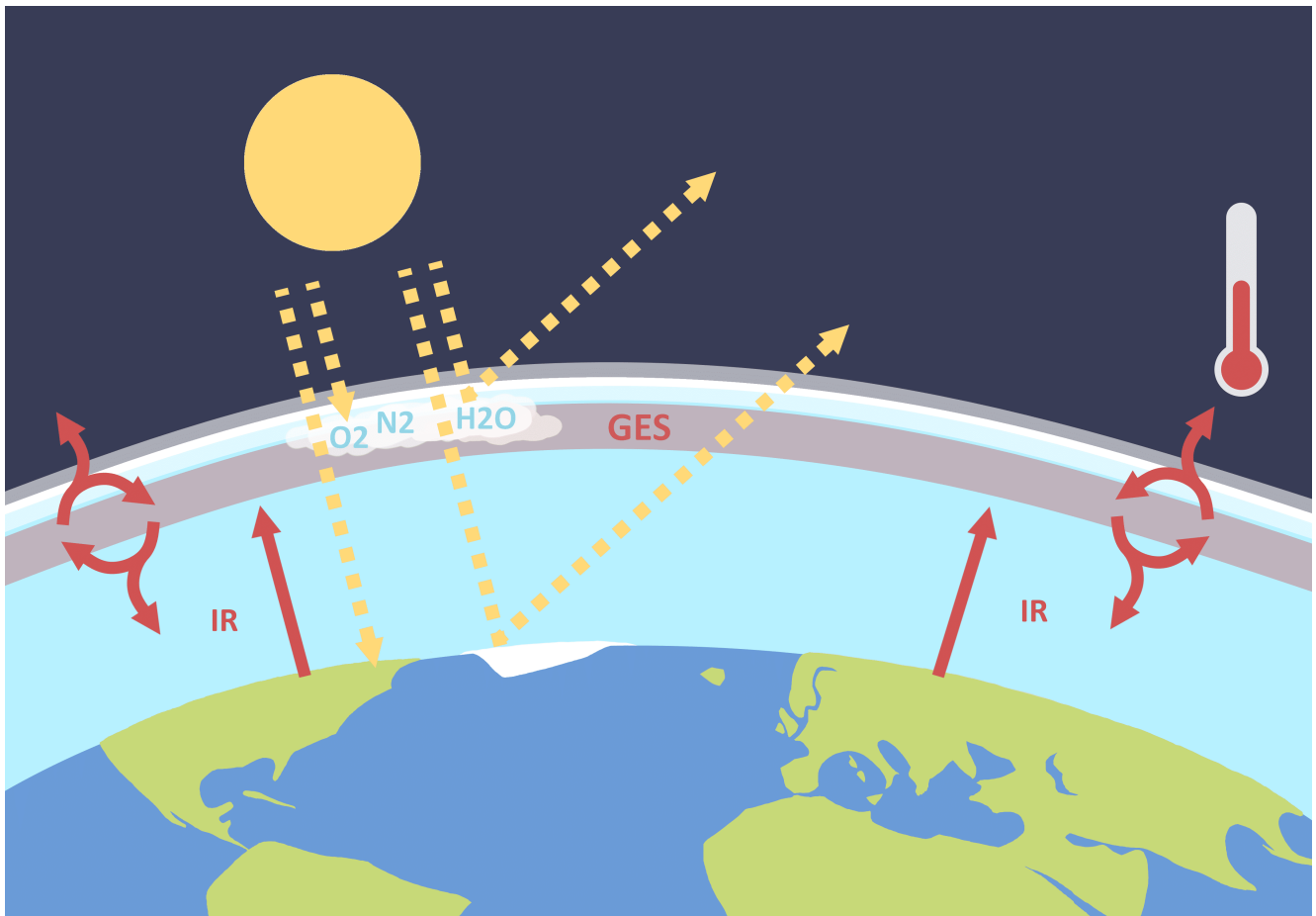


Figure 1 : schéma simplifié des échanges énergétiques entre le Soleil, la Terre et l'espace illustrant l'effet de serre qui maintient une partie de cette énergie sur Terre grâce aux GES. Sans lui, il ferait  $-18^{\circ}\text{C}$  sur Terre à la place de la moyenne actuelle de  $15^{\circ}\text{C}$ , une température peu favorable à la Vie sur Terre {4}. Cependant, accumuler des GES dans l'atmosphère amplifie ce phénomène. Or, c'est exactement ce qu'il se produit depuis la révolution industrielle avec les émissions humaines de GES. De façon très simplifiée, plus il y a de GES dans l'atmosphère, plus il y a de chaleur captée et conservée sur Terre et donc plus la planète se réchauffe, d'où le réchauffement global que nous vivons.

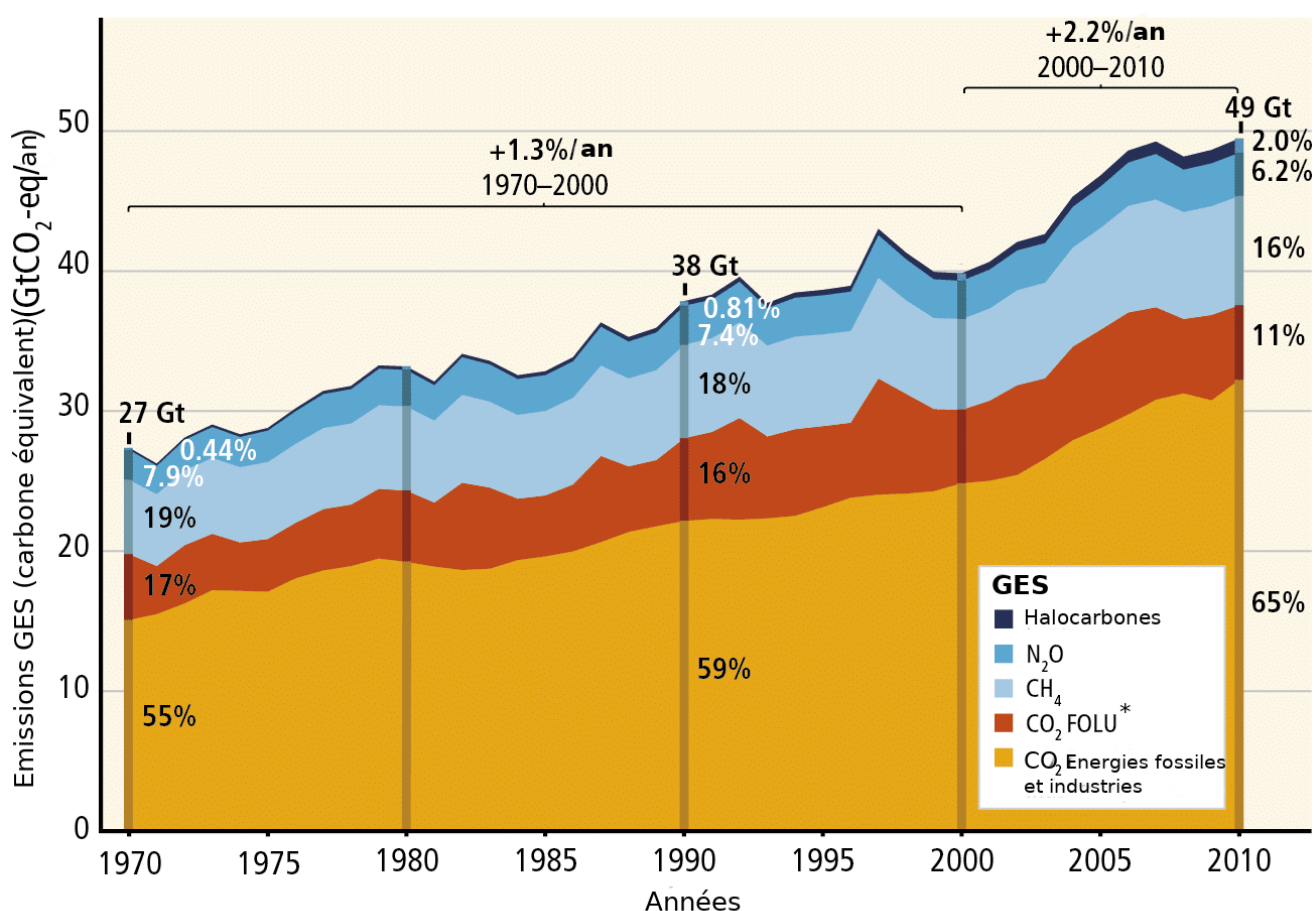
Nous pouvons distinguer "deux effets de serre". Le premier maintient la Terre à une température vivable, alimenté par des GES provenant de sources naturelles. L'autre appelé "effet de serre additionnel" (car s'ajoutant au premier) a pour source les GES **anthropiques** et est responsable du réchauffement global {4}.

Dans le cas du premier, la vapeur d'eau (gaz et nuages) est le GES qui y contribue aux trois quarts et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) le quart restant. Les autres GES naturels tels que le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et l'ozone (O<sub>3</sub>) ont peu d'influence comparés aux deux premiers. Leurs sources sont les êtres vivants, les océans, les sols, etc. Notamment via les processus d'évaporation et de transpiration pour la vapeur d'eau et de respiration pour le CO<sub>2</sub>. Ce dernier a aussi pour sources les feux de forêts et les volcans.

## Cause de l'effet de serre additionnel : les GES anthropiques

En 2010, 76% des émissions étaient du CO<sub>2</sub>, 16% du CH<sub>4</sub>, 6% du N<sub>2</sub>O et 2% des Halocarbones {1}.

**Total des émissions anthropiques de GES entre 1970 et 2010**



IPCC 2014, AR5 - Synthesis report - Topic 1

\*FOLU : Sylviculture et autres utilisation des terres

Figure 2 : graphique du GIEC (ou IPCC) montrant l'augmentation des émissions des différents GES anthropiques entre 1970 et

2010. Emissions exprimée en pourcentage de Gt de CO<sub>2</sub> équivalent/an.

Les quantités trop importantes de CO<sub>2</sub> émis et le fait qu'il ne quitte pas l'atmosphère tant qu'il n'est pas capté par un puits explique son accumulation au fil du temps et sa très grande influence dans l'effet de serre additionnel. Pourtant, les végétaux et océans ont absorbé plus de 60% de la totalité du CO<sub>2</sub> anthropique émis depuis 1750 {1}.

Contribuant 28 fois plus à l'effet de serre que le CO<sub>2</sub>, la concentration de CH<sub>4</sub> dans l'atmosphère a augmenté de 150% depuis 1750. Le CH<sub>4</sub> peut aussi devenir du CO<sub>2</sub> après de nombreuses réactions dans l'atmosphère.

Le N<sub>2</sub>O chauffe 300 fois plus que le CO<sub>2</sub> et reste 120 ans dans l'atmosphère. Ses émissions augmentent notamment avec l'utilisation croissante d'engrais azotés (industriels et excréments des animaux d'élevage).

Les halocarbones, des GES industriels, sont bien moins rejetés que les autres GES mais restent jusqu'à 50 000 ans dans l'atmosphère et chauffent 22 000 fois plus que le CO<sub>2</sub>. Certains d'entre eux, les **CFC**, sont responsables de la dégradation de la couche de O<sub>3</sub> **stratosphérique** (dans les années 50 à 80) {5}.

Les activités humaines émettent aussi de l'O<sub>3</sub>, un GES chauffant 2000 fois plus que le CO<sub>2</sub>, et des aérosols. L'O<sub>3</sub> anthropique s'accumule dans la **troposphère** et crée des **stress oxydatifs** chez les êtres-vivants contrairement à la couche "naturelle" d'O<sub>3</sub>. Tout comme l'O<sub>3</sub> anthropique, les aérosols sont issus de la combustion des énergies fossiles et des industries. Les aérosols réfléchissent la lumière solaire et de facilitent la formation des nuages. Ainsi, ils réduisent l'énergie solaire absorbée par la Terre mais favorisent dans le même temps sa capture de chaleur {1}.

## Émissions GES par secteurs d'activités

Depuis les années 2000, les émissions GES augmentent dans tous les secteurs. En 2010, le secteur de l'énergie représentait 35% des émissions GES, l'utilisation des terres 24%, les industries 21%, les transports 14%, et le secteur du bâtiment 6% {1}. Cependant, en intégrant les émissions GES liées à l'énergie qu'ils utilisent, les industries émettent 31% des émissions GES et celui du bâtiment 19%.

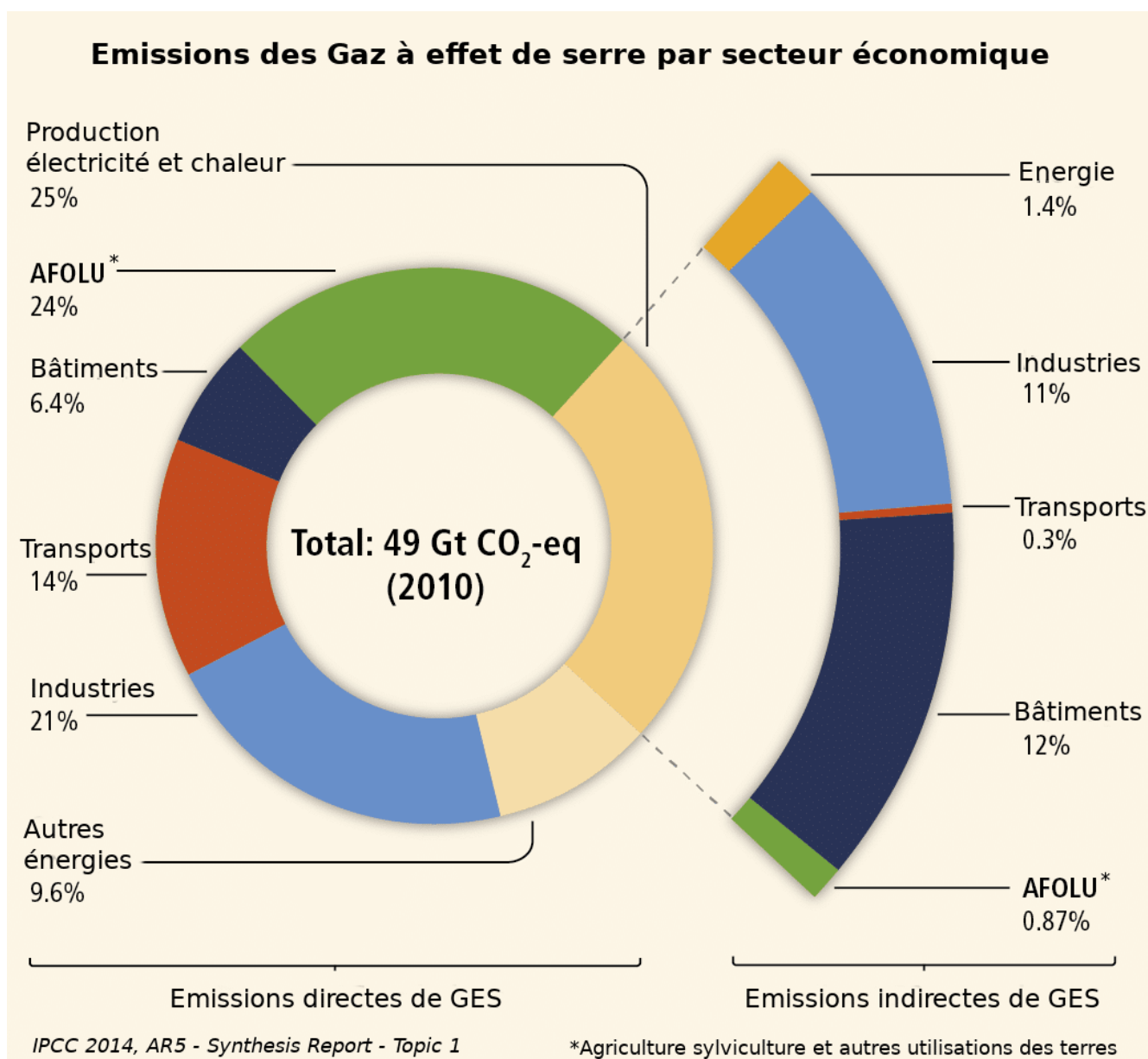


Figure 3 : graphique du GIEC (ou IPCC) répartissant les émissions GES anthropiques de 2010 les secteurs d'activités qui les ont produites. Emissions exprimée en pourcentage de Gt de CO<sub>2</sub> équivalent.

Le secteur des énergies contribue le plus à l'effet de serre, notamment parce qu'il alimente tous les autres secteurs d'activités dont la consommation énergétique ne cesse d'augmenter {6}. Par énergie, nous faisons référence à l'extraction (gisements de charbon, pétrole, métaux, etc.), la conversion (électricité, carburants, plastique, acier, etc.), le stockage et les procédés de transmission et de distribution des énergies finales aux secteurs qui vont les utiliser (Industries, transports, bâtiments, agriculture, sylviculture, etc.). Le secteur de l'énergie rejettent ainsi du CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> et des aérosols via la combustion d'énergies fossiles et leurs transports.

Les transports utilisent des énergies finales (carburants, acier, gomme, etc.) et émettent chaque années plus de 7 Gt de CO<sub>2</sub>. Si aucune mesure n'est prise, les émissions de ce secteur seraient celles qui augmenteraient le plus dans les années à venir avec la hausse de la demande et celle du niveau de vie {6}. Les transports rejettent principalement du CO<sub>2</sub>, mais aussi du CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> et des aérosols.

Les industries emploient des matières premières et/ou déjà transformées, majoritairement des énergies fossiles. Elles participent à l'extraction et aux transformations des énergies fossiles. C'est le secteur qui pollue le plus en termes d'émissions GES ainsi qu'en substances nocives rejetées dans les cours d'eau, l'air et les sols (métaux lourds, hydrocarbures, perturbateurs endocriniens, autres molécules cancérigènes, toxiques, réactives, acides, radioactives, etc.). Les émissions GES des industries sont ainsi les plus nombreuses et les plus diverses : halocarbones, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> et des aérosols {6, 7}.

Le secteur du bâtiment est celui qui consomme le plus d'électricité, une consommation qui croît avec l'augmentation de la population et celle du niveau de vie {6}. Ce secteur rejette ainsi du CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, des aérosols ainsi que des

halocarbones (réfrigérateurs, climatisations, peintures, produits ignifuges, mousses, etc.) {7}.

Enfin, Le domaine AFOLU est responsable d'un quart des émissions GES, et de bien d'autres problèmes environnementaux comme la 6e extinction de masse du Vivant à cause de la déforestation et de l'occupation des terres par l'élevage et l'agriculture {6}. Ce secteur émet donc du CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> et des aérosols via l'élevage et les rizières, la déforestation et feux de forêts, l'emploi de pesticides, d'engrais, d'engins agricoles et de convois pour les importations et exportations {1, 6, 8, 9}.

## Définitions

**Réchauffement global** : autre expression pour désigner le Réchauffement Climatique en insistant sur le fait que l'ensemble de la planète est impacté. Désigne une part du Changement Climatique (qui ne consiste pas qu'en un réchauffement) et du Changement Global (qui comprend tous les changements, climatiques ou non, induits par les activités humaines).

**Surface terrestre** : ensemble des couvertures terrestres : les mers, océans et cours d'eau (hydrosphère), les continents (lithosphère), le Vivant (biosphère), les étendues enneigées, banquises et glaciers (cryosphère).

**Anthropique** : adjectif qualifiant tout phénomène conséquent d'une action ou de la présence de l'être humain.

**Évaporation** : passage progressif d'eau liquide à l'état gazeux pour que le système qui évapore perde de l'énergie, la vapeur d'eau produite retourne dans l'atmosphère. Cycle de l'eau.

**Transpiration** : transpiration animale (mammifères) et transpiration végétale, il s'agit d'un rejet d'eau des êtres vivants vers l'atmosphère. Cycle de l'eau.

**Respiration** : processus par lequel les êtres vivants produisent de l'énergie après consommation de de molécules organiques et  $O_2$  en rejetant ensuite de l'eau et du  $CO_2$ . Cycle du carbone.

**Chiffres de 2010** (figure 2) : émissions de GES exprimée en % de Gt (1 gigatonne = 1 milliard de tonnes) de  $CO_2$  équivalent/an. L'unité  $CO_2$  équivalent est utilisé pour comparer l'influence des différents GES émis par les humains dans l'effet de serre en rapportant toutes les émissions GES en émissions de  $CO_2$ . Pour cela, le potentiel de réchauffement de chaque GES est pris en compte (ex:  $CH_4$  chauffe 28 fois plus que le  $CO_2$  donc 1t de  $CH_4$  équivaut à 28 t de  $CO_2$ ).

**Puits** : expression utilisée pour désigner les éléments capables d'absorber les GES et de le stocker. Dans le cas du  $CO_2$ , les puits sont les végétaux (photosynthèse), les océans, la lithosphère, etc.

**CFC** : Chlorofluorocarbones, interdits de production depuis le protocole de Montréal de 1987.

**Stratosphère** : 2e couche de l'atmosphère après la troposphère, où se trouve la couche d'ozone.

**Troposphère** : 1ere couche de l'atmosphère qui "touche" la surface terrestre. C'est dans celle-ci qu'il y a le plus de réactions et de molécules dont les GES.

**Stress oxydatifs** : dommages moléculaires et cellulaires tels que la dégradation de l'ADN et des membranes cellulaires causés par les espèces réactives de l'oxygène (ROS).  $O_3$  fait partie de ses ROS et est à l'origine de problèmes respiratoires et d'irritations de la peau.

**GIEC ou IPCC** : Groupe Intergouvernemental des Experts sur l'évolution du Climat et en anglais Intergovernmental Panel of Climate Change.



## Sources

{1} [IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change \[Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer \(eds.\)\]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.](#)

{2} [Atmospheric carbon dioxide concentration across the mid-pleistocene transition](#). Honisch B., Hemming N.G., Archer D., Siddall M., McManus J.F. (2009) Science, 324 (5934) , pp. 1551-1554.

{3} [GIEC, 2018 : Résumé à l'intention des décideurs, Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté](#) [Publié sous la direction de V. Masson-Delmotte, 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 et T. Waterfield]. Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, 32 p.

{4} [Quels sont les gaz à effet de serre ?](#) . Jean-marc Jancovici (2007). Source internet : site Jean-marc Jancovici – changement climatique.

{5} [IPCC/TEAP, 2005. Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System](#) – Bert Metz, Lambert Kuijpers, Susan Solomon, Stephen O. Andersen, Ogunlade Davidson, José Pons, David de Jager, Tahl Kestin, Martin Manning, and Leo Meyer (Eds) Cambridge University Press, UK. pp 478.

{6} [IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change](#). Contribution of Working Group III to the Fifth

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

{7} [gaz fluorés : les sources d'émissions et les impacts](#). ADEME Agence De l'Environnement et de la Maîtrise d'énergie. (2017). Source internet : site ADEME – les gaz fluorés.

{8} [Réduire l'émission de méthane par les rizières](#). Laboratoire de microbiologie de l'IRD Institut de Recherche pour le Développement (1999). Source internet : site de l'IRD – fiches d'actualité scientifique.

{9} [N2O – protoxyde d'azote](#). OMER7 Outils nuMERiques pour l'étude des Sciences de l'Environnement Terrestre. (2010). Source Internet : site OMER7 – polluants.