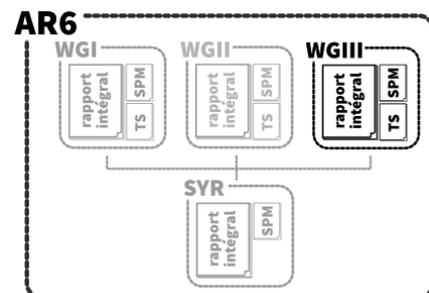




**6^e rapport d'évaluation du Groupe d'experts
intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec)**
3^e volume : atténuation

Synthèse du Résumé à l'intention des décideurs du Giec

Rendu public le 4 avril 2022



Rédaction :
Mark Tuddenham, Vincent Mazin, Colas Robert, Ludivine Cozette
Directeur de la publication : Jérôme Boutang

Dossier de fond publié par le Citepa le 10 mai 2022

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Messages clés à retenir | 3 |
| Introduction | 4 |
| Le 3^e volume du 6^e rapport d'évaluation : L'atténuation | 6 |
| Quels sont les nouveaux éléments de l'AR6, et plus spécifiquement de son 3 ^e volume ? | 7 |
| B) Evolutions récentes et tendances actuelles | 9 |
| C) Les transformations systémiques nécessaires pour limiter le réchauffement climatique | 19 |
| D) Liens entre atténuation, adaptation et développement durable | 39 |
| E) Renforcer la réponse | 40 |
| Le Giec, ses rapports, ses groupes de travail et sa méthodologie | 44 |
| Qu'est-ce que le Giec ?..... | 44 |
| Les rapports du Giec | 44 |
| Organisation et méthodologie | 45 |
| Le 6^e rapport d'évaluation : généralités | 46 |
| L'identification des limites des connaissances et des sources d'incertitude | 46 |
| Auteurs, relecture et articles pris en compte | 47 |
| Les scénarios de référence pour l'AR6 | 47 |
| Structure et calendrier de publication de l'AR6 | 50 |
| Lectures essentielles | 52 |

Messages clés à retenir

Les émissions continuent d'augmenter, mais moins rapidement

Pour respecter l'objectif +1,5°C, le pic des émissions doit intervenir entre aujourd'hui et 2025¹ et la neutralité carbone (zéro émission nette de CO₂) doit être atteinte d'ici 2050. Or, les émissions de GES ont continué à augmenter sur la période 2010-2019, certes moins rapidement que la décennie précédente.

La répartition géographique et sociale des émissions actuelles de GES et des émissions cumulées de GES est inégale à travers le monde.

Il est nécessaire de multiplier les efforts dès maintenant pour décarboner tous les secteurs et sortir des énergies fossiles

Il est nécessaire de sortir des énergies fossiles au plus vite et d'accélérer la transition vers les énergies à faibles émissions de GES. L'utilisation des énergies fossiles pour la production d'électricité doit être réduite au minimum. L'objectif +1,5°C serait inatteignable si les installations de production d'électricité à base de combustibles fossiles restaient toutes en service et l'objectif +2°C serait quasiment inatteignable si celles planifiées à ce jour étaient également prises en compte.

Tous les scénarios <+2°C impliquent une électrification des bâtiments, des transports et de l'industrie.

Sans réductions immédiates et massives dans tous les secteurs, l'objectif +1,5°C est inatteignable.

Sans renforcement des politiques climat existantes (fin 2020), sans réduction des émissions de GES et sans renforcement des puits, dont l'élimination du CO₂ (*voir note en bas de page n° 11, p.22 du présent dossier*), la trajectoire d'émissions de GES projetées conduirait à une hausse de +3,2°C d'ici 2100.

Les solutions existent : innovation technologique (renouvelables, captage du CO₂) et sobriété

Dans tous les secteurs, des solutions existent désormais pour réduire les émissions de GES d'au moins 50% d'ici 2030 (base 2019).

Les coûts d'exploitation des énergies renouvelables et autres technologies d'atténuation deviennent de plus en plus rentables. L'efficacité et la performance de ces technologies se sont considérablement améliorées sur la période 2010-2019.

La mise en œuvre des technologies d'élimination de CO₂ (comme le captage et stockage du CO₂) est inévitable si l'on souhaite atteindre la neutralité carbone (zéro émission nette de CO₂) ou la neutralité climatique (zéro émission nette de GES) d'ici 2050 (même dans les scénarios de réduction des émissions les plus ambitieuses).

L'innovation technologique destinée à réduire les émissions de GES est un levier important mais elle ne constitue pas la seule réponse. La transformation de nos modes de vie vers plus de sobriété est un levier essentiel et complémentaire.

Le rôle des Etats, des acteurs non-étatiques, des investissements et de la finance

La gouvernance climat (politiques, législation, institutions...) doit être renforcée aux niveaux international, national, et infranational et au sein des entreprises (via la mise en œuvre de stratégies notamment). Une gouvernance climatique efficace et équitable repose sur la participation de tous (décideurs politiques, entreprises, citoyens, etc.).

Il est nécessaire d'accroître d'un facteur 3 à 6 les investissements annuels sur la période 2020-2030 (par rapport aux niveaux de 2019) pour respecter les objectifs +1,5°C et +2°C.

Le secteur de la finance a un rôle clé à jouer dans la transition vers une économie mondiale bas-carbone. Les capitaux, largement disponibles, sont mal alloués et ne permettent donc pas de renforcer l'atténuation et l'adaptation à cause d'obstacles à la réorientation de ces capitaux vers l'action climat.

Les acteurs non-étatiques et infranationaux, notamment les villes, les entreprises, les peuples autochtones, les citoyens, les initiatives transnationales et les entités publiques-privées, jouent un rôle de plus en plus important dans l'effort mondial de lutte contre le changement climatique.

¹ Le fait que les émissions de GES devraient atteindre un pic entre aujourd'hui et 2025 ne signifie pas que nous n'avons que trois ans devant nous pour agir et qu'après, il sera trop tard. Cette formulation, largement affirmée par les médias, ne figure pas dans le rapport du Giec. Au contraire, au point où nous en sommes, chaque dixième de degré compte. Plus on agit rapidement et fortement, plus les conséquences dramatiques seront évitées. S'il y a dépassement de +1,5°C, il faudra viser 1,51°C et ainsi de suite car il n'est jamais trop tard pour agir. Si l'on ne respecte pas l'objectif +1,5°C ou même l'objectif +2°C, le discours contreproductif consistant à dire qu'il est trop tard pourrait entraîner une diminution ou un arrêt des efforts de réduction et donc un réchauffement encore plus fort (par exemple, +2,5°C), alors que continuer les efforts de réduction, même si l'objectif initial est dépassé, pourrait permettre de limiter la hausse à 2,1°C, etc.

Les leviers et les vecteurs d'action



Source : Citepa d'après Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation.

Introduction

Le Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a publié le 4 avril 2022 le troisième volume de son 6^e rapport d'évaluation (*6th Assessment Report* ou AR6) sur le changement climatique. Il s'agit de la contribution du [groupe de travail III](#) (*Working group III* ou WGIII) consacrée à l'atténuation (*Climate Change 2022 : Mitigation*), c'est-à-dire les solutions envisageables : les options politiques et les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), et les coûts socio-économiques de ces options.

Cette publication intervient après la [14^e session](#) du WGIII (WGIII-14) qui s'est tenue en visio-conférence du 21 mars au 3 avril 2022 ([lire notre brève](#)) pour finaliser et adopter le résumé à l'intention des décideurs (*Summary for Policymakers* ou SPM) du troisième volume de l'AR6, et approuver l'évaluation technique intégrale qui sous-tend ce SPM.

Au cours de ces deux semaines de discussions, le WGIII, en étroite association avec les représentants des Gouvernements nationaux, a ainsi approuvé ligne par ligne ce résumé. Ce processus de relecture spécifique vise à s'assurer que ce résumé reflète clairement et de manière équilibrée les principales conclusions de l'évaluation approfondie. Ce travail a été bouclé le 3 avril 2022, soit deux jours après l'échéance initialement prévue. Le lendemain, le 4 avril 2022, la version finale du SPM a été formellement adoptée à l'unanimité par le WGIII, puis par les représentants de l'ensemble des [195 pays membres](#) du Giec réunis lors de sa [56^e session plénière](#).

Le [résumé à l'intention des décideurs](#), document clé de 64 pages représentant une déclaration consensuelle formelle sur les principaux résultats du troisième volume de l'AR6, a donc été rendu public le 4 avril 2022, ainsi que le résumé technique de 145 pages et le rapport intégral de 2 913 pages ([voir section Lectures essentielles en fin de ce dossier, p.52](#)).

Le **rapport intégral**, rédigé par [278 auteurs](#) de 65 pays, dont cinq rattachés à des organismes de recherche basés en France, à partir de l'analyse de plus de 18 000 articles et études scientifiques cités dans l'ouvrage, constitue l'évaluation la plus à jour des connaissances scientifiques sur l'atténuation du changement climatique.

Le Citepa a construit un dossier de fond (DdF) qui vise à synthétiser les messages clés du SPM dans la première partie de ce dossier, tout en reprenant, dans la deuxième partie, les éléments de contexte sur le Giec et ses travaux en général déjà publiés dans les deux dossiers de fond du Citepa synthétisant les résumés à l'intention des décideurs des premier et deuxième volumes de l'AR6.

3^e volume du 6^e rapport d'évaluation : atténuation

Introduction

Le résumé à l'intention des décideurs (SPM) présente les principaux résultats de la contribution du Groupe de travail III (WG III) à l'AR6. Cette contribution, le 3^e volume de l'AR6, évalue les nouvelles informations et données sur l'atténuation du changement climatique basées sur de nombreuses analyses indépendantes de la littérature scientifique, technique et socio-économique disponible. Le 3^e volume de l'AR6 s'appuie sur le 3^e volume du précédent rapport d'évaluation du Giec (AR5 de 2014) et sur les rapports spéciaux publiés entre temps.

Sur la base des connaissances scientifiques, les principaux résultats et les principales conclusions peuvent être formulées dans le SPM soit comme des déclarations factuelles, soit des déclarations associées à un niveau de confiance évalué à l'aide du **langage calibré** du Giec (*voir section « Identification des limites des connaissances et des sources d'incertitude » p.46*). Ainsi, les niveaux de confiance associés à chaque élément de texte sont rapportés à l'aide de ce langage calibré. La base scientifique qui sous-tend chaque élément de texte du SPM est indiquée par des références aux éléments des chapitres concernés du rapport technique intégral et du résumé technique. Ces références sont indiquées par des accolades { } dans le SPM.

Le SPM comporte cinq chapitres :

- A. Introduction et cadrage,
- B. Evolutions récentes et tendances actuelles,
- C. Transformations des systèmes pour limiter le réchauffement,
- D. Liens entre atténuation, adaptation et développement durable,
- E. Renforcer la réponse

Le SPM suit la structure du rapport complet du 3^e volume du Giec. Chaque chapitre du SPM s'accompagne d'une mise en exergue des principales conclusions (*headline statements*) qui, rassemblées, constituent un résumé concis.

Dans la synthèse suivante du Citepa, les points clés de chacun des quatre chapitres B à E sont présentés en tête de chapitre sous forme d'encadrés sans fond de couleur. A noter que le chapitre A ne fait pas l'objet d'une synthèse dans ce Dossier de fond.

Les éléments indiqués en gras dans le corps du texte de la synthèse qui suit sont un ajout du Citepa par rapport au résumé d'origine du Giec.

Enfin, nous avons ajouté des sous-titres en violet pour la plupart des paragraphes associés aux « *headline statements* » pour permettre au lecteur d'identifier facilement et rapidement le sujet de ces paragraphes. Ils sont indiqués de la façon suivante :

La réduction des émissions de GES hors CO₂.

Quels sont les nouveaux éléments du 3^e volume de l'AR6 ?

► Nouveaux éléments de l'AR6 dans son ensemble

Par rapport aux évaluations précédentes du Giec, dans l'AR6, pour les trois rapports, l'accent est davantage mis sur les **solutions**, sur la **régionalisation** des informations et sur l'intégration entre les groupes de travail (par exemple, des encadrés sur des sujets spécifiques auxquels plus d'un groupe de travail a contribué et qui peuvent apparaître dans plusieurs rapports de l'AR6).

Autre nouveauté, tous les rapports de ce 6^e cycle du Giec couvrent avec plus d'attention le thème des **villes**, thème qui fera d'ailleurs l'objet d'un futur rapport spécial lors du prochain cycle d'évaluation (AR7).

► Nouveaux éléments du 3^e volume de l'AR6

Le volume 3 du 6^e rapport du Giec examine, analyse et fournit des estimations mises à jour, basées sur l'état de l'art des avancées récentes de la science, concernant :

- pour la première fois, les **aspects sociaux de l'atténuation**, en particulier les facteurs des modes de consommation et les possibilités de réduire les émissions du côté de la demande,
- pour la première fois, un chapitre consacré à **l'innovation et aux technologies**.

Comme dans les rapports précédents, ce 3 volume traite aussi des sujets suivants

- les synergies et les compromis entre atténuation et adaptation,
- les développements récents en matière d'émissions et d'atténuation,
- les trajectoires d'émissions et les efforts d'atténuation au cours du 21^{ème} siècle, en lien avec le rapport du Groupe de travail I,
- un chapitre sur l'atténuation et les trajectoires de développement à court et à moyen terme couvrant les perspectives nationales et évaluant l'impact global des engagements nationaux par rapport aux objectifs à plus long terme,
- les options d'atténuation, les risques et les co-bénéfices associés dans les domaines de l'énergie, de l'agriculture, de l'utilisation des terres, des villes, des bâtiments, des transports et de l'industrie,
- les options d'atténuation intersectorielles, notamment les techniques d'élimination du CO₂ (pour la première fois présentées dans un chapitre distinct),
- les actions nécessaires pour renforcer les efforts d'atténuation, couvertes dans les chapitres sur les institutions et la politique, la coopération internationale, le financement et le développement et le transfert de technologies.

► Définition de l'atténuation

L'atténuation est définie comme englobant les actions ou activités qui limitent les émissions de GES dans l'atmosphère et/ou réduisent leurs niveaux dans l'atmosphère. L'atténuation comprend la réduction des GES émis par la production et l'utilisation d'énergie (par exemple, en réduisant l'utilisation de combustibles fossiles) et l'utilisation des terres, ainsi que des méthodes pour atténuer le réchauffement, par exemple, par des puits de carbone qui éliminent les émissions de l'atmosphère par l'utilisation des terres ou d'autres mécanismes (y compris artificiels).

L'objectif ultime de l'atténuation est de préserver une biosphère capable de soutenir la civilisation humaine et l'ensemble des services écosystémiques qui l'entourent et la soutiennent. Cela signifie de réduire les émissions anthropiques de anthropiques vers un niveau net nul pour limiter le réchauffement, conformément aux objectifs mondiaux en matière de température fixés dans l'Accord de Paris (*voir encadré ci-dessous*). Pour que les stratégies d'atténuation soient efficaces, il faut comprendre les mécanismes qui sous-tendent les émissions de GES et les moyens techniques de les réduire. Les stratégies d'atténuation efficaces nécessitent une compréhension des mécanismes qui sous-tendent la libération des émissions, ainsi que des options techniques, politiques et sociétales permettant d'influencer ces mécanismes (*source : Giec, [Questions fréquemment posées](#), question n°1, 4 avril 2022*).

Article 2 de la Convention Climat (CCNUCC)

"L'objectif ultime de la présente Convention et de tous instruments juridiques connexes que la Conférence des Parties pourrait adopter est de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable".

Cet objectif s'est ensuite « traduit » concrètement par les deux objectifs en matière de limitation du réchauffement (limitation de la hausse des températures moyennes mondiales à +2°C et si possible à +1,5°C, conformément à l'article 2 de [l'Accord de Paris](#)).

La synthèse du Citepa qui suit n'est ni une synthèse officielle ni une traduction officielle du SPM, mais vise à en faire ressortir les points saillants pour les adhérents du Citepa.

B) Evolutions récentes et tendances actuelles

Points clés du chapitre

- sur la période 2010-2019, les émissions mondiales de GES ont atteint leur plus haut niveau historique ;
- en 2019, elles s'élevaient à 59 Gt CO₂e ;
- leur rythme de hausse annuel moyen (+1,3% / an) a ralenti par rapport à la période 2000-2009 (+2,1% / an) ;
- sur la période 1990-2019, les émissions de CO₂ issues de la combustion des combustibles fossiles et du secteur de l'industrie manufacturière ont connu la plus forte hausse *en absolu* (+15 Gt CO₂e) alors que celles des gaz fluorés ont connu la plus forte hausse *en relatif* depuis 1990 (+354%) ;
- les émissions cumulées historiques nettes de CO₂ de 1850 à 2019 se sont élevées à 2 400 Gt CO₂, dont 42% entre 1990 et 2019 (1 000 Gt CO₂e) ;
- le budget carbone restant depuis 2020 est estimé à 500 Gt CO₂ pour limiter le réchauffement à +1,5°C et à 1 100 Gt CO₂ pour limiter le réchauffement à +2°C ;
- l'humanité a déjà consommé 80% du budget carbone total pour respecter l'objectif +1,5°C. Il nous en reste donc 20% (soit un cinquième) ; l'humanité a déjà consommé deux-tiers du budget carbone total pour respecter l'objectif +2°C. Il nous en reste donc un tiers ;
- entre 2010 et 2019, l'intensité carbone mondiale (émissions de CO₂ par unité d'énergie primaire) a baissé de 0,3%/an, toutefois avec de fortes variations régionales ;
- l'intensité carbone mondiale devrait continuer à décroître encore plus rapidement, soit d'environ 3,5%/an entre 2020 et 2050 pour respecter l'objectif +2°C et de 7,7%/an pour respecter l'objectif +1,5°C ;
- en 2019, les émissions mondiales de GES par habitant en moyenne étaient de 7,8 t CO₂e/hab ;
- en 2019, la part des pays les moins avancés (PMA) dans les émissions mondiales totales de GES est estimée à 3,3% et celle des petits Etats insulaires en développement à 0,6% (hors CO₂ issu de l'UTCATF) ;
- entre 1850 et 2019, la part des PMA dans les émissions cumulées historiques de CO₂ issues de la combustion des combustibles fossiles et de l'industrie manufacturière était de moins de 0,4%, celle des petits Etats insulaires était de 0,5% (celle de l'Europe étant de 16% et celle de l'Amérique du Nord de 18%) ;
- en 2019, environ 48% de la population mondiale vivait dans des pays où le niveau d'émissions de GES/hab dépassait 6 t CO₂e/hab en moyenne, alors que 41% vivait dans des pays où il était de moins de 3 t CO₂/hab ;
- les 10% des ménages les plus riches représentent, à eux seuls, entre 34% et 45% des émissions mondiales de GES liées à la consommation, alors que les 50% des ménages les plus pauvres contribuent entre 13% et 15% ;
- sur la période 2010-2019, les coûts unitaires de plusieurs énergies renouvelables ont baissé : énergie solaire (-85%), éolien (-55%) batteries lithium-ion (-85%), et leur déploiement s'est nettement amplifiée à travers le monde (d'un facteur 10 pour le solaire, d'un facteur 100 pour les véhicules électriques,...) ;
- les flux de financement annuels totaux recensés et comptabilisés pour l'atténuation et l'adaptation ont progressé de 60% entre 2013-2014 et 2019-2020 mais la progression moyenne a ralenti depuis 2018 ;
- les flux de financement public et privé en faveur des combustibles fossiles sont toujours plus importants que ceux en faveur de l'adaptation et de l'atténuation ;
- si les NDC soumises ou annoncées avant la COP-26, compatibles avec l'objectif 2°C, étaient mises en œuvre, les émissions mondiales connaîtraient une réduction, d'abord comprise entre -0 et -0,7 Gt CO₂e/an en moyenne d'ici 2030, puis comprise entre -1,4 et -2 Gt CO₂e/an sur la période 2030-2050 ;
- si les tendances d'exploitation se poursuivent et sans captage et stockage du CO₂ supplémentaire, les émissions cumulées projetées de CO₂ des infrastructures à base de combustibles fossiles *existantes* depuis 2018 jusqu'à la fin de leur vie s'élèveraient à 660 Gt CO₂ (voire à 850 Gt CO₂ si sont prises en compte les futures émissions de CO₂ provenant des installations de production d'électricité *actuellement prévues*). En d'autres termes, les émissions de CO₂ des installations de production d'électricité en service dépasseraient le budget carbone restant pour demeurer sous le seuil de +1,5°C. Si celles planifiées s'y sont ajoutées, l'ensemble de ces installations consommeraient la quasi-totalité du budget carbone restant pour respecter l'objectif +2°C.

► **B.1 - Les émissions anthropiques nettes de GES ont continué d'augmenter entre 2010 et 2019, mais moins rapidement qu'entre 2000 et 2009. Les émissions annuelles moyennes de GES sur la période 2010-2019 étaient plus élevées que pendant toutes les décennies précédentes [C].**

Emissions historiques de GES : tendances générales

B.1.1. En 2019, les émissions anthropiques mondiales nettes de GES se sont élevées à **59 Gt CO₂e**, soit une hausse d'environ **12%** (+6,5 Gt CO₂e) par rapport au niveau de **2010** et une hausse d'environ **54%** (+21 Gt CO₂e) par rapport au niveau de **1990**.

Les émissions annuelles moyennes de GES pendant la décennie **2010-2019** étaient de **56 Gt CO₂e/an**, soit 9,1 Gt CO₂e/an de plus que pendant la décennie 2000-2009. Il s'agit de la plus forte hausse décennale des émissions de GES jamais enregistrée.

Le rythme annuel moyen de croissance des émissions de GES a cependant ralenti, en passant de +2,1%/an sur la période 2000-2009 à +1,3%/an sur la période **2010-2019 [C]**.

Emissions de GES : tendances par gaz et par secteur

B.1.2. La progression des émissions anthropiques de tous les principaux GES se poursuit depuis 1990, quoique à des rythmes différents. En 2019, ce sont les **émissions de CO₂ issues de la combustion des combustibles fossiles et du secteur de l'industrie manufacturière (CO₂-FFI²)** qui connaissent la plus forte progression *en absolu* (+15 Gt CO₂e sur la période **1990-2019**), suivies de celles du **CH₄** (+2,4 Gt CO₂e). En revanche, ce sont les émissions de **gaz fluorés** qui enregistrent la progression la plus forte *en relatif* depuis 1990 (+354% sur la période **1990-2019**) où leurs niveaux étaient faibles [C] (voir figure SPM.1 ci-dessous).

Les émissions anthropiques nettes de CO₂ du secteur de **l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et forêt (CO₂-LULUCF)³** sont estimées avec de fortes incertitudes et connaissent une forte variabilité interannuelle. Le Giec fait état d'un **faible degré de confiance** sur ces tendances à long terme de ce secteur, qui génère à la fois des absorptions de carbone et des émissions [C].

Emissions cumulées de CO₂ depuis 1850 et budget carbone

B.1.3. Les émissions cumulées historiques nettes de CO₂ de 1850 à 2019 se sont élevées à **2 400 Gt CO₂ [C]**, dont plus de la moitié (**58%**) se sont produites **entre 1850 et 1989** (1 400 Gt CO₂), environ **42% entre 1990 et 2019** (1 000 Gt CO₂), et environ **17% entre 2010 et 2019** (410 Gt CO₂) (avec émissions et absorptions du secteur UTCATF prises en compte).

Le **budget carbone restant** depuis 2020 est estimé :

- à **500 Gt CO₂** pour limiter (avec une probabilité de 50%) le réchauffement à **+1,5 °C** et,
- à **1 100 Gt CO₂** pour limiter (avec une probabilité de 67%) le réchauffement à **+2 °C**.

[A noter que d'après le PNUE dans son Emissions Gap Report de 2021 ([lire notre article](#)) les émissions mondiales de CO₂ issues de la combustion des combustibles fossiles et du secteur UTCATF s'étaient élevées en 2019 à environ 46 Gt CO₂. Si les émissions mondiales continuaient à ce même rythme, le budget carbone restant serait intégralement consommé d'ici une dizaine d'années (vers 2031) pour l'objectif +1,5°C].

La quantité des budgets carbone restants dépend du volume des émissions de GES hors CO₂ qui seront réduites et elle est liée à des incertitudes géophysiques.

Sur la période 2010-2019, les émissions nettes cumulées de CO₂ sont à peu près l'équivalent du budget carbone qui reste pour limiter (avec une probabilité de 50%) le réchauffement à +1,5°C. [En clair, si les émissions poursuivent cette tendance sur 2020-2029, ce budget sera épuisé].

Les émissions cumulées historiques nettes de CO₂ de 1850 à 2019 représentent environ :

- **quatre-cinquièmes du budget carbone** total pour limiter (avec une probabilité de 50%) le réchauffement à **+1,5 °C** (budget carbone total estimé à **2 900 Gt CO₂**) et,

² Défini par le Giec dans le résumé via l'acronyme CO₂-FFI (FFI en anglais : *fossil fuels and industry*).

³ Défini par le Giec dans le résumé via l'acronyme CO₂-LULUCF (UTCATF).

- deux-tiers du budget carbone total pour limiter (avec une probabilité de 67%) le réchauffement à +2 °C (budget carbone total estimé à 3 550 Gt CO₂).

Impact du Covid-19 sur les émissions de GES

B.1.4. Les émissions de CO₂ issues de la combustion des combustibles fossiles et de l'industrie manufacturière (CO₂-FFI) ont diminué de façon temporaire au cours de la première moitié de 2020 en raison des mesures mises en place pour endiguer la pandémie de Covid-19 [C] mais elles ont connu un rebond avant même la fin de l'année 2020 [C].

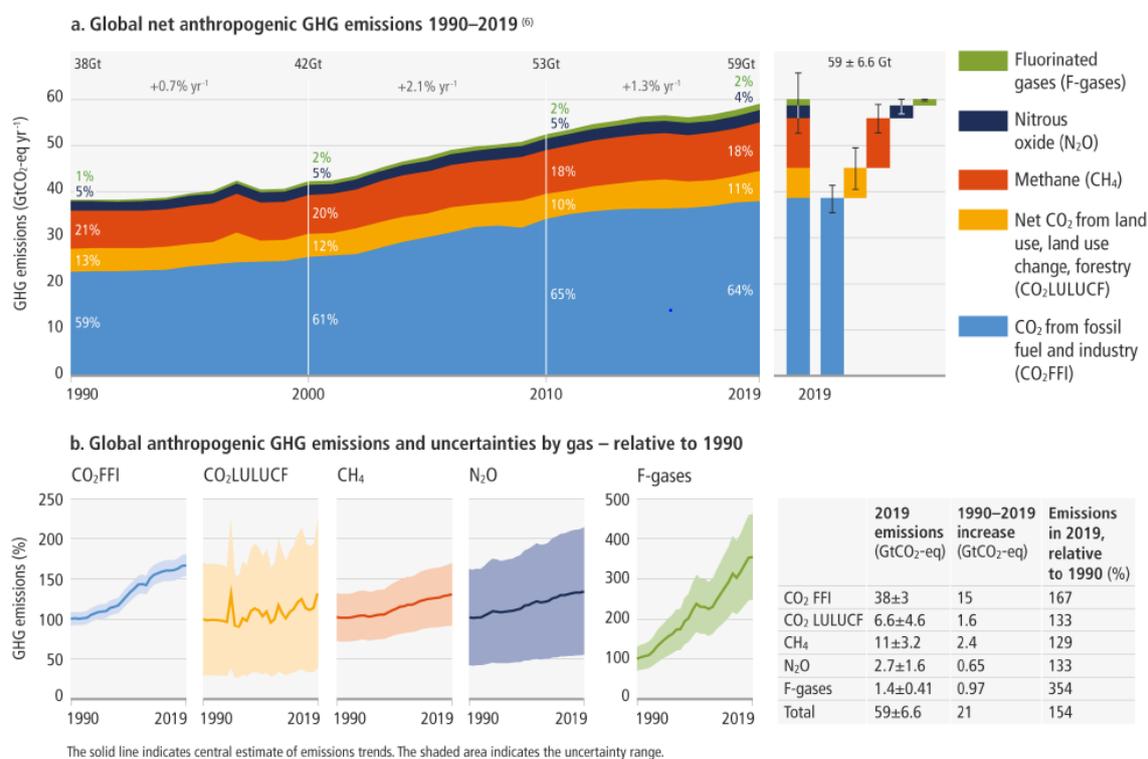
Ces émissions ont connu une baisse d'environ 5,8% (-2,2 Gt CO₂) en 2020 par rapport à 2019 [C].

L'impact de cette crise sur les émissions de tous les GES (et non le seul CO₂) n'a pu être évalué dans ce rapport du Giec en raison du manque de données d'émissions sur les autres gaz à effet de serre pour l'année 2020.

Figure SPM.1 :

Graphique (a) : évolution des émissions anthropiques mondiales nettes de GES tous GES confondus (en Gt CO₂e/an) 1990-2019

Graphique (b) : évolution des émissions anthropiques mondiales de GES et les incertitudes, par GES 1990-2019 (en Gt CO₂e/an et en %)



Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation (p.6).

► B.2 - Les émissions mondiales de GES ont augmenté depuis 2010 dans tous les grands secteurs. Une part croissante des émissions de GES peut être attribuée aux zones urbaines. Les émissions de CO₂ issues de la combustion des combustibles fossiles et des procédés industriels ont été réduites à la suite d'améliorations de l'intensité énergétique du PIB [énergie primaire totale par unité de PIB] et de l'intensité carbone de l'énergie [émissions de CO₂-FFI par unité d'énergie primaire]. Cette baisse a néanmoins été moins forte que les hausses d'émissions de GES induites par une augmentation des niveaux d'activités dans l'industrie, la production d'énergie, les transports, l'agriculture et les bâtiments [C].

Emissions de GES : répartition par secteur

B.2.1. En 2019, les émissions anthropiques totales nettes de GES se répartissaient ainsi :

- 34% (soit 20 Gt CO₂e) provenaient de secteur de la **production/distribution d'électricité et de chaleur**,
- 24% (soit 14 Gt CO₂e) de l'**industrie**,
- 22% (soit 13 Gt CO₂e) de l'agriculture, de la forêt et autres utilisations des terres (**AFOLU**),
- 15% (soit 8,7 Gt CO₂e) des **transports**,
- 6% (soit 3,3 Gt CO₂e) du secteur des **bâtiments résidentiels et tertiaires**.

Si les émissions indirectes de GES⁴ sont attribuées aux secteurs consommateurs d'énergie finale, **90% de ces émissions indirectes sont attribués à l'industrie et aux bâtiments résidentiels/tertiaires**, faisant passer leur part relative dans les émissions anthropiques totales nettes de GES de 24% à 34% pour l'industrie et de 6% à 16% pour le résidentiel-tertiaire. Après cette réattribution des émissions de GES provenant de la production/distribution d'électricité et de chaleur, la part du secteur de la production de l'énergie dans les émissions anthropiques totales nettes de GES passe de 34% à 12% environ [C]. Ainsi, selon une approche centrée sur les secteurs consommateurs de l'énergie, **c'est le secteur de l'industrie qui, dans le monde, est le premier secteur émetteur de GES en 2019**.

Emissions de GES : tendances par secteur

Les émissions continuent d'augmenter (le pic n'est toujours pas atteint), même si elles augmentent globalement moins vite que dans les années 2000. Tous les secteurs ne participent pas également à cette évolution.

B.2.2. Par rapport au rythme observé dans les années 2000 - (2000-2009), le **rythme de hausse des émissions annuelles moyennes de GES** dans les années 2010 (2010-2019) a ralenti dans le secteur de la **production/distribution d'électricité** et de chaleur (en passant de 2,3%/an à 1,0%/an) et dans le secteur de l'**industrie** (en passant de 3,4%/an à 1,4%/an). En revanche, dans le secteur des **transports**, le rythme de hausse des émissions est resté plus constant (environ +2%/an) [C].

La progression des émissions de GES dans le secteur **AFOLU** (qui englobe les émissions de l'agriculture [essentiellement le CH₄ et le N₂O], de la forêt et d'autres utilisations des terres (essentiellement le CO₂) est plus incertaine que dans d'autres secteurs, étant donné la part importante des émissions de CO₂-LULUCF et les fortes incertitudes les concernant [C]. Environ la moitié des émissions totales nettes de GES du secteur AFOLU proviennent du CO₂-LULUCF, principalement de la déforestation [C].

B.2.3. La part mondiale des émissions de GES qui peut être attribuée aux **zones urbaines** augmente. En 2015, les émissions de GES attribuées aux zones urbaines ont été estimées à 25 Gt CO₂e (soit environ 62% du total mondial). En 2020, cette part est passée à 29 Gt CO₂e (**entre 67 et 72%** du total mondial). Parmi les multiples facteurs qui ont une influence sur les émissions de GES des zones urbaines figurent la taille de la population, le niveau de revenu, l'état d'urbanisation et la structuration urbaine [C].

Intensité énergétique et intensité carbone en baisse

B.2.4. Entre 2010 et 2019 :

- l'**intensité énergétique mondiale** a diminué de 2%/an, et
- l'**intensité carbone mondiale** a baissé de 0,3%/an, toutefois avec de fortes variations régionales, essentiellement du fait de la substitution du charbon par le gaz, d'une réduction de la progression de la capacité de production d'électricité par le charbon, et d'un recours accru aux énergies renouvelables. Il s'agit d'un inversement de la tendance observée sur la période 2000-2009.

A titre de comparaison, selon les projections, l'**intensité carbone mondiale** devrait continuer à décroître encore plus rapidement **entre 2020 et 2050** :

- d'environ **3,5%/an** pour respecter (avec une probabilité de 67%) l'objectif +2 °C,
- d'environ **7,7%/an** pour respecter, ou dépasser légèrement, (avec une probabilité de 50%) l'objectif +1,5 °C [C].

⁴ C'est-à-dire l'attribution des émissions de GES provenant de la production/distribution d'électricité et de chaleur aux secteurs qui consomment l'énergie finale.

► **B.3 - Les contributions des différentes régions du monde aux émissions de GES continuent à être fortement contrastées. Des variations, entre régions ou pays, des émissions par habitant reflètent des différents stades de développement mais elles diffèrent fortement aussi à des niveaux de revenu similaires. Les 10% des ménages les plus riches représentent une part disproportionnellement importante. Au moins 18 pays ont pu réaliser des réductions d'émissions de GES pendant plus de 10 ans [C].**

Emissions de GES par habitant par catégorie de pays

B.3.1. Les tendances en matière d'émissions de GES sur la période 1990-2019 varient fortement en fonction des régions, de l'année et du stade de développement du pays concerné (voir Figure SPM.2 ci-dessous).

Sur cette période, les **émissions anthropiques mondiales moyennes de GES par habitant** ont progressé, en passant de 7,7 t CO₂e/hab en 1990 à **7,8 t CO₂e/hab en 2019**, la fourchette de variation allant de 2,6 t CO₂e/hab à 19 t CO₂e/hab. Les pays les moins avancés (PMA) et les petits Etats insulaires en développement ont un niveau d'émissions de GES/hab nettement plus faible (respectivement 1,7 t CO₂e/hab et 4,6 t CO₂e/hab) que le niveau moyen mondial (6,9 t CO₂e/hab) (hors CO₂-LULUCF) [C]. En 2019, la part des PMA dans les émissions mondiales totales de GES est estimée à 3,3% et celle des petits Etats insulaires en développement à 0,6% (hors CO₂-LULUCF) [Note en bas de page n° 18].

Part historique des régions aux émissions cumulées de CO₂

B.3.2. Les contributions historiques aux émissions anthropiques nettes cumulées de CO₂ entre 1850 et 2019 tous secteurs confondus, de même que les contributions aux émissions de CO₂-FFI (1 650 Gt CO₂) et aux émissions nettes de CO₂-LULUCF (760 Gt CO₂), varient sensiblement en fonction des régions. Au niveau mondial, la majorité des émissions de CO₂-FFI se concentre dans quelques régions (Amérique du Nord, Europe, et plus récemment Asie orientale aussi,...) (voir Figure SPM.2, partie (d) ci-dessous). [En d'autres termes, historiquement, les pays développés demeurent les principaux pays responsables du réchauffement climatique].

Entre 1850 et 2019, la part dans les émissions cumulées historiques de CO₂-FFI est [C] :

- de moins de **0,4%** pour les **PMA**,
- de **0,5%** pour les **petits Etats insulaires en développement**,
- (et à titre de comparaison) de **16%** pour l'**Europe** et d'environ **18%** pour l'**Amérique du Nord**.

Emissions de GES par habitant en fonction de la richesse des ménages

B.3.3. En 2019, environ **48%** de la population mondiale vivait dans des pays où le niveau d'émissions de GES/hab dépassait en moyenne **6 t CO₂e/hab** (hors CO₂-LULUCF), dont **35%** vivait dans des pays où le niveau dépassait **9 t CO₂e/hab**. En revanche, **41%** de la population mondiale vivait dans des pays où le niveau d'émissions de GES/hab était inférieur à **3 t CO₂/hab** [C].

B.3.4. Au niveau mondial, les **10%** des ménages les plus riches représentent, à eux seuls, entre **34% et 45%** des émissions mondiales de GES des ménages liées à la consommation.

Les **40%** des ménages en situation intermédiaire représentent **entre 40% et 53%** de ces émissions.

Les **50%** des ménages les plus pauvres contribuent **entre 13% et 15%** de ces émissions [C].

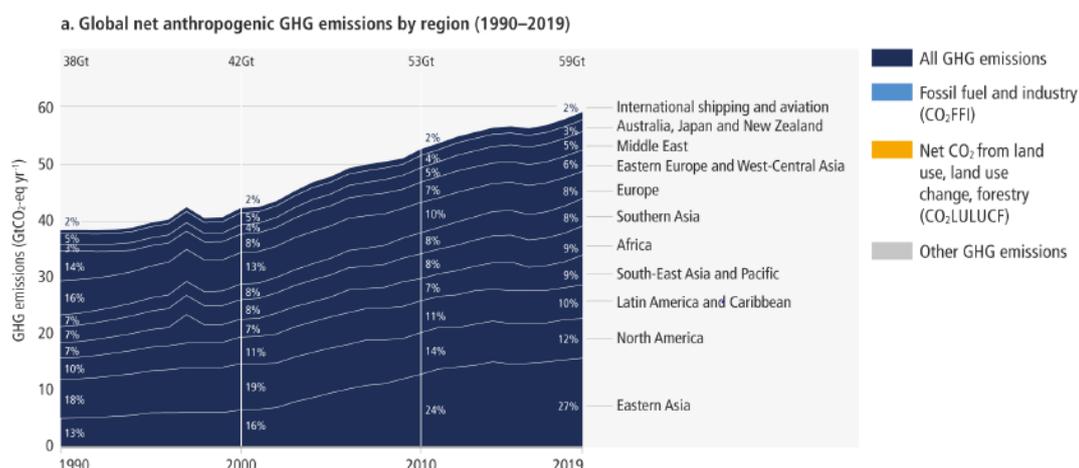
Figure SPM.2

Graphique (a) : Emissions anthropiques mondiales nettes de GES par région 1990-2019 (en Gt CO₂e/an).

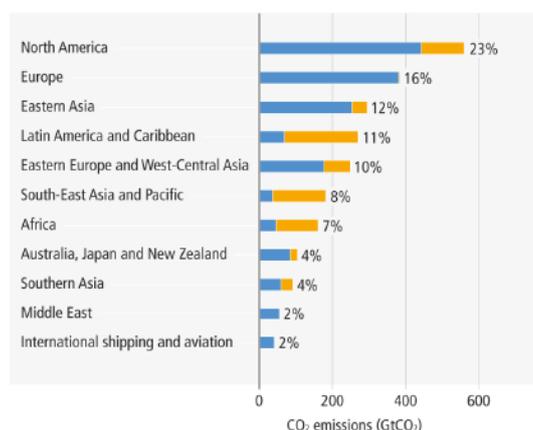
Graphique (b) : Emissions anthropiques cumulées nettes de CO₂ par région 1850-2019 (part en %). En bleu, celles issues de la combustion des combustibles fossiles et de l'industrie manufacturière. En jaune, celles issues de l'UTCATF.

Graphique (c) : Emissions anthropiques nettes de GES par habitant et rapportées à la population totale (millions), par région (2019). En abscisses, en t CO₂e/hab et en ordonnées, la population totale.

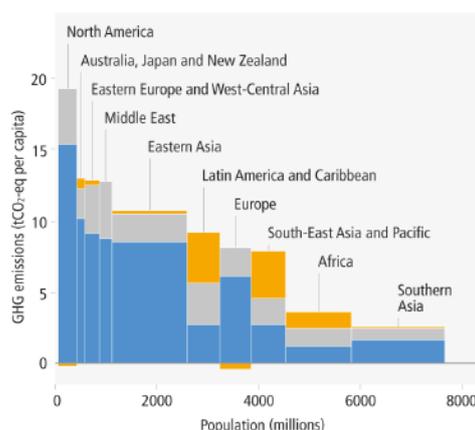
Graphique (d) : Indicateurs régionaux (2019) et comptabilisation des émissions de GES par l'approche territoriale (basée sur la production) et l'approche consommation, par région (2018).



b. Historical cumulative net anthropogenic CO₂ emissions per region (1850–2019)



c. Net anthropogenic GHG emissions per capita and for total population, per region (2019)



d. Regional indicators (2019) and regional production vs consumption accounting (2018)

| | Africa | Australia, Japan, New Zealand | Eastern Asia | Eastern Europe, West-Central Asia | Europe | Latin America and Caribbean | Middle East | North America | South-East Asia and Pacific | Southern Asia |
|---|--------|-------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------|-----------------------------|-------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| Population (million persons, 2019) | 1292 | 157 | 1471 | 291 | 620 | 646 | 252 | 366 | 674 | 1836 |
| GDP per capita (USD1000 ₂₀₁₇ per person) ¹ | 5.0 | 43 | 17 | 20 | 43 | 15 | 20 | 61 | 12 | 6.2 |
| Net GHG 2019² (production basis) | | | | | | | | | | |
| % GHG contributions | 9% | 3% | 27% | 6% | 8% | 10% | 5% | 12% | 9% | 8% |
| GHG emissions intensity (tCO ₂ -eq / USD1000 ₂₀₁₇) | 0.78 | 0.30 | 0.62 | 0.64 | 0.18 | 0.61 | 0.64 | 0.31 | 0.65 | 0.42 |
| GHG per capita (tCO ₂ -eq per person) | 3.9 | 13 | 11 | 13 | 7.8 | 9.2 | 13 | 19 | 7.9 | 2.6 |
| CO₂FFI, 2018, per person | | | | | | | | | | |
| Production-based emissions (tCO ₂ FFI per person, based on 2018 data) | 1.2 | 10 | 8.4 | 9.2 | 6.5 | 2.8 | 8.7 | 16 | 2.6 | 1.6 |
| Consumption-based emissions (tCO ₂ FFI per person, based on 2018 data) | 0.84 | 11 | 6.7 | 6.2 | 7.8 | 2.8 | 7.6 | 17 | 2.5 | 1.5 |

¹ GDP per capita in 2019 in USD2017 currency purchasing power basis.

² Includes CO₂FFI, CO₂LULUCF and Other GHGs, excluding international aviation and shipping.

The regional groupings used in this figure are for statistical purposes only and are described in Annex II, Part I.

Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation (p. 11).

► **B.4 -Les coûts unitaires de technologies bas-carbone, et notamment des énergies renouvelables, baissent sans discontinuer depuis 2010. Des politiques axées sur l'innovation ont permis ces réductions de coût, ont soutenu la mise en œuvre de ces technologies, et ont contribué à surmonter leurs impacts redistributifs, environnementaux et sociaux. L'innovation tarde à intervenir dans les pays en développement du fait de conditions moins favorables. La numérisation peut permettre la réalisation de réductions d'émissions de GES, mais elle peut engendrer des effets pervers si elle ne fait pas l'objet d'une gouvernance appropriée [C].**

Evolution des coûts unitaires des technologies bas-carbone

B.4.1. La période 2010-2019 a vu des baisses soutenues des coûts unitaires de l'énergie solaire (-85%), de l'éolien (-55%) et des batteries lithium-ion (-85%), et une importante intensification de leur déploiement, par exemple, d'un facteur 10 pour le solaire et d'un facteur 100 pour les véhicules électriques, toutefois avec de fortes variations régionales [C].

Diffusion des technologies bas-carbone : facteurs incitatifs et facteurs limitants

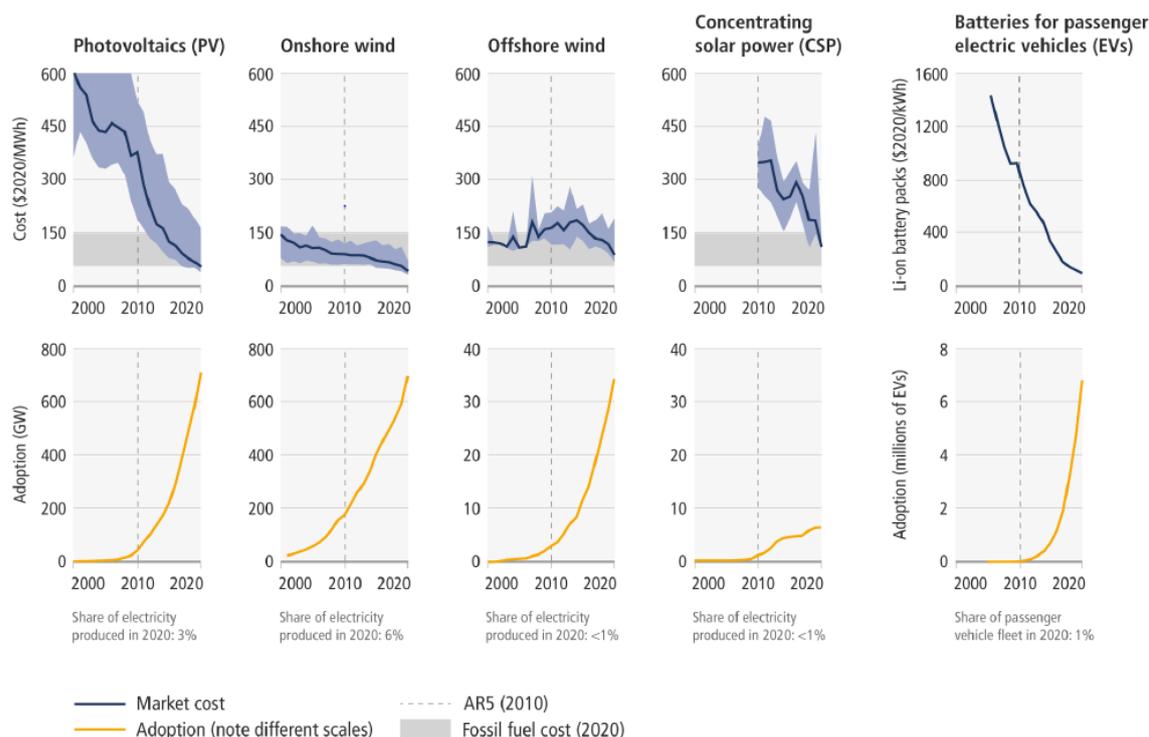
B.4.2. Des politiques et mesures adaptées aux contextes nationaux et aux caractéristiques technologiques ont eu un effet bénéfique en soutenant la diffusion de l'innovation et des technologies bas-carbone. L'innovation a permis de baisser les émissions de GES et de réduire la croissance des émissions de GES, tout en engendrant des co-bénéfices sociaux et environnementaux [C]. La mise en œuvre des technologies bas-carbone tarde à intervenir dans la plupart des pays en développement, notamment les PMA, en partie du fait des conditions moins favorables, dont un manque de financement, un manque de développement et de transfert des technologies et un manque de capacités. Dans de nombreux pays, notamment ceux ayant des capacités institutionnelles limitées, plusieurs effets pervers ont été observés suite à la diffusion des technologies bas-carbone, par exemple, des emplois à faible valeur, la dépendance au savoir-faire et aux fournisseurs étrangers. L'innovation bas-carbone, ainsi que les conditions favorables renforcées, peuvent renforcer les bénéfices en termes de développement, ce qui peut engendrer une meilleure adhésion publique aux politiques [C].

Figure SPM.3

Réduction des coûts unitaires des énergies renouvelables et leur mise en œuvre 2000-2020

Graphiques du haut : Coûts unitaires du solaire photovoltaïque, de l'éolien terrestre et offshore, de l'énergie solaire à concentration et des batteries destinées aux véhicules électriques (en \$ US 2020/MWh)

Graphiques du bas : Mise en œuvre de ces technologies (en GW) et part dans la production mondiale d'électricité en 2020 (en %)



Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation (p.13).

► **B.5** - Les politiques et la législation visant l'atténuation se sont amplifiées depuis la publication de l'AR5 (2014). Ceci a permis d'éviter des émissions et d'accroître les investissements dans les technologies et les infrastructures bas-carbone. La couverture des émissions de GES par les politiques est hétérogène selon les secteurs visés. Les progrès réalisés pour aligner les flux de financement sur l'Accord de Paris demeurent lents. Les flux de financement recensés sont répartis inégalement dans les différentes régions et les différents secteurs [C].

L'impact sur les émissions des instruments juridiques internationaux

B.5.1. Le Protocole de Kyoto a conduit à une réduction d'émissions de GES dans certains pays et a contribué à construire les capacités nationales et internationales pour la comptabilisation, le rapportage des émissions de GES et les marchés carbone [C]. Au moins 18 pays auxquels le Protocole de Kyoto avait assigné des engagements de réduction au titre de la première période d'engagement (2008-2012) ont réalisé des réductions soutenues d'émissions de GES en absolu pendant au moins une décennie à partir de 2005 [C]. L'Accord de Paris, avec une participation quasi-universelle, a conduit à l'élaboration de politiques et à la fixation d'objectifs aux niveaux national et infranational, notamment en matière d'atténuation. Il a également conduit à une transparence renforcée des actions climat et du soutien international [C].

L'action climat aux niveaux national et infranational

B.5.2. La mise en œuvre de différents instruments politiques visant la réduction des émissions de GES aux niveaux national et infranational s'est amplifiée dans plusieurs secteurs [C]. En 2020, plus de 20% des émissions mondiales de GES étaient couvertes par des taxes carbone ou des systèmes d'échange de quotas d'émission, même si la couverture et les prix n'ont pas été suffisants pour réaliser de fortes réductions [C]. En 2020, 56 pays représentant 53% des émissions mondiales de GES ont adopté une législation climat axée essentiellement sur les réductions d'émissions de GES [C]. Les politiques en place ne couvrent que de façon limitée les émissions de GES provenant de l'agriculture et de la production des matériaux industriels et des matières premières [C].

L'impact sur les émissions des politiques et mesures nationales

B.5.3. Dans plusieurs pays, les politiques mises en place ont amélioré l'efficacité énergétique, réduit le rythme de déforestation et accéléré le déploiement des technologies, ce qui a permis d'éviter et, dans certains cas, de réduire ou d'absorber les émissions de GES [C]. Les politiques d'atténuation ont permis d'éviter des émissions mondiales de plusieurs Gt CO₂e/an [C]. Le nombre croissant d'actes législatifs et réglementaires ont eu un impact sur les émissions mondiales de GES, ayant notamment conduit à une réduction de 5,9 Gt CO₂e/an en 2016 [C].

Les flux de financement public et privé international

B.5.4. Les flux de financement annuels totaux recensés et comptabilisés [par l'OCDE] pour l'atténuation et l'adaptation ont progressé de 60% entre 2013-2014 et 2019-2020 mais la progression moyenne a ralenti depuis 2018 [C]. Ces flux de financement demeurent essentiellement axés sur l'atténuation, ne sont pas égaux et se sont développés de manière hétérogène dans les différentes régions et les différents secteurs [C]. En 2018, les flux de financement publics et privés mobilisés par les pays industrialisés en faveur des pays en développement n'ont pas atteint l'objectif collectif des 100 milliards de \$ US/an fixé par l'Accord de Copenhague (2009), puis formalisé par les Accords de Cancún (2010), et reconfirmé par l'Accord de Paris (2015) [C]. Les flux de financement public et privé en faveur des combustibles fossiles sont toujours plus importants que ceux en faveur de l'adaptation et de l'atténuation [C]. Les marchés d'obligations vertes, les produits ESG (environnementaux, sociaux et de gouvernance) et les produits de la finance durable se sont considérablement développés depuis la publication de l'AR5. Des défis demeurent en ce qui concerne l'intégrité et l'additionnalité, ainsi que l'applicabilité limitée de ces marchés à de nombreux pays en développement [C].

► **B.6** - Même si les NDC soumises et annoncées en amont de la COP-26⁵ étaient mises en œuvre, il est **probable** que l'objectif de +1,5°C ne soit pas atteint et qu'une accélération rapide des efforts d'atténuation après 2030 soit nécessaire pour respecter l'objectif de +2°C [C].

L'impact des NDC-2 sur les émissions en 2030 : écart entre science et ambition

B.6.1. Les politiques mises en œuvre fin 2020 devraient conduire à un niveau d'émissions de GES en 2030 (57 Gt CO₂e) supérieur à ceux impliqués par la mise en œuvre des NDC (fourchette comprise entre 50 et 53 Gt CO₂e), ce qui indique un écart entre les politiques existantes et l'ambition des NDC (*implementation gap*) (voir tableau SPM.X ci-dessous).

Par ailleurs, un écart demeure entre, d'une part, le niveau d'émissions mondiales en 2030 résultant de la mise en œuvre des NDC soumises et annoncées avant la COP-26 et d'autre part, le niveau d'émissions de GES résultant des trajectoires d'émissions impliquant une **action immédiate** [c'est-à-dire l'adoption, entre 2020 et 2025 au plus tard, de politiques climat visant à limiter le réchauffement à un niveau donné]⁶. L'amplitude de l'écart dépend de deux paramètres : le niveau de réchauffement pris en compte (+1,5°C, +2°C, etc.) et si seuls les objectifs inconditionnels⁷ des NDC sont pris en compte ou les objectifs tant inconditionnels que conditionnels⁸ des NDC [C] (voir tableau SPM.X ci-dessous).

Tableau SPM.X

Les émissions mondiales projetées en 2030 sur la base des politiques mises en œuvre fin 2020, des NDC soumises et annoncées avant la COP-26, et l'écart entre l'ambition et la science

| Gt CO ₂ e/an | Sur la base des politiques mises en œuvre fin 2020 (scénario avec mesures existantes) | Sur la base des NDC soumises ou annoncées avant la COP-26 | |
|---|---|---|---|
| | | Objectifs inconditionnels uniquement | Objectifs inconditionnels + conditionnels |
| Médiane (min - max) | 57 (52-60) | 53 (50-57) | 50 (47-55) |
| Ecart en matière de mise en œuvre entre les politiques existantes et les NDC | | 4 | 7 |
| Ecart en matière d'émissions entre les NDC et les trajectoires compatibles avec +2°C (>67%) avec action immédiate | | 10-16 | 6-14 |
| Ecart en matière d'émissions entre les NDC et les trajectoires compatibles avec +1,5°C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité et avec action immédiate | | 19-26 | 16-23 |

Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation (p. 16).

L'impact des NDC sur les émissions en 2030 : évolution entre les NDC-1 et les NDC-2

B.6.2. Le niveau d'émissions mondiales de GES en 2030 sur la base de la mise en œuvre des NDC soumises ou annoncées avant la COP-26 est inférieur à celui qui résulterait de la mise en œuvre des NDC-1 (soumises à la CCNUCC en 2015-2016) [C]. L'écart initial entre la science et l'ambition a baissé [C] :

- passant d'environ 20% à un tiers par rapport aux trajectoires d'émissions compatibles avec un réchauffement à +2°C (>67%) avec l'action immédiate,
- d'environ 15-20% par rapport aux trajectoires d'émissions compatibles avec un réchauffement à +1,5°C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité.

⁵ [C'est-à-dire avant le 11 octobre 2021, date limite pour l'intégration des informations dans le 3^e volume de l'AR6].

⁶ Cet écart est connu sous le nom de l'écart en matière d'émissions (*emissions gap*), c'est-à-dire l'écart entre la science et l'ambition. Il fait l'objet d'un rapport annuel réalisé par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE - [lire notre article sur le rapport 2021](#)).

⁷ Objectifs prévus quoi qu'il arrive.

⁸ Objectifs conditionnés à un soutien des pays industrialisés (financement, renforcement des capacités, transfert de technologies), fixés dans les NDC essentiellement par les pays en développement, au premier rang desquels les petits Etats insulaires et les pays les moins avancés.

Rythmes annuels de réduction des émissions impliqués par les NDC-2

B.6.3. Si les NDC soumises ou annoncées avant la COP-26, compatibles avec l'objectif 2 °C, étaient mises en œuvre, les émissions mondiales connaîtraient une réduction, d'abord comprise entre -0 et -0,7 Gt CO₂e/an en moyenne d'ici 2030, puis comprise entre -1,4 et -2 Gt CO₂e/an sur la période 2030-2050 [C]. La poursuite des investissements dans les infrastructures à fortes émissions et sans captage/stockage du CO₂ et un faible niveau de développement et de déploiement des options à faibles émissions avant 2030 empêcheraient cette accélération du rythme annuel de réduction et accroîtraient des risques de faisabilité [C].

Impact des NDC-2 sur le réchauffement

B.6.4. Il est *probable* que les trajectoires d'émissions mondiales de GES sur la base des NDC soumises ou annoncées avant la COP-26 conduisent à un dépassement du seuil de +1,5 °C au cours du 21^e siècle. Ces trajectoires qui font ensuite baisser le réchauffement à +1,5 °C d'ici 2100 (>50%) impliquent un dépassement du réchauffement compris entre +0,15 °C-+0,3 °C. En suivant de telles trajectoires, les émissions nettes négatives⁹ cumulées de CO₂ seraient de -380 [-860 à -200] Gt CO₂ au cours de la 2^e moitié du 21^e siècle et il y aurait une accélération rapide d'autres efforts d'atténuation dans tous les secteurs après 2030 [C].

► **B.7 - A** elles seules, les émissions cumulées projetées de CO₂ générées par les infrastructures existantes et prévues fonctionnant aux combustibles fossiles (sans captage et stockage du CO₂ supplémentaire) pendant toute leur durée de vie, sont supérieures au budget d'émissions de CO₂ total pour limiter le réchauffement à +1,5 °C ou presque (>50%), et sont à peu près du même niveau que le budget d'émissions totales pour l'objectif +2 °C (>67%) [C].

Emissions projetées de CO₂ issues des infrastructures à base de fossiles sans captage et stockage du CO₂ (CSC)

B.7.1. Si les tendances d'exploitation se poursuivent et sans captage et stockage du CO₂ supplémentaire, les émissions cumulées projetées de CO₂ des infrastructures à base de combustibles fossiles existantes (dont la majorité sont dans le secteur de la production d'électricité) depuis 2018 jusqu'à la fin de leur vie s'élèveraient à 660 [460-890] Gt CO₂. Elles s'élèveraient à 850 [600-1 100] Gt CO₂ si sont prises en compte les futures émissions de CO₂ provenant des installations de production d'électricité planifiées aujourd'hui. Ces niveaux d'émissions sont à comparer avec les émissions mondiales nettes cumulées de CO₂ tous secteurs confondus, jusqu'au moment d'atteindre zéro émission nette de CO₂ [C] :

- de 510 [330-710] Gt CO₂ dans les trajectoires limitant le réchauffement à +1,5 °C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité,
- de 890 [640-1 160] Gt CO₂ dans les trajectoires limitant le réchauffement à +2 °C (>67%).

[En d'autres termes, les émissions de CO₂ des installations de production d'électricité à base de combustibles fossiles en service dépasseraient le budget carbone restant pour demeurer sous le seuil de +1,5 °C. Si celles planifiées s'y sont ajoutées, l'ensemble de ces installations consommeraient la quasi-totalité du budget carbone restant pour respecter l'objectif +2 °C].

Il est nécessaire de limiter au maximum l'utilisation actuelle et future des fossiles pour produire de l'électricité

B.7.2. Dans les trajectoires d'émissions mondiales qui limitent le réchauffement à +2 °C (>67%) ou moins, avant d'atteindre zéro émission nette de CO₂, la plupart des émissions résiduelles de CO₂ issues des infrastructures fonctionnant aux combustibles fossiles devraient être limitées à d'autres secteurs que celui de la production d'électricité, principalement dans les secteurs de l'industrie et des transports. Le **déclassement** et l'**utilisation réduite des installations existantes** de production d'électricité à base de combustibles fossiles, l'équipement rétroactif des installations existantes de dispositifs de CSC, le passage à des carburants à faibles émissions de CO₂ et l'**annulation des installations neuves de production d'électricité à base de charbon sans CSC** constituent des options clés qui peuvent contribuer à aligner les futures émissions de CO₂ du secteur de la production d'électricité sur les émissions de CO₂ des trajectoires mondiales à moindre coût. Les stratégies les plus importantes dépendront, d'une part, des circonstances nationales et régionales, y compris les conditions propices pour y parvenir et d'autre part, de la disponibilité des technologies [C].

⁹ Le stade des émissions nettes négatives de GES est atteint lorsque les absorptions de GES pondérées par métrique dépassent les émissions de GES anthropiques pondérées par métrique. Dit autrement, les émissions de GES sont compensées. Lorsque plusieurs GES sont concernés, la quantification des émissions nettes dépend de la métrique choisie pour comparer les émissions de différents GES (potentiel de réchauffement global (GWP en anglais), potentiel de changement de la température mondiale (GTP en anglais), etc.), ainsi que de l'horizon temporel choisi) (source : Giec, [glossaire vol.3](#) de l'AR6, 4 avril 2022).

C) Les transformations systémiques nécessaires pour limiter le réchauffement climatique

Points clés du chapitre

- les émissions mondiales de GES doivent atteindre un pic entre 2020 et 2025 pour limiter le réchauffement climatique à +1,5°C ;
- sans mesures politiques plus ambitieuses que celles mises en œuvre fin 2020, le réchauffement planétaire médian attendu s'élèvera à +3,2°C ;
- un niveau de zéro émission nette de CO₂ doit être atteint au début des années 2050 dans les scénarios limitant le réchauffement à +1,5°C, et vers le début des années 2070 dans les scénarios limitant le réchauffement à +2°C ;
- tous les scénarios limitant le réchauffement à +1,5°C ou +2°C impliquent des réductions d'émissions de GES rapides, importantes, immédiates et dans tous les secteurs ;
- atteindre la neutralité carbone (zéro émission nette de CO₂) dans le secteur industriel représente un défi mais est possible ;
- la réduction des émissions de GES du secteur de l'énergie nécessite des transitions majeures, notamment une réduction substantielle de l'utilisation des combustibles fossiles, le déploiement de sources d'énergie faiblement émettrices, le passage à des vecteurs énergétiques alternatifs, ainsi que l'efficacité et la conservation énergétiques ;
- les villes peuvent atteindre zéro émission nette, ce qui aura des effets bénéfiques en cascade sur d'autres secteurs ;
- la mise en place de politiques ambitieuses devraient permettre au secteur résidentiel/tertiaire (bâtiments) d'approcher la neutralité en 2050 ;
- les émissions de CO₂ associées au secteur des transports doivent diminuer de 59% d'ici 2050 pour limiter le réchauffement planétaire à +1,5°C et de 29% sur la même période pour limiter le réchauffement à +2°C ;
- les options d'atténuation du secteur AFOLU (Agriculture, Forêts, Utilisation des Terres) peuvent entraîner des réductions d'émissions de GES à grande échelle et des absorptions accrues dans les puits de carbone, mais ne peuvent pas entièrement compenser les retards d'action dans d'autres secteurs ;
- s'attaquer aux inégalités et à la consommation de services qui manifestent publiquement un prestige social soutient les efforts d'atténuation du changement climatique ;
- le déploiement de technologies permettant l'élimination directe du carbone est inévitable si l'on veut atteindre des émissions nettes nulles de CO₂ ou de GES ;
- les options d'atténuation coûtant 100 \$US tCO₂e ou moins pourraient réduire les émissions mondiales de GES d'au moins la moitié du niveau de 2019 d'ici 2030 ;
- l'avantage économique mondial de limiter le réchauffement à +2°C dépasse le coût de l'atténuation.

►C.1. Les émissions mondiales de GES devraient atteindre un pic entre 2020 et 2025 dans les scénarios permettant (avec une probabilité de 50% ou plus) de limiter ou de dépasser légèrement le réchauffement à +1,5°C et supposent une action immédiate dans celles qui limitent le réchauffement à +2°C (avec une probabilité de 67% ou plus). Dans ces deux types de scénarios, des réductions rapides et importantes des émissions de GES doivent intervenir tout au long des années 2030, 2040 et 2050 [C]. Sans un renforcement des politiques en place, les émissions de GES devraient augmenter au-delà de 2025, entraînant un réchauffement planétaire médian de +3,2°C [fourchette comprise entre 2,2°C à 3,5°C] d'ici 2100 [C].

Les réductions de GES nécessaires en 2030 et 2050 pour respecter les objectifs +1,5°C et +2°C

C.1.1. Pour respecter l'objectif de +2°C [ci-après scénarios +2°C] (>67%), les émissions mondiales nettes de GES devraient baisser immédiatement et atteindre, par rapport à 2019, -27% [13-45%] en 2030 et -63% [52-76%] en 2050. Pour respecter l'objectif de +1,5°C [ci-après scénarios +1,5°C] (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité, les émissions mondiales nettes de GES devraient baisser pour atteindre, par rapport à 2019, -43% [34-60%] en 2030 et -84% [73-98%] en 2050 (C1) [C]. Si l'on ne considère que les promesses de réduction des NDC annoncées avant la COP-26, sans nouvelle ambition supplémentaire, le réchauffement planétaire médian induit s'élèverait à +2,8°C [2,1-3,4°C] d'ici 2100 [C].

Les réductions de CO₂, de CH₄, de N₂O et de gaz fluorés nécessaires en 2030 et 2050 pour respecter les objectifs +1,5°C et +2°C

C.1.2. Pour respecter l'objectif de +2°C (>67%), en supposant une action immédiate :

- les émissions nettes mondiales du seul CO₂ doivent être réduites, par rapport à 2019, de 27% [11-46%] en 2030 et de 52% [36-70%] en 2040 ;
- les émissions mondiales du seul CH₄ doivent être réduites de 24% [9-53%] en 2030 et de 37% [20-60%] en 2040.

Pour respecter l'objectif de +1,5°C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité :

- les émissions nettes de CO₂ doivent être réduites, par rapport à 2019, de 48% [36-69%] en 2030 et de 80% [61-109%] en 2040 ;
- les émissions mondiales de CH₄ doivent être réduites de 34% [21-57%] en 2030, de 44% [31-63%] en 2040 et de 45% [25-70%] en 2050. Par ailleurs, des réductions plus importantes des émissions de CH₄ pourraient encore réduire le pic de réchauffement. [C]

Pour respecter à la fois l'objectif +2°C et +1,5°C :

- les émissions de N₂O doivent être réduites, par rapport à 2019, de 20% [-5 - 55%] en 2050 ;
- les émissions de gaz fluorés doivent être réduites, par rapport à 2019, de 85% [20-90%] en 2050.

Impacts des politiques existantes sur le réchauffement

C.1.3. Si les politiques en place (mises en œuvre fin 2020) se poursuivaient sans ambition supplémentaire, les émissions de GES continueraient d'augmenter, entraînant un réchauffement de +3,2°C [2,2-3,5°C] d'ici 2100 [C]. Un réchauffement supérieur à +4°C (≥50%) est possible dans deux cas : soit en cas de renversement des tendances actuelles en matière de politiques d'atténuation et d'évolution technologique [C] ; soit en cas de continuité des politiques actuelles (mises en œuvre fin 2020) sans ambition supplémentaire mais avec une sensibilité au climat qui s'avérerait supérieure aux estimations centrales [C].

La probabilité de limiter le réchauffement à +1,5°C

C.1.4. Dans les scénarios de l'AR6, la probabilité de limiter le réchauffement à +1,5°C a, en moyenne, diminué par rapport au rapport spécial 1.5°C (SR1.5). En effet, les émissions de GES ont augmenté depuis 2017 et de nombreux scénarios récents ont des émissions projetées plus élevées d'ici 2030, des émissions nettes cumulées de CO₂ plus élevées et des dates légèrement plus tardives pour atteindre des émissions nettes nulles de CO₂ ou de GES [C].

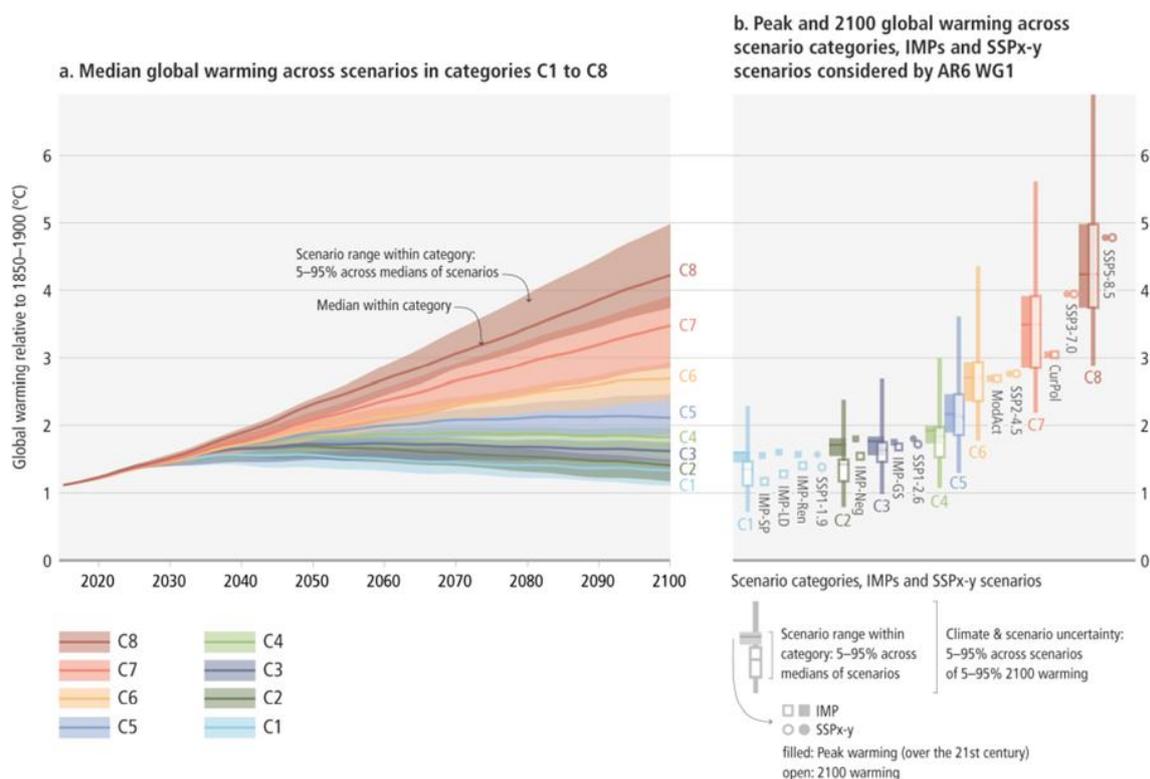
Encadré SPM.1 : Évaluation des scénarios (voir SPM pp.22 à 26)

Les catégories de scénarios sont définies par leur probabilité de dépasser les niveaux de réchauffement (au pic et en 2100) et sont référencées dans le rapport comme suit :

- La **catégorie C1** comprend des scénarios limitant le réchauffement à +1,5°C en 2100 avec une probabilité supérieure à 50%, et qui atteignent ou dépassent un réchauffement de +1,5°C au 21^{ème} siècle avec une probabilité de 67% ou moins. Ces scénarios sont appelés scénarios limitant le réchauffement à +1,5°C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité. Un dépassement limité fait référence à un réchauffement supérieur à +1,5°C jusqu'à environ +1,6°C et pendant plusieurs décennies.
- La **catégorie C2** comprend des scénarios limitant le réchauffement à +1,5°C en 2100 avec une probabilité supérieure à 50% et dépassant un réchauffement de +1,5°C au cours du 21^{ème} siècle avec une probabilité supérieure à 67%. Ces scénarios sont également appelés scénarios qui ramènent le réchauffement à +1,5°C (>50%) après un dépassement important. Un dépassement élevé fait référence à un réchauffement dépassant temporairement +1,5°C de +1,6°C à +1,8°C pendant plusieurs décennies.

- La **catégorie C3** comprend des scénarios limitant le pic de réchauffement à +2°C au 21^{ème} siècle avec une probabilité supérieure à 67%. Ces scénarios sont également appelés scénarios limitant le réchauffement à +2°C (>67%).
- Les **catégories C4-C7** comprennent des scénarios limitant le réchauffement à +2°C, +2,5°C, +3°C, +4°C, respectivement, tout au long du 21^{ème} siècle avec une probabilité supérieure à 50%. Dans certains scénarios en **C4** et de nombreux scénarios en **C5-C7**, le réchauffement se poursuit au-delà du 21^{ème} siècle.
- La catégorie **C8** comprend des scénarios qui conduisent à un réchauffement de +4°C au cours du 21^{ème} siècle avec une probabilité de 50% ou plus. Dans ces scénarios, le réchauffement continue d'augmenter au-delà du 21^{ème} siècle.

The range of assessed scenarios results in a range of 21st century projected global warming.



Les méthodes de projection du réchauffement associé aux scénarios ont été mises à jour pour assurer la cohérence avec l'évaluation du groupe de travail 1 de l'AR6 (Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 de l'AR6, p.29).

► **C.2. Un niveau de zéro émission nette de CO₂ doit être atteint au début des années 2050 pour respecter (ou dépasser légèrement) (>50%) l'objectif +1,5°C, et vers le début des années 2070 pour l'objectif +2°C (>67%).** Bon nombre de ces scénarios continuent à générer des émissions nettes négatives de CO₂ après le point de zéro net. Ces scénarios incluent également des réductions importantes des émissions de GES hors CO₂.

Le niveau du pic de réchauffement (température) dépend des émissions cumulées de CO₂ jusqu'au moment du zéro CO₂ net et de l'évolution des émissions de forceurs climatiques hors CO₂¹⁰ au moment du pic.

Des réductions importantes des émissions de GES d'ici 2030 et 2040, en particulier des réductions des émissions de CH₄, réduisent le niveau des pics de réchauffement, réduisent la probabilité de dépassement des seuils de réchauffement et conduisent à moins dépendre des émissions nettes négatives de CO₂ qui inversent le réchauffement dans la seconde moitié du siècle. Atteindre et maintenir zéro émission nette de GES au niveau mondial entraînera une diminution progressive du réchauffement. [C]

¹⁰ Parmi les forceurs climatiques à courte durée de vie (SLCF - [lire notre article sur le sujet](#)) figurent notamment le carbone suie, l'ozone troposphérique et certaines espèces d'HFC.

Le budget carbone restant jusqu'au zéro émission nette

C.2.1. Les émissions nettes cumulées de CO₂ jusqu'au moment du zéro CO₂ net ne devraient pas dépasser :

- 510 [330-710] GtCO₂ pour respecter l'objectif de +1,5°C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité (C1),
- 890 [640-1 160] GtCO₂ pour respecter l'objectif de +2°C (>67%) [C].

Le recours aux émissions nettes négatives selon les scénarios +1,5°C et +2°C

C.2.2. Par rapport aux scénarios qui ramènent le réchauffement à +1,5°C (>50%) après un dépassement important (C2), les scénarios qui limitent le réchauffement à +1,5°C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité (C1) impliquent des réductions d'émissions de GES à court terme plus rapides et plus fortes entre aujourd'hui et 2030, et moins d'émissions nettes négatives de CO₂ et moins d'élimination du CO₂ (*carbon dioxide removal* ou CDR en anglais)¹¹ à plus long terme.

Les scénarios +2°C (>67%) impliquent en moyenne des émissions nettes négatives de CO₂ inférieures à celles des scénarios qui limitent le réchauffement à +1,5°C (>50%) avec un dépassement nul ou limité (C1) et des scénarios qui ramènent le réchauffement à +1,5°C (>50%) après un fort dépassement (C2).

Les scénarios qui ramènent le réchauffement à +1,5°C (>50%) après un dépassement élevé (C2) impliquent des réductions d'émissions de GES à court terme similaires aux scénarios qui limitent le réchauffement à +2°C (>67%) (C3). [C]

La réduction des émissions de GES hors CO₂

C.2.3. Le futur réchauffement induit par les émissions de GES hors CO₂ dépend des réductions des émissions de ces GES, d'aérosols¹² et de leurs précurseurs¹³, et de précurseurs d'ozone (NO_x, COVNM, CO et CH₄). Dans les scénarios de faibles émissions mondiales, la réduction projetée des émissions d'aérosols ayant un effet refroidissant et de ceux ayant un effet réchauffant au fil du temps conduit malgré tout à un réchauffement net à court et à moyen terme. Dans ces scénarios d'atténuation, les réductions projetées des aérosols ayant un effet refroidissant sont principalement dues à la réduction de la combustion de combustibles fossiles dans des installations de combustion non équipées de techniques de contrôle efficaces de la pollution de l'air.

Les émissions de GES autres que le CO₂ au moment d'attendre zéro émission nette de CO₂ devraient être d'une ampleur similaire à celles dans les scénarios +2°C (> 67%) ou moins (C1, C2 et C3). Ces émissions de GES autres que le CO₂ sont d'environ 8 [5-11] GtCO₂e par an, la plus grande part provenant du CH₄ (60% [55-80%]), suivi du N₂O (30% [20-35%]) et des gaz fluorés (3% [2-20%]). En raison de la courte durée de vie du CH₄ dans l'atmosphère, la forte réduction projetée des émissions de CH₄ jusqu'au moment de zéro CO₂ net dans les trajectoires d'atténuation modélisées réduit efficacement le pic de réchauffement climatique. [C]

Les scénarios +1,5°C associés au zéro émission nette de GES

C.2.4. Les scénarios qui atteignent et maintiennent un niveau de zéro émission nette (lorsque les émissions sont compensées par les absorptions et autres émissions négatives) devraient entraîner une diminution progressive du réchauffement. D'après près de la moitié des scénarios +1,5°C étudiés, pour respecter l'objectif de +1,5°C (> 50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité (C1), il faut atteindre zéro émission nette de GES entre 2050 et 2100. Ces scénarios montrent une plus forte réduction du réchauffement après le pic à +1,2°C [1,1-1,4°C] d'ici 2100 que les scénarios de la même catégorie qui n'atteignent pas zéro émission nette de GES avant 2100 et qui entraînent un réchauffement de +1,4°C [1,3-1,5°C] d'ici 2100 [C]. Dans les scénarios permettant de respecter l'objectif +2°C (>67%), le niveau zéro émission nette tous GES est atteint environ 10 à 40 ans plus tard que le zéro net du seul CO₂. [C]

¹¹ Le CDR englobe les méthodes dites d'élimination du CO₂ (méthodes biologiques, géochimiques ou chimiques pour enlever du CO₂ de l'atmosphère et le séquestrer ailleurs).

¹² Des particules solides ou liquides en suspension dans l'air, ayant des diamètres compris entre quelques nanomètres et quelques micromètres et une durée de vie atmosphérique pouvant aller jusqu'à plusieurs jours dans la troposphère et jusqu'à des années dans la stratosphère. Le terme aérosol englobe à la fois les particules et le gaz en suspension. Les aérosols atmosphériques peuvent être émis sous forme de particules primaires et se former dans l'atmosphère à partir de précurseurs gazeux (production secondaire). Les principaux types d'aérosols sont le sel marin, le carbone organique, le carbone suie (BC), les espèces minérales (principalement la poussière du désert), les sulfates, les nitrates et l'ammonium (*source* : Giec, *Glossaire du vol.3 de l'AR6, 4 avril 2022*).

¹³ Les principaux précurseurs gazeux impliqués dans la formation des aérosols particules secondaires sont le SO₂, les oxydes d'azote (NO_x et nitrates), les COV et le NH₃.

► **C.3.** D'après les scénarios +1,5 °C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité (**C1**) et les scénarios +2 °C (>67%) (**C3**), pour respecter ces deux objectifs, il faut réaliser des réductions d'émissions de GES rapides et importantes, immédiates dans la plupart des cas, et dans tous les secteurs. Les stratégies d'atténuation pour atteindre ces réductions comprennent la transition des combustibles fossiles sans capture et stockage du CO₂ (CSC) vers des sources d'énergie à très faible ou zéro carbone, telles que les énergies renouvelables ou les combustibles fossiles avec CSC, les mesures axées sur la demande et l'amélioration de l'efficacité énergétique, la réduction des émissions de GES hors CO₂ et le déploiement de méthodes d'élimination du CO₂ (CDR) pour contrebalancer les émissions résiduelles de GES.

La réduction dans les secteurs

C.3.1. Les scénarios +2 °C (>67%) ou moins (**C1, C2 et C3**) partagent des caractéristiques communes, notamment des réductions rapides et immédiates des émissions de GES. Faire moins dans un secteur doit être compensé par des réductions supplémentaires dans d'autres secteurs si l'on veut limiter le réchauffement. [C]

Les baisses nécessaires de consommation des énergies fossiles

C.3.2. L'utilisation mondiale de charbon, de pétrole et de gaz en 2050 devrait diminuer :

- de 95%, 60% et 45% respectivement par rapport à 2019, dans les scénarios +1,5 °C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité,
- de 85%, 30% et 15% respectivement d'ici 2050 dans les scénarios +2 °C (>67%).

L'utilisation du charbon, du pétrole et du gaz sans CSC dans les scénarios +1,5 °C (> 50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité devrait être réduite dans une plus grande mesure, d'environ 100%, 60% et 70% en 2050 par rapport à 2019. Dans ces scénarios, en 2050, la quasi-totalité de l'électricité est fournie à partir de sources non émissives ou à faible émission de carbone, telles que les énergies renouvelables ou les combustibles fossiles avec CSC.

La compensation des émissions pour atteindre zéro émission nette

C.3.3. Dans les scénarios à zéro émission nette mondiale de CO₂, ce niveau zéro net est atteint via un équilibre entre des émissions résiduelles estimées entre 5 et 16 GtCO₂ et des émissions négatives de CO₂ au moins équivalentes.

Dans la plupart des scénarios +2 °C (> 67%) ou moins (**C3**), le secteur AFOLU (via le reboisement et la réduction de la déforestation) et le secteur de la production d'énergie atteignent zéro émission nette de CO₂ avant les secteurs du bâtiment, de l'industrie et des transports. [C]

Les réductions nécessaires par secteur pour atteindre zéro émission nette

C.3.4. Dans les scénarios à zéro émission nette mondiale de GES, au moment où les émissions atteignent ce niveau zéro net, environ 74% [54 à 90%] des réductions d'émissions mondiales sont obtenues par des réductions d'émissions de CO₂ dans le secteur de l'énergie, 13% [4 à 20%] par les options d'atténuation du CO₂ dans le secteur AFOLU, et 13% [10 à 18%] par la réduction des émissions de GES hors CO₂ provenant de l'utilisation des terres, de l'énergie et de l'industrie. [C]

La séquestration naturelle et artificielle du CO₂

C.3.5. Les méthodes et les niveaux de déploiement de l'élimination du CO₂ (*Carbon Dioxide Removal* ou CDR) dans les scénarios d'atténuation varient en fonction des hypothèses sur les coûts, la disponibilité et les contraintes. Dans les scénarios +1,5 °C (> 50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité (**C1**) et qui intègrent le CDR, l'élimination mondiale cumulée du CO₂ au cours de la période 2020-2100 à partir de la bioénergie avec capture et stockage du CO₂ (*Bioenergy with Carbon Dioxide Capture and Storage* en anglais ou BECCS) et du captage et stockage directs du CO₂ dans l'air (*Direct Air Carbon Dioxide Capture and Storage* en anglais ou DACCS) est respectivement de 30-780 GtCO₂ et de 0-310 GtCO₂.

Dans ces scénarios, le secteur AFOLU contribue à hauteur de 20 à 400 GtCO₂ en émissions nettes négatives. Les émissions totales négatives nettes de CO₂ intégrant le déploiement du CDR dans toutes les options représentées dans ces scénarios, sont de 20 à 660 GtCO₂. Dans les scénarios +2 °C (>67%), l'élimination mondiale cumulée du CO₂ entre 2020 et 2100 pour les BECCS et DACCS est respectivement de 170 à 650 GtCO₂ et de 0 à 250 GtCO₂. Le secteur AFOLU contribue à 10 à 250 GtCO₂ en émissions nettes négatives, et les émissions nettes négatives totales de CO₂ sont d'environ 40 [0-290] GtCO₂. [C]

Les défis de mise en œuvre des stratégies d'atténuation

C.3.6. Toutes les stratégies d'atténuation sont confrontées à des défis de mise en œuvre, tels que les risques technologiques, le déploiement à grande échelle et les coûts. De nombreuses difficultés, telles que la dépendance à l'égard du CDR, la pression sur les terres et la biodiversité et la dépendance à l'égard de technologies nécessitant des investissements initiaux élevés (par exemple, le nucléaire), sont considérablement réduites dans les scénarios qui supposent une utilisation plus efficace des ressources ou qui orientent le développement mondial vers la durabilité. [C]

Modelled mitigation pathways that limit warming to 1.5°C, and 2°C, involve deep, rapid and sustained emissions reductions.

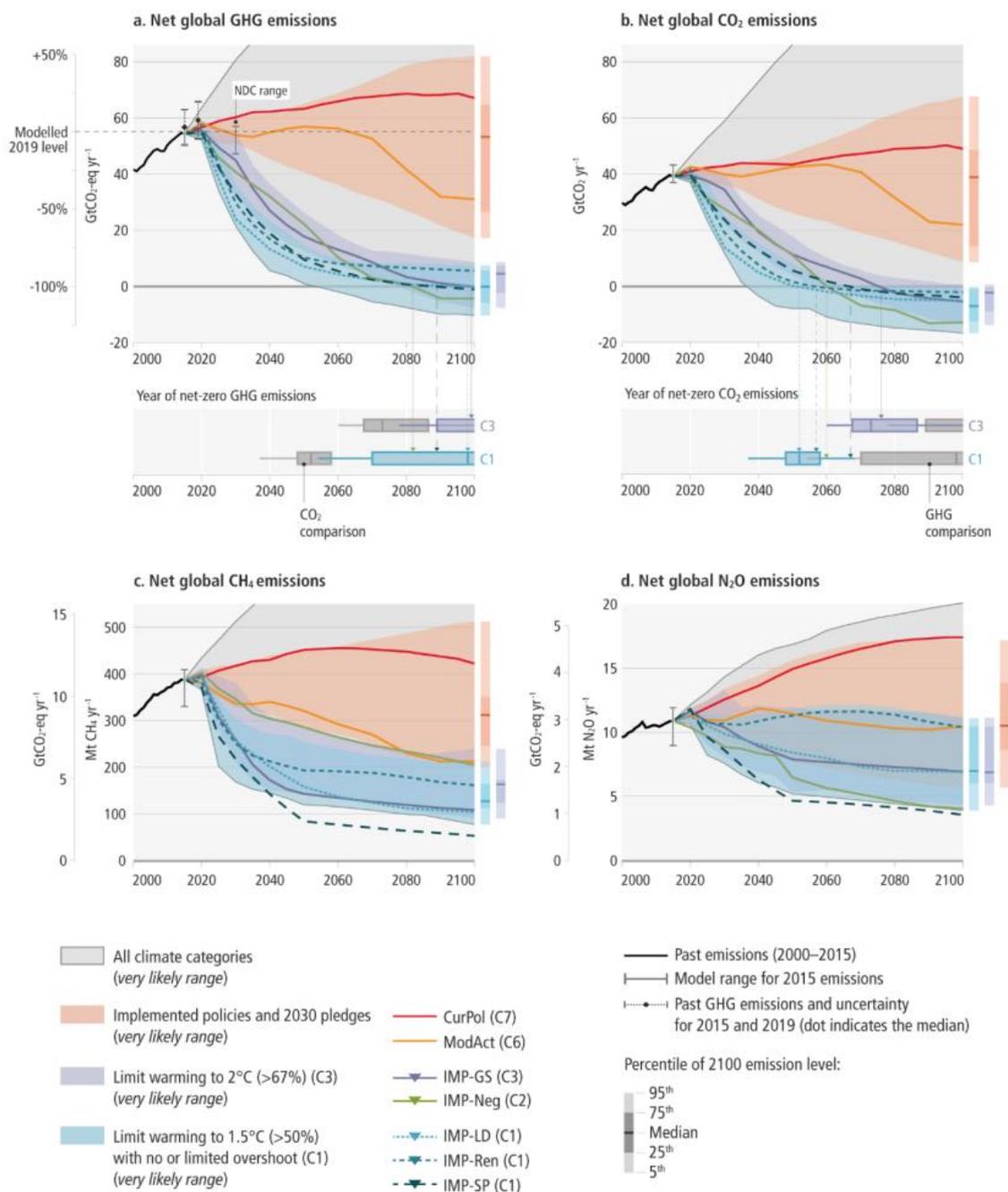


Figure SPM.5 : Exemples de trajectoires d'émissions d'atténuation (*Illustrative Mitigation Pathways IMP*) et de stratégie d'émission nette nulle de CO₂ et de GES (partie 1)

Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation (p.34).

Les figures a et b montrent l'évolution des émissions mondiales de GES et de CO₂ en fonction des scénarios (partie supérieure des figures) et le moment auquel les émissions de GES et de CO₂ atteignent le zéro net (partie inférieure des figures).

Les figures c et d présentent respectivement l'évolution des émissions mondiales de CH₄ et de N₂O.

Net zero CO₂ and net zero GHG emissions are possible through different modelled mitigation pathways.

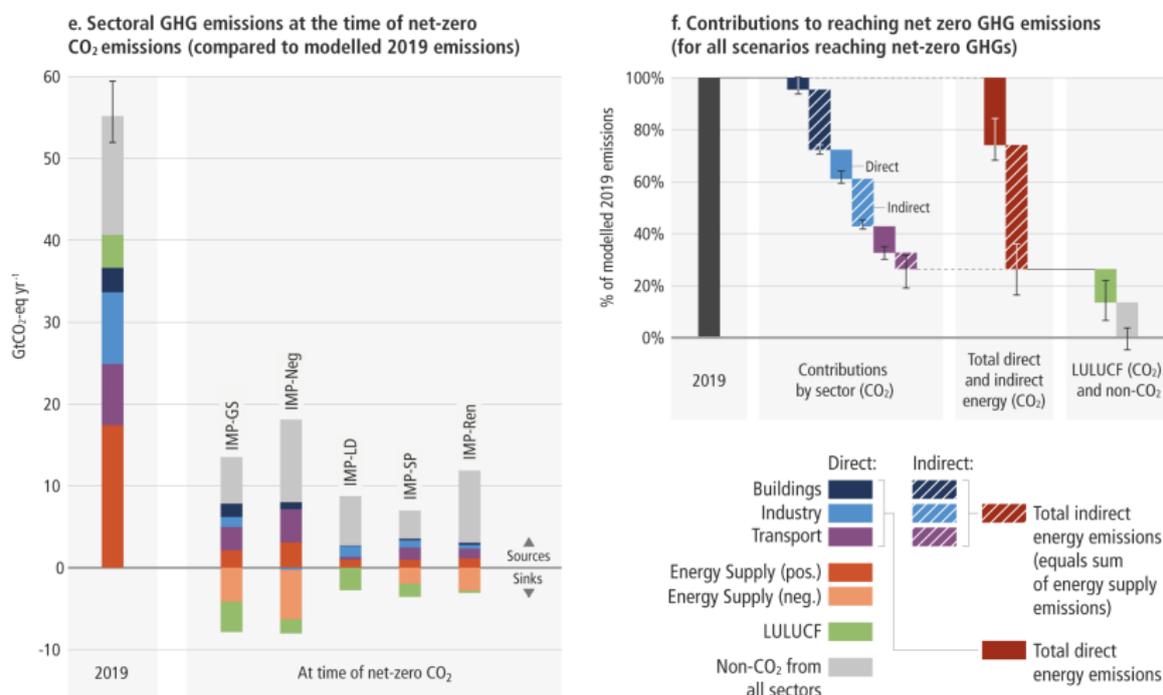


Figure SPM.5 : Exemples de trajectoires d'émissions d'atténuation (*Illustrative Mitigation Pathways IMP*) et de stratégie d'émission nette nulle de CO₂ et de GES (partie 2)

Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation (p.34).

La figure e indique les contributions sectorielles des émissions de CO₂ (sources et puits) et de GES hors CO₂ au moment où les émissions nulles nettes de CO₂ sont atteintes pour les trajectoires d'émissions d'atténuation (*Illustrative Mitigation Pathways* ou IMP) (partie droite de la figure). Les émissions positives et négatives pour différents IMP sont comparées aux émissions de GES de l'année 2019 (partie gauche de la figure).

La figure f montre la contribution des différents secteurs aux réductions d'émissions par rapport à 2019 pour atteindre zéro émission nette de GES. Les contributions des secteurs des services (transports, bâtiments, industrie) sont réparties entre réductions d'émissions de CO₂ directes (côté demande) et indirectes (côté offre). Les émissions directes représentent les émissions dues à l'utilisation de carburant dans le secteur demandeur. Les émissions indirectes représentent les émissions en amont dues aux processus industriels et à la conversion, la transmission et la distribution d'énergie.

Potentiel d'atténuation dans le secteur de l'énergie

C.4. La réduction des émissions de GES dans le secteur de l'énergie nécessite des transitions majeures, notamment une réduction substantielle de l'utilisation mondiale des combustibles fossiles, le déploiement de sources d'énergie à faibles émissions, le passage à des vecteurs énergétiques alternatifs, ainsi que l'efficacité énergétique et les économies d'énergie. L'installation continue d'infrastructures de combustibles fossiles sans CSC « enfermera » (« lock in ») ces infrastructures dans un système technologique à fortes émissions de GES. [C]

Les caractéristiques des systèmes énergétiques à zéro CO₂

C.4.1. Les systèmes énergétiques à zéro CO₂ net impliquent :

- une réduction substantielle de l'utilisation mondiale des combustibles fossiles, une utilisation minimale des combustibles fossiles sans CSC et l'utilisation du CSC dans les systèmes de production d'énergie restants ;
- des systèmes électriques qui n'émettent pas de CO₂ net ;
- l'électrification généralisée du système énergétique, y compris les utilisations finales ;
- les vecteurs énergétiques tels que les biocarburants durables, l'hydrogène à faibles émissions et les dérivés dans des applications moins propices à l'électrification ;
- l'efficacité énergétique et les économies d'énergie ; et
- une plus grande intégration physique, institutionnelle et opérationnelle à travers le système énergétique.

Le recours aux techniques de CDR sera nécessaire pour contrebalancer les émissions résiduelles dans le secteur de l'énergie. Les stratégies les plus appropriées dépendent des circonstances nationales et régionales, et de la disponibilité des technologies. [C]

Les coûts et les co-bénéfices des technologies bas-carbone

C.4.2. Les réductions des coûts unitaires des technologies clés, notamment l'énergie éolienne, l'énergie solaire et le stockage, ont accru l'attrait économique de la transition vers un secteur de l'énergie à faibles émissions d'ici 2030. Le maintien de systèmes à forte intensité d'émissions peut, dans certaines régions et certains secteurs, s'avérer **plus coûteux que la transition** vers des systèmes à faibles émissions. La transition vers un secteur énergétique à faibles émissions aura de multiples co-bénéfices, notamment des améliorations de la qualité de l'air et de la santé. L'attrait économique à long terme du déploiement d'options d'atténuation du système énergétique dépend, entre autres, de la conception et de la mise en œuvre des politiques, de la disponibilité et des performances des technologies, des capacités institutionnelles, de l'équité, de l'accès au financement et du soutien public et politique. [C]

La production d'électricité d'origine renouvelable

C.4.3. Les systèmes électriques alimentés principalement par des énergies renouvelables deviennent de plus en plus viables. Les systèmes électriques de certains pays et régions sont déjà principalement alimentés par des énergies renouvelables. Il sera plus difficile d'alimenter l'ensemble du système énergétique en énergies renouvelables. Même si des difficultés opérationnelles, technologiques, économiques, réglementaires et sociales subsistent, des solutions systémiques ont émergé. En effet, un large portefeuille d'options telles que les systèmes d'intégration, le stockage de l'énergie, les réseaux intelligents, la gestion de la demande, les biocarburants durables, l'hydrogène électrolytique et ses dérivés, seront nécessaires pour parvenir à des parts importantes d'énergies renouvelables dans les systèmes énergétiques. [C]

La non-consommation des combustibles fossiles et le recours au CSC¹⁴

C.4.4. Limiter le réchauffement à +2°C ou moins impliquera qu'une quantité substantielle de combustibles fossiles disponibles ne soit pas consommée, et que de nombreuses infrastructures associées soient « bloquées » (*stranded*) [C].

En fonction de sa disponibilité, le CSC pourrait permettre aux combustibles fossiles d'être utilisés plus longtemps, réduisant ainsi les actifs bloqués. [C]

La valeur actualisée mondiale combinée des combustibles fossiles non consommés et des infrastructures de combustibles fossiles bloquées a été estimée à environ 1 à 4 billions de dollars de 2015 à 2050 pour limiter le réchauffement à +2°C, et elle serait plus élevée si le réchauffement était limité à +1,5°C. [C]

¹⁴ Entre l'AR5 (2013) et l'AR6 (2022), des efforts accrus ont été déployés pour mettre au point des approches pour réduire les enjeux énergétiques liées au captage du CO₂, pour développer des utilisations du CO₂ en alternative au stockage géologique, et pour établir des politiques mondiales en faveur du CSC (*source : rapport intégral, paragraphe 6.4.2.5*).

Il n'y a pas de consensus pour savoir comment le CSC pourrait affecter la transition pour se passer des combustibles fossiles et limiter le réchauffement à +2°C ou moins. Des travaux montrent que le déploiement des CSC peut faciliter la transition économique vers un système énergétique à faibles émissions, et que le CSC jouera un rôle important pour l'usage des combustibles fossiles jusqu'en 2050 ; d'autres travaux montrent que le retrait du charbon sans techniques de réduction est un processus bien plus rapide que le déploiement de charbon avec CSC et que par ailleurs, compte tenu de la disponibilité des technologies de captage du CO₂, le BECCS pourrait devenir nettement plus intéressant que le CSC fossile, même avant 2050 (*source : rapport intégral, paragraphe 6.7.4*).

Dans ce contexte, les actifs charbonniers risquent d'être bloqués avant 2030, tandis que les actifs pétroliers et gaziers risquent davantage d'être bloqués vers le milieu du siècle. Une transition vers un secteur énergétique à faibles émissions devrait réduire le commerce international des combustibles fossiles. [C]

Les émissions de CH₄ du secteur de l'énergie

C.4.5. Les émissions mondiales de CH₄ provenant de l'approvisionnement énergétique, principalement les émissions fugitives provenant de la production et du transport de combustibles fossiles, représentaient environ 18% [13 %-23 %] des émissions mondiales de GES provenant de l'approvisionnement énergétique, 32% [22%-42%] des émissions mondiales de CH₄ et 6% [4%-8%] des émissions mondiales de GES en 2019 [C]. Environ 50 à 80% des émissions de CH₄ provenant de ces combustibles fossiles pourraient être évitées avec les technologies actuellement disponibles à moins de 50 \$US tCO₂e. [C]

L'option du CSC

C.4.6. Le CSC est une option pour réduire les émissions provenant des énergies fossiles à grande échelle et des sources industrielles, à condition qu'un stockage géologique soit possible. Le captage et l'injection souterraine de CO₂ est une technologie mature pour le traitement du gaz et la récupération améliorée du pétrole. Contrairement au secteur du pétrole et du gaz, le CSC est moins mature dans le secteur de l'électricité, ainsi que dans la production de ciment et de produits chimiques, où il s'agit d'une option d'atténuation essentielle. La **capacité technique de stockage géologique du CO₂ estimée est d'environ 1 000 Gt de CO₂**, ce qui est supérieur aux besoins de stockage du CO₂ jusqu'en 2100 pour limiter le réchauffement à +1,5°C, bien que la disponibilité régionale du stockage géologique puisse être un facteur limitant.

Si le site de stockage géologique est correctement sélectionné et géré, le CO₂ peut être isolé de l'atmosphère de manière permanente, sans fuite. La mise en œuvre du CSC se heurte actuellement à des **barrières technologiques, économiques, institutionnelles, écologiques, environnementales et socioculturelles**.

Actuellement, les taux mondiaux de déploiement du CSC sont bien inférieurs à ceux nécessaires pour atteindre les objectifs +1,5°C ou +2°C. Des conditions favorables, telles que des instruments politiques, une adhésion publique accrue et l'innovation technologique pourraient réduire ces obstacles. [C]

Potentiel d'atténuation dans le secteur de l'industrie

C.5. Atteindre la neutralité carbone (zéro émission nette de CO₂) dans le secteur industriel représente un défi mais est possible. La réduction des émissions du secteur de l'industrie nécessitera une action coordonnée tout au long des chaînes de valeur pour promouvoir toutes les options d'atténuation, y compris la gestion de la demande, l'efficacité énergétique et des matériaux, les flux circulaires de matériaux, ainsi que les technologies de réduction et les changements transformationnels dans les processus de production. La progression vers zéro émission nette de GES dans l'industrie sera rendue possible par l'adoption de nouveaux processus de production utilisant l'électricité, l'hydrogène et les carburants qui soient tous bas-carbone, voire zéro-carbone. [C]

L'utilisation des matériaux et les options pour réduire les émissions

C.5.1' L'utilisation d'acier, de ciment, de plastiques et d'autres matériaux augmente à l'échelle mondiale et dans la plupart des régions. Il existe de nombreuses options durables pour la maîtrise de la demande, l'efficacité des matériaux et les flux circulaires de matériaux qui peuvent contribuer à réduire les émissions, mais la manière dont elles peuvent être appliquées variera selon les régions et les différents matériaux. [C]

Les processus de production bas-carbone des matériaux

C.5.2. Pour presque tous les matériaux de base (les métaux primaires, les matériaux de construction et les produits chimiques), de nombreux processus de production à intensité de GES faible à nulle sont au stade pilote à quasi commercial et, dans certains cas, à un stade commercial mais pas encore industriel. L'introduction de nouveaux procédés durables de production de ces matériaux pourrait augmenter les coûts de production mais devrait se traduire par des augmentations de coûts minimales pour les consommateurs finaux.

La réduction directe de l'hydrogène pour la fabrication de l'acier primaire en est à un stade quasi commercial dans certaines régions. La réduction massive des émissions liées à la production de ciment reposera sur la substitution des matériaux cimentaires déjà commercialisés et la disponibilité du CSC. La réduction des émissions provenant de la production et de l'utilisation de produits chimiques devrait s'appuyer sur une approche axée sur le cycle de vie, en jouant sur l'augmentation du recyclage des plastiques, le remplacement des combustibles et des matières premières, et le carbone provenant de sources biogéniques et, selon la disponibilité, le captage direct du CO₂ dans l'air. L'industrie légère, l'exploitation minière et la fabrication ont le potentiel d'être décarbonées grâce aux technologies de réduction disponibles (par exemple, l'efficacité des matériaux, la circularité), l'électrification (par exemple, le chauffage électrothermique, les pompes à chaleur) et les combustibles à faible ou zéro émission de GES (par exemple, l'hydrogène, l'ammoniac et autres carburants synthétiques et biosourcés). [C]

Impacts négatifs potentiels des mesures de réduction

C.5.3. Les mesures visant à réduire les émissions du secteur industriel peuvent modifier la localisation des industries à forte intensité de GES et l'organisation des chaînes de valeur. Les régions disposant d'une énergie et de matières premières abondantes à faible émission de GES ont le potentiel de devenir des exportateurs de produits chimiques et de matériaux traités à l'aide d'électricité et d'hydrogène à faibles émissions de carbone. Une telle réaffectation aura des effets redistributifs mondiaux sur l'emploi et la structure économique. [C]

Les défis de la transition bas-carbone

C.5.4. Les industries des matériaux de base à forte intensité d'émissions sont exposées à la concurrence internationale. Pour des transitions industrielles durables, des stratégies politiques nationales et infranationales larges et séquentielles reflétant les contextes régionaux seront nécessaires. Celles-ci peuvent combiner des ensembles de politiques comprenant :

- une comptabilité et des normes transparentes en matière d'émissions de GES ;
- la maîtrise de la demande ;
- des politiques de matériaux et d'efficacité énergétique ;
- la recherche et le développement et marchés de niche pour la commercialisation de matériaux et de produits à faibles émissions ;
- des instruments économiques et réglementaires pour stimuler l'adoption par le marché ;
- du recyclage de haute qualité, de l'énergie à faibles émissions et autres infrastructures de réduction (par exemple, pour le CSC) ;
- des plans d'élimination progressive socialement inclusifs des installations à forte intensité d'émissions dans le contexte de transitions justes.

La couverture des politiques d'atténuation pourrait être étendue aux niveaux national et infranational pour inclure toutes les sources d'émissions industrielles, ainsi que les options d'atténuation disponibles et émergentes. [C]

Potentiel d'atténuation dans les zones urbaines

C.6. Les zones urbaines peuvent créer des opportunités pour accroître l'efficacité des ressources et réduire considérablement les émissions de GES grâce à la transition systémique des infrastructures et des formes urbaines via des trajectoires de développement vers zéro émission nette. Des efforts d'atténuation ambitieux pour les villes à croissance rapide et émergentes comprendront 1) la réduction ou la modification de la consommation d'énergie et de matériaux, 2) l'électrification et 3) l'amélioration de l'absorption et du stockage du carbone dans l'environnement urbain. Les villes peuvent atteindre zéro émission nette seulement si les émissions sont réduites à l'intérieur et à l'extérieur de leurs frontières administratives par le biais des chaînes d'approvisionnement, ce qui aura des effets bénéfiques en cascade sur d'autres secteurs. [C]

Les émissions de CO₂ et de CH₄ liées à la consommation

C.6.1. Dans les scénarios, les émissions urbaines mondiales de CO₂ et de CH₄ liées à la consommation devraient passer de 29 GtCO₂e en 2020 à 34 GtCO₂e en 2050 avec des efforts d'atténuation modérés (émissions intermédiaires de GES, SSP2-4.5), et jusqu'à 40 GtCO₂e en 2050 avec de faibles efforts d'atténuation (émissions de GES élevées, SSP 3-7,0). Avec des efforts d'atténuation ambitieux et immédiats, y compris des niveaux élevés d'électrification et une efficacité énergétique et matérielle améliorée, les émissions urbaines mondiales de CO₂ et de CH₄ liées à la consommation pourraient être réduites à 3 GtCO₂e en 2050 dans le scénario avec de très faibles émissions de GES (SSP1- 1.9). [C]

Les options pour réduire les émissions

C.6.2. Le potentiel et le calendrier des stratégies d'atténuation pour réduire les émissions de GES varieront en fonction de l'utilisation des sols, de la configuration, du niveau de développement et de l'état d'urbanisation d'une ville [C]. Parmi les stratégies permettant aux villes de réaliser d'importantes économies d'émissions de GES figurent l'amélioration, la réaffectation ou la modernisation efficaces du parc immobilier, et le soutien des transports non motorisés (par exemple, la marche, le vélo), ainsi que les transports publics. Les villes à croissance rapide peuvent éviter les émissions futures en localisant au même endroit les emplois et les logements pour obtenir une structuration urbaine compacte, et en passant à des technologies à faibles émissions [C]. Pour les villes, trois grandes stratégies d'atténuation se sont avérées efficaces lorsqu'elles sont mises en œuvre simultanément [C] :

- a. réduire ou modifier l'utilisation de l'énergie et des matériaux vers une production / consommation plus durables ;
- b. l'électrification en combinaison avec le passage à des sources d'énergie à faibles émissions ;
- c. améliorer l'absorption et le stockage du carbone dans l'environnement urbain, par exemple grâce à des matériaux de construction biosourcés, des surfaces perméables, des toits verts, des arbres, des espaces verts, des rivières, des étangs et des lacs.

La mise en œuvre des stratégies d'atténuation dans les villes

C.6.3. La mise en œuvre de plusieurs stratégies d'atténuation à l'échelle de la ville peut avoir des effets en cascade sur tous les secteurs et réduire les émissions de GES à l'intérieur et à l'extérieur des limites administratives d'une ville. La capacité des villes à élaborer et à mettre en œuvre des stratégies d'atténuation varie en fonction des cadres réglementaires et institutionnels plus larges, ainsi que des conditions propices, notamment l'accès aux ressources financières et technologiques, la capacité de gouvernance locale, la participation de la société civile et les pouvoirs budgétaires municipaux.

Le rôle des villes dans la réduction des émissions et leurs stratégies de réduction

C.6.4. De plus en plus de villes se sont fixé des objectifs climatiques, y compris des objectifs de zéro émission nette de GES. Compte tenu de la portée régionale et mondiale des modes de consommation urbaine et des chaînes d'approvisionnement, le plein potentiel de réduction des émissions urbaines ne peut être atteint que lorsque les émissions au-delà des limites administratives des villes sont également prises en compte. L'efficacité de ces stratégies dépend de la coopération et de la coordination avec les gouvernements nationaux et infranationaux, l'industrie et la société civile, et de la capacité des villes à planifier et à mettre en œuvre des stratégies d'atténuation. Les villes peuvent jouer un rôle positif dans la réduction des émissions dans les chaînes d'approvisionnement qui s'étendent au-delà de leurs frontières administratives, par exemple grâce aux codes d'urbanisme, et au choix des matériaux de construction. [C]

Potentiel d'atténuation dans le secteur des bâtiments (résidentiels et tertiaires)

C.7. Les bâtiments existants, s'ils sont rénovés, et les bâtiments à construire, devraient générer zéro émission nette de GES en 2050 si des mesures politiques ambitieuses de sobriété, d'efficacité et d'énergies renouvelables, sont effectivement mises en œuvre et si les obstacles à la décarbonation sont supprimés. Des politiques peu ambitieuses augmentent le risque « d'enfermer » les bâtiments dans un système à forte émissions de CO₂ pendant des décennies, tandis que des mesures d'atténuation bien conçues et mises en œuvre efficacement, dans les bâtiments nouveaux et rénovés, ont un potentiel important pour contribuer à la réalisation des ODD¹⁵ et à l'adaptation, dans toutes les régions. [C]

¹⁵ Objectifs de développement durable (*Sustainable Development Goals* en anglais)

Les émissions de GES des bâtiments et des matériaux de construction

C.7.1. En 2019, les émissions mondiales directes et indirectes de GES des bâtiments et les émissions liées à l'utilisation du ciment et de l'acier pour la construction et la rénovation des bâtiments étaient de 12 GtCO₂e. Ces émissions englobent :

- les émissions indirectes provenant de la production d'électricité et de chaleur hors site,
- les émissions directes produites sur site,
- les émissions provenant du ciment et de l'acier utilisés pour la construction et la rénovation des bâtiments.

En 2019, les émissions mondiales directes et indirectes des bâtiments non résidentiels ont augmenté d'environ 55% et celles des bâtiments résidentiels ont augmenté d'environ 50% par rapport à 1990. [C]

La conception bas-carbone des bâtiments

C.7.2. Les approches de conception intégrée pour la construction et la rénovation des bâtiments ont conduit à de plus en plus d'exemples de bâtiments à énergie zéro ou à zéro carbone dans plusieurs régions. Cependant, les faibles taux de rénovation et la faible ambition en termes de rénovation ont entravé la réduction des émissions. Les mesures d'atténuation au stade de la conception visent notamment à ajuster la taille des bâtiments en fonction aux besoins et à réaffecter les bâtiments existants inutilisés pour éviter d'utiliser des matériaux à forte intensité de GES et des terrains supplémentaires. Les mesures d'atténuation comprennent :

- lors de la phase de construction : des matériaux de construction à faibles émissions, une enveloppe de bâtiment hautement efficace et l'intégration de solutions d'énergie renouvelable ;
- en phase d'utilisation : des appareils/équipements à haut rendement, l'optimisation de l'utilisation des bâtiments et l'approvisionnement en sources d'énergie à faibles émissions ;
- lors de la phase d'élimination : le recyclage et la réutilisation des matériaux de construction. [C]

Le potentiel d'atténuation des émissions de GES des bâtiments

C.7.3. D'ici 2050, des études ascendantes (*bottom-up*) montrent que jusqu'à 61% (8,2 GtCO₂) des émissions mondiales des bâtiments pourraient être atténuées :

- les politiques de sobriété qui évitent la demande d'énergie et de matériaux contribuent à hauteur de 10% à ce potentiel,
- les politiques d'efficacité énergétique contribuent à hauteur de 42%, et
- les politiques d'énergies renouvelables à hauteur de 9%.

C'est dans les pays en développement que se trouve le plus grand potentiel d'atténuation des nouveaux bâtiments, tandis que dans les pays développés, la rénovation des bâtiments existants présente le potentiel d'atténuation le plus élevé. La décennie 2020-2030 est essentielle pour accélérer l'apprentissage du savoir-faire, renforcer les capacités techniques et institutionnelles, mettre en place les structures de gouvernance appropriées, assurer le flux des financements et développer les compétences nécessaires pour exploiter pleinement le potentiel d'atténuation des bâtiments. [C]

Potentiel d'atténuation dans le secteur des transports

C.8. Pour réduire les émissions de GES des transports dans les pays développés et limiter leur croissance dans les pays en développement, des options existent à la fois pour agir sur la demande et sur les technologies [C]. Les actions axées sur la demande peuvent réduire la demande pour tous les services de transport et soutenir le passage à des modes de transport plus économes en énergie [C].

Les véhicules électriques alimentés par de l'électricité à faibles émissions de GES présentent le plus grand potentiel de décarbonation pour les transports terrestres, sur la base du cycle de vie [C]. Les biocarburants durables peuvent présenter des avantages supplémentaires en matière d'atténuation dans les transports terrestres à court et à moyen terme [C]. Les biocarburants durables, l'hydrogène à faibles émissions et les dérivés (y compris les carburants synthétiques)

peuvent contribuer à l'atténuation des émissions de CO₂ provenant du transport maritime, de l'aviation et du transport terrestre lourd, mais nécessitent des améliorations des processus de production et des réductions de coûts [C].

De nombreuses stratégies d'atténuation dans le secteur des transports auraient des avantages connexes, notamment pour la qualité de l'air, la santé, l'accès équitable aux transports, la réduction de la congestion et la réduction de la demande de matériaux. [C]

La réduction des émissions nécessaires pour respecter les objectifs +1,5°C et +2°C

C.8.1. Dans les scénarios +1,5°C (>50%) sans dépassement ou avec un dépassement limité, les émissions mondiales de CO₂ liées aux transports baissent de 59% d'ici 2050 par rapport aux émissions modélisées de 2020, mais avec des tendances régionales différenciées. [C]

Dans les scénarios +2°C (>67%), les émissions de CO₂ liées aux transports devraient diminuer de 29% d'ici 2050 par rapport aux émissions modélisées de 2020.

Dans les deux catégories de scénarios, le secteur des transports n'atteindra probablement pas zéro émission de CO₂ d'ici 2100, de sorte que des émissions négatives sont probablement nécessaires pour contrebalancer les émissions résiduelles de CO₂ du secteur. [C]

Les options de réduction : la structuration urbaine

C.8.2. L'évolution de la structuration urbaine (par exemple, la densité, l'utilisation des terres, la connectivité et l'accessibilité) en association avec des programmes qui encouragent les changements de comportement des consommateurs (par exemple, la tarification des transports) pourraient réduire les émissions de GES liées au transport dans les pays développés et ralentir la croissance des émissions dans les pays en développement. [C]

Les investissements dans les transports publics interurbains et intra-urbains et les infrastructures de transport actif (pistes cyclables et piétonnes) peuvent soutenir davantage le passage à des modes de transport moins intensifs en GES. [C]

Des combinaisons de changements systémiques, notamment le télétravail, la numérisation, la dématérialisation, la gestion de la chaîne d'approvisionnement et la mobilité intelligente et partagée, pourraient réduire la demande de services de passagers et de fret terrestres, aériens et maritimes. [C]

Les options de réduction : les véhicules électriques, les biocarburants et l'hydrogène

C.8.3. Les véhicules électriques alimentés par de l'électricité à faibles émissions de GES ont un grand potentiel de réduction des émissions de GES du transport terrestre, sur la base du cycle de vie. [C]

Les coûts des véhicules électrifiés, y compris les voitures, les deux et trois roues et les bus, diminuent et leur déploiement s'accélère, mais ils nécessitent des investissements continus pour augmenter l'échelle de déploiement. [C]

Les progrès des technologies de batterie pourraient faciliter l'électrification des poids lourds et compléter les systèmes ferroviaires électriques conventionnels. [C]

Provenant de sources durables et avec des matières premières à faibles émissions de GES, les biocarburants, mélangés ou non à des combustibles fossiles, peuvent présenter des avantages en matière d'atténuation, en particulier à court et à moyen terme. [C]

L'hydrogène et les dérivés de l'hydrogène à faibles émissions de GES, y compris les carburants synthétiques, peuvent présenter un potentiel d'atténuation dans certains contextes et segments de transport terrestre. [C]

Les transports aérien et maritime

C.8.4. Bien que des améliorations de l'efficacité (par exemple, conceptions optimisées des aéronefs et des navires, réduction de la masse et améliorations du système de propulsion) puissent fournir un certain potentiel d'atténuation, des technologies supplémentaires d'atténuation des émissions de CO₂ pour l'aviation et la navigation seront nécessaires. [C]

Pour l'aviation, parmi ces technologies figurent les biocarburants à haute densité énergétique [C] et l'hydrogène et les carburants synthétiques à faibles émissions. [C]

Parmi les carburants alternatifs pour le transport maritime figurent l'hydrogène à faibles émissions, l'ammoniac, les biocarburants et d'autres carburants synthétiques. [C]

L'électrification pourrait jouer un rôle de niche pour l'aviation et le transport maritime pour de courts trajets [C] et peut réduire les émissions des activités portuaires et aéroportuaires. [C]

Des améliorations des structures de gouvernance nationales et internationales permettraient davantage la décarbonation du transport maritime et de l'aviation. [C]

Ces améliorations pourraient inclure, par exemple, la mise en œuvre de normes plus strictes d'efficacité et d'intensité carbone. [C]

La décarbonation de l'électricité : levier pour réduire les émissions des transports

C.8.5. Le potentiel substantiel de réductions de GES, tant directes qu'indirectes, pour le secteur des transports dépend largement de la décarbonation du secteur de l'électricité, ainsi que des matières premières et des chaînes de production à faibles émissions. [C]

La planification et l'exploitation intégrées des infrastructures de transport et d'énergie peuvent permettre des synergies sectorielles et réduire les impacts environnementaux, sociaux et économiques de la décarbonation des secteurs des transports et de l'énergie. [C]

Le transfert de technologies et le financement peuvent aider les pays en développement à sauter par-dessus ou à passer à des systèmes de transport à faibles émissions, offrant ainsi de multiples co-bénéfices. [C]

Potentiel d'atténuation dans le secteur de l'agriculture/forêts/utilisation des terres (AFOLU)

C.9. Les options d'atténuation du secteur de l'agriculture, la forêt et l'utilisation des terres (AFOLU), lorsqu'elles sont mises en œuvre de manière durable, peuvent entraîner des réductions d'émissions de GES à grande échelle et des absorptions accrues, mais ne peuvent pas entièrement compenser les retards d'action dans d'autres secteurs. En outre, des produits agricoles et forestiers provenant de sources durables peuvent être utilisés à la place de produits à plus forte intensité de GES dans d'autres secteurs. Les obstacles à la mise en œuvre et les compromis peuvent néanmoins générer des impacts du changement climatique, des demandes concurrentes sur les terres, des conflits avec la sécurité alimentaire, etc. Il existe de nombreuses opportunités spécifiques à chaque pays pour fournir des co-bénéfices (tels que la conservation de la biodiversité, les services écosystémiques et les moyens de subsistance) et éviter les risques (par exemple, grâce à l'adaptation). [C]

Le potentiel d'atténuation du secteur AFOLU

C.9.1. Le potentiel d'atténuation projeté des options du secteur de l'agriculture, des forêts et de l'usage des terres (AFOLU) entre 2020 et 2050, à des coûts inférieurs à 100 \$US/tCO₂e, est de 8 à 14 GtCO₂e par an [C]. 30 à 50% de ce potentiel est disponible à moins de 20 \$US/tCO₂e et pourrait être mis à l'échelle à court terme dans la plupart des régions [C]. La plus grande part de ce potentiel économique [4,2-7,4 GtCO₂e par an] provient de la conservation, de l'amélioration de la gestion et de la restauration des forêts et d'autres écosystèmes (zones humides côtières, tourbières, savanes et prairies), ainsi que de la réduction de la déforestation dans les régions tropicales. Une gestion améliorée et durable des cultures et de l'élevage, et la séquestration du carbone dans l'agriculture (dont la gestion du carbone du sol dans les terres cultivées et les prairies, l'agroforesterie et le biochar) peuvent contribuer à une réduction de 1,8 à 4,1 GtCO₂e par an. Les mesures de substitution du côté de la demande et des matériaux (modification des régimes alimentaires, réduction des pertes et du gaspillage alimentaires, utilisation de biomatériaux,...), peuvent contribuer à une réduction de 2,1 [1,1-3,6] GtCO₂e par an.

En outre, les mesures axées sur la demande, ainsi que l'intensification durable de l'agriculture, peuvent réduire la conversion des écosystèmes et les émissions de CH₄ et de N₂O, et libérer des terres pour le reboisement et la restauration, ainsi que pour la production de bioénergies renouvelables. L'utilisation améliorée et élargie des produits du bois provenant de forêts gérées de manière durable présente également un potentiel grâce à l'affectation du bois récolté à des produits à plus longue durée de vie, à l'augmentation du recyclage ou à la substitution de matériaux. Les mesures d'atténuation du secteur AFOLU ne peuvent cependant pas compenser les réductions d'émissions retardées dans d'autres secteurs. Des obstacles persistants et spécifiques aux régions continuent d'entraver la faisabilité économique et politique du déploiement des options d'atténuation du secteur AFOLU. Aider les pays à surmonter ces obstacles contribuera à obtenir des mesures d'atténuation significatives. [C]

Les bénéfiques et les risques des options d'atténuation

C.9.2. Les options de séquestration du carbone et de réduction des émissions de GES dans le secteur AFOLU présentent à la fois des avantages et des risques en termes de conservation de la biodiversité et des écosystèmes, de la sécurité alimentaire et de l'eau, de l'approvisionnement en bois, des moyens de subsistance et du régime foncier et des droits d'utilisation des terres des peuples autochtones, des communautés locales et petits propriétaires terriens. [C]

Les entraves à la mise en œuvre de l'atténuation

C.9.3. Réaliser le potentiel d'atténuation du secteur AFOLU implique de surmonter les contraintes institutionnelles, économiques et politiques et de gérer les compromis potentiels [C]. Parmi les obstacles à la mise en œuvre de l'atténuation dans le secteur de l'AFOLU figurent :

- un soutien institutionnel et financier insuffisant,
- les incertitudes quant à l'additionnalité à long terme des émissions réduites et des absorptions et aux compromis,
- la faible gouvernance,
- la propriété foncière précaire,
- les faibles revenus, et le manque d'accès à des sources alternatives de revenus, et
- le risque d'inverser les flux de carbone c'est-à-dire le risque qu'un puits de carbone devienne une source (ex. lorsque qu'une forêt brûle).

L'accès limité aux technologies, aux données et au savoir-faire est un obstacle à la mise en œuvre. La recherche et le développement sont essentiels pour toutes les mesures. Par exemple, les mesures d'atténuation des émissions agricoles de CH₄ et de N₂O avec l'aide des technologies émergentes montrent des résultats prometteurs. Cependant, l'atténuation des émissions de CH₄ et de N₂O agricoles est toujours limitée par le coût, la diversité et la complexité des systèmes agricoles, ainsi que par les demandes croissantes d'augmentation des rendements agricoles et la demande croissante de produits d'élevage. [C]

Le coût des mesures d'atténuation, dont la séquestration du carbone

C.9.4. Les coûts nets associés à la séquestration du carbone de 5 à 6 Gt de CO₂ par an et de la réduction des émissions liés aux forêts sont estimés à environ 400 milliards \$US par an d'ici 2050. Les coûts des autres mesures d'atténuation de l'AFOLU sont très spécifiques au contexte. Les besoins de financement dans l'AFOLU, et en particulier dans la foresterie, comprennent à la fois les effets directs de tout changement d'activités ainsi que les coûts d'opportunité associés au changement d'affectation des terres. [C]

Atténuation du côté de la demande

C.10. L'atténuation du côté de la demande englobe les changements dans l'utilisation des infrastructures, l'adoption des technologies d'utilisation finale et les changements socioculturels et comportementaux. Les mesures axées sur la demande et les nouveaux modes de prestation de services peuvent réduire les émissions mondiales de GES dans les secteurs consommateurs de services de 40 à 70% d'ici 2050 par rapport aux scénarios de référence. Les options de réponse à l'atténuation du côté de la demande sont compatibles avec l'amélioration du bien-être de base pour tous. [C]

L'influence des infrastructures et des technologies sur la demande et la prestation de services

C.10.1. La conception de l'infrastructure et l'accès à celle-ci, ainsi que l'accès aux technologies et la mise en œuvre de celles-ci (y compris les technologies de l'information et de la communication) influencent les modèles de demande et les modes de prestation de services, tels que la mobilité, le logement, l'eau, l'assainissement et la nutrition. Des scénarios de faible demande mondiale, en tenant compte des différences régionales, indiquent qu'une conversion plus efficace de l'énergie d'utilisation finale peut améliorer les services, tout en réduisant le besoin d'énergie en amont de 45% d'ici 2050 par rapport à 2020 [C].

Les stratégies axées sur la demande, les changements de comportement

C.10.2. Des stratégies globales axées sur la demande dans tous les secteurs pourraient réduire d'ici 2050 les émissions de CO₂ et de GES hors CO₂ à l'échelle mondiale de 40 à 70% par rapport aux projections des émissions en 2050 sur la base de deux scénarios s'appuyant sur les mesures politiques annoncées par les gouvernements nationaux fin 2020. Avec un soutien politique, les choix socioculturels et les changements de comportement peuvent réduire rapidement les émissions mondiales de GES des secteurs finaux d'utilisation d'au moins 5% (avec une part majoritaire de ce potentiel de réduction dans les pays développés) et plus jusqu'en 2050, s'ils sont combinés à une amélioration de la conception et de l'accès aux infrastructures. Les personnes ayant un statut socio-économique élevé contribuent de manière disproportionnée aux émissions et ont le potentiel le plus élevé de réduction des émissions, par exemple en tant que citoyens, investisseurs, consommateurs, modèles et professionnels. [C]

Les options d'atténuation pour les secteurs d'utilisation finale

C.10.3. Une part des émissions mondiales annuelles de GES comprise entre 5 et 30% provenant des secteurs d'utilisation finale (*end-use sectors*) est évitable d'ici 2050, par rapport aux projections d'émissions pour 2050 de deux scénarios conformes aux politiques annoncées par les gouvernements nationaux fin 2020, grâce à :

- des changements dans l'environnement bâti,
- des infrastructures et des services nouveaux et réaffectés par le biais de villes compactes,
- la localisation au même endroit des emplois et des logements, une utilisation plus efficace de la surface au sol et de l'énergie dans les bâtiments,
- la réaffectation de la voirie à la mobilité active (l'ensemble des déplacements non motorisés comme la marche à pied, le vélo, le roller,...). [C]

Utilisateurs finaux : comment choisir les options bas-carbone

C.10.4. L'architecture des choix¹⁶ peut aider les utilisateurs finaux à adopter, en fonction des consommateurs, de la culture et des contextes nationaux, des comportements à faible intensité de GES tels que :

- des régimes alimentaires sains¹⁷, équilibrés et durables reconnaissant les besoins nutritionnels ;
- la réduction du gaspillage alimentaire ;
- le choix de chauffage et de refroidissement adaptés au confort thermique ;
- les énergies renouvelables intégrées dans les bâtiments ;
- les véhicules légers électriques, le passage à la marche, au vélo, au transport partagé et au transport en commun ;
- une consommation durable via l'utilisation de produits réparables à plus longue durée de vie. [C]

L'action consistant à s'attaquer aux inégalités, à la « consommation de statut » (services qui manifestent publiquement un prestige social), et à se concentrer sur le bien-être, soutient les efforts d'atténuation. [C]

¹⁶ L'architecture des choix décrit la présentation des choix aux consommateurs et l'impact de cette présentation sur la prise de décision des consommateurs. (SPM page 45)

¹⁷ Les "régimes alimentaires sains et durables" correspondent aux régimes alimentaires qui promeuvent la santé et le bien-être, ont un faible impact environnemental, sont accessibles, abordables, sûrs et équitables, et sont culturellement acceptables. Le concept associé de régime équilibré correspond à des régimes à base d'aliments d'origine végétale, tels que les céréales complètes, légumineuses, fruits et légumes, noix et graines, ainsi que des aliments d'origine animale issus de systèmes de production durables, peu émetteurs et résilients (source: SPM du vol.3 de l'AR6, note de bas de page n°62, p.43).

Demand-side mitigation can be achieved through changes in socio-cultural factors, infrastructure design and use, and end-use technology adoption by 2050.

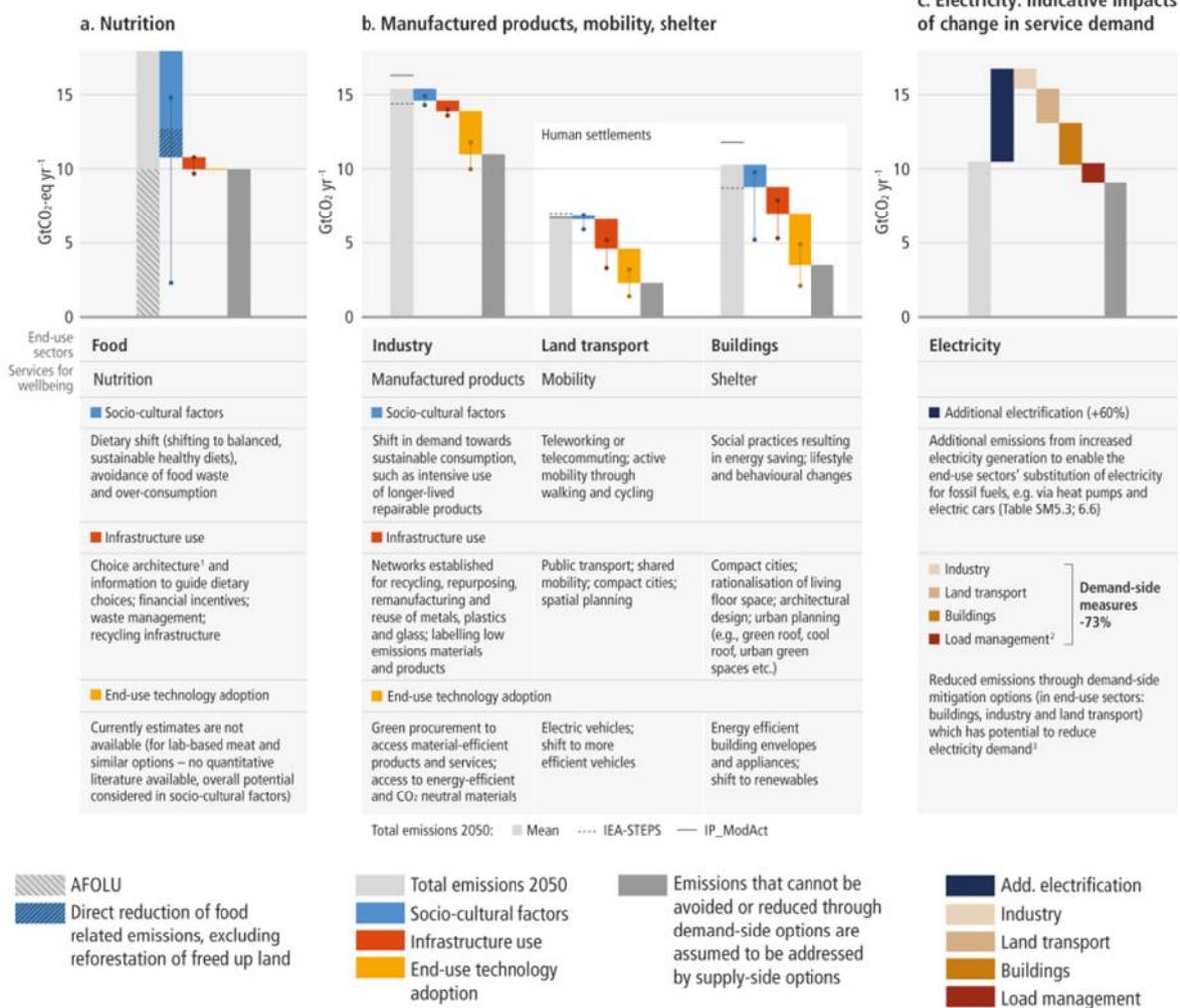


Figure SPM.6 Potentiel indicatif des options d'atténuation du côté de la demande d'ici 2050

Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation (p.46)

La figure (a) montre le potentiel du côté de la demande (*demand side potential*) des facteurs socioculturels et de l'utilisation des infrastructures. La valeur médiane de la réduction des émissions directes (principalement hors CO₂) par le biais de facteurs socioculturels est de 1,9 GtCO₂e sans tenir compte du changement d'affectation des terres par le reboisement des terres libérées. Si l'on considère les changements d'affectation des sols permis par ce changement de la demande alimentaire, le potentiel pourrait atteindre 7 GtCO₂e.

La figure (b) illustre le potentiel d'atténuation dans les secteurs d'utilisation finale de l'industrie, des transports terrestres et des bâtiments par le biais d'options du côté de la demande.

La figure (c) illustre comment les options sectorielles d'atténuation du côté de la demande modifient la demande sur le système de distribution d'électricité. L'électricité représente une proportion croissante de la demande d'énergie finale en 2050 conformément à de multiples études ascendantes. Ces études sont utilisées pour calculer l'impact de l'électrification finale qui augmente la demande globale d'électricité. Une partie de l'augmentation prévue peut être évitée grâce à des options d'atténuation du côté de la demande dans les domaines des facteurs socioculturels et de l'utilisation des infrastructures dans l'utilisation finale de l'électricité dans les bâtiments, l'industrie et les transports terrestres. Les colonnes gris foncé indiquent les émissions qui ne peuvent être évitées via les options d'atténuation du côté de la demande.

C.11. Le déploiement du CDR¹⁸ pour contrebalancer les émissions résiduelles difficiles à réduire est inévitable si l'on veut atteindre des émissions nettes nulles de CO₂ ou de GES. L'échelle et le calendrier de déploiement dépendront des scénarios de réductions brutes des émissions dans différents secteurs. L'intensification du déploiement du CDR dépend du développement d'approches efficaces pour répondre aux contraintes de faisabilité et de durabilité, en particulier à grande échelle. [C]

Maturité, processus d'élimination, échelle temporelle de stockage, coûts

C.11.1. Le CDR fait référence aux activités anthropiques qui éliminent le CO₂ de l'atmosphère et le stockent durablement dans des réservoirs géologiques, terrestres ou océaniques, ou dans des produits. Les méthodes CDR sont variables en termes de maturité, de processus d'élimination, d'échelle temporelle de stockage du carbone, de support de stockage, de potentiel d'atténuation, de coût, de co-bénéfices, d'impacts et de risques, et d'exigences de gouvernance. [C]

Les échelles de temps de stockage estimées varient de décennies à des siècles pour les méthodes qui stockent le carbone dans la végétation et par la gestion du carbone du sol, à 10 000 ans ou plus pour les méthodes qui stockent le carbone dans les formations géologiques. [C]

Les processus par lesquels le CO₂ est éliminé de l'atmosphère peuvent être soit biologiques, géochimiques ou chimiques. Le boisement, le reboisement, la gestion améliorée des forêts, l'agroforesterie et la séquestration du carbone dans le sol sont actuellement les seules méthodes de CDR largement pratiquées. [C]

Impacts, risques et co-bénéfices

C.11.2. Les impacts, les risques et les co-bénéfices du déploiement du CDR pour les écosystèmes, la biodiversité et les personnes seront très variables en fonction de la méthode, du contexte spécifique au site, de la mise en œuvre et de l'échelle. [C]

Le reboisement, la gestion améliorée des forêts, la séquestration du carbone dans le sol, la restauration des tourbières et la gestion du carbone bleu sont des exemples de méthodes qui peuvent améliorer la biodiversité et les fonctions écosystémiques, l'emploi et les moyens de subsistance locaux, selon le contexte. [C]

En revanche, le boisement ou la production de cultures de biomasse pour les BECCS ou le biochar, lorsqu'ils sont mal mis en œuvre, peuvent avoir des impacts socio-économiques et environnementaux négatifs, notamment sur la biodiversité, la sécurité alimentaire et hydrique, les moyens de subsistance locaux et les droits des peuples autochtones, en particulier s'ils sont mis en œuvre à grande échelle et où le régime foncier est précaire. [C]

La fertilisation des océans, si elle est mise en œuvre, pourrait entraîner une redistribution des nutriments, une restructuration des écosystèmes, une augmentation de la consommation d'oxygène et une acidification dans les eaux plus profondes. [C]

Le risque de non-permanence

C.11.3. Le captage et le stockage du CO₂ par la gestion de la végétation et des sols peuvent être inversés (la séquestration n'est pas permanente et le CO₂ peut retourner à l'atmosphère) par des perturbations humaines ou naturelles ; ce processus est également sujet aux impacts du changement climatique. En comparaison, le CO₂ stocké dans les réservoirs géologiques et océaniques (via le BECCS, le DACCS, l'alcalinisation des océans) et sous forme de carbone dans le biochar est moins susceptible de s'inverser. [C]

Les rôles complémentaires du CDR

C.11.4. En plus des réductions d'émissions importantes, rapides et soutenues, le CDR peut remplir trois rôles complémentaires différents à l'échelle mondiale ou au niveau national :

- réduire les émissions nettes de CO₂ ou de GES à court terme ;
- contrebalancer les émissions résiduelles « difficiles à réduire » (par exemple, les émissions de l'agriculture, de l'aviation, du transport maritime, des processus industriels) afin d'aider à atteindre des émissions nettes nulles de CO₂ ou de GES à moyen terme ;
- atteindre des émissions nettes négatives de CO₂ ou de GES à long terme si le déploiement se fait à des niveaux supérieurs aux émissions résiduelles annuelles. [C]

¹⁸ Élimination du dioxyde de carbone (*Carbon Dioxide Removal*). Voir note en bas de page n° 11 pour définition (p.22).

Les facteurs propices au développement du CDR

C.11.5. Les réductions rapides des émissions dans tous les secteurs interagissent avec l'échelle future du déploiement des méthodes CDR, et leurs risques, impacts et co-bénéfices associés. Le déploiement des méthodes CDR à grande échelle dépend du développement d'approches efficaces pour répondre aux contraintes de durabilité et de faisabilité, aux impacts potentiels, aux co-bénéfices et aux risques. Parmi les facteurs propices au développement du CDR figurent :

- une recherche, un développement et une démonstration accélérés,
- des outils améliorés pour l'évaluation et la gestion des risques,
- des incitations ciblées et le développement de méthodes consensuelles pour la mesure, le rapportage et la vérification des flux de carbone. [C]

Les coûts des options d'atténuation

C.12. Les options d'atténuation coûtant 100 \$US tCO₂e ou moins pourraient réduire les émissions mondiales de GES d'ici 2030 d'au moins la moitié du niveau de 2019 [C]. Le PIB mondial continue de croître dans les scénarios étudiés mais, sans tenir compte des avantages économiques des mesures d'atténuation des dommages évités du changement climatique, ni de la réduction des coûts d'adaptation, il est inférieur de quelques pour cent en 2050 par rapport aux scénarios sans ambition supplémentaire d'atténuation. L'avantage économique mondial de limiter le réchauffement à +2 °C dépasse le coût de l'atténuation dans la plupart des publications évaluées. [C]

Le coût des options d'atténuation et le potentiel de réduction associé

C.12.1. Sur la base d'une évaluation sectorielle détaillée des options d'atténuation, les options d'atténuation coûtant 100 \$US tCO₂e ou moins pourraient réduire les émissions mondiales de GES d'ici 2030 d'au moins la moitié du niveau de 2019 (les options coûtant moins de 20 \$US tCO₂e sont estimés représenter plus de la moitié de ce potentiel).

Pour une plus petite partie du potentiel, le déploiement entraîne des économies de coûts nettes. D'importantes contributions avec des coûts inférieurs à 20 \$US tCO₂e proviennent de l'énergie solaire et éolienne, des améliorations de l'efficacité énergétique, de la conversion réduite des écosystèmes naturels et des réductions des émissions de CH₄ (extraction de charbon, pétrole et gaz, déchets). Les potentiels d'atténuation et les coûts d'atténuation des technologies individuelles dans un contexte ou une région spécifique peuvent différer considérablement des estimations fournies. L'évaluation de la littérature suggère que la contribution relative des différentes options pourrait changer au-delà de 2030. [C]

Les impacts agrégés de l'atténuation sur le PIB mondial

C.12.2. Les effets agrégés de l'atténuation du changement climatique sur le PIB mondial sont faibles par rapport à la croissance mondiale projetée du PIB dans les scénarios évalués. Néanmoins, ces scénarios quantifient les implications macroéconomiques de l'atténuation du changement climatique, mais ne tiennent pas compte des dommages causés par le changement climatique, ni des coûts d'adaptation. [C]

Par exemple, par rapport aux scénarios qui supposent la poursuite des politiques mises en œuvre fin 2020, le PIB mondial projeté en 2050 est réduit de 1,3 à 2,7% dans les scénarios supposant une action mondiale coordonnée commençant d'ici 2025 au plus tard pour limiter le réchauffement à 2 °C (>67%). La réduction moyenne correspondante de la croissance annuelle du PIB mondial sur la période 2020-2050 est de -0,04 à -0,09 point de pourcentage. Dans les scénarios évalués, quel que soit le niveau d'action d'atténuation, le PIB mondial devrait au moins doubler sur la période 2020-2050. Pour les scénarios dans d'autres catégories de température, les réductions du PIB mondial en 2050 par rapport aux scénarios qui supposent la poursuite des politiques mises en œuvre fin 2020 sont les suivantes :

- -2,6 à -4,2% (C1),
- -1,6 à -2,8% (C2),
- -0,8 à -2,1% (C4),
- -0,5 à -1,2% (C5).

Les réductions correspondantes de la croissance moyenne annuelle du PIB mondial sur la période 2020-2050, en points de pourcentage, sont les suivantes :

- -0,09 à -0,14 (C1),
- -0,05 à -0,09 (C2),
- -0,03 à -0,07 (C4),
- -0,02 à -0,04 (C5).

Les avantages économiques agrégés résultant de l'action climat

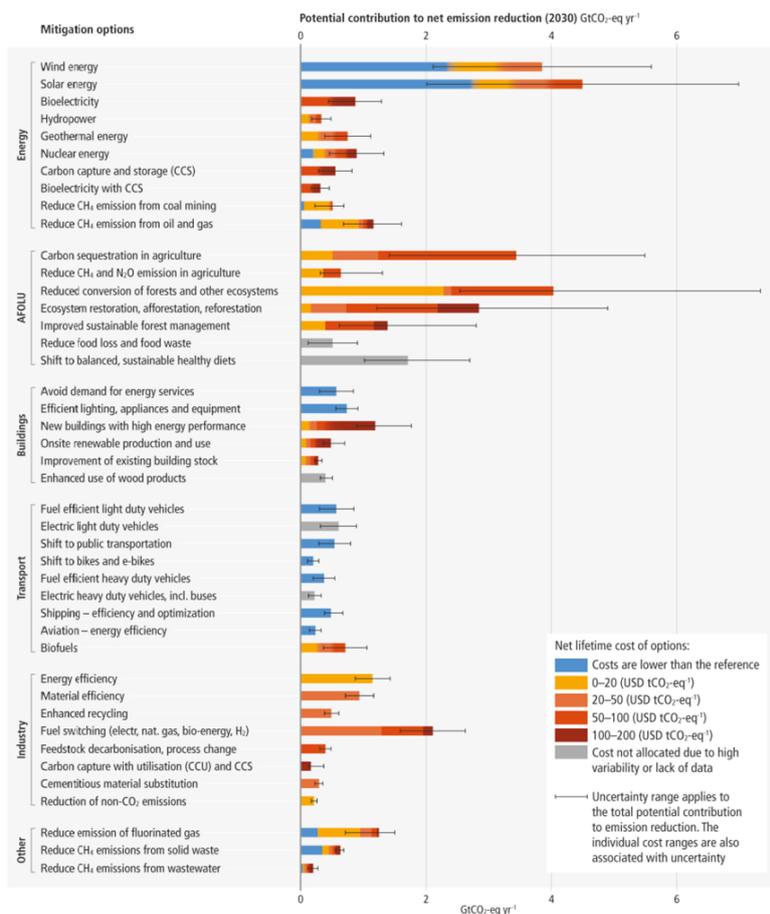
C.12.3. Les estimations des avantages économiques agrégés résultant de la prévention des dommages causés par le changement climatique et de la réduction des coûts d'adaptation augmentent avec la rigueur des mesures d'atténuation. [C] Les modèles qui intègrent les dommages économiques du changement climatique constatent que le coût mondial de la limitation du réchauffement à +2 °C au 21^{ème} siècle est inférieur aux avantages économiques mondiaux de la réduction du réchauffement, sauf si : i) les dommages climatiques se situent vers le bas de la fourchette ; ou ii) les dommages futurs sont actualisés à des taux élevés. [C]

Les scénarios avec un pic des émissions mondiales d'ici 2025 au plus tard, par rapport aux scénarios avec un pic des émissions mondiales ultérieur, impliquent des transitions à court terme plus rapides et des investissements initiaux plus élevés, mais apportent des gains à long terme pour l'économie, ainsi que des avantages plus précoces des impacts évités du changement climatique. [C]

L'ampleur précise de ces gains et avantages est difficile à quantifier.

FOOTNOTE 69: The evidence is too limited to make a similar robust conclusion for limiting warming to 1.5°C.

Many options available now in all sectors are estimated to offer substantial potential to reduce net emissions by 2030. Relative potentials and costs will vary across countries and in the longer term compared to 2030.



Voir SPM page 51 pour la méthodologie.

Source : Giec, [résumé pour décideurs](#), vol. 3 du 6^e rapport d'évaluation (p.50).

D) Liens entre atténuation, adaptation et développement durable

Points clés du chapitre

- il est essentiel d'accélérer l'action pour atténuer le changement climatique et s'y adapter ;
- le renforcement des mesures d'atténuation et les actions plus larges visant à modifier les trajectoires de développement en faveur de la durabilité auront des conséquences redistributives au sein des pays et entre eux.

►D.1 - Il est essentiel d'accélérer l'action pour atténuer le changement climatique et s'y adapter. L'action climat peut également donner lieu à certains compromis (*trade-offs*) à traiter au niveau politique. Les objectifs de développement durable (ODD) adoptés dans le cadre de l'Agenda 2030 des Nations Unies pour le développement durable peuvent servir de base à l'évaluation de l'action climat [C].

►D.2 - Il existe un lien étroit entre le développement durable, la vulnérabilité et les risques climatiques. Des ressources économiques, sociales et institutionnelles limitées entraînent souvent une forte vulnérabilité et une faible capacité d'adaptation, en particulier dans les pays en développement [C]. Plusieurs options de réponse (dans les villes, la gestion des terres et les écosystèmes) produisent à la fois des résultats en matière d'atténuation et d'adaptation. Toutefois, les écosystèmes terrestres et aquatiques peuvent être affectés par certaines mesures d'atténuation [C]. Des politiques et une planification intersectorielles coordonnées peuvent maximiser les synergies et éviter ou réduire les compromis entre atténuation et adaptation [C].

►D.3 - Le renforcement des mesures d'atténuation et les actions plus larges visant à modifier les trajectoires de développement en faveur de la durabilité auront des conséquences redistributives au sein des pays et entre eux [effets sur les revenus, créations et pertes d'emplois selon les régions,...]. L'attention portée à l'équité et à une participation large et significative de tous les acteurs concernés par la prise de décision à tous les niveaux peut renforcer la confiance sociale, et approfondir et élargir le soutien aux changements transformateurs [C].

E) Renforcer la réponse

Points clés du chapitre

- plusieurs options d'atténuation (énergie solaire, énergie éolienne, électrification des systèmes urbains, efficacité énergétique, maîtrise de la demande,...) sont techniquement viables, de plus en plus rentables et généralement soutenues par le public ;
- si de nombreuses options d'atténuation présentent des co-bénéfices environnementaux (amélioration de la qualité de l'air,...), beaucoup d'entre elles ont également des impacts environnementaux négatifs (réduction de la biodiversité,...), lorsqu'elles sont appliquées à très grande échelle (bioénergie, stockage par batterie,...) ;
- les capacités institutionnelles et réglementaires, l'innovation, le financement, l'amélioration de la gouvernance et de la collaboration à tous les niveaux permettent de renforcer l'atténuation ;
- la gouvernance climatique (via la législation, les stratégies et les institutions) soutient l'atténuation ;
- les paquets politiques qui favorisent l'innovation et renforcent les capacités sont mieux à même de soutenir la transition vers un avenir équitable à faible taux d'émissions de GES que les politiques non coordonnées ;
- pour respecter les objectifs +1,5°C et +2°C, les investissements annuels moyens sur la période 2020-2030 doivent être de trois à six fois supérieurs aux niveaux d'investissements actuels ;
- il existe suffisamment de capitaux et de liquidités au niveau mondial pour combler les déficits d'investissement mais il existe des obstacles à la réorientation des capitaux vers l'action climat, tant au sein qu'en dehors du secteur financier mondial ;
- l'accélération de l'aide financière accordée aux pays en développement par les pays développés est un catalyseur essentiel pour renforcer les mesures d'atténuation et remédier aux inégalités d'accès au financement pour les pays en développement.

►E.1 - Il existe des options d'atténuation déployables à grande échelle à court terme. Leur faisabilité varie selon les secteurs, les régions, les capacités, ainsi que la rapidité et l'ampleur de la mise en œuvre. Les obstacles à la faisabilité devraient être réduits ou supprimés, et les conditions favorables devraient être renforcées pour déployer ces options d'atténuation à grande échelle. Parmi ces obstacles et ces conditions favorables figurent des facteurs géophysiques, environnementaux-écologiques, technologiques et économiques, et surtout des facteurs institutionnels et socioculturels. Une action renforcée à court terme au-delà des NDC (soumises ou annoncées avant la COP-26) peut réduire et/ou éviter les problèmes de faisabilité à long terme des trajectoires mondiales d'émissions permettant de respecter (ou de dépasser légèrement) l'objectif +1,5°C (>50%) [C].

Les options d'atténuation : avantages et inconvénients

E.1.1. Plusieurs options d'atténuation, notamment l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'électrification des systèmes urbains, les infrastructures urbaines vertes, l'efficacité énergétique, la maîtrise de la demande, l'amélioration de la gestion des forêts, des cultures et des pâturages, et la réduction des pertes et du gaspillage alimentaires, sont techniquement viables, de plus en plus rentables et généralement soutenues par le public. Ces options peuvent être déployées dans de nombreuses régions [C]. Bien que de nombreuses options d'atténuation présentent des co-bénéfices environnementaux, notamment l'amélioration de la qualité de l'air et la réduction des déchets toxiques, beaucoup d'entre elles ont également des impacts environnementaux négatifs, tels que la réduction de la biodiversité, lorsqu'elles sont appliquées à très grande échelle, par exemple la bioénergie à très grande échelle ou l'utilisation à grande échelle du stockage par batterie. Ces impacts devront être gérés [C]. Presque toutes les options d'atténuation se heurtent à des obstacles institutionnels qu'il convient de surmonter pour permettre leur application à grande échelle [C].

►E.2 - Dans tous les pays, les efforts d'atténuation intégrés dans le contexte plus large du développement peuvent augmenter le rythme et l'ampleur des réductions d'émissions de GES [C]. Les politiques qui orientent le développement vers la durabilité peuvent élargir la gamme des mesures d'atténuation disponibles et permettre la recherche de synergies avec les objectifs de développement [C]. Des mesures peuvent être prises dès maintenant pour modifier les trajectoires de développement et accélérer l'atténuation et les transitions dans l'ensemble des systèmes [C].

Comment faire évoluer les trajectoires de développement ?

E.2.1. Les trajectoires de développement actuelles peuvent créer des obstacles comportementaux, spatiaux, économiques et sociaux à l'accélération de l'atténuation à toutes les échelles [C]. Les choix effectués par les décideurs, les citoyens, le secteur privé et les autres parties prenantes influencent les trajectoires de développement des sociétés [C]. Les actions qui orientent, par exemple, les transitions des systèmes énergétiques, les changements structurels de l'économie dans son ensemble et les changements de comportement peuvent faire évoluer les trajectoires de développement vers la durabilité [C].

L'importance d'associer l'atténuation aux politiques de développement des Etats

E.2.2. Le fait de coupler l'atténuation aux politiques visant à modifier les trajectoires de développement, telles que des politiques sectorielles plus larges, des politiques qui induisent des changements de mode de vie ou de comportement, la régulation financière ou des politiques macroéconomiques, peut permettre de surmonter les obstacles et créer d'autres options d'atténuation [C]. Cela peut également faciliter le couplage de l'atténuation à d'autres objectifs de développement [C]. Par exemple, les mesures visant à promouvoir les zones urbaines piétonnes, associées à l'électrification et aux énergies renouvelables, peuvent créer des co-bénéfices pour la santé grâce à un air plus propre et aux avantages d'une mobilité accrue [C]. Des politiques de logement coordonnées qui élargissent les possibilités de relogement peuvent rendre plus efficaces les mesures d'atténuation dans le domaine des transports [C].

Comment renforcer l'atténuation dans le cadre des trajectoires de développement ?

E.2.3. Les capacités institutionnelles et réglementaires, l'innovation, le financement, l'amélioration de la gouvernance et de la collaboration à tous les niveaux, ainsi que les politiques à objectifs multiples, permettent de renforcer l'atténuation et de modifier les trajectoires de développement. Ces interventions peuvent se renforcer mutuellement et établir des mécanismes de rétroaction positive [effet d'amélioration], ce qui conduirait à une atténuation accélérée [C].

►E.3 - La gouvernance climatique, via la législation, les stratégies et les institutions, en fonction des circonstances nationales, soutient l'atténuation en fournissant des cadres par lesquels divers acteurs interagissent, et une base pour l'élaboration et la mise en œuvre des politiques [C]. La gouvernance climatique est plus efficace lorsqu'elle s'intègre à de multiples domaines d'action, qu'elle permet de réaliser des synergies et de minimiser les compromis, et qu'elle relie entre eux les niveaux d'élaboration des politiques nationaux et infranationaux [C]. Une gouvernance climatique efficace et équitable repose sur l'engagement des acteurs de la société civile, des acteurs politiques, des entreprises, des jeunes, des travailleurs, des médias, des peuples autochtones et des communautés locales [C].

►E.4 - De nombreux instruments réglementaires et économiques ont déjà été déployés avec succès. La conception de ces instruments peut contribuer à la réalisation des objectifs d'équité. Ces instruments pourraient favoriser de fortes réductions d'émissions et stimuler l'innovation s'ils étaient transposés à plus grande échelle et appliqués plus largement [C]. Les paquets politiques qui favorisent l'innovation et renforcent les capacités sont mieux à même de soutenir une transition vers un avenir équitable à faible taux d'émissions de GES que les politiques non coordonnées [C]. Les mesures prises visant l'ensemble de l'économie, en fonction des circonstances nationales, peuvent permettre d'atteindre des objectifs économiques à court terme tout en réduisant les émissions et en orientant les modes de développement vers la durabilité [C].

► E.5 - Aujourd'hui, les flux financiers recensés ne sont pas suffisants pour atteindre les objectifs d'atténuation dans tous les secteurs et toutes les régions. C'est dans les pays en développement que les écarts sont plus importants. L'augmentation des flux financiers destinés à l'atténuation peut être soutenue par des choix politiques et des signaux clairs de la part des gouvernements et de la communauté internationale [C]. L'accélération de la coopération financière internationale est un catalyseur essentiel des transitions justes et à faibles émissions de GES, et peut remédier aux inégalités en matière d'accès au financement et aux coûts des impacts du changement climatique et à la vulnérabilité à ceux-ci [C].

Il faut augmenter de 3 à 6 fois les investissements annuels moyens sur 2020-2030

E.5.1. Les besoins annuels moyens d'investissement pour la période 2020-2030 dans les scénarios limitant le réchauffement à +2°C ou +1,5°C sont de trois à six fois supérieurs aux niveaux actuels, et le total des investissements d'atténuation (publics, privés, nationaux et internationaux) devrait augmenter dans tous les secteurs et toutes les régions [C]. Les déficits d'investissement en matière d'atténuation sont importants pour tous les secteurs, et plus importants pour le secteur AFOLU en termes relatifs et pour les pays en développement [C]. Les besoins de financement et d'investissement pour l'adaptation, la réduction des pertes et des dommages, les infrastructures générales, la réglementation et le renforcement des capacités, ainsi que la protection sociale adaptée au climat, exacerbent encore l'ampleur des difficultés rencontrées par les pays en développement pour attirer des financements [C].

Les obstacles à la réorientation des capitaux vers l'action climat

E.5.2. Il existe suffisamment de capitaux et de liquidités au niveau mondial pour combler les déficits d'investissement, compte tenu de la taille du système financier mondial, mais il existe des obstacles à la réorientation des capitaux vers l'action climat, tant au sein qu'en dehors du secteur financier mondial. Parmi les obstacles au déploiement du financement commercial au sein du secteur financier figurent [C] :

- une évaluation inadéquate des risques liés au climat et des opportunités d'investissement,
- une inadéquation régionale entre les capitaux disponibles et les besoins d'investissement,
- les niveaux d'endettement des pays,
- la vulnérabilité économique,
- les capacités institutionnelles limitées.

Pour renforcer l'atténuation dans les pays en développement, il faut accélérer et augmenter l'aide financière

E.5.3. L'accélération de l'aide financière accordée aux pays en développement par les pays développés est un catalyseur essentiel pour renforcer les mesures d'atténuation et remédier aux inégalités d'accès au financement pour les pays en développement [C]. L'augmentation des subventions publiques pour le financement des mesures d'atténuation et d'adaptation dans les régions vulnérables, notamment en Afrique subsaharienne, aurait un bon rapport coût-efficacité et un rendement social élevé en termes d'accès à l'énergie de base [C]. Parmi les options permettant d'intensifier les mesures d'atténuation dans les pays en développement figurent [C] :

- l'augmentation des flux de financement public et privé mobilisés par les pays développés en faveur des pays en développement dans le cadre de l'objectif des 100 milliards de dollars par an ;
- le recours accru aux garanties publiques pour réduire les risques et mobiliser les flux privés à moindre coût ;
- le développement des marchés de capitaux locaux ;
- l'instauration d'une plus grande confiance dans les processus de coopération internationale.

Un effort coordonné pour rendre durable la reprise post-Covid-19 et l'augmentation des flux de financement au cours de la prochaine décennie peuvent accélérer l'action climat, y compris dans les pays en développement confrontés à des coûts d'endettement élevés, au surendettement et à l'incertitude macroéconomique [C].

Comment aligner les flux financiers sur les besoins de financement de l'action climat

E.5.4. Des signaux clairs de la part des gouvernements et de la communauté internationale, y compris un alignement accru des finances et des politiques du secteur public, et des niveaux plus élevés de financement du climat par le secteur public, réduisent les incertitudes et les risques de transition pour le secteur privé. En fonction des contextes nationaux, les investisseurs et les intermédiaires financiers, les banques centrales et les régulateurs financiers peuvent soutenir l'action climat et modifier la sous-évaluation systémique du risque climatique en augmentant la sensibilisation, la transparence et la prise en compte du risque climatique et des opportunités d'investissement. Les flux financiers peuvent également être alignés sur les besoins de financement grâce à [C] :

- un soutien accru au développement technologique ;
- un rôle continu pour les fonds multilatéraux et nationaux pour le climat et les banques de développement ;
- la réduction des coûts de financement pour les groupes mal desservis par le biais d'entités telles que les banques vertes existant dans certains pays, les fonds et les mécanismes de partage des risques ;
- des instruments économiques qui tiennent compte de l'équité économique et sociale et des impacts redistributifs.

► **E.6 - La coopération internationale est un catalyseur essentiel pour atteindre des objectifs ambitieux en matière d'atténuation du changement climatique. La CCNUCC, le Protocole de Kyoto et l'Accord de Paris soutiennent la hausse de l'ambition des Etats et encouragent le développement et la mise en œuvre de politiques climat, même si des lacunes subsistent. Des partenariats, des accords, des institutions et des initiatives opérant aux niveaux régional, national et local, et au niveau sectoriel, impliquant de multiples acteurs, voient le jour [C].**

Le Giec, ses rapports, ses groupes de travail et sa méthodologie

Qu'est-ce que le Giec ?

► Les missions du Giec

Le Giec, connu également par son acronyme anglais IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), a été établi en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Il a pour mission d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les travaux et informations scientifiques, techniques et socio-économiques qui sont pertinents pour comprendre les bases scientifiques du changement climatique, ses risques, ses impacts et conséquences réels et potentiels, ainsi que les options pour l'atténuation du phénomène (la réduction des émissions de gaz à effet de serre [GES] et l'augmentation des puits de carbone) et l'adaptation à celui-ci. Le Giec n'a pas pour mandat d'effectuer des travaux de recherche, ni de suivre l'évolution des variables climatologiques.

Des centaines de spécialistes reconnus (climatologues, agronomes, astrophysiciens, biogéochimistes, , biologistes, économistes, géologues, glaciologues, hydrologues, météorologues, océanographes, paléontologues, physiciens,...) provenant du monde entier contribuent à l'élaboration des rapports du Giec en tant qu'auteurs, contributeurs ou relecteurs. Les évaluations du Giec sont principalement fondées sur les informations contenues dans les publications, revues et ouvrages scientifiques, techniques et socio-économiques dont la valeur scientifique est largement reconnue et qui sont disponibles à l'échelle internationale. Le Giec s'appuie en priorité sur les articles, études et autres travaux publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture (évaluation scientifique réalisée par des pairs). A partir de cet énorme corpus scientifique existant (plusieurs milliers de publications), le Giec élabore des rapports et des synthèses et construit des scénarios d'évolution du climat.

Les rapports du Giec

► Les rapports d'évaluation

L'une des principales tâches du Giec consiste à procéder, à intervalles réguliers, à une **évaluation de l'état des connaissances relatives au changement climatique**. A ce jour, le Giec a publié cinq rapports d'évaluation complets (1990, 1996, 2001, 2007 et 2013-2014), chacun composé de trois tomes (sciences physiques, impacts/adaptation, atténuation). Chacun des trois tomes est accompagné d'un **résumé pour les décideurs** [politiques] condensant et synthétisant leurs résultats et conclusions respectifs sous une forme interprétable par les décideurs politiques. Le Giec a lancé son 6^e cycle d'évaluation en 2016. Lors de sa 46^e session (6-10 septembre 2016 à Montréal), le Giec s'est mis d'accord sur les grandes lignes (*outlines*) de son 6^e rapport d'évaluation (AR6) qui sera publié en 2021-2022.

Les rapports d'évaluation du Giec constituent une référence, dressant un bilan mondial rigoureux, détaillé et éclairé de l'état actuel des connaissances scientifiques sur le changement climatique, tant pour les scientifiques eux-mêmes que pour les décideurs du monde entier. Ces rapports constituent un apport scientifique solide aux négociations internationales sur le climat dans le cadre de la Convention Climat, du Protocole de Kyoto et de l'Accord de Paris. Le Giec contribue notamment à sa mise en œuvre par ses travaux sur les **méthodes à appliquer pour la réalisation des inventaires nationaux d'émission de GES**.

Les rapports d'évaluation du Giec : éclairer mais non préconiser

Tous comme les cinq rapports d'évaluation précédents, l'AR6 livre l'état des connaissances le plus complet et le plus actualisé sur le changement climatique pour les six années à venir. L'AR6 doit être pertinent pour la prise de décision politique (*policy-relevant*) mais ne doit en aucun cas préconiser de choix de nature politique (*policy-prescriptive*). En clair, il peut donner l'alerte mais il incombe aux Gouvernements d'agir pour lutter contre le changement climatique, en réduisant leurs émissions nationales de GES, en préservant et en augmentant leur puits de carbone et/ou en s'adaptant au changement climatique.

► Les rapports spéciaux

Le Giec élabore également des rapports spéciaux qui sont des évaluations portant sur une thématique spécifique et suivent en général la même structure que celle d'un rapport d'évaluation. Ils sont également soumis au même processus de rédaction, de revue et d'approbation que les rapports d'évaluation (*voir section « Méthodologie » plus loin*). Parmi les rapports spéciaux déjà publiés figurent :

- les énergies renouvelables et l'atténuation du changement climatique (2011),
- le captage et le stockage du CO₂ (2005),
- la préservation de la couche d'ozone et le système climatique mondial : les questions relatives aux HFC et aux PFC (2005).

Lors de sa 43^e session (11-13 avril 2016 à Nairobi, Kenya), le Giec s'est engagé à produire **trois rapports spéciaux** au cours du 6^e cycle :

- [impacts du réchauffement de +1,5°C et trajectoires d'émissions de GES associées](#) (*lire notre dossier de fond*), publié le 8 octobre 2018,
- [désertification, dégradation de sols, gestion durable des terres, sécurité alimentaire et flux de GES dans les écosystèmes terrestres](#) (rapport dit « Climat et terres »), publié le 8 août 2019 (*lire notre brève*),
- [océans et cryosphère](#), publié le 25 septembre 2019 (*lire notre brève*).

Organisation et méthodologie

► Les trois groupes de travail du Giec

Dans le cadre de la préparation de ses rapports d'évaluation, le Giec a mis en place trois groupes de travail en son sein qui travaillent chacun à leur contribution à l'ouvrage d'ensemble :

- **Groupe de travail I** (*Working Group I* ou [WGI](#)) : sciences physiques du changement climatique,
- **Groupe de travail II** ([WG II](#)) : impacts, adaptation et vulnérabilité,
- **Groupe de travail III** ([WG III](#)) : atténuation du changement climatique (les solutions envisageables, c'est-à-dire les options politiques et les mesures de réduction des GES, ainsi que les coûts socio-économiques de ces options).

Les activités de chaque groupe de travail sont coordonnées et gérées par une **unité de soutien technique** ([TSU](#) en anglais) qui est financée par le pays hôte associé. La TSU du WG I est située en France, au sein de l'Université Paris Saclay (*voir l'équipe*). Cette TSU est ainsi soutenue financièrement par le Gouvernement français (Ministère des Affaires étrangères, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Ministère de la Transition Ecologique), ainsi que par l'Ademe. La TSU bénéficie également du soutien informatique du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement ([LSCE](#))/Institut Pierre-Simon Laplace ([IPSL](#)). La TSU du WG II est située en Allemagne et celle du WG III au Royaume-Uni.

Chaque groupe de travail est co-présidé par deux experts éminents, accrédités par leur Gouvernement et représentant respectivement un pays industrialisé et un pays en développement ou émergent. Ainsi, [Valérie Masson-Delmotte](#), climatologue française, est [co-Présidente du WG I](#) avec Panmao Zhai (Chine).

► Méthodologie : processus d'élaboration et d'évaluation des rapports du Giec

Les rapports du Giec sont soumis à un processus d'examen (*review*) rigoureux pour permettre une évaluation objective, neutre, transparente et complète des informations et données scientifiques les plus récentes disponibles. Des experts (au sein des organismes de recherche et des Gouvernements) sont sollicités en tant que relecteurs (*reviewers*) pour donner leur avis sur les projets de chapitres ou les projets de rapports dans leur ensemble. Des correcteurs techniques (*review editors*) aident les équipes d'auteurs dans ce processus, leur mission étant notamment de s'assurer que tous les commentaires formulés par les relecteurs sont bien pris en compte par les auteurs. Par souci de transparence, les commentaires des relecteurs et les réponses des auteurs sont publiés après validation finale et publication complète des rapports du Giec. Ce processus d'examen est réalisé d'abord par les experts scientifiques, puis conjointement par ces mêmes experts et les Gouvernements.

Le 6^e rapport d'évaluation : généralités

L'identification des limites des connaissances et des sources d'incertitude

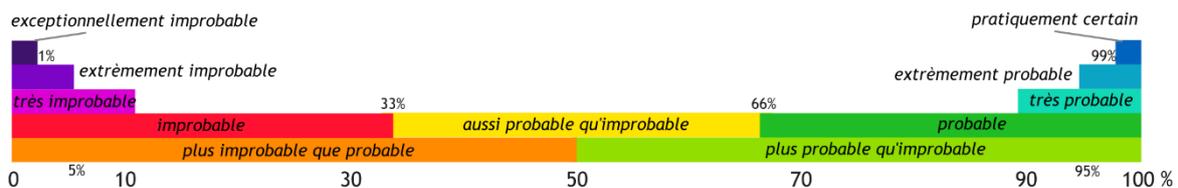
► La représentation du degré de certitude dans l'AR6

Comme dans les rapports d'évaluation précédents, le degré de certitude des principaux résultats de l'AR6 est basé sur les évaluations des connaissances scientifiques qui sous-tendent ces résultats. Il est exprimé de quatre façons différentes mais complémentaires :

- par la robustesse des **misés en évidence** [preuves scientifiques disponibles] [E]¹⁹ (voir schéma ci-après),
- la confiance vis-à-vis de la validité des résultats est basée sur le degré d'**accord** [A],
- par un niveau de **confiance** qualitatif [C], et
- là où c'est possible, il est quantifié en termes de **probabilité** [P].

Dans l'AR6, les termes qualifiant les degrés de confiance, de mises en évidence, d'accord et de probabilité sont indiqués en *italiques* dans le corps du texte mais dans la synthèse du Citepa qui suit²⁰, le degré de certitude est simplifié de la façon suivante :

[P] Probabilité



[C] Degré de confiance



[E] Mises en évidence



[A] Accord



Source : Citepa d'après le Giec.

Les lettres P et C sont indiquées dans la présente synthèse entre crochets et en couleur en fonction du paramètre et du degré d'intensité. Les lettres E et A ne sont pas reprises dans la présente synthèse car ces termes ne figurent pas dans le SPM, mais uniquement dans le rapport intégral. A noter enfin que, dans un souci de cohérence, ce langage calibré du Giec utilisé dans le SPM du 1^{er} volume de l'AR6 est le même que celui utilisé dans le rapport spécial +1,5°C, et le 5^e rapport d'évaluation (AR5).

¹⁹ Evidence en anglais (= preuves scientifiques).

²⁰ Ajout du Citepa pour faciliter la compréhension.

Auteurs, relecture et articles pris en compte

► Catégories des auteurs de l'AR6

Trois catégories de contributeurs principaux ont participé à l'élaboration de l'AR6 :

- les auteurs principaux coordonnateurs (*coordinating lead authors*),
- les auteurs principaux (*lead authors*) chargés d'élaborer le contenu des chapitres,
- les correcteurs techniques²¹ (*review editors*), chargés de faire le lien entre auteurs et relecteurs et ainsi de garantir l'intégrité du processus d'examen.

Le troisième volume de l'AR6, c'est-à-dire la contribution du WG III, qui a été publié le 4 avril 2022, a été rédigé par [278 auteurs](#) de 65 pays à partir de l'analyse de plus de 18 000 articles et études scientifiques.

Sur les 278 auteurs, cinq sont rattachés à des organismes de recherche basés en France.

► Commentaires de relecture

Au total, 59 212 commentaires ont été soumis dans le cadre de la relecture, dont :

- 21 703 pour la première version du projet de rapport (*first order draft*) : relecture par les experts,
- 32 555 pour la deuxième version du projet de rapport (*second order draft*) : relecture par les experts et les Gouvernements,
- 4 954 pour la version finale du projet de rapport (*final draft*) : relecture par les Gouvernements).

► Articles et études pris en compte

La date limite fixée pour la prise en compte des articles et études scientifiques dans la version finale du troisième volume de l'AR6 était le 11 octobre 2021.

(Source : Giec, [Sixth Assessment Report, Fact sheet](#), juin 2021).

Les scénarios de référence pour l'AR6

► Généralités

Principes des scénarios

Le Giec a élaboré des scénarios de référence pour l'AR6, appelés Trajectoires socio-économiques communes (*Shared Socio-economic pathways* ou SSP), qui commencent tous en 2015 et couvrent les possibles évolutions futures des facteurs anthropiques du changement climatique. Ils sont notés sous la forme SSPx-y :

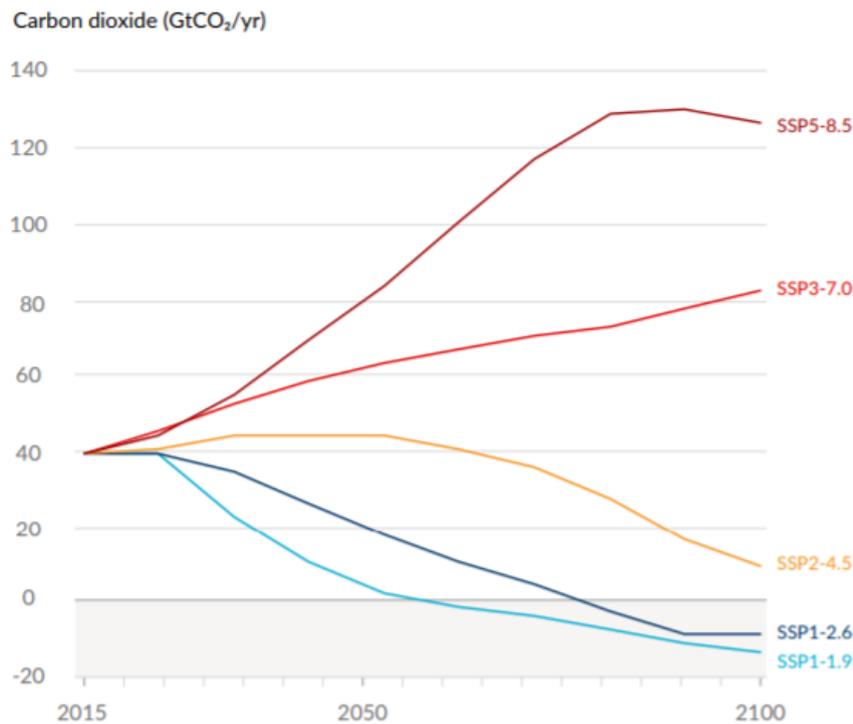
- x allant de 1 à 5 (SSP1, SSP2, SSP3, SSP4, SSP5) et désignant la « famille » de trajectoire des évolutions socio-économiques. Le Giec résume sommairement le principe de ces trajectoires socio-économiques ainsi : scénario de la durabilité (SSP1) ; intermédiaire (« *middle of the road path* ») (SSP2) ; concurrence régionale (SSP3) ; inégalité (SSP4) et développement intensif en énergies fossiles (SSP5).
- y étant les niveaux approximatifs de forçage radiatif (donc de déséquilibre du bilan radiatif terrestre) générés par le scénario en 2100. Ce forçage est exprimé en W/m^2 , il ne s'agit donc pas du réchauffement en °C.

²¹ Le GIEC emploie le terme "éditeur-réviseur" en français.

Les émissions mondiales de GES projetées pour chacun de ces scénarios varient donc en fonction des hypothèses sur les trajectoires socio-économiques, mais prennent aussi en compte les niveaux d'atténuation, les niveaux de réduction des polluants pour les précurseurs d'ozone non méthanique et les aérosols, affectant les émissions des forçeurs climatiques à courte durée de vie (*Short-Lived Climate Forcers* ou SLCF). Les émissions sont estimées à partir de ces scénarios d'entrée via des modèles dans le cadre du projet CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*) du Programme mondial de recherches sur le climat (*World Climate Research Programme*).

Les cinq scénarios en bref

Si 9 scénarios de type SSPx-y ont été évalués, le rapport du WGI se concentre sur 5 scénarios centraux (*core scenarios*) qui sont les suivants : SSP5-8.5 ; SSP3-7.0 ; SSP2-4.5 ; SSP1-2.6 et SSP1-1.9. La figure suivante (extrait de SPM.4 p.17 du rapport intégral) présente les projections d'émissions de CO₂ selon ces cinq scénarios, de 2015 à 2100 :



Source : Extrait de la figure SPM.4, [Résumé à l'intention des décideurs](#) du 1^{er} volume de l'AR6, Giec, 9 août 2021

Evaluation de la construction des scénarios

Le Giec indique (encadré SPM1.1, page 16 du rapport intégral, note de bas de page n°22) que le rapport du WGI ne fournit pas d'évaluation de la vraisemblance de ces scénarios, renvoyant aux études les ayant définis. Les évolutions socio-économiques futures dessinées par les SSP ne prennent pas en compte les effets du changement climatique, et ne présument pas de nouvelles politiques climatiques (p. 294 du rapport intégral). Le Giec indique aussi qu'il est « neutre vis-à-vis des hypothèses sous-jacentes à ces scénarios », et que ceux-ci ne couvrant évidemment pas tous les scénarios socio-économiques imaginables, d'autres scénarios pourraient être construits. Le Giec indique néanmoins que, dans la littérature scientifique récente, la vraisemblance d'un scénario à forte hausse des émissions (SSP5-8.5) a été débattue au regard des évolutions récentes dans le domaine de l'énergie.

Pour plus d'information sur la construction des scénarios, le Giec renvoie au chapitre 3 du futur rapport du WGIII (attendu le 28 mars 2022), ainsi qu'aux articles scientifiques suivants :

- Nakicenovic, N., R.J. Lempert, and A.C. Janetos, 2014: *A Framework for the Development of New Socio-economic Scenarios for Climate Change Research: Introductory Essay*. *Climatic Change*, 122(3), 351-361, [doi:10.1007/s10584-013-0982-2](https://doi.org/10.1007/s10584-013-0982-2)
- O'Neill, B.C. et al., 2017a: *The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century*. *Global Environmental Change*, 42, 169-180, [doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004)
- Dellink, R., J. Chateau, E. Lanzi, and B. Magné, 2017: *Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways*. *Global Environmental Change*, 42, 200-214, [doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004).

- Schweizer, V.J. and B.C. O'Neill, 2014: *Systematic construction of global socioeconomic pathways using internally consistent element combinations*. Climatic Change, 122(3), 431-445, [doi:10.1007/s10584-013-0908-Z](https://doi.org/10.1007/s10584-013-0908-Z).
- Jiang, L. and B.C. O'Neill, 2017: *Global urbanization projections for the Shared Socioeconomic Pathways*. Global Environmental Change, 42, 193-199, [doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.03.008](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.008).
- Samir, K.C. and W. Lutz, 2017: *The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100*. Global Environmental Change, 42, 181-192, [doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004).
- Rothman, D.S., P. Romero-Lankao, V.J. Schweizer, and B.A. Bee, 2014: *Challenges to adaptation: a fundamental concept for the shared socio-economic pathways and beyond*. Climatic Change, 122(3), 495-507, [doi:10.1007/s10584-013-0907-0](https://doi.org/10.1007/s10584-013-0907-0)

Comparaison avec les RCP de l'AR5

Le précédent rapport d'évaluation du Giec, l'AR5 (publié en 2013), considérait des scénarios différents : les « *Representative Concentration Pathways* » (RCP)²², utilisé par le jeu de modèle CMIP5. SSP et RCP ne sont pas directement comparables, notamment en raison des concentrations de gaz prises en compte, des trajectoires et du forçage radiatif induit. Ainsi, l'utilisation du jeu de modèle CMIP6 et des SSP génère une hausse du réchauffement simulé, à moitié en raison d'une plus forte sensibilité climatique des modèles, et à moitié en raison d'un forçage radiatif plus fort dans les scénarios SSP (par exemple entre l'ancien RCP8.5 et le SSP5-8.5). Enfin, les SSP sélectionnés l'ont aussi été pour corriger certains défauts de représentativité des RCP.

► Description des cinq scénarios centraux

Les cinq scénarios centraux du WGI de l'AR6 sont présentés ci-après, du plus optimiste ou plus pessimiste.

SSP1-1.9 [scénario +1,5°C - très forte baisse des émissions dès 2025]

Ce scénario induit un niveau d'émissions de GES très faible en 2100, et un réchauffement d'environ +1,5°C à cette échéance. Il dessine une forte diminution des émissions dans les prochaines années et décennies pour atteindre zéro émission nette autour de 2050, c'est-à-dire en réalisant l'ambition affichée au niveau international par plusieurs pays (dont la France) : atteindre la neutralité carbone en 2050. Il diffère du scénario SSP1-2.6 par un niveau plus élevé d'émissions négatives (absorption de CO₂ par les puits naturels et artificiels). Ce scénario a été sélectionné car il manquait, dans les RCP précédents, un scénario d'atténuation fort, cohérent avec l'objectif de limiter le réchauffement à +1,5°C, tel que fixé par l'Accord de Paris, objectif encore largement présent dans les négociations internationales malgré la faible probabilité de l'atteindre²³. Les indicateurs socio-économiques généraux connaissent une inflexion vers la transition écologique, l'investissement dans l'éducation et la santé, la baisse des inégalités.

SSP1-2.6 [scénario +2,0°C - baisse continue des émissions après 2025]

Ce scénario induit un niveau d'émission de GES bas en 2100, et un réchauffement inférieur à +2,0°C à cette échéance. Complémentaire avec le scénario SSP1-1.9, il dessine aussi une trajectoire de forte réduction des émissions, mais avec un niveau d'émissions négatives moins important. La neutralité carbone serait atteinte entre 2050 et 2100. Ce scénario correspond à peu près au scénario RCP2.6 de l'AR5. Les indicateurs socio-économiques généraux connaissent la même inflexion que dans le scénario précédent.

SSP2-4.5 [scénario NDC - +3°C - pic des émissions vers 2030]

Ce scénario induit un niveau d'émissions intermédiaire par rapport aux 5 scénarios centraux, et un réchauffement d'environ +2,7°C à +3,4°C, [soit autour de +3,0°C]. Les émissions de CO₂ augmenteraient légèrement jusqu'environ 2030-2035, puis resteraient sur un plateau jusqu'à 2050 environ, avant de diminuer plus progressivement, sans toutefois atteindre zéro émission nette en 2100. Les facteurs socio-économiques poursuivent leur évolution tendancielle. Ce scénario correspond approximativement aux niveaux d'émissions attendus en 2030 par l'application des engagements inscrits dans les NDC des différentes Parties. Les nouvelles NDC soumises en 2020 ne changent pas fortement le niveau d'émissions attendue en 2030, mais davantage de pays se sont engagés sur l'horizon 2050 avec des objectifs de zéro émission nette à cette échéance plus lointaine. Ce scénario correspond à peu près au scénario RCP4.5 de l'AR5.

²² Voir notre [Dossier de Fond sur le résumé à l'intention des décideurs du 1^{er} volume de l'AR5](#), pp.6-9.

²³ Alors que le rapport spécial +1,5°C du Giec soulignait qu'"il est **probable** que le réchauffement planétaire atteigne +1,5°C entre 2030 et 2052 si le rythme de réchauffement actuel se poursuit", d'après des projections de l'OMM publiées en juillet 2020, ce réchauffement atteindrait une fourchette comprise entre 0,91°C et 1,59°C d'ici 2024. Autrement dit, la fourchette haute de cette estimation indique que l'objectif de limiter le réchauffement global à +1,5°C serait non atteint et pourrait être dépassé dès 2024. La probabilité de ce dépassement est estimée à 70%. [En savoir plus.](#)

SSP3-7.0 [scénario de hausse forte des émissions]

Ce scénario induit des émissions de GES en hausse, à peu près multipliées par deux entre les niveaux actuels et 2100, et un réchauffement de +3,6°C à cette échéance. Ce scénario a été choisi pour combler le manque de scénario avec des émissions de CO₂ en hausse mais avec une réduction des émissions de polluants, notamment des aérosols ; et pour offrir un scénario sans politique climat additionnel alternatif au scénario SSP5-8.5. Ce scénario correspond à peu près à un entre-deux entre les scénarios RCP6.0 et RCP8.5 de l'AR5. Dans ce scénario, la compétition entre Etats, notamment pour la sécurité alimentaire, se renforce.

SSP5-8.5 [scénario de hausse très forte des émissions]

Ce scénario induit des émissions de GES en forte hausse, à peu près multipliées par deux entre les niveaux actuels et 2050 un réchauffement de +4,4°C à cette échéance. Ce scénario permet de dessiner une évolution sans politique climat internationale efficace. Ce scénario se rapproche du scénario RCP8.5 de l'AR5.

► Description des quatre autres scénarios

Les quatre autres scénarios utilisés par les chercheurs mais non rapportés dans le rapport final du WGI sont les suivants :

- **SSP4-3.4**: scénario intermédiaire entre le SSP1-2.6 et le SSP2-4.5, ne permettant pas de limiter le réchauffement à +2.0°C en 2100.
- **SSP4-6.0**: autre scénario considéré comme sans politique climat additionnelle.
- **SSP3-7.0 lowNTCF** : variante du scénario SSP3-7.0 avec une réduction des émissions de CH₄ et/ou de forçeurs climatiques à courte durée de vie (SLCF) tel que le carbone suie.
- **SSP5-3.4 OS (Overshoot)** : variante du scénario SSP5-8.5 avec une forte hausse des émissions liées aux énergies fossiles jusqu'en 2040, puis avec la mise en œuvre d'émissions négatives très importantes (les plus fortes de tous les scénarios), pour compenser ces émissions au point d'atteindre, d'ici 2100, des émissions proches de celles du scénario SSP1-2.6.

Structure et calendrier de publication de l'AR6

► Structure de l'AR6

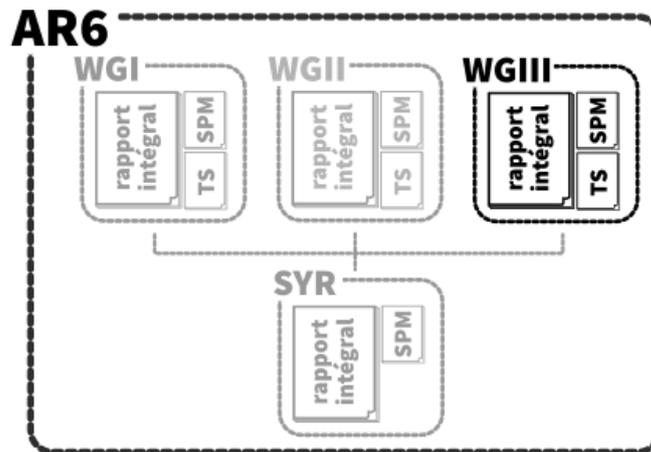
L'AR6 est composé de quatre rapports :

Les contributions des trois Groupes de travail :

- 1) Groupe de travail I (WG I) : [les sciences physiques du changement climatique](#),
- 2) Groupe de travail II (WG II) : [les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité](#),
- 3) Groupe de travail III (WG III) : [l'atténuation du changement climatique](#)
[les solutions envisageables, c'est-à-dire les options politiques et les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), les coûts socio-économiques de ces options].

Chacun de ces trois volumes comporte **trois volets** :

- un résumé à l'intention des décideurs (*Summary for policymakers* ou SPM),
 - un résumé technique (*Technical summary* ou TS),
 - le rapport technique intégral.
- 4) Enfin, comme les cinq rapports d'évaluation précédents, l'AR6 comportera un [rapport de synthèse](#) (*Synthesis Report* ou SYR) composé d'un court résumé à l'intention des décideurs d'une dizaine de pages et d'un rapport d'une cinquantaine de pages. Ce document synthétisera les données et informations essentielles contenues dans les rapports des trois Groupes de travail, et intégrera également les résultats clés des trois rapports spéciaux publiés dans le cadre du 6^e cycle d'évaluation du Giec : [réchauffement à +1,5°C](#) ; [climat et terres](#) ; [océans et cryosphère](#)). Le texte du rapport de synthèse sera rédigé dans un langage accessible et non technique, destiné notamment aux décideurs politiques (au sein des Gouvernements nationaux), aux administrations et aux conseillers politiques et à d'autres experts, aux ONG et aux journalistes.



Chacun des quatre résumés à l'intention des décideurs sera approuvé ligne par ligne, avant d'être adopté à l'unanimité par les représentants de l'ensemble des 195 pays membres du Giec lors d'une session plénière. Ces documents représentent une **déclaration consensuelle formelle sur les principaux résultats, conclusions et incertitudes de l'AR6.**

► Calendrier de publication de l'AR6

A la suite de la crise sanitaire mondiale du Covid-19, les travaux d'élaboration de l'AR6 ont été considérablement perturbés (retard des travaux scientifiques, y compris l'élaboration de travaux scientifiques à évaluer dans l'AR6 et retard des réunions clés [des auteurs, de coordination...]), ce qui a évidemment eu un impact sur le calendrier de la publication du rapport. Dans un souci de préserver la qualité scientifique de l'évaluation du Giec et en raison de cette situation sanitaire inédite, le Giec a dû modifier à plusieurs reprises le calendrier des étapes clés de l'AR6.

Le 28 mai 2021, le Giec a annoncé le nouveau calendrier de publication :

- contribution du **groupe de travail (WG) I** : session d'approbation **26 juillet - 6 août 2021**. Date de publication du rapport : **9 août 2021** [date de publication initiale : avril 2021, [reportée](#) en juin 2020 à juillet 2021] ;
- contribution du **groupe de travail (WG) II** : session d'approbation **14-27 février 2022**. Date de publication du rapport : **28 février 2022** [date de publication initiale : oct. 2021] ;
- contribution du **groupe de travail (WG) III** : session d'approbation **21 mars - 1^{er} avril 2022**. Date de publication du rapport : **4 avril 2022** [date de publication initiale : juillet 2021, [reportée](#) en janvier 2020 au 6-10 sept.2021] ;
- **rapport de synthèse** : session d'approbation **26-30 septembre 2022**. Date de publication du rapport : **3 octobre 2022** [date de publication initiale : avril 2022].

Cette reprogrammation sur 2021-2022 a pour principale conséquence que **seul le rapport du WG I a été adopté et publié pour la COP-26** (1-12 novembre 2021). Le 6^e rapport au complet (rapports du WG I, II et III + rapport de synthèse) n'était donc pas disponible pour éclairer les négociateurs de la COP-26. Néanmoins, il sera disponible en amont du **bilan global** (*global stocktake*) prévu en 2023 conformément à l'article 14 de l'[Accord de Paris](#).

Lectures essentielles

► 3^e volume de l'AR6

[Page du site du Groupe de travail III \(WGIII\) consacrée à sa contribution à l'AR6](#)

[Suivre la conférence de presse sur youtube sur la présentation du rapport](#), 4 avril 2022, à 17h (heure française)

[L'ensemble des documents publiés le 4 avril 2022](#)

[Résumé à l'intention des décideurs](#) (*Summary for Policymakers*) (64 p., en anglais)

[Résumé technique](#) (145 p., en anglais). A noter qu'il comporte un tableau indiquant les signes de progrès et des défis qui continuent : tableau TS.1 *Signs of progress and continuing challenges* pp.9-11.

[Rapport intégral du WGIII](#) : IPCC (2022). *Climate Change 2021 - Mitigation*. 4 avril 2022 (3 675 p., en anglais).

[Liste des 278 auteurs](#)

[Glossaire vol 3.](#)

[Questions fréquemment posées](#)

[Page du site du Giec consacrée à la 14^e session du WGIII et à la 56^e session du Giec](#)

[Ordre du jour de la session WGIII-14](#)

[Ordre du jour de la 56^e session du Giec \(IPCC-56\)](#)

[Discours du Secrétaire-Général de l'ONU lors de la conférence de presse de présentation du 3^e volume](#)

[Communiqué du Giec \(en anglais\)](#)

[Communiqué du Giec \(en français\)](#)

► Généralités

IPCC (2021). [Sixth Assessment Report - Fact sheet](#) (fiche d'information), juin 2021

[Page du Groupe de travail III \(WG III\)](#)

[Page consacrée au rapport de synthèse](#) (qui sera publié le 3 octobre 2022)

► Analyses publiées par d'autres organismes

[Couverture détaillée de la 56^e session du Giec et de la 14^e session du WGIII par l'Institut international du développement durable \(IISD\)](#)

[IDDRI : Rapport du Giec sur l'atténuation du changement climatique : éléments pour une action climatique renforcée, billet de blog, 4 avril 2022](#)

[Carbon Brief : In-depth Q&A: The IPCC's sixth assessment on how to tackle climate change, 5 avril 2022](#)

[Carbon Brief : How not to interpret the emission scenarios in the IPCC report, 31 mars 2022](#)

[Climate Home News : Five takeaways from the IPCC's report on limiting dangerous global heating, 4 avril 2022](#)

[Carbone 4 : Rapport du groupe III du GIEC : Les points clés](#)

[Agence Parisienne du Climat \(APC\) : Rapport du Giec, 3^e volet : l'atténuation du changement climatique, 11 avril 2022](#)

[Ex Naturae \(2022\). Le découplage dans le rapport AR6 du GIEC](#) (traduction française du texte d'origine rédigé par Timothée Parrique), 9 avril 2022

[Decoupling in the IPCC AR6 WGIII](#), Timothée Parrique, 8 avril 2022

Les Dossiers de fond du Citepa
Pollution de l'air et effet de serre

Retrouvez toute notre veille sur
citepa.org/fr/veille-air-climat