



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

# *Comptes Rendus*

---

## *Géoscience*

### *Sciences de la Planète*

Henri Waisman

**Quelles transitions pour l'atténuation du changement climatique ?  
Transformations globales, enjeux sociétaux, et leçons pour la décision**

Volume 352, issue 4-5 (2020), p. 319-328

<https://doi.org/10.5802/crgeos.18>

**Part of the Special Issue:** Facing climate change, the range of possibilities

© Académie des sciences, Paris and the authors, 2020.  
*Some rights reserved.*

 This article is licensed under the  
CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION 4.0 INTERNATIONAL LICENSE.  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



*Les Comptes Rendus. Géoscience — Sciences de la Planète sont membres du  
Centre Mersenne pour l'édition scientifique ouverte*  
[www.centre-mersenne.org](http://www.centre-mersenne.org)



---

Facing climate change, the range of possibilities / *Face au changement climatique, le champ des possibles*

# Quelles transitions pour l'atténuation du changement climatique? Transformations globales, enjeux sociétaux, et leçons pour la décision

*What transitions for climate change mitigation? Global transformations, societal dimensions and insights for decision makers*

Henri Waisman<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institut du Développement Durable et des Relations Internationales, IDDRI-SciencesPo, France

Courriel: [henri.waisman@iddri.org](mailto:henri.waisman@iddri.org)

**Résumé.** Le rapport spécial du GIEC sur « un réchauffement global à 1,5 °C » met en évidence les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre, compatibles avec l'objectif d'atténuation global de l'Accord de Paris, présente les actions d'atténuation à envisager dans l'ensemble des systèmes pour induire ces trajectoires d'émissions et analyse les synergies et possibles risques de tension entre stratégies d'atténuation et enjeux de développement durable. L'analyse met en évidence la nécessité d'atteindre des réductions drastiques d'émissions globales de dioxyde de carbone à court terme et de cibler la neutralité carbone entre 2050 et 2070, ainsi que des actions ciblées pour limiter les émissions des autres gaz à effet de serre. Pour atteindre de tels objectifs, des transformations radicales sont nécessaires dans les systèmes énergétiques, industriels, d'infrastructure et d'usage des sols. L'adoption de stratégies systémiques impliquant des paquets d'actions et de politiques, conçues en fonction des spécificités de chaque contexte et avec une perspective de long terme est indispensable pour induire ces transformations de façon cohérente avec l'atteinte des objectifs socio-économiques et de développement.

**Abstract.** The IPCC Special report on “Global Warming of 1.5 °C” identifies the greenhouse gas emissions trajectories compatible with the global mitigation goal of the Paris Agreement, presents the mitigation actions required to follow these trajectories and analyses the synergies and trade-offs with sustainable development objectives. The assessment highlights the necessity to implement drastic global carbon emissions reductions in the short term, to reach global carbon neutrality between 2050 and 2070 and to implement targeted actions to limit other greenhouse gases. To this aim, rapid and far-reaching transformations are required in energy, industrial, infrastructure and land-use systems. Adopting systemic strategies combining policy packages elaborated according to the specificities of each country context and with a long-term perspective is a requirement for ensuring that these

low-emission transformations can be compatible with the achievement of socio-economic and development objectives.

**Mots-clés.** GIEC, Atténuation, Émissions de gaz à effet de serre, Transformations, Stratégies.

Available online 14th December 2020

L'Accord de Paris sur le climat définit comme objectif de « maintenir l'augmentation de la température moyenne globale bien en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux pré-industriels et de poursuivre les efforts pour limiter cette augmentation à +1,5 °C au-dessus des niveaux pré-industriels ». Or, au moment où cet accord a été signé en 2015, peu de connaissances scientifiques solides étaient disponibles sur les spécificités d'un monde à +1,5 °C, et en particulier sur les différences par rapport à un monde à +2 °C. Les pays ont donc demandé au Groupe intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) de produire un rapport spécial sur le réchauffement global de +1,5 °C qui synthétise la littérature scientifique sur ce sujet émergent à destination des décideurs.

Après 2 ans de travail rigoureux mobilisant une centaine d'auteurs autour de l'analyse de plus de 6000 études scientifiques, le rapport du GIEC sur un réchauffement planétaire de 1,5 °C (SR1.5) a été publié le 8 octobre 2018 [IPCC, 2018a]. Il constitue la collection d'informations la plus à jour sur la connaissance sur le changement climatique et la base scientifique la plus légitime pour fonder toute décision sur le changement climatique.

## 1. Le changement climatique, une source fondamentale d'injustice

Le rapport SR1.5 montre que le changement climatique anthropique a atteint aujourd'hui environ +1 °C d'augmentation de la température globale par rapport à l'ère pré-industrielle, et que ses effets sont déjà visibles, entraînant de nombreux changements dans le fonctionnement du système climatique, et induisant notamment une augmentation des événements extrêmes (vagues de chaleur terrestres et marines, sécheresses, pluies torrentielles...). Ces impacts sont amenés à s'accroître avec la poursuite de l'augmentation de la température globale, qui atteindrait environ 0,2 °C par décennie, si le rythme actuel des émissions de gaz à effet de serre se poursuit. Dans ces conditions, le seuil de +1,5 °C pourrait être atteint entre 2030 et 2052.

Un monde à +1,5 °C est un monde avec davantage d'événements climatiques extrêmes et des impacts importants sur les écosystèmes, les sociétés et les économies. Ainsi un tel niveau de changement climatique induit en particulier une augmentation des températures extrêmes, en particulier au centre et à l'est de l'Amérique du Nord, en Europe centrale et du sud, en région Méditerranée, à l'Ouest de l'Asie, en Asie centrale et au sud de l'Afrique; des vagues de chaleur extrêmes fréquentes dans la majeure partie des Tropiques; des pluies intenses en Alaska, au Canada, en Europe du Nord, dans le Nord et l'est de l'Asie, ainsi que l'est de l'Amérique du Nord; une probable augmentation de l'intensité des cyclones, et donc de l'intensité des pluies associées; un possible doublement de la fréquence des événements El Niño extrêmes et donc des impacts associés à l'échelle mondiale; une augmentation des sécheresses, notamment dans la région Méditerranéenne, et une augmentation des risques de pénuries d'eau dans les régions les plus sèches (Afrique subsaharienne et Asie du Sud); des pertes de ressources côtières, induisant en particulier une diminution de la productivité des pêcheries et de l'aquaculture, notamment aux basses latitudes; une diminution des rendements de maïs, riz, blé et autres céréales, notamment en Afrique subsaharienne, Asie du Sud-Est, Amérique centrale et Amérique du Sud.

Tous ces impacts climatiques ont des effets directs sur les populations car ils touchent les conditions de vie et les moyens de subsistance. Ils induisent directement ou indirectement une augmentation de la pauvreté et un creusement des inégalités car ce sont les plus pauvres qui sont en général les plus exposés à ces impacts du changement climatique. Et ce sont aussi ces populations les plus désavantagées qui sont le moins en situation de mettre en œuvre les stratégies d'adaptation susceptibles de leur permettre d'éviter en partie ces impacts.

L'analyse du rapport du GIEC montre qu'une augmentation de 0,5 °C supplémentaire (de +1,5 à +2 °C en moyenne globale) a des conséquences importantes sur les effets décrits ci-dessus qui se trouvent renforcés au fur et à mesure que l'augmentation de

température s'accroît. Dans de nombreux cas, les impacts peuvent être plus que doublés par rapport à un réchauffement global limité à +1,5 °C. Les évaluations montrent ainsi que jusqu'à plusieurs centaines de millions de personnes en moins seront à la fois exposées aux risques climatiques et susceptibles de basculer dans la pauvreté si l'augmentation de température globale est maintenue à 1,5 °C par rapport au cas où elle atteindrait +2 °C.

Cela signifie que le contrôle du changement climatique est un enjeu fondamental de justice sociale, et que toute dérive du climat global peut être analysée comme une source d'accroissement des inégalités et de la pauvreté. Chaque dixième de degré compte dans ces tendances et tout décalage de l'action climatique globale a des effets directs ou indirects comme vecteur d'injustice.

## 2. Méthodes d'analyse des stratégies d'atténuation dans le rapport SR1.5

Trois niveaux d'évaluation sous-tendent les analyses du SR1.5 sur les trajectoires d'atténuation.

Premièrement, les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre (GES) mondiales sont présentées telles qu'elles émergent des analyses intégrées sur la manière dont la société mondiale peut se transformer vers un avenir à faible intensité de carbone. Ces résultats sont issus principalement d'exercices de modélisation d'évaluation intégrée, complétés dans une mesure limitée par des études sectorielles et ascendantes [Rogelj et al., 2018]. De nombreux scénarios issus de la littérature scientifique, qui diffèrent dans la façon dont les émissions et les concentrations de GES sont réduites au fil du temps, éclairent cette question. Ces scénarios se distinguent spécifiquement en fonction de l'ampleur des réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> à court terme et de l'échelle d'utilisation des solutions permettant l'élimination du dioxyde de carbone de l'atmosphère, ou solutions à « émissions négatives ». Le portefeuille de solutions envisagées dans ces analyses est large mais non exhaustif. Par exemple, parmi les solutions à émissions négatives, seuls le boisement, le reboisement (AR) et la bioénergie avec capture et stockage du CO<sub>2</sub> (BECCS) sont généralement considérés. En outre, selon les caractéristiques du modèle et les hypothèses de scénarios spécifiques, les trajectoires d'atténuation et les solutions associées peuvent varier dans

leur contenu technologique, par exemple, dans leur dépendance à l'énergie nucléaire, au captage et au stockage du CO<sub>2</sub> et aux stratégies liées au changement de comportement.

Deuxièmement, le rapport évalue la faisabilité multidimensionnelle des trajectoires d'atténuation, en identifiant les solutions disponibles, les spécificités du contexte de cette disponibilité et les changements nécessaires pour éliminer les obstacles et fournir un contexte plus large propice à un déploiement à l'échelle nécessaire pour atteindre les objectifs de réductions d'émissions [de Coninck et al., 2018]. Le SR1.5 a évalué en particulier 28 options d'atténuation selon six dimensions — économique, technologique, institutionnelle, socioculturelle, environnementale et géophysique. Chacune de ces dimensions est caractérisée, à l'aide de la littérature scientifique, à travers trois à cinq indicateurs, tels que l'acceptabilité politique, la faisabilité juridique et administrative, la capacité institutionnelle, la transparence et la responsabilité sous la dimension institutionnelle; ou les co-avantages sociaux (par exemple pour la santé, l'éducation), l'acceptation par le public, l'inclusion sociale et régionale, l'équité intergénérationnelle et les capacités humaines.

Enfin, le SR1.5 élargit l'analyse en discutant en détail de l'interaction entre les différentes options d'atténuation et d'autres objectifs et buts que la société poursuit, notamment le développement durable [Roy et al., 2018]. Cela permet de prendre en considération des dimensions liées aux objectifs sociétaux et environnementaux autres que le changement climatique. L'évaluation a été réalisée par une évaluation de la force des synergies et des risques de tensions avec les objectifs de développement durable (ODD), à l'aide d'un tableau de bord d'interaction [McCollum et al., 2018]. L'analyse fournit des informations concrètes aux décideurs pour comprendre comment aligner les options d'atténuation avec les objectifs de développement durable et ainsi améliorer le soutien public et l'acceptabilité sociale des mesures, encourager une action plus rapide et plus efficace et soutenir la conception d'une atténuation équitable.

Ces trois niveaux d'évaluation fournissent des informations complémentaires sur les trajectoires globales d'atténuation vers l'objectif de 1,5 °C. La modélisation globale peut fournir une vue quantitative et cohérente en interne basée sur l'optimi-

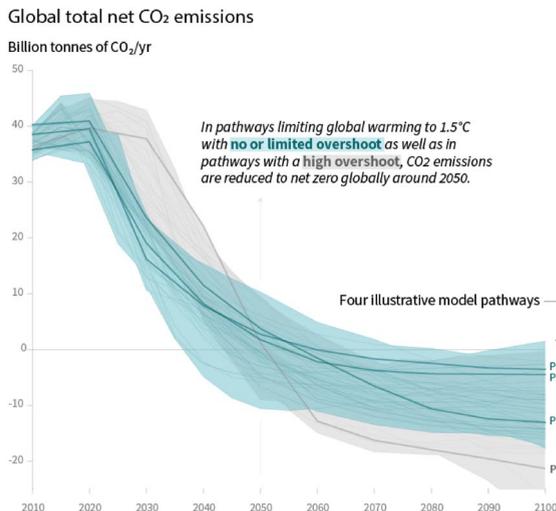
sation techno-économique, qui doit être complétée par une perspective plus pratique et ancrée sur l'évaluation de terrain pour évaluer les conditions pour que ces transformations se concrétisent réellement. Il s'agit de prendre en compte l'importance des facteurs contextuels aux niveaux régional, national et infranational. Il s'agit également de refléter l'ensemble des dimensions institutionnelles et socioculturelles, ainsi que certains indicateurs technologiques, économiques, géophysiques et environnementaux qui ne sont généralement pas globalement saisis par des études de modélisation, telles que l'évaluation des risques, les aspects distributionnels ou l'évolution technique. Il s'agit enfin de discuter des conditions plus larges qui permettent des transitions de systèmes telles que l'instrumentation politique, la finance et l'investissement, les changements de comportement, l'innovation technologique, la gouvernance à plusieurs niveaux et la capacité institutionnelle. Les deux perspectives précédentes sont complétées par le troisième niveau d'analyse, qui ajoute un examen explicite et détaillé d'un certain nombre d'objectifs clés de développement durable pour l'évaluation d'un portefeuille alternatif d'options d'atténuation. Ce dernier volet permet de mettre en discussion les interactions des différentes solutions d'atténuation avec les enjeux sociaux, économiques et environnementaux plus larges, et de mettre en évidence l'impact de différents paquets de politiques et mesures sur la nature et l'ampleur des synergies et des risques de tensions entre l'objectif d'atténuation et les objectifs plus larges de la transition.

### 3. Trajectoires d'émissions

L'analyse des scénarios compatibles avec l'objectif de stabiliser l'augmentation de la température globale en dessous de +1,5 °C permet d'identifier les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre correspondantes.

#### 3.1. Trajectoires globales de dioxyde de carbone

Le rapport analyse en détail les enjeux posés par les émissions de dioxyde de carbone, qui est le principal déterminant du changement climatique à long terme étant donné sa longue durée de vie dans l'atmosphère. Ces émissions sont causées principalement



**FIGURE 1.** Trajectoires globales de CO<sub>2</sub> dans les scénarios compatibles avec une limitation du réchauffement global à +1,5 °C. (Source : Figure SPM.3a dans [IPCC, 2018b])

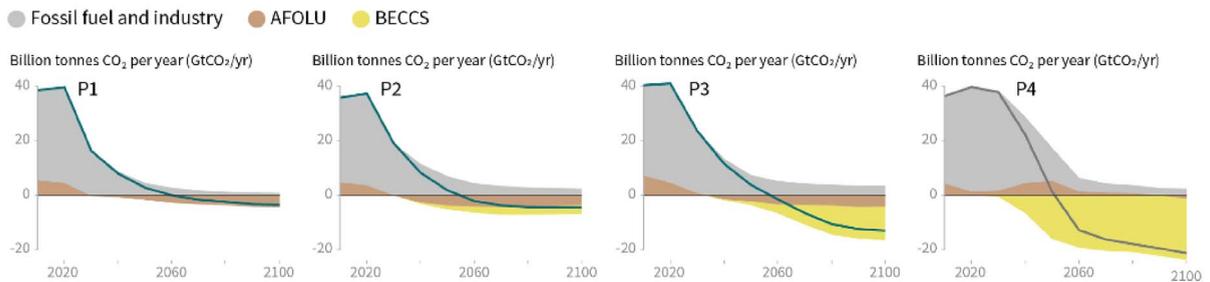
par la combustion des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) notamment pour des usages énergétiques, par les changements d'usages des sols comme la déforestation et par certains procédés industriels tels que ceux impliquant la production de ciment.

La Figure 1 présente une vision d'ensemble des trajectoires d'émissions de CO<sub>2</sub> compatibles avec l'objectif de +1,5 °C, en distinguant les trajectoires qui restent en deçà de cette limite sans (ou avec un faible) dépassement temporaire du seuil de +1,5 °C avant retour à ce niveau, identifiées en bleu, et les trajectoires qui impliquent un fort dépassement temporaire en gris.

Au-delà des variabilités dépendantes d'hypothèses spécifiques sur le contexte ou les solutions de l'atténuation, des caractéristiques communes peuvent être identifiées.

Respecter le seuil de +1,5 °C nécessite dans tous les cas de réduire très fortement les émissions de CO<sub>2</sub> à court terme. L'analyse montre une réduction nécessaire dans l'intervalle de 40 à 60% en 2030 par rapport aux émissions de 2010, avec une valeur moyenne autour de 45%. Même un objectif de « seulement » +2 °C demande des ruptures significatives par rapport aux tendances actuelles pour atteindre une diminution de 20 à 25% par rapport aux émissions de

### Breakdown of contributions to global net CO<sub>2</sub> emissions in four illustrative model pathways



**FIGURE 2.** Décomposition des émissions de CO<sub>2</sub> dans les quatre familles illustratives. (Source : Figure SPM.3b dans [IPCC, 2018b])

2010. Il s'agit d'une ambition de réduction significativement plus prononcée que ce que les Etats ont engagé jusqu'alors et significativement plus forte que ce qui est inscrit dans les contributions déterminées au niveau national (CDNs) soumises par les pays en amont de l'Accord de Paris.

Respecter le seuil de +1,5 °C requiert comme condition nécessaire d'atteindre la neutralité carbone — ne pas émettre plus d'émissions que ce que les activités humaines permettent de stocker — autour de 2050. Même un objectif de « seulement » +2 °C demande d'atteindre cet objectif de neutralité carbone avec seulement un décalage possible jusque vers 2070. Dans tous les cas, l'objectif de « neutralité carbone » apparaît ainsi comme l'objectif fondamental premier de l'action climatique, car c'est la condition nécessaire pour s'assurer que les activités anthropiques cessent de causer l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ce point est d'ailleurs reconnu explicitement dans l'article 4.1 de l'Accord de Paris. La neutralité carbone est ainsi la boussole scientifiquement légitime qui doit guider l'évaluation des politiques et mesures mises en place pour contrôler le changement climatique [Rankovic et al., 2018].

### 3.2. Quatre familles de scénarios d'atténuation

Le SR1.5 met en évidence quatre familles illustratives de trajectoires d'atténuations qui atteignent toutes l'objectif de stabilisation à +1,5 °C mais avec des sous-jacents différents qui correspondent à quatre narratifs de transition différents, associés à des types de trajectoires d'émissions de CO<sub>2</sub> contrastés (Figure 2) pour les principales sources que sont la

combustion des ressources fossiles (charbon, pétrole, gaz) pour fournir de l'énergie (en gris), la reforestation/afforestation (en marron) et les technologies à émissions négatives comme le BECCS (en jaune). Le scénario P1 est un scénario dans lequel les innovations sociales, commerciales et technologiques entraînent une baisse de la demande d'énergie avant 2050, alors que le niveau de vie augmente, en particulier dans les pays du Sud. La diminution de la taille du système énergétique réduit permet une décarbonisation rapide de l'approvisionnement énergétique. Le boisement est la seule option à émissions négatives prise en considération; ni combustibles fossiles avec CCS ni BECCS ne sont utilisés.

Le scénario P2 est largement axé sur la durabilité, avec un focus sur l'efficacité énergétique, le développement humain, la convergence économique et la coopération internationale, ainsi que la bifurcation vers des modes de consommation durables et sains, l'innovation technologique bas-carbone et des systèmes fonciers bien gérés, avec une acceptabilité sociale limitée pour le BECCS.

Le scénario P3 est un scénario intermédiaire dans lequel les développements de la société et des technologies suivent les tendances historiques. Les réductions d'émissions sont principalement réalisées en changeant la façon dont l'énergie et les biens sont produits, avec un moindre rôle pour la réduction de la demande.

Le scénario P4 est un scénario intensif en ressources et en énergie, dans lequel la croissance économique et la mondialisation conduisent à l'adoption de modes de vie à forte intensité en gaz à effet de serre, y compris une forte demande de carburants pour le transport et les produits ali-

mentaires. Les réductions d'émissions sont principalement atteintes grâce à la technologie, avec en particulier un très fort déploiement des technologies à émissions négatives, notamment BECCS. Cette famille de scénarios atteint l'objectif de stabilisation à +1,5 °C, avec un fort dépassement temporaire.

Pour chacune de ces familles, des scénarios illustratifs sont choisis pour lesquels des configurations technologiques détaillées sont fournies [IPCC, 2018b, figure SPM3.b]. Il convient cependant de noter que ces trajectoires illustratives correspondent à un choix arbitraire dans la base de données complète des scénarios et elles ne couvrent pas toutes les dimensions possibles de variations. Un examen approfondi de la base de données complète des scénarios sous-jacents à l'évaluation [Huppmann et al., 2018] est nécessaire pour comprendre toute l'étendue des tendances technologiques soutenant chacune de ces trajectoires.

### 3.3. Trajectoires globales des autres gaz à effet de serre

Le rapport analyse également en détail certains gaz à plus faible durée de vie mais qui influent notablement sur les trajectoires de température à court et moyen terme, notamment le méthane (CH<sub>4</sub>), le noir de carbone et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O). Les émissions de méthane sont liées à certains processus agricoles (fermentation entérique liée à la production de viande, production de riz), à la production d'énergie fossile et à la gestion des déchets. Les émissions de noir de carbone sont des particules émises par les moteurs diesels utilisés dans le transport et l'industrie, le bois et le charbon utilisés pour les usages résidentiels, les feux de forêts et de savane et certains processus industriels. Les émissions d'oxyde nitreux sont liées à certains processus agricoles (en particulier l'usage de fertilisants), la combustion de l'énergie et certains processus industriels.

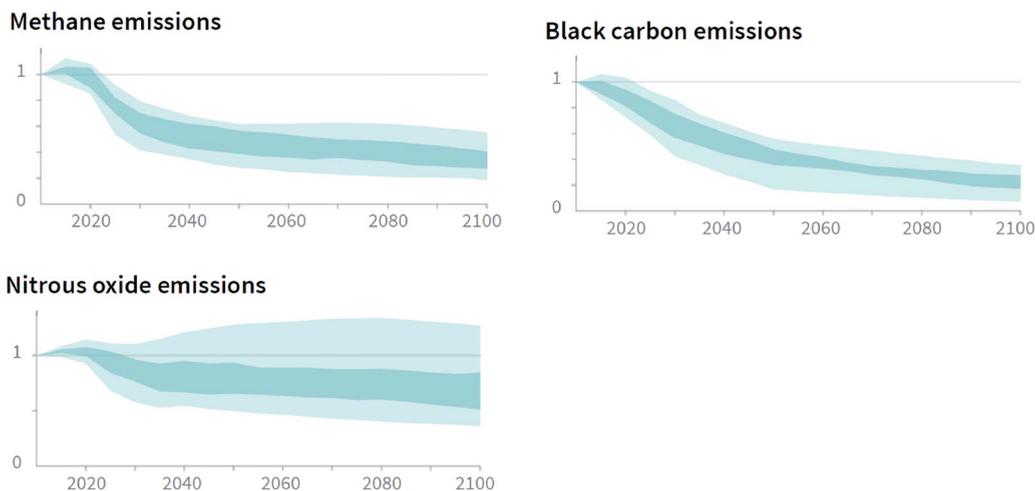
Ces émissions contribuent de façon importante au niveau maximal du réchauffement dans la période de transition. Les scénarios d'atténuation cohérents avec l'objectif de +1,5 °C avec un faible dépassement prévoient une diminution significative des émissions de méthane ainsi que des émissions de noir de carbone et une stabilisation des émissions d'oxyde nitreux (Figure 3). Dans la plupart des cas, ces réductions sont comparables avec les niveaux à

cibler pour une stabilisation à « seulement » +2 °C. Une partie importante de ces gaz sont émis en parallèle des émissions de dioxyde de carbone, de sorte que les stratégies de réduction peuvent aller de pair avec celles à considérer pour réduire les émissions de dioxyde de carbone. Cependant, pour certaines sources, il conviendra d'adopter des stratégies spécifiques complémentaires, des stratégies adoptées de toute façon pour le CO<sub>2</sub>, notamment pour les actions qui ciblent le méthane et l'oxyde nitreux liés aux activités agricoles. Il convient également de noter que certaines stratégies liées au déploiement de la bio-énergie sont associées à de potentielles augmentations significatives de certains de ces forceurs climatiques nonCO<sub>2</sub>, de sorte que les scénarios qui envisagent un très fort déploiement de ces solutions font courir un risque vis-à-vis de ces gaz à effet de serre, qui nécessitera des stratégies adaptées.

## 4. Transformations systémiques

L'analyse du rapport montre que l'atteinte de ces objectifs en émissions demande des transformations majeures et rapides dans tous les domaines (énergie, usage des terres, aménagement du territoire, urbanisme, infrastructures, industrie...). Il n'existe pas de solution unique et universelle qui permettrait d'induire les réductions d'émissions de gaz à effet de serre présentées dans la partie 3. De telles réductions impliquent des transformations économiques, technologiques [Waisman et al., 2019a], sociales, organisationnelles, institutionnelles de grande ampleur dans l'ensemble des systèmes : système énergétique, système industriel, système d'infrastructure et de transport et système d'usage des sols. Ces transformations impliquent à leur tour de recourir à un large éventail de mesures d'atténuation, parmi lesquelles des investissements massifs, des instruments politiques adéquats, une accélération de l'innovation et des changements de comportements.

Le rapport fournit des précisions détaillées sur l'ampleur et les caractéristiques des transformations à cibler à l'échelle globale, qui peuvent servir de guide pour évaluer la cohérence des actions entreprises avec l'objectif climatique affiché. Il distingue des changements incontournables comme le déploiement massif des énergies renouvelables, la sortie des énergies fossiles pour la production d'électricité à l'horizon 2050, le déploiement à grande échelle



**FIGURE 3.** Trajectoires globales de méthane, noir de carbone et oxyde nitreux dans les scénarios compatibles avec une limitation du réchauffement global à +1,5 °C, avec un faible dépassement. (Source : Figure SPM.3a dans [IPCC, 2018b])

de nouvelles technologies dans l'industrie et le bâtiment, le renouvellement rapide du stock de véhicules pour sortir rapidement des moteurs thermiques, les changements d'organisation spatiale dans les villes et dans l'usage des sols agricoles.

Dans tous, les cas la baisse des émissions est assurée entre autres par une décarbonation massive du secteur de l'énergie et une utilisation massive des énergies décarbonées pour satisfaire la demande finale, notamment via l'électrification des usages qui le permettent. L'usage du charbon est presque totalement abandonné à horizon 2050. Le gaz et le pétrole pourraient continuer à être présents dans le mix énergétique mondial mais, dans tous les cas, avec de fortes réductions par rapport à leur rôle actuel et sous certaines conditions. Par exemple, le gaz ne représenterait ainsi que 8% de la génération d'électricité mondiale, en moyenne dans les scénarios, et ce seulement à condition de le coupler avec des technologies de captage et séquestration du carbone. La demande devrait donc être satisfaite, essentiellement grâce aux énergies renouvelables, en poursuivant et en amplifiant les avancées substantielles récentes liées notamment à l'éolien, au solaire et aux technologies de stockage de l'énergie. Selon le scénario considéré, il faudrait par ailleurs consacrer entre 1 et 7 millions de km<sup>2</sup> aux cultures destinées aux biocarburants, avec des enjeux et contraintes entre énergie et sécurité alimentaire.

Dans le secteur de l'industrie, les émissions doivent être réduites de 65 à 90% en 2050 par rapport à leur niveau de 2010. Ces réductions ne peuvent être atteintes seulement via des mesures d'efficacité énergétique et demandent de mobiliser également une combinaison de technologies et de pratiques existantes et de solutions innovantes, comme l'électrification, l'hydrogène, l'utilisation de matières premières naturelles durables, la substitution de produits et l'utilisation de technologies de captage, séquestration et usage du carbone. Toutes ces solutions ont été démontrées, mais leur déploiement à l'échelle requise demande de dépasser les contraintes économiques, financières, de capacités humaines et des institutions dans certains contextes et les caractéristiques spécifiques de certaines installations de grande ampleur.

La transition du système urbain et d'infrastructures cohérent avec l'objectif de stabilisation à +1,5 °C implique notamment des changements dans les styles de développement urbain et les modalités d'usage des sols associés dans les villes; des réductions d'émissions substantielles sont également requises dans le secteur du transport et du bâtiment. Les mesures techniques incluent différentes actions pour induire de l'efficacité énergétique et une augmentation significative des usages électriques qui atteignent par exemple 55 à 75% de la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment. Le rôle

des énergies bas-carbone augmente très significativement dans le transport, pour passer d'un rôle très minoritaire aujourd'hui à une part majoritaire à l'horizon 2050. Pour diffuser ces solutions, il conviendra de prendre en considération les possibles barrières économiques, institutionnelles et socio-culturelles ainsi que les spécificités des contextes nationaux, régionaux et locaux, les capacités et les contraintes liées à la disponibilité de capital.

Les stratégies d'atténuation cohérentes avec l'objectif de stabilisation à +1,5 °C impliquent des changements importants dans les usages des sols qui soulèvent des défis importants en termes de compétitions entre usages des sols pour l'agriculture, la production d'énergie et les émissions négatives. L'ampleur et la nature de ces compétitions dépendront fortement des stratégies globales adoptées. L'évolution des pratiques agricoles, la préservation des écosystèmes et les changements de demandes alimentaires sont des aspects fondamentaux à considérer pour aligner les objectifs climatiques avec les enjeux de production alimentaire et de préservation de la biodiversité. Ils posent de nombreux défis pour la gestion durable des différents usages des sols (socio-économiques, institutionnels, technologiques, financiers, environnementaux). La recherche de solutions qui maximisent les synergies entre la réduction des émissions et la réduction des risques est une clé pour une transition juste et équitable, notamment dans les systèmes agricoles, qui demande un ancrage dans les spécificités et l'expérience locales et requiert d'adopter une approche dynamique et adaptative, dans un contexte d'incertitude.

## **5. Cohérence avec les objectifs de développement durable**

Un enjeu fondamental pour l'évaluation de l'action climatique est sa cohérence avec les objectifs fondamentaux de la société, en particulier l'éradication de la pauvreté et la réduction des inégalités dans toutes leurs formes.

Le rapport analyse les synergies et les possibles effets antagonistes entre les mesures adoptées pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et les objectifs de développement durable. Cette analyse est fondamentale pour juger les mesures prises pour contrôler le changement climatique, car des mesures qui permettraient de limiter les émissions au prix

d'effets négatifs importants sur le développement ne feraient que déplacer le problème de justice sociale sans le résoudre.

Le rapport montre que de nombreuses options, si elles sont correctement mises en œuvre, présentent d'importantes synergies avec les objectifs de développement durable : amélioration de la qualité de l'air, de la sécurité alimentaire et des ressources en eau, maintien des services écosystémiques, réduction des risques de catastrophes, diminution de la pauvreté et des inégalités, etc. Néanmoins, des projets mal conçus ou mal mis en œuvre peuvent avoir des effets négatifs. Par exemple, un vaste déploiement des cultures de bio-carburant et d'afforestation peut entrer en compétition avec la production alimentaire, mais également avec la préservation de la biodiversité. Ou encore, l'abandon rapide des énergies fossiles peut représenter un risque de transition important pour les régions qui en dépendent fortement pour les revenus et les emplois.

Au total, l'analyse montre que les synergies sont plus nombreuses que les risques d'effets antagonistes et qu'un choix de mesures adéquates peut permettre de maximiser les effets bénéfiques de l'action climatique pour le développement. Le rapport identifie un certain nombre de conditions fondamentales pour favoriser ces synergies et ainsi permettre l'alignement de la protection du climat et des objectifs sociaux et environnementaux. L'action des États devra ainsi être évaluée à l'aune de la cohérence avec ces conditions structurelles, au-delà du détail des choix faits par chacun.

Tout d'abord, mettre en place des mesures urgentes assurant une inflexion rapide des émissions permet de garder ouverte la possibilité de faire des choix dans le futur et limite le risque d'arbitrage douloureux entre différents objectifs. Ensuite, l'ensemble de la société doit être impliquée — autorités nationales et sous-nationales, société civile, secteur privé et communautés locales — car une transition harmonieuse requiert en effet une action concertée qui mobilise l'ensemble des leviers qui sont dans les mains de ces différents acteurs. De plus, les combinaisons de mesures choisies pour induire les transformations doivent être intégrées au sein de stratégies articulées et bien pensées en fonction des spécificités du contexte, car c'est à chaque pays de définir son propre chemin vers la neutralité carbone. Enfin, la coopération internationale est déterminante pour

assurer l'efficacité et l'équité de la transition, à la fois pour s'appuyer sur les bénéfices de la collaboration pour faire émerger des solutions à moindre coût et pour permettre l'accès de tous au financement, aux technologies et aux renforcements de leurs capacités.

## 6. Conclusion

Le rapport du GIEC sur le réchauffement global à +1,5 °C permet de mettre en évidence l'ampleur des changements à mettre en œuvre pour mener à bien des stratégies d'atténuation à même de stabiliser le climat. Il donne des indications sur la direction à suivre et identifie les défis spécifiques qu'il conviendra de relever. Ce rapport ne fournit pas d'évaluation spécifique sur les attentes spécifiques vis-à-vis de chaque État, car cela sortirait du mandat du GIEC d'être pertinent pour la décision sans être prescriptif. De surcroît, les objectifs globaux ne permettent pas de déduire directement et simplement les objectifs qui incomberaient à chaque pays. La seule base scientifique solide pour juger si l'action d'un État est en ligne avec l'objectif global est d'évaluer si les transformations mises en œuvre sont cohérentes avec les exigences de transformations telles que décrites en détail dans le rapport, en tenant compte des circonstances nationales spécifiques de chacun.

Un tel exercice est au cœur des processus à l'échelle internationale dans le cadre de l'Accord de Paris, qui invite les pays à soumettre leurs Contributions Déterminées au niveau National décrivant leurs ambitions et leurs actions et à les réviser régulièrement en fonction des avancées de la connaissance scientifique. Le rapport est clair sur le fait que les engagements actuels sont insuffisants en l'état pour atteindre l'objectif global défini dans l'Accord de Paris et que les révisions à venir seront cruciales pour favoriser cet alignement via des stratégies nationales plus ambitieuses. La définition de telles stratégies par les pays demande d'adopter une approche analytique adaptée à ces défis d'intégration entre échelle globale et ancrage local, entre enjeux de long terme et action de court terme, entre transformations sectorielles profondes et approche systémique d'ensemble [Waisman et al., 2019b].

Le rapport du GIEC sur le réchauffement global à +1,5 °C fournit ainsi des indications sur les directions à suivre, mais ne donne pas de solutions « clés en main » pour les atteindre. En effet, la mise en œuvre

pratique et la traduction en mesures concrètes applicables aux différentes échelles ne peuvent répondre à une logique systématique et généralisable, mais demandent au contraire une déclinaison de ces grandes orientations en fonction des spécificités de chaque contexte. La mise en politique recèle des défis importants en pratique car elle dépend d'une appropriation par l'ensemble des acteurs des enjeux et des choix à opérer, de la mise en place de processus de gouvernance innovants pour permettre l'implication dans le processus de décision de l'ensemble de ces acteurs concernés et de l'élaboration de paquets de politiques et mesures permettant de répondre à court terme aux défis du long terme dans un contexte de forte incertitude qui met au défi le processus de prise de décision. Des progrès importants ont été effectués sur ces différentes dimensions ces dernières années, avec une accélération depuis l'Accord de Paris, mais force est de constater que le mouvement n'est pas encore à la hauteur du défi et que le temps presse si on veut garder ouverte la fenêtre d'opportunité pour une action vraiment ambitieuse sur le climat. La façon dont les exigences de transformation identifiées dans le rapport du GIEC seront prises en considération dans la conception des mesures prises en réponse à la crise liée au COVID-19 sera, à ce titre, révélatrice de la centralité effective des enjeux climatiques dans les prises de décisions dans différents contextes, au-delà des discours fédérateurs.

## Remerciements

Ce travail a été soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche du gouvernement français au travers du programme d'Investissements d'avenir [ANR-10-LABX-14-01].

## Références

- de Coninck, H. et al. (2018). Strengthening and implementing the global response. In *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the c. IPCC Spec. Rep. Glob. Warm. 1.5 °C*.
- Huppmann, D., Rogelj, J., Kriegler, E., Krey, V., and Riahi, K. (2018). A new scenario resource for integrated 1.5 °C research. *Nat. Clim. Change*, 8 :1027–1030.

- IPCC (2018a). *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*. Masson-Delmotte, V. et al. (eds).
- IPCC (2018b). Special report on 1.5 degrees : Summary for policymakers. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_SPM\\_version\\_report\\_LR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf).
- McCollum, D. et al. (2018). Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals. *Nat. Energy*, 3 :589–599.
- Rankovic, A. et al. (2018). La neutralité carbone, défis d'une ambition planétaire. <https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20Iddri/Etude/20180925-ST1018-neutralite%CC%81carbone.pdf>.
- Rogelj, J. et al. (2018). Mitigation pathways compatible with 1.5 °c in the context of sustainable development. In *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the c. IPCC Spec. Rep. Glob. Warm. 1.5 °C*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_Chapter2\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf).
- Roy, J. et al. (2018). Sustainable development, poverty eradication and reducing inequalities. In *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the c. IPCC Spec. Rep. Glob. Warm. 1.5 °C*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_Chapter5\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter5_Low_Res.pdf).
- Waisman, H., De Coninck, H., and Rogelj, J. (2019a). Key technological enablers for ambitious climate goals : insights from the IPCC special report on global warming of 1.5 °C. *Environ. Res. Lett.*, 14(11).
- Waisman, H. et al. (2019b). A pathway design framework for national low greenhouse gas emission development strategies. *Nat. Clim. Change*, 9(4) :261.