



CLIMAT/ CONNAISSANCES

**5^e rapport d'évaluation du Groupe d'experts
intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)**

**1^{er} volume : les aspects scientifiques
du changement climatique**

Résumé à l'intention des décideurs

Rendu public à Stockholm, le 27 septembre 2013

Rédacteur : Mark Tuddenham
Rédacteur adjoint : Colas Robert

Le Groupe de travail I (dit WG I) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC en anglais - voir encadré sur la page suivante) a tenu sa 12^e session du 23 au 26 septembre 2013 à Stockholm (Suède) pour finaliser et adopter le résumé à l'intention des décideurs du 1^{er} volume du 5^e rapport d'évaluation (5th Assessment Report ou AR5) du changement climatique (*Climate Change 2013*). Ce 1^{er} volume porte sur les aspects scientifiques du changement climatique. Au terme des quatre jours de discussions, ce texte clé de 22 pages en anglais (ainsi que de 14 pages de graphiques et de tableaux) a été rendu public le 27 septembre 2013.

Préparation de l'AR5

L'AR5 sera composé de quatre rapports :

Les contributions des trois Groupes de travail :

- 1) Groupe de travail I (WG I) : les aspects scientifiques du changement climatique (14 chapitres).
- 2) Groupe de travail II (WG II) : les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité (30 chapitres),
- 3) Groupe de travail III (WG III) : l'atténuation du changement climatique (16 chapitres)
[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 comportera trois volets :

- un résumé à l'intention des décideurs (*Summary for policymakers* ou SPM),
 - un résumé technique,
 - le rapport technique intégral.
- 4) Enfin, comme les quatre rapports d'évaluation précédents, l'AR5 comportera un **rapport de synthèse** (*Synthesis Report* ou SYR) composé d'un court résumé à l'intention des décideurs d'environ huit pages et d'un rapport d'une trentaine de pages. Ce document synthétisera les données et informations essentielles contenues dans les rapports des trois Groupes de travail, le texte étant 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, mot par mot, 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'AR5**.

Cette fiche synthétise le résumé des décideurs du 1^{er} volume de l'AR5 (WG I).

Chaque Groupe de travail est présidé par deux experts éminents, accrédités par leur Gouvernement et représentant respectivement un pays industrialisé et un pays en développement ou émergent.

La décision de préparer un 5^e rapport d'évaluation a été prise par le GIEC lors de sa 28^e session (9-10 avril 2008 à Budapest, Hongrie)¹. Une réunion de cadrage a eu lieu (13-17 juillet 2009, à Venise, Italie) pour définir le champ et les grandes lignes des contributions, à l'AR5, des trois Groupes de travail. Ces éléments ont ensuite été approuvés par le GIEC lors de sa 31^e session (26-29 octobre 2009 à Bali, Indonésie). La sélection finale des auteurs a été annoncée par le GIEC le 23 juin 2010. Le champ et les grandes lignes du rapport de synthèse final ont été approuvés lors de la 32^e session du GIEC (du 11 au 14 octobre 2010 à Busan, Corée du Sud).

¹ Voir CDL n° 127 p.4.

**Le Groupe d'experts intergouvernemental
sur l'évolution du climat (GIEC) et
ses rapports d'évaluation**



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 GES) 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 (astrophysiciens, climatologues, océanographes, biogéochimistes, hydrologues, météorologues, glaciologues, paléontologues, biologistes, agronomes, géologues, physiciens, économistes,...) 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.

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**. Le GIEC a déjà publié quatre rapports d'évaluation (1990, 1996, 2001 et 2007), chacun composé de trois tomes (science, 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. Les rapports d'évaluation du GIEC constituent une référence, dressant ainsi 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. 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 apports des précédents rapports

Le **1^{er} rapport d'évaluation**, publié en 1990, a confirmé l'importance du réchauffement observé mais ne pouvait encore apporter la preuve formelle d'une influence humaine sur ce phénomène. C'est ce 1^{er} rapport qui a conduit l'Assemblée générale des Nations Unies à élaborer une Convention cadre sur les changements climatiques (dite Convention Climat ou CCNUCC), adoptée au sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992.

Le **2^e rapport d'évaluation**, paru en 1995, a constitué un faisceau de présomptions suffisamment étayées pour faire apparaître la responsabilité humaine dans le changement climatique. Il a également signalé la nécessité d'une action préventive en vertu du principe de précaution. Il a apporté une contribution clé, en 1997, aux négociations du Protocole de Kyoto, adopté en application de la Convention Climat.

Le **3^e rapport d'évaluation**, publié en 2001, a confirmé, sur la base de nouvelles preuves, que la plus grande partie du réchauffement constaté au cours de la 2^e moitié du 20^e siècle est due aux activités humaines. Le rapport explique en outre que ces activités humaines vont continuer à modifier la composition de l'atmosphère tout au long du 21^e siècle. Il a affiné ces observations en détaillant les conséquences du changement climatique dans différentes régions du monde.

Le **4^e rapport d'évaluation**, paru en 2007², a sensiblement réduit les incertitudes du 3^e rapport d'évaluation, en soulignant notamment que le rôle des activités humaines dans le changement climatique n'est plus à démontrer. Il a accordé une plus grande attention, d'une part, à l'intégration de la problématique du changement climatique dans les politiques de développement durable et, d'autre part, à l'interface réduction des émissions de GES/adaptation. Il a également suscité une plus grande sensibilisation aux questions liées au changement climatique auprès du grand public et des décideurs. Enfin, il a servi de base aux négociations dans le cadre de la CCNUCC (COP-13) qui ont débouché sur le Plan d'actions de Bali (2007) pour la période post-2012³.

² Voir ED n° 162 p.III.21 (vol.I) et n° 163 p.III.7 (vol.III).

³ Voir CDL n° 109 p.1.

Calendrier de publication de l'AR5

Les contributions des trois Groupes de travail seront finalisées, puis approuvées avant d'être publiées. Viendra enfin la mise au point et l'approbation du rapport de synthèse final, tâche longue et délicate car il s'agit du volet de l'AR5 qui sera de loin le plus consulté, utilisé et repris.

Concrètement, ce sont les **résumés à l'intention des décideurs** de ces quatre volumes de l'AR5 qui seront rendus publics en autant d'étapes, à la suite de leur approbation formelle par le GIEC lors des sessions finales suivantes :



Quant aux **rapports complets** des contributions des trois Groupes de travail (*Working Group full reports*), ils seront revus pour tenir compte des modifications apportées aux résumés lors de ces sessions finales, puis publiés quelques mois plus tard. Malgré l'importance des résumés à l'intention des décideurs, ce sont ces rapports scientifiques et techniques complets qui resteront la référence.

Méthodologie - processus d'élaboration et d'évaluation

Trois catégories de contributeurs ont participé à l'élaboration de l'AR5 : les **auteurs principaux coordonnateurs** (*coordinating lead authors*), les **auteurs principaux** (*lead authors*) et les **correcteurs techniques**⁴ (*review editors*), c'est-à-dire ceux qui font le lien entre auteurs et relecteurs. Les travaux de rédaction ont commencé en novembre 2010 pour le WG I et début 2011 pour les WG II et III.

Rédaction

L'AR5 comporte plus de 50 chapitres correspondant, pour la plupart, à des domaines particuliers et dont la rédaction a été confiée à une dizaine d'auteurs principaux. Ces derniers s'appuient sur le concours d'autres collaborateurs (experts scientifiques du domaine en question) pour élaborer des éléments des informations techniques complémentaires.

L'AR5 prend en compte les travaux scientifiques publiés depuis l'AR4 (2007) mais soumis pour intégration avant les **dates limites** définies pour chacun des trois Groupes de travail :

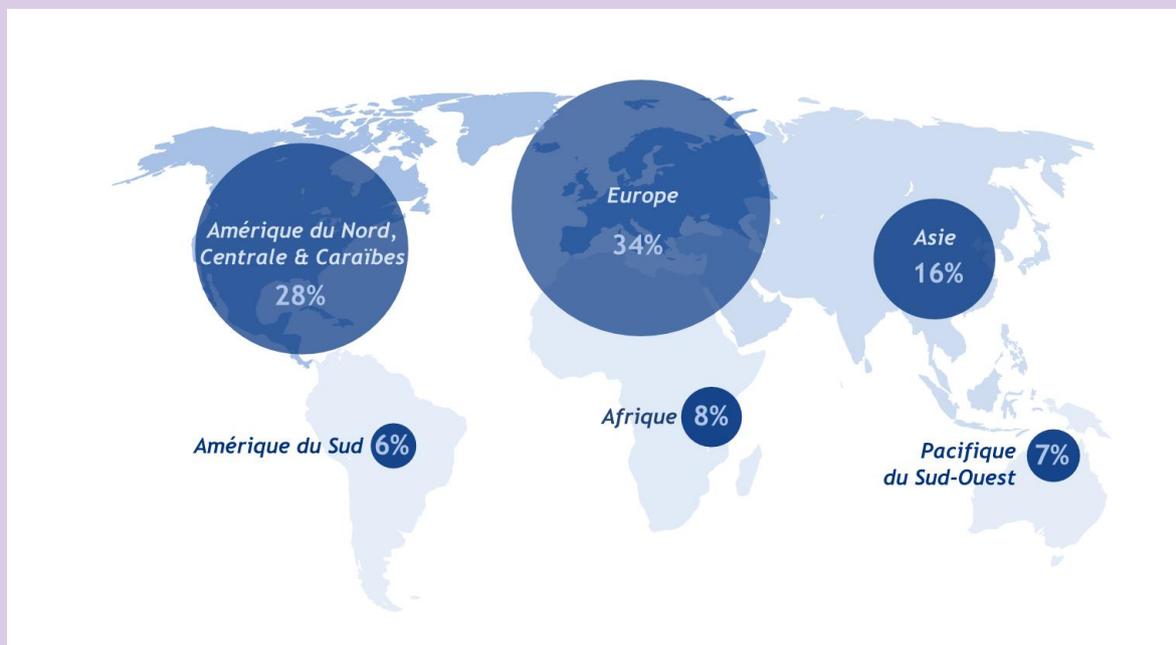
- WGI : 31 juillet 2012,
- WG II et WG III : 31 janvier 2013.

⁴ Le GIEC emploie le terme "éditeur-réviseur" en français.

AR5 : chiffres clés

831 auteurs principaux coordonnateurs, auteurs principaux et correcteurs techniques,
85 nationalités représentées dans les équipes de rédaction,
301 membres des équipes de rédaction issus de pays en développement ou émergents (soit 36% du total).

Répartition régionale (toutes équipes de rédaction confondues)



Valeurs arrondies. Source des données : GIEC, 2013. Conception de la carte : CR/CITEPA

Il ressort clairement de cette carte la prépondérance des équipes européennes et américaines.

Contribution de la France à l'AR5

Parmi les 831 auteurs principaux coordonnateurs, auteurs principaux et correcteurs techniques que compte l'AR5, 34 sont des experts rattachés à des organismes ou instituts de recherche en France qui se répartissent de la manière suivante :

- WG I : 16 (sur un total de 258 experts, soit environ 6%)
- WG II : 10 (sur 302 experts, soit 3%),
- WG III : 8 (sur 271 experts, soit 3%).

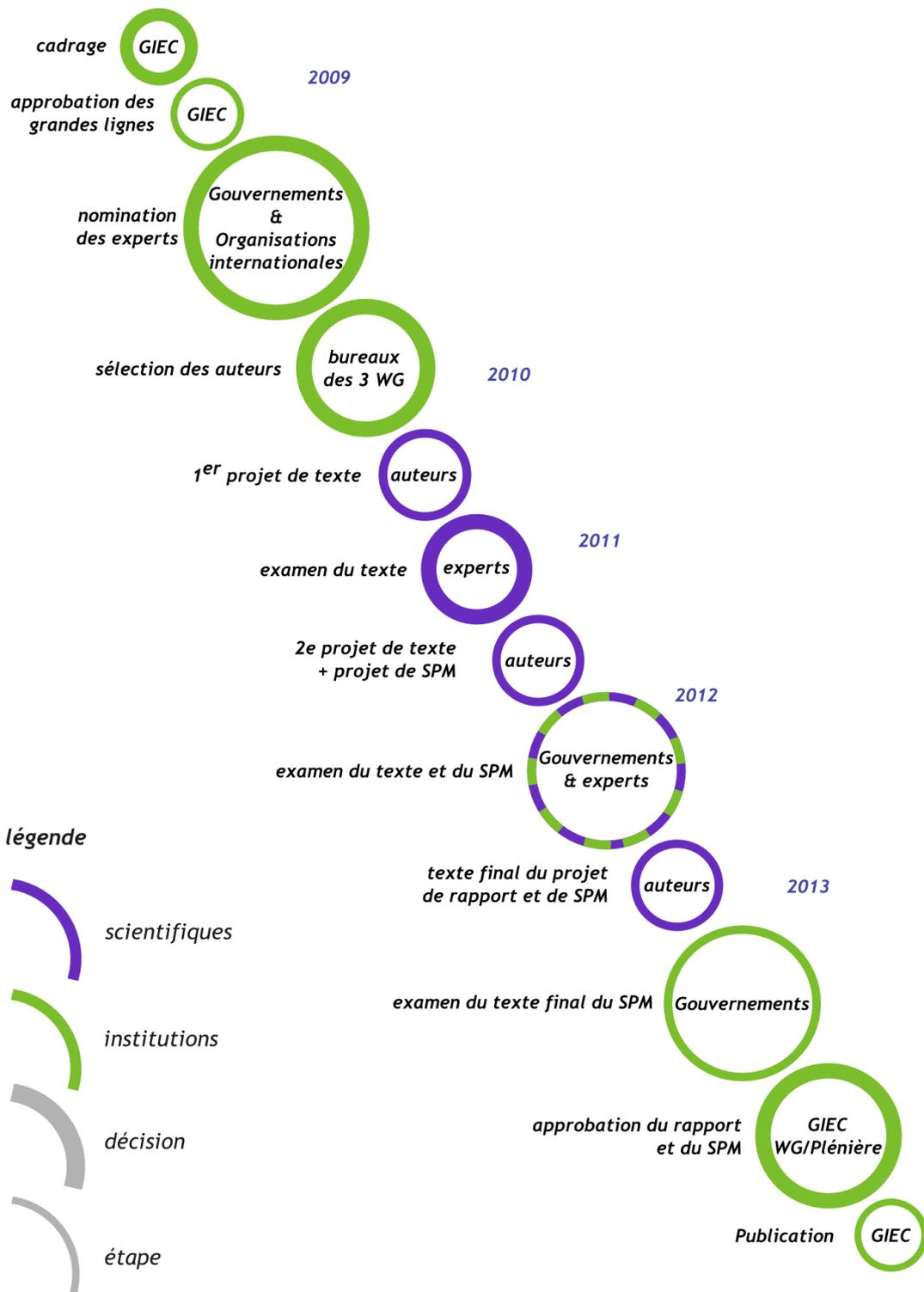
Selon le Ministère français de l'Ecologie (MEDDE), le taux d'auteurs français par rapport à l'ensemble des auteurs sélectionnés au niveau mondial pour l'élaboration de l'AR5 s'avère identique à celui qui fut constaté pour le 4^e rapport d'évaluation (Source : MEDDE, www.developpement-durable.gouv.fr/Liste-des-auteurs-selectionnes.html).

Examen

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 successivement par les experts scientifiques seuls, puis conjointement par ces mêmes experts et les Gouvernements et enfin par les Gouvernements seuls, comme le montre le schéma suivant.

Processus d'examen suivi par le GIEC pour l'élaboration de son AR5*



Conception: CR/CITEPA

* le processus d'examen décrit dans le schéma ci-dessus se réfère aux rapports des trois Groupes de travail. Le processus d'examen pour le rapport de synthèse final est légèrement différent. (Source : GIEC, 2013).

Renforcement des processus et procédures du GIEC

Suite à la polémique fin 2009, largement alimentée par la presse internationale, sur la crédibilité du 4^e rapport d'évaluation (2007), les Nations Unies et le GIEC lui-même ont commandé une évaluation indépendante sur les processus et procédures qui sous-tendent les rapports du GIEC. Cette évaluation a été menée en 2010 par le Conseil InterAcadémies [IAC, organisme composé des Présidents de 15 académies nationales des sciences représentant 13 pays, dont la France]. Les résultats de cette évaluation ont été remis au GIEC le 30 août 2010⁵. Sur la base de ces résultats, le GIEC a adopté une série de recommandations (*guidance*) sur ses processus et procédures internes, lors de sa 33^e session plénière (10-13 mai 2011 à Abu Dhabi, Emirats Arabes Unis)⁶.

Conformément aux préconisations de l'IAC, le processus d'élaboration (rédaction et examen) des rapports du GIEC a été sensiblement renforcé. En particulier, le GIEC a fourni des recommandations précises aux auteurs de l'AR5 sur des questions clés, telles que :

- les sources et données scientifiques utilisées. [Cette recommandation vise à renforcer et faire appliquer la procédure sur le recours aux études non publiées et non soumises à une expertise des pairs ; les recommandations du GIEC en la matière précisent la façon dont il convient d'évaluer les informations contenues dans cette "littérature grise" et s'assurer que celle-ci est indiquée comme telle dans l'AR5],
- le rôle des correcteurs techniques,
- la prise de compte des divers avis scientifiques, techniques et socio-économiques,
- la gestion des incertitudes.

Ces efforts ont eu pour conséquence de clarifier et d'améliorer les processus et procédures rigoureux mis en place par le GIEC pour la rédaction et l'examen de l'AR5.

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

Tous comme les quatre rapports d'évaluation précédents, l'AR5 va livrer l'état des connaissances le plus complet et le plus actualisé sur le changement climatique pour les six années à venir. L'AR5 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 c'est aux gouvernements d'agir pour lutter contre le changement climatique, en réduisant leurs émissions nationales de GES et/ou en s'adaptant au changement climatique.

Les scénarios de référence pour l'AR5 : méthodologie et comparaison avec l'AR4

Les SRES de l'AR4

Les scénarios à la base du 4^e rapport d'évaluation (AR4), dits SRES (du nom du rapport spécial publié en 2000 qui les présentait⁷), ont été établis à la fin des années 1990. Quatre ensembles de scénarios avaient alors été établis (A1, A2, B1, B2)⁸. Lors de l'AR4, la démarche suivie était **séquentielle**. Le point de départ était une synthèse des travaux de modélisation économique qui a conduit à définir un ensemble de scénarios d'évolution possible de nos sociétés et modes de vie (les scénarios SRES), intégrant une large palette de déterminants socio-économiques (évolutions des économies nationales, choix énergétiques, offre technologique, politiques publiques, démographie, comportements individuels, etc.). Ces scénarios proposaient plusieurs trajectoires, se traduisant ensuite en termes d'émissions de GES. Ces évolutions d'émissions de GES étaient alors utilisées par les climatologues comme données d'entrée des modèles de projections climatiques. Les projections climatiques alimentaient ensuite les modèles d'impact.

⁵ Voir CDL n° 139 p.3.

⁶ Voir CDL n° 148 p.4. Voir aussi CDL n° 141 p.4.

⁷ IPCC (2000) *Special Report Emissions Scenarios*, Nebojsa Nakicenovic & Rob Swart (Eds.).

⁸ A1 : croissance économique rapide et mondialisée. A2 : développement économique régional. B1 : durabilité globale. B2 : durabilité locale.

Depuis la production des SRES, le contexte socio-économique a sensiblement changé, de même que les connaissances scientifiques du système climatique se sont affinées.

Les scénarios de l'AR5

Dans la perspective de l'élaboration de l'AR5 et pour mieux prendre en compte le nouveau contexte socio-économique depuis la construction des scénarios SRES, le GIEC a décidé de procéder à la **définition de nouveaux scénarios de référence**. Pour ce faire, le GIEC a demandé à un groupe international d'experts de la communauté scientifique de construire ces nouveaux scénarios visant à répondre à ses besoins pour l'AR5.

La démarche suivie dans la définition des trajectoires futures possibles pour l'AR5 constitue un véritable **virage méthodologique** par rapport à celle de l'AR4. Pour gagner en rapidité et en réactivité, la communauté scientifique a défini *ex ante* des **profils représentatifs d'évolution des concentrations** (*representative concentration pathways* ou RCP - voir *ci-dessous*) de GES, d'ozone troposphérique [GES indirect] et de précurseurs d'aérosols.

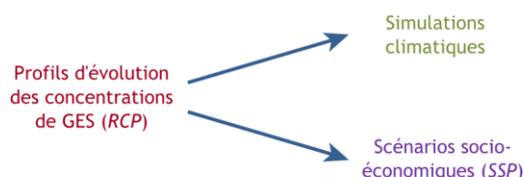
A partir de ces RCP, les équipes ont travaillé simultanément et en parallèle : les climatologues ont élaboré des projections climatiques (conditions climatiques et impacts liés à chaque trajectoire) utilisant les RCP comme données d'entrée, tandis que les sociologues et les économistes ont construit des scénarios socio-économiques identifiant les choix possibles en termes de développement et impliquant des trajectoires d'émissions de GES cohérentes avec les RCP.

Récapitulatif du changement d'approche appliqué à l'AR5

approche précédente (AR4)



approche *ex ante* (AR5)



Cette nouvelle démarche responsabilise davantage le rôle des acteurs économiques et politiques dans la lutte contre le changement climatique et place clairement la science à la base des travaux d'élaboration de scénarios socio-économiques et non plus l'inverse.

Les profils représentatifs d'évolution des concentrations de GES

Les profils représentatifs d'évolution des concentrations de GES (RCP) sont des scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif (voir encadré de définition ci-après) sur la période 2006-2300 et les concentrations de GES qui y sont associées.

Le fait que les RCP soient décrits jusqu'en 2300 constitue une nouveauté par rapport aux scénarios SRES qui, eux, avaient pour horizon 2100.

Le forçage radiatif : définition

Le forçage radiatif, exprimé en watt par mètre carré (W/m^2), est le changement du bilan radiatif (rayonnement descendant moins rayonnement montant) au sommet de la troposphère (10 à 16 km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat, comme les concentrations de GES. Un forçage radiatif positif a tendance à réchauffer la surface du globe tandis qu'un forçage radiatif négatif a tendance à la refroidir. La valeur du forçage radiatif pour 2011 est de $2,84 W/m^2$.

(Source : MEDDE/SCEE/ONERC, septembre 2013 & GIEC, 4AR/WGI/SPM, 2007).

Caractéristiques principales des RCP

Nom du scénario	Forçage radiatif (par rapport à 1750)	Concentration en GES (ppm)	Trajectoire
RCP 8.5	>8,5 W/m^2 en 2100	>1 370 ppm CO_2e en 2100	croissante
RCP 6.0	-6 W/m^2 avec stabilisation après 2100	-850 ppm CO_2e avec stabilisation après 2100	stabilisation sans dépassement
RCP 4.5	-4,5 W/m^2 avec stabilisation après 2100	-660 ppm CO_2e avec stabilisation après 2100	stabilisation sans dépassement
RCP 2.6	Pic à -3 W/m^2 avant 2100 puis déclin	Pic -490 ppm CO_2e avant 2100 puis déclin	pic puis déclin

(Source : MEDDE/SCEE/ONERC, septembre 2013)

Les modèles utilisés par les scientifiques pour les simulations associées aux RCP ont également été affinés depuis l'AR4. Par exemple, certaines simulations pour l'A45 prennent mieux en compte les contributions de la banquise et de la végétation, ou l'impact de la chimie des aérosols.

Une autre nouveauté importante pour l'AR5 est l'augmentation du nombre total de modèles exploités dans les travaux d'analyse du GIEC en matière de simulations et de projections climatiques associées aux RCP comparativement à l'AR4 : l'AR5 s'appuie sur une cinquantaine de modèles, dont deux français (CNRM-CM5 et IPSL-CM5), contre 23 pour l'AR4.

Les scénarios d'évolution socio-économiques

En parallèle aux travaux de projection des climatologues, les sociologues et les économistes ont évalué les coûts d'atténuation et d'adaptation liés au changement climatique selon les évolutions possibles de nos sociétés, compatibles avec les quatre RCP en termes de concentrations de GES. Cinq scénarios d'évolution socio-économique, dits SSP 1 à SSP 5⁹, répartis selon le défi socio-économique pour l'atténuation et l'adaptation, ont été ainsi construits. La méthode générale a consisté à définir, pour ces cinq scénarios, les efforts à consentir à l'échelle mondiale pour rester en-deçà des concentrations maximales de GES correspondantes à chacun des quatre RCP. Cette approche novatrice a la particularité d'isoler la décision prise du point de vue du climat de tous les autres types de décision (de nature politique, sociale et économique).

Cohérence entre évolutions climatiques et socio-économiques

En fonction des différents paramètres descriptifs des scénarios socio-économiques (démographie, croissance, urbanisation,...), certaines familles de scénarios SSP sont compatibles avec une partie des RCP. Par exemple, les familles SSP 3 et SSP 5 ne sont pas compatibles avec les profils d'émissions du RCP 2.6. Autrement dit, la situation mondiale décrite selon les paramètres

⁹ SSP 1 : durabilité globale (défis d'atténuation et d'adaptation faibles). SSP 2 : tendances actuelles (défis d'atténuation et d'adaptation moyens). SSP 3 : compétition économique peu durable (défis d'atténuation et d'adaptation élevés). SSP 4 : grandes inégalités (défi d'adaptation élevé, défi d'atténuation faible). SSP 5 : développement traditionnel (défi d'adaptation faible, défi d'atténuation élevé).

définissant les familles SSP 3 et SSP 5 ne permet pas de limiter les émissions de GES à un niveau compatible avec 490 ppm CO₂e (profil de concentration de GES le plus faible).

Concrètement, si les décideurs politiques souhaitent se fixer comme objectif le profil de concentrations RCP 2.6, les seuls scénarios socio-économiques envisageables sont les scénarios SSP 1, SSP 2 et SSP 4. Il convient néanmoins de souligner que le choix de suivre un de ces scénarios (1, 2 ou 4) est aussi compatible avec un RCP plus élevé. Par exemple, si l'évolution des déterminants socio-économiques mondiaux suit le profil du scénario SSP 2 (poursuite des tendances actuelles), les niveaux de concentrations de GES de référence peuvent atteindre 850 ppm CO₂e (RCP 6.0).

Ainsi, d'après le GIEC, si les décideurs politiques souhaitent se fixer comme objectif global le RCP 2.6 (c'est-à-dire un pic de 490 ppm CO₂e avant 2100), il n'est pas envisageable d'évoluer vers un monde compétitif avec des politiques orientées vers la production industrielle et qui soient peu durables (SSP 3), ni vers un développement rapide des pays en voie de développement et émergents fondé sur une forte consommation d'énergie et des technologies émettrices (SSP 5).

(Source de l'ensemble de cette section : MEDDE/SCEE/ONERC : Synthèse Découvrir les nouveaux scénarios RCP et SSP utilisés par le GIEC, septembre 2013)¹⁰.

¹⁰ Voir rubrique "Pour en savoir plus" en fin de fiche.

1^{ER} VOLUME DU 5^E RAPPORT D'EVALUATION (AR5) DU GIEC LES ASPECTS SCIENTIFIQUES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Introduction

La contribution du Groupe de travail I (WG I) à l'AR5 évalue les nouvelles informations et données sur le changement climatique basées sur de nombreuses analyses scientifiques indépendantes à partir des observations du système climatique, des archives paléoclimatiques, des études théoriques des processus climatiques et des simulations à l'aide de modèles climatiques. Il s'appuie sur la contribution du WG I au 4^e rapport d'évaluation et intègre les nouveaux résultats de recherche publiés depuis lors.

Quels sont les nouveaux éléments de l'AR5 et, plus spécifiquement, du 1^{er} volume de l'AR5?

L'AR5 dans son ensemble

Par rapport aux éditions précédentes, l'AR5, dans son ensemble, mettra davantage l'accent sur l'analyse des aspects socio-économiques du changement climatique et ses conséquences pour le développement durable.

Par ailleurs, le GIEC a appliqué des **méthodologies transversales** à l'élaboration de l'AR5 :

- évaluation cohérente des incertitudes et des risques,
- analyse des coûts et analyse économique,
- traitement des aspects régionaux,
- traitement des scénarios,
- calculs des flux de gaz à effet de serre.

1^{er} volume de l'AR5

S'agissant plus spécifiquement du 1^{er} volume de l'AR5, les nouveaux éléments sont notamment :

- un **traitement plus détaillé des informations régionales** : par exemple, l'évaluation des phénomènes climatiques clés (moussons, El Niño,...) et leur lien avec le changement climatique,
- une évaluation de la **science des nuages et des aérosols**,
- une évaluation complète de **l'évolution du niveau des mers**,
- une évaluation complète du **cycle du carbone** [le flux du carbone dans l'atmosphère, les océans, la biosphère terrestre et la lithosphère],
- une couverture élargie des **projections en matière de changement climatique** :
 - projections à court terme,
 - projections à long terme.

Chacun de ces nouveaux éléments du 1^{er} volume de l'AR5 fait désormais l'objet d'un **chapitre à part entière**.

Enfin, un **atlas des projections climatiques** aux niveaux mondial et régional est présenté à l'annexe I. Cet élément vise à améliorer l'accessibilité des lecteurs et à faciliter la remise des informations pertinentes du WG I au Groupe de travail II (WG II) (impacts, adaptation, vulnérabilité).

Parmi les 16 experts français contribuant au rapport du WG I figurent :

- **Jean Jouzel**, directeur de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) des sciences de l'environnement : Vice-Président du Groupe scientifique du GIEC et correcteur technique du chapitre 13 (*Evolution du niveau de la mer*),
- **Anny Cazenave**, directrice adjointe du Laboratoire d'études en géophysique et océanographique spatiales (LEGOS) / Centre national des études spatiales (CNES) : auteur principal du chapitre 13 (*Evolution du niveau de la mer*),
- **Philippe Ciais**, directeur de recherche au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement ou LSCE (CEA-CNRS-UVSQ¹¹) : auteur principal coordonnateur du chapitre 6 (*Cycle du carbone et autres cycles biogéochimiques*) ;
- **Valérie Masson-Delmotte**, ingénieur paléoclimatologue au LSCE : auteur principal coordonnateur du chapitre 5 (*Information des archives paléoclimatiques*) ;
- **Serge Planton**, responsable du Groupe de recherche climatique du Centre national de recherches météorologiques (CNRM) de Météo-France : correcteur technique du chapitre 9 (*Evaluation des modèles climatiques*).

Plus de **9 200 publications** sont citées dans le rapport du WG I, dont plus des trois quarts sont parues depuis le 4^e rapport d'évaluation du GIEC (2007). Ce rapport est composé de quelque **2 500 pages**.

Lors de la 12^e session du WG I à Stockholm du 23 au 26 septembre 2013, la version définitive du résumé (à l'intention des décideurs) de son rapport a fait l'objet d'un examen, ligne par ligne, mot par mot, avant d'être adopté le 26 septembre. Par ailleurs, les membres du WG I ont entériné l'évaluation technique et scientifique qui sous-tend ce résumé [\[et ce, en vue de la publication prochaine du rapport technique complet\]](#). Le résumé à l'intention des décideurs a ensuite été approuvé par consensus par le GIEC lors de sa 36^e session plénière à 5h du matin le 27 septembre avant d'être rendu public.

La version définitive du rapport complet sera publiée sur le site du GIEC en janvier 2014. Une version provisoire (version soumise aux Gouvernements le 7 juin 2013 mais non corrigée en fonction des modifications apportées au résumé à l'intention des décideurs à la 12^e session du WG I) y est déjà disponible.

L'apport du WG I est à la fois indispensable et déterminant pour le contenu des rapports des Groupes de travail II et III et il leur permettra de finaliser leurs propres conclusions.

¹¹ Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines.

Contenu du résumé à l'intention des décideurs

Synthèse du CITEPA

Le résumé à l'intention des décideurs suit la structure du rapport complet du WG I. Le texte s'accompagne d'une mise en exergue des principales conclusions (sous forme d'encadrés en tête de chapitre), qui, rassemblées, constituent un résumé concis.

La représentation du degré de certitude dans l'AR5

Dans ce résumé, le degré de certitude des principaux résultats du WG I est basé sur les évaluations, effectuées par les équipes d'auteurs, des connaissances scientifiques qui sous-tendent ces résultats. Il est exprimé par un niveau de confiance qualitatif (allant de *très faible* à *très élevé*) et, là où c'est possible, quantifié en termes de probabilité (allant d'*extrêmement improbable* à *pratiquement certain* - voir ci-après).

Dans ce résumé, les termes suivants ont été utilisés pour indiquer la probabilité évaluée d'un résultat :

- Pratiquement certain :probabilité de 99 à 100%,
- Très probable :90 à 100%,
- Probable :66 à 100%,
- Aussi probable qu'improbable :33 à 66%,
- Improbable :0 à 33%,
- Très improbable :0 à 10%,
- Exceptionnellement improbable :0 à 1%.

Des termes supplémentaires (*extrêmement probable* : 95-100%, *plus probable qu'improbable* : >50 à 100%, et *extrêmement improbable* : 0 à 5%) ont été utilisés dans certains cas. L'évaluation de la probabilité est indiquée en *italiques* [et en violet¹²].

Evolutions du système climatique observées

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et depuis les années 1950, un grand nombre de changements observés sont sans précédent depuis des décennies, voire des millénaires. L'atmosphère et les océans se sont réchauffés, l'étendue et le volume de neige et de glace ont diminué, le niveau des mers s'est élevé et les concentrations des gaz à effet de serre ont crû.

L'atmosphère : les températures

+1° C¹³ (*hausse des températures moyennes mondiales depuis 1880, selon la fourchette haute*)

Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850. Il est **probable** que dans l'hémisphère Nord, la période 1983-2012 ait été la période de 30 ans la plus chaude depuis 1 400 ans.

- les données de températures moyennes mondiales de surface combinant les terres émergées et les océans indiquent un réchauffement de **0,85° C** [0,65 à 1,06° C]¹⁴ sur la période 1880-2012. L'augmentation totale entre les températures moyennes de la période 1850-1900 et celles de la période 2003-2012 est de **0,78° C** [0,72 à 0,85° C] ;

¹² Ajout du CITEPA pour faciliter la compréhension. Par ailleurs, les éléments indiqués en **gras** dans le corps du texte sont également un ajout du CITEPA par rapport au résumé d'origine du GIEC.

¹³ Le CITEPA a mis en exergue en tête de chaque chapitre un chiffre clé facile à retenir, obtenu à partir d'une donnée fournie. Ce chiffre clé est indiqué en **gris**.

¹⁴ Dans la contribution du WG I à l'AR5, l'incertitude est quantifiée, sauf indication contraire, en utilisant des intervalles d'incertitude à 90%, c'est-à-dire qu'il y a une probabilité de 5% que la valeur qui fait l'objet de l'estimation soit au-dessus de la fourchette et une probabilité de 5% qu'elle soit en dessous. La meilleure estimation de la valeur est également fournie lorsqu'elle est disponible. Ces fourchettes d'incertitude sont indiquées **entre crochets** dans le résumé.

- en plus de la tendance robuste au réchauffement constatée sur plusieurs décennies, les températures moyennes mondiales à la surface de la Terre montrent une importante variabilité aux échelles décennale et interannuelle. En raison de la variabilité naturelle, les tendances basées sur des séries courtes sont très sensibles aux dates de début et de fin de la période considérée, et ne reflètent pas en général les tendances climatiques de long terme. Ainsi, le rythme de réchauffement depuis les 15 dernières années (1998-2012), qui est de **0,05 °C** [-0,05 à +0,15 °C] par décennie, qui débutent par un fort épisode d'El Niño, est plus faible que le rythme de réchauffement depuis 1951 qui, lui, est de **0,12 °C** [0,08 à 0,14 °C] par décennie sur la période 1951-2012 [le GIEC évoque ici la "pause" du réchauffement] ;
- il est *pratiquement certain* qu'à l'échelle mondiale, la troposphère s'est réchauffée depuis 1950.

Les océans

0,11 °C / décennie (réchauffement des océans jusqu'à 75 m de profondeur entre 1971 et 2010)

Les océans renferment plus de 90% de l'énergie accumulée dans le système climatique entre 1971 et 2010 (*degré de confiance élevé*). Il est *pratiquement certain* que la partie supérieure des océans (de 0 à 700 m de profondeur) s'est réchauffée entre 1971 et 2010 et il est *probable* qu'elle s'est réchauffée entre 1870 et 1971.

- à une échelle mondiale, le réchauffement des océans est plus prononcé près de la surface et les 75 premiers mètres de profondeur se sont réchauffés de **0,11 °C** [0,09 à 0,13 °C] **par décennie** sur la période 1971-2010 ;
- il est *probable* que les océans se sont réchauffés à une profondeur comprise entre 700 et 2 000 m entre 1957 et 2009 ;
- plus de 60% de l'augmentation nette d'énergie absorbée par le système climatique a été emmagasinée dans la partie supérieure (0-700 m) pendant la période 1971 à 2010 et environ 30% sont emmagasinés à une profondeur de plus de 700 m.

La cryosphère¹⁵

+84% (augmentation du rythme de fonte des calottes glaciaires du Groenland en 10 ans)

Au cours des deux dernières décennies, la masse des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique a diminué. Les glaciers ont continué à reculer à une échelle quasi-planétaire. L'étendue de la banquise de l'Arctique et de la couverture neigeuse printanière dans l'hémisphère Nord a continué à décroître (*degré de confiance élevé*).

- il est *probable* que le rythme moyen de fonte des glaciers à travers le monde (hors glaciers périphériques des calottes glaciaires) ait été de **226 Gt/an** [91 à 361 Gt/an] sur la période 1971-2009. Il est *très probable* qu'il ait été de **275 Gt/an** [140 à 410 Gt/an] sur la période 1993-2009 ;
- il est *très probable* que le rythme moyen de fonte des calottes glaciaires du Groenland s'est considérablement accru de 34 Gt/an [-6 à 74 Gt/an] sur la période 1992-2001 à **215 Gt/an** [157 à 274 Gt/an] sur la période 2002-2011 ;
- il est *probable* que le rythme moyen de fonte des calottes glaciaires de l'Antarctique se soit accru de 30 Gt/an [-37 à 97 Gt/an] sur la période 1992-2001 à **147 Gt/an** [72 à 221 Gt/an] sur la période 2002-2011 ;
- l'étendue moyenne annuelle de la banquise de l'Arctique a reculé sur la période 1979-2012. Il est *très probable* que le rythme de ce recul est compris **entre 3,5 et 4,1% par décennie** (soit 0,45 à 0,51 millions de km² par décennie). Il est *très probable* que le rythme de perte de cette banquise se situe entre 9,4 et 13,6% par décennie (soit entre 0,73 et 1,07 millions de km² par décennie) pour le minimum d'été (glace pluriannuelle)

¹⁵ Composante du système climatique constituée de la totalité de la neige, de la glace et des sols gelés de façon temporaire ou permanente (pergélisol) au dessus et au dessous de la surface des terres émergées et des océans. Elle inclut les banquises, la glace de mer, la couverture neigeuse saisonnière, les glaciers de montagne, et les calottes glaciaires. Source : GIEC (2008) 4^e rapport d'évaluation, rapport de synthèse. www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/fr/annexes/annexes-2-1.html

- il est *très probable* que l'étendue moyenne annuelle de la banquise de l'Antarctique s'est accrue à un rythme compris entre 1,2 et 1,8% par décennie entre 1979 et 2012 (soit 0,13 à 0,20 millions de km² par décennie) ;
- il est *très probable* que l'étendue moyenne annuelle de la banquise en Antarctique a augmenté à un rythme compris entre 1,2 et 1,8% par décennie (de 0,13 à 0,20 millions de km² par décennie) entre 1979 et 2012 ;
- l'étendue de la couverture neigeuse de l'hémisphère Nord a reculé depuis 1950 (*degré de confiance très élevé*) ;
- les températures du pergélisol ont augmenté dans la plupart des régions depuis le début des années 1980 (*degré de confiance élevé*).

Le niveau de la mer

1,7 cm tous les 10 ans (élévation moyenne du niveau moyen mondial de la mer depuis 1901)

Le rythme de l'élévation du niveau moyen de la mer depuis 1850 est plus important que celui des deux millénaires précédents (*degré de confiance élevé*). Sur la période 1901-2010, le niveau moyen mondial de la mer s'est élevé de 19 cm [17 à 21 cm].

- il est *très probable* que le rythme moyen d'élévation du niveau de la mer à l'échelle planétaire était :
 - ⇒ de 1,7 mm/an [1,5 à 1,9 mm/an] entre 1901 et 2010,
 - ⇒ de 2,0 mm/an [1,7 à 2,3 mm/an] entre 1971 et 2010,
 - ⇒ de 3,2 mm/an [2,8 à 3,6 mm/an] entre 1993 et 2010 ;
- depuis le début des années 1970, la perte de la masse des glaciers et la dilatation thermique des océans expliquent environ 75% de l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer (*degré de confiance élevé*).

Cycle du carbone et autres cycles biogéochimiques

44% (part des émissions anthropiques de CO₂ s'étant accumulée dans l'atmosphère depuis 1750)

Les concentrations atmosphériques de CO₂, de CH₄ et de N₂O ont crû à des niveaux sans précédent depuis au moins les 850 000 dernières années. Les concentrations de CO₂ ont augmenté de 40% depuis l'ère préindustrielle (1750), en premier lieu en raison des émissions provenant de la combustion des combustibles fossiles et en deuxième lieu du fait des émissions nettes liées aux changements d'utilisation des terres. Les océans ont absorbé environ 30% des émissions anthropiques de CO₂, entraînant leur acidification.

- les concentrations atmosphériques de CO₂, de CH₄ et de N₂O ont crû depuis 1750 en raison des activités humaines. En 2011, elles étaient :
 - ⇒ CO₂ : 391 ppm¹⁶, soit un niveau d'environ 40% supérieur aux niveaux préindustriels,
 - ⇒ CH₄ : 1 803 ppb (+150%)
 - ⇒ N₂O : 324 ppb (+20%) ;
- les concentrations atmosphériques de CO₂, de CH₄ et de N₂O dépassent désormais de loin les plus hautes valeurs de concentrations relevées dans les carottes glaciaires **sur les 850 000 dernières années**. Les rythmes moyens d'accroissement des concentrations atmosphériques au cours du 20^e siècle sont sans précédent **depuis les 22 000 dernières années** (*degré de confiance très élevé*) ;

¹⁶ ppm (parties par millions) ou ppb (parties par milliards) désigne le rapport du nombre de molécules de gaz à effet de serre au nombre de molécules d'air sec. Par exemple : 300 ppm signifie 300 molécules de gaz à effet de serre par million de molécules d'air sec.

- les émissions annuelles de CO₂ provenant de la combustion des combustibles fossiles et de la production de ciment étaient de **30,5 Gt CO₂/an**¹⁷ en moyenne sur la période 2002-2011 (*degré de confiance élevé*). Elles étaient de **34,9 Gt CO₂/an** en 2011, soit **54% supérieur au niveau de 1990**. Les émissions nettes annuelles de CO₂ liées aux changements d'utilisation des terres d'origine anthropique étaient de **3,3 Gt CO₂/an** en moyenne sur la période 2002-2011 (*degré de confiance moyen*) ;
- entre 1750 et 2011, les émissions de CO₂ provenant de la combustion des combustibles fossiles et de la production de ciment se sont élevées à **1 339,5 Gt CO₂/an** dans l'atmosphère alors que la déforestation et d'autres changements d'utilisation des terres ont conduit à l'émission de **660,6 Gt CO₂/an** sur la même période. Cela se traduit par des émissions cumulées de **2 000 Gt CO₂/an**¹⁸ ;
- sur ce total de 2 000 Gt CO₂ :
 - ⇒ 881 Gt CO₂ se sont accumulées dans l'atmosphère (soit 44%),
 - ⇒ 569 Gt CO₂ ont été absorbées par les océans (28,4%), et
 - ⇒ 550 Gt CO₂ se sont accumulées dans les écosystèmes terrestres naturels (27,5%) ;
- l'acidification des océans est quantifiée par la diminution du pH. Le pH de l'eau de surface des océans a diminué de 0,1 depuis le début de l'ère industrielle (1750) (*degré de confiance élevé*).

Facteurs du changement climatique

56% (part du forçage radiatif lié aux émissions qui est due au seul CO₂ en 2011)

Le forçage radiatif total¹⁹ est positif et a conduit à l'absorption de l'énergie par le système climatique. L'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ depuis 1750 constitue la plus grande contribution à ce forçage radiatif total.

- le forçage radiatif total d'origine anthropique en 2011 (par rapport à 1750) est de **2,29 W/m²** [1,13 à 3,33 W/m²]. Il s'est accru à un rythme plus rapide depuis 1970 qu'au cours des décennies précédentes ;
- le forçage radiatif résultant des émissions de CO₂, de CH₄, de N₂O et d'halocarbures (CFC, halons, HFC, PFC,...) en 2011 (par rapport à 1750) est de **3,0 W/m²** [2,22 à 3,78 W/m²]. Le forçage radiatif résultant de l'évolution des concentrations atmosphériques de ces GES est de **2,83 W/m²** [2,26 à 3,40 W/m²] ;
- les seules émissions de CO₂ ont induit un forçage radiatif de **1,68 W/m²** [1,33 à 2,03 W/m²]. Si l'on y ajoute les autres gaz qui ont également contribué à l'augmentation des concentrations de CO₂, ce forçage radiatif atteint **1,82 W/m²** [1,46 à 2,18 W/m²] ;
- les seules émissions de CH₄ ont induit un forçage radiatif de **0,97 W/m²** [0,74 à 1,20 W/m²]. Ce résultat est nettement plus important que l'estimation basée sur les concentrations de 0,48 [0,38 à 0,58] W/m² (inchangée par rapport à l'AR4)²⁰ ;
- les émissions d'halocarbures ont induit un forçage radiatif positif net de **0,18 W/m²** [0,01 à 0,35 W/m²] ;
- les émissions de gaz à courte durée de vie contribuent au forçage radiatif total d'origine anthropique. Il est *pratiquement certain* que les émissions de CO ont induit un forçage radiatif positif alors qu'il est *probable* que les émissions de NO_x aient induit un forçage radiatif négatif net ;

¹⁷ Dans le résumé, toutes les données d'émission de GES sont indiquées en GtC. Pour faciliter la lecture, le CITEPA les a converties en Gt CO₂. 1 GtC correspond à 3,67 Gt CO₂.

¹⁸ 1 339,5 + 660,6 = 2 000.

¹⁹ Voir définition p.8 (encadré).

²⁰ Cette différence d'estimation s'explique par les changements de concentrations d'ozone et de vapeur d'eau stratosphérique dus aux émissions de CH₄ ainsi qu'aux émissions d'autres polluants affectant indirectement le CH₄.

- le forçage radiatif net des **aérosols**²¹ dans l'atmosphère (y compris les modifications de nuages dues aux aérosols) est de **-0,09 W/m²** [-1,9 à -0,1 W/m²] (*degré de confiance moyen*) et résulte du forçage négatif induit par la plupart des aérosols et un forçage positif induit par le carbone suie (qui absorbe le rayonnement solaire). Il y a un *degré de confiance élevé* dans le fait que les aérosols et leurs interactions avec les nuages aient contrebalancé une part importante du forçage radiatif moyen mondial résultant des émissions de CO₂, de CH₄, de N₂O et d'halocarbures. Les aérosols restent toujours l'incertitude dominante dans l'estimation du forçage radiatif net.

Compréhension du système climatique et de ses évolutions récentes

L'influence humaine sur le système climatique est sans équivoque. Ceci est évident, en ce qui concerne l'augmentation des concentrations atmosphériques de GES, le forçage radiatif positif, le réchauffement observé et la compréhension du système climatique.

Identification et attribution du changement climatique

95% (*degré de certitude du lien entre les activités humaines et le réchauffement. En 2007, lors de l'AR4, il était de 90%*)

L'influence humaine a été identifiée dans le réchauffement de l'atmosphère et les océans, dans les changements du cycle de l'eau à l'échelle planétaire, dans la fonte de la neige et de la glace, dans l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer, et dans des modifications de certains épisodes climatiques extrêmes. Il existe davantage de confiance dans ces résultats depuis le 4^e rapport d'évaluation (2007). Il est **extrêmement probable** que l'influence humaine a constitué la cause principale du réchauffement observé depuis 1950.

- il est **extrêmement probable** que plus de la moitié de l'augmentation observée des températures moyennes mondiales à la surface de la Terre entre 1951 à 2010 a été induite par l'augmentation des concentrations de GES d'origine anthropique et d'autres forçages d'origine anthropique ;
- sur la période 1951-2010, il est **probable** :
 - ⇒ que la contribution des GES au réchauffement moyen mondial à la surface de la Terre est comprise **entre 0,5 °C et 1,3 °C**,
 - ⇒ que les contributions d'autres forçages anthropiques, y compris l'effet de refroidissement des aérosols, sont comprises entre -0,6 °C et 0,1 °C,
 - ⇒ que la contribution du forçage naturel est comprise entre -0,1 °C et 0,1 °C,
 - ⇒ que la contribution de la variabilité interne est comprise entre -0,1 °C et 0,1 °C.La somme de ces contributions estimées est cohérente avec le réchauffement observé d'environ 0,6 °C - 0,7 °C sur cette période ;
- il est **probable** que, sur chaque continent, à l'exception de l'Antarctique, les forçages radiatifs d'origine anthropique ont contribué pour une large part à la hausse des températures à la surface depuis 1950. Quant à l'Antarctique, de fortes incertitudes d'observation ont conduit à un *degré de confiance faible* dans le fait que les forçages d'origine anthropique aient contribué au réchauffement observé. Il est **probable** qu'il y a eu une contribution anthropique au réchauffement très important observé dans l'Arctique depuis 1950 ;
- il est **très probable** que l'influence anthropique (notamment les émissions de GES et l'appauvrissement de la couche d'ozone) a conduit à la tendance de réchauffement de la troposphère observée ;
- il est **très probable** que les forçages radiatifs d'origine anthropique ont contribué pour une large part à l'augmentation du contenu thermique de la partie supérieure (0-700 m) des océans à l'échelle planétaire, observée depuis les années 1970 ;

²¹ Principalement les sulfates, le carbone organique, le carbone suie, les nitrates et les poussières.

- il est **très probable** que l'influence humaine a contribué à la fonte de la banquise de l'Arctique depuis 1979 ;
- il est **probable** que les influences anthropiques ont contribué au recul des glaciers depuis les années 1960 et à l'augmentation de la diminution de la masse des calottes glaciaires du Groenland depuis 1993. En raison d'un faible niveau de connaissances scientifiques, il y a un **degré de confiance faible** quant à attribuer les causes de la diminution de la masse des calottes glaciaires observée dans l'Antarctique au cours des deux dernières décennies ;
- il est **probable** qu'il existe une contribution anthropique au recul de la couverture neigeuse printanière observées depuis 1970 dans l'hémisphère Nord ;
- il est **très probable** que les activités humaines ont contribué pour une large part à l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer observée depuis les années 1970. Ce constat est fondé sur un **degré de confiance élevé** dans l'influence de l'homme sur les deux principaux facteurs qui contribuent à l'élévation du niveau de la mer, c'est-à-dire la dilatation thermique et la diminution de la masse des glaciers.

Changement climatique global et régional à l'avenir - les projections du GIEC

La poursuite des émissions de GES induira un réchauffement supplémentaire et de nouveaux changements de toutes les composantes du système climatique. **Pour limiter le changement climatique, de fortes réductions de GES seront nécessaires dans la durée.**

L'atmosphère : les températures

2°C (sur les quatre scénarios RCP²², seul le RCP 2.6 empêcherait le dépassement du seuil des 2°C de réchauffement. Ce scénario correspond à un niveau maximal cumulé d'émissions de CO₂ de 991 Gt CO₂ entre 2012 et 2100, sachant que les émissions cumulées de CO₂ jusqu'en 2011 s'élèvent à 1 949 Gt CO₂. Ce budget carbone de 991 Gt CO₂ impliquerait donc de ne pas dépasser en moyenne 11 Gt CO₂/an²³. Or, en 2012, les émissions totales de CO₂ due à la combustion des combustibles fossiles étaient de 31,6 Gt CO₂²⁴. L'objectif mondial des 2°C implique ainsi une réduction par trois des émissions mondiales de CO₂ au cours du 21^e siècle)

Il est **probable** que la hausse des températures mondiales à la surface de la Terre d'ici la fin du 21^e siècle dépasse 1,5°C par rapport à la période 1850-1900 selon tous les scénarios RCP sauf le RCP 2.6 (le plus sobre en forçage radiatif). Il est **probable** qu'il dépasse 2°C selon le RCP 6.0 et le RCP 8.5 (le moins sobre en forçage radiatif) et il est **plus probable qu'improbable** qu'il dépasse 2°C selon le RCP 4.5. **Le réchauffement se poursuivra au-delà de 2100 selon tous les scénarios RCP à l'exception du RCP 2.6.** Le réchauffement continuera à présenter une variabilité interannuelle et décennale et ne sera pas uniforme dans toutes les régions.

- il est **probable** que la hausse des températures moyennes mondiales à la surface de la Terre pour la période 2016-2035 (par rapport à la période 1986-2005) soit comprise dans une fourchette de **0,3 à 0,7°C** (**degré de confiance moyen**) ;
- il est **probable** que la hausse des températures moyennes mondiales à la surface de la Terre pour la période 2081-2100 (par rapport à la période 1986-2005) soit comprise dans une fourchette de **0,3 à 4,8°C**²⁵. L'Arctique se réchauffera plus rapidement que la moyenne mondiale et le réchauffement moyen sur les continents sera plus important que celui à la surface des océans (**degré de confiance très élevé**) ;

²² Scénarios RCP = les profils représentatifs d'évolution des concentrations de GES (c'est-à-dire les scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif qui sont à la base des projections du WG I du GIEC). (Voir pp.6-10 de la présente Fiche de Synthèse).

²³ 991 Gt CO₂ / 88 années (2100 - 2012).

²⁴ Source : AIE, 10/06/2013. Voir CDL n° 170 p.7.

²⁵ 0,3 à 1,7°C pour RCP 2.6, 1,1°C à 2,6°C pour RCP 4.5, 1,4 à 3,1°C pour RCP 6.0, 2,6 à 4,8°C pour RCP 8.5.

- par rapport à la moyenne de la période 1850-1900,
 - d'ici la fin du 21^e siècle, il est **probable** :
 - ⇒ que la hausse des températures mondiales à la surface de la Terre dépassera 1,5 °C selon trois scénarios (RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5) (*degré de confiance élevé*),
 - ⇒ que le réchauffement dépassera 2 °C selon deux scénarios (les deux moins sobres en forçage radiatif : RCP 6.0 et RCP 8.5) (*degré de confiance élevé*).
 - il est **plus probable qu'improbable** que cette hausse dépassera 2 °C selon le scénario RCP 4.5 (*degré de confiance élevé*) mais il est **improbable** qu'il dépasse 2 °C selon le scénario RCP 2.6 (*degré de confiance moyen*).
 - il est **improbable** que le réchauffement dépasse 4 °C selon trois scénarios (RCP 2.6, RCP 4.5 et RCP 6.0) (*degré de confiance élevé*) et il est **aussi probable qu'improbable** qu'il dépasse 4 °C selon le scénario RCP 8.5 (*degré de confiance moyen*).

L'atmosphère : la qualité de l'air

- la fourchette de projections en matière de qualité de l'air (ozone troposphérique et PM_{2,5}) est essentiellement déterminée par les émissions de GES (dont le CH₄) plutôt que par le changement climatique physique (*degré de confiance moyen*). A l'échelle planétaire, le réchauffement fera baisser les concentrations de fond de l'ozone troposphérique (*degré de confiance élevé*) ;
- les données d'observation et de modélisation indiquent que, toutes choses étant égales par ailleurs, des températures de surface plus élevées au niveau local dans les régions polluées déclencheront, d'une part, des rétroactions chimiques régionales et, d'autre part, des émissions au niveau local qui accroîtront les pics d'ozone et de PM_{2,5} (*degré de confiance moyen*).

Les océans

Les océans continueront à se réchauffer au cours du 21^e siècle. La surface absorbera la chaleur qui pénétrera ensuite jusqu'aux profondeurs, affectant la circulation océanique.

- Le réchauffement le plus fort à la surface aura lieu dans les océans des régions tropicales et des régions subtropicales de l'hémisphère Nord. Le réchauffement dans les profondeurs sera plus fort dans l'océan Austral (*degré de confiance élevé*).

La cryosphère

85% (taux de diminution possible du volume global des glaciers [hors Antarctique] selon le RCP 8.5)

Il est **très probable** qu'au cours du 21^e siècle, avec la hausse des températures moyennes mondiales à la surface de la Terre, l'étendue et l'épaisseur de la banquise arctique continueront à diminuer et que la couverture neigeuse printanière dans l'hémisphère Nord reculera. Le volume global des glaciers continuera à décroître.

- à la fin du 21^e siècle, la réduction de l'étendue de la banquise arctique pourrait atteindre **43%** selon le scénario RCP 2.6 et jusqu'à **94%** selon le RCP 8.5 au mois de septembre (*degré de confiance moyen*) ;
- il est **probable** que selon le scénario RCP8.5, avant 2050, l'océan arctique soit quasiment libre de toute glace au mois de septembre (*degré de confiance moyen*). Une projection de l'année du 21^e siècle à partir de laquelle l'Arctique pourrait être pratiquement sans banquise ne peut être effectuée avec confiance selon les autres scénarios ;
- d'ici 2100, le volume global des glaciers (hors glaciers périphériques de l'Antarctique) diminuera de **15 à 55%** (scénario RCP 2.6) ou de 35 à 85% (RCP 8.5) (*degré de confiance moyen*) ;
- la couverture neigeuse printanière diminuera dans l'hémisphère Nord d'ici la fin du 21^e siècle. Les projections évaluent cette diminution entre **7%** (scénario RCP 2.6) et **25%** (scénario RCP 8.5), avec un *degré de confiance moyen* ;

- il est *pratiquement certain* que d'ici 2100, l'étendue de la couche supérieure du pergélisol (jusqu'à 3,5 m de profondeur) dans les hautes altitudes du l'hémisphère Nord diminuera au fur et à mesure que les températures moyennes mondiales à la surface de la Terre augmenteront : cette diminution est projetée dans une fourchette de **37% à 81%** (selon les scénarios) (*degré de confiance moyen*).

Le niveau de la mer

98 cm (niveau maximal d'élévation des mers projeté en 2100 selon le scénario RCP 8.5)

Le niveau moyen mondial de la mer va continuer à s'élever au cours du 21^e siècle. Selon tous les scénarios RCP, il est *très probable* que le rythme d'élévation du niveau de la mer dépassera celui observé pendant la période 1971-2010 en raison d'un accroissement du réchauffement des océans et d'une perte accrue de la masse des glaciers et des calottes glaciaires.

- le degré de confiance des projections en matière d'élévation du niveau moyen mondial de la mer a été renforcé depuis l'AR4 à ce sujet, grâce à une meilleure compréhension des phénomènes physiques, une meilleure intégration des données de modélisation avec celles des observations, et la prise en compte des dynamiques des calottes glaciaires ;
- il est *probable* que par rapport au niveau récent (moyenne 1986-2005), l'élévation du niveau moyen mondial de la mer projeté à la fin du 21^e siècle (moyenne 2081-2100) s'échelonne de **26 cm au minimum à 82 cm²⁶ au maximum** (*degré de confiance moyen*) ;
- cette élévation projetée au cours du 21^e siècle est due à la dilatation thermique (pour 30 à 55%), et à la fonte des glaciers (pour 15 à 35%), notamment via la fonte des glaciers du Groenland ;
- la contribution possible de l'Antarctique est plus incertaine : elle serait plutôt négative (augmentation de la calotte glaciaire par les précipitations neigeuses) mais éventuellement positive si des secteurs périphériques venaient à se détacher ;
- l'élévation du niveau de la mer ne sera pas uniforme : il est *très probable* que, d'ici fin 2100, elle augmentera sur plus de 95% environ de la surface des océans. Près de 70% des littoraux du monde vont connaître un changement du niveau de la mer proche de l'élévation moyenne, à plus ou moins 20% près. [Rappelons que près de la moitié de la population mondiale vit à proximité des côtes, et que cette proportion est en constante augmentation].

Variable	Scénario	2046 - 2065		2081 - 2100	
		Moyenne	Fourchette probable	Moyenne	Fourchette probable
Hausse des températures moyennes mondiales à la surface de la Terre (°C)	RCP 2.6	1,0	0,4 à 1,6	1,0	0,3 à 1,7
	RCP 4.5	1,4	0,9 à 2,0	1,8	1,1 à 2,6
	RCP 6.0	1,3	0,8 à 1,8	2,2	1,4 à 3,1
	RCP 8.5	2,0	1,4 à 2,6	3,7	2,6 à 4,8
Elévation du niveau moyen mondial de la mer (cm)	RCP 2.6	24	17-32	40	26-55
	RCP 4.5	26	19-33	47	32-63
	RCP 6.0	25	18-32	48	33-63
	RCP 8.5	30	22-38	63	45-82

²⁶ 26 à 55 cm pour RCP 2.6, 32 à 63 cm pour RCP 4.5, 33 à 63 cm pour RCP 6.0, 45 à 82 cm pour RCP 8.5.

Cycle du carbone et autres cycles biogéochimiques

-55% (réduction nécessaire des émissions de CO₂ d'ici 2050 pour être compatible avec la trajectoire du scénario RCP 2.6 [fourchette moyenne])

Le changement climatique affectera les processus liés au cycle du carbone, ce qui conduira à accélérer l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère (*degré de confiance élevé*). La poursuite de l'absorption de carbone par les océans accroîtra leur acidification.

- l'absorption du CO₂ d'origine anthropique par les océans se poursuivra jusqu'en 2100 selon tous les quatre scénarios, une plus forte absorption étant projetée selon les scénarios à concentration de GES élevées (*degré de confiance très élevé*). L'évolution future de l'absorption de carbone par les écosystèmes terrestres est moins certaine ;
- les rétroactions entre le climat et le cycle du carbone seront positives au 21^e siècle (*degré de confiance élevé*), c'est-à-dire que le changement climatique contrebalancera en partie l'augmentation des puits de carbone terrestres et océaniques en raison de la hausse des concentrations atmosphériques de CO₂. Ceci aura pour conséquence qu'une plus grande quantité du CO₂ d'origine anthropique émis restera dans l'atmosphère ;
- un accroissement de l'acidification des océans est projeté à l'échelle planétaire selon les quatre scénarios RCP :
- les émissions cumulées de CO₂ pour la période 2012-2100 qui soient compatibles avec les concentrations atmosphériques de CO₂ associées à chacun des quatre scénarios (*voir tableau p.9*) sont projetées dans les fourchettes suivantes :

Scénario	Emissions cumulées de CO ₂ sur 2012-2100 (en Gt CO ₂)		Concentration en GES (ppm) en 2100
	Moyenne	Fourchette	
RCP 2.6	991	514 à 1 505	Pic ~490 ppm CO ₂ e avant 2100
RCP 4.5	2 863	2 184 à 3 688	~660 ppm CO ₂ e
RCP 6.0	3 890	3 083 à 4 588	~850 ppm CO ₂ e
RCP 8.5	6 184	5 193 à 7 010	>1 370 ppm CO ₂ e

- d'ici 2050, les émissions annuelles de CO₂ sont plus faibles selon le scénario RCP 2.6 que le niveau observé en 1990 (de 14 à 96%, soit 55% en moyenne) ;
- la quantité estimée de CO₂ ou de CH₄ qui sera rejetée dans l'atmosphère suite au dégel du pergélisol au cours du 21^e siècle sera comprise entre 183 et 917 Gt CO₂ selon le scénario RCP 8.5 (*degré de confiance faible*).

Stabilisation du climat, empreinte climatique et irréversibilité

Plus de 1 000 ans (présence dans l'atmosphère de 15 à 40% du CO₂ d'origine anthropique émis)

Les émissions cumulées de CO₂ déterminent en grande partie le réchauffement moyen mondial à la surface de la Terre d'ici la fin du 21^e siècle et au-delà. La plupart des caractéristiques du changement climatique persisteront pendant plusieurs siècles même si les émissions de CO₂ venaient à s'arrêter. Ceci représente une empreinte importante sur le changement climatique induite par les émissions passées, actuelles et futures de CO₂.

- les émissions totales cumulées de CO₂ et la réaction des températures moyennes mondiales sont plus ou moins liées de façon linéaire. Tout niveau de réchauffement donné est associé à une fourchette d'émissions cumulées de CO₂ et par conséquent, un niveau plus élevé d'émissions pendant les premières décennies du 21^e siècle implique un niveau plus faible ensuite ;

- pour limiter le réchauffement induit par les seules émissions de CO₂ d'origine anthropique à un seuil en dessous de 2 °C [d'ici 2100] par rapport à la période 1861-1880, il faudra que les émissions cumulées de CO₂ provenant de toutes les sources anthropiques depuis cette période ne dépassent pas [d'ici 2100] les niveaux maximaux suivants :
 - ⇒ 5 275 Gt CO₂ (avec une probabilité >33%),
 - ⇒ 4 441 Gt CO₂ (probabilité >50%)
 - ⇒ 3 670 Gt CO₂ (probabilité >66%).
- lorsque sont pris en compte les forçages hors CO₂ (comme selon le scénario RCP 2.6), ces niveaux maximaux sont réduits à environ :
 - ⇒ 3 230 Gt CO₂ (probabilité >33%),
 - ⇒ 3 083 Gt CO₂ (probabilité >50%)
 - ⇒ 2 936 Gt CO₂ (probabilité >66%).
 Les émissions cumulées de CO₂ en 2011 s'élevaient déjà à 1 949 Gt CO₂ ;
- un objectif de réchauffement maximal plus strict [que 2 °C] ou une plus forte probabilité de rester en-dessous d'un objectif de réchauffement maximal spécifique nécessitera un niveau plus faible d'émissions cumulées de CO₂. La prise en compte des effets de réchauffement induits par des hausses de GES hors CO₂, des réductions d'aérosols ou le rejet de GES suite au dégel du pergélisol feront baisser le niveau d'émissions cumulées de CO₂ associé à un objectif de réchauffement maximal spécifique ;
- une part importante du changement climatique d'origine anthropique induit par les émissions de CO₂ est irréversible sur une échelle de temps de plusieurs siècles à plusieurs millénaires, sauf en cas d'importantes absorptions nettes de CO₂ par les puits de carbone sur une période longue. Les températures à la surface de la Terre resteront à peu près constantes à des niveaux élevés pendant plusieurs siècles après l'arrêt total des émissions nettes de CO₂ d'origine anthropique. En raison de l'inertie du transfert de la chaleur de la surface des océans vers leurs profondeurs, le réchauffement des océans se poursuivra pendant plusieurs siècles. En fonction du scénario RCP, entre 15 et 40% du CO₂ émis restera dans l'atmosphère au-delà d'une période de 1 000 ans ;
- il est *pratiquement certain* que l'élévation du niveau moyen mondial de la mer se poursuivra au-delà de 2100 et notamment en raison de la dilatation thermique qui, elle, continuera pendant plusieurs siècles ;
- s'agissant des méthodes qui visent à modifier délibérément le système climatique pour lutter contre le changement climatique (regroupées sous le terme de **géo-ingénierie**), il existe peu d'éléments permettant d'évaluer quantitativement et de façon complète les techniques de gestion du rayonnement solaire (SRM²⁷) et de retrait du CO₂ de l'atmosphère (CDR²⁸), ainsi que leur impact sur le système climatique. Les méthodes de type CDR présentent des limitations biogéochimiques et technologiques quant à leur potentiel à grande échelle. Les connaissances sont insuffisantes pour quantifier les émissions de CO₂ susceptibles d'être retirées par les techniques CDR à l'échelle du siècle [La question de la **géo-ingénierie** est ainsi abordée pour la première fois dans un rapport d'évaluation du GIEC et ce, à la demande des Gouvernements. Le GIEC a tenu une réunion d'experts sur le sujet du 20 au 22 juin 2011²⁹].

²⁷ Solar radiation management.

²⁸ Carbon dioxide removal.

²⁹ Voir CDL n° 148 p.4.

Pour en savoir plus

- le résumé à l'intention des décideurs du 1^{er} volume de l'AR5 (version officielle en anglais) : www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf
- la version non officielle du résumé traduit par le MEDDE avec le concours de Météo-France : www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_SPM_V3b.pdf
- le rapport complet du WG I (version finale du projet de rapport) : www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_All.pdf
- le site du WG I : www.climatechange2013.org/
- les chiffres clés du WG I : www.climatechange2013.org/images/uploads/WG1AR5_FactSheet.pdf
- le document de référence pour l'AR5 (chapitres et grandes lignes des trois volumes) : www.ipcc.ch/pdf/ar5/ar5-outline-compilation.pdf
- le document de référence pour le rapport de synthèse : www.ipcc.ch/meetings/session32/syr_final_scoping_document.pdf
- la liste d'auteurs contribuant à l'AR5 (au 23/07/2013) : www.ipcc.ch/pdf/ar5/ar5_authors_review_editors_updated.pdf
- la plaquette sur l'AR5 : www.ipcc.ch/pdf/press/ipcc_leaflets_2010/ipcc_ar5_leaflet.pdf
- les pages en français du site du GIEC : www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml#.UjBX_uNOLIU
- la synthèse de l'ONERC sur les nouveaux scénarios du GIEC pour l'AR5 (publiée le 4 septembre 2013) : www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_decouvrir_scenarios_Giec.pdf

Les Fiches de Synthèse du CITEPA

Pollution de l'air et effet de serre

Retrouvez toutes les fiches sur

www.citepa.org/fiches-de-synthese

Espace réservé aux adhérents