

A S S E M B L É E N A T I O N A L E

X V ^e L É G I S L A T U R E

Compte rendu

Mission d'information sur la gestion des événements climatiques majeurs dans les zones littorales de l'Hexagone et des Outre-mer

– Audition, ouverte à la presse, de Mme Valérie Masson-Delmotte, paléoclimatologue, membre du bureau du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), co-présidente du groupe de travail n° 1 du GIEC, et de M. Jean Jouzel, climatologue, directeur de recherche émérite, membre du Conseil économique, social et environnemental (CESE), ancien membre du GIEC..... 2

Jeudi

18 janvier 2018

Séance de 10 heures 30

Compte rendu n° 6

SESSION ORDINAIRE DE 2017-2018

**Présidence
de Mme Maïna Sage,
*Présidente***



La séance est ouverte à onze heures.

Mme la présidente Maina Sage. Il est très important, pour notre mission, de comprendre le fonctionnement du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dont nous entendrons successivement plusieurs membres. Je souhaite donc la bienvenue à Mme Valérie Masson-Delmotte, paléoclimatologue, membre du bureau du GIEC. Elle est aussi co-présidente du groupe de travail n° 1 du GIEC, qui en compte trois.

Quant à M. Jean Jouzel, nous ne le présentons plus : climatologue, directeur de recherche émérite, membre du Conseil économique, social et environnemental, ancien membre du GIEC. Nous avons eu le plaisir de l'entendre à plusieurs reprises lors de la dernière législature. Figure du monde scientifique, il est renommé pour son observation du climat et du changement climatique.

M. Yannick Haury, rapporteur. Mes questions portent sur le cinquième rapport du GIEC. Pourriez-vous, s'il vous plaît, nous présenter les événements climatiques majeurs en zone littorale, la qualité des prévisions météorologiques et leurs progrès, la connaissance et la compréhension des événements climatiques récents, ainsi que les conditions qui peuvent favoriser des événements climatiques d'une intensité exceptionnelle en vitesse de vent, quantité de précipitations et submersion ?

Dans votre analyse, vous mettez en relation le réchauffement des zones de mer et les événements climatiques majeurs, ainsi que les autres liens entre le changement climatique et les caractéristiques des événements climatiques majeurs. Quelles sont les attentes et les travaux en cours en vue du prochain rapport du GIEC ? Comment les connaissances ont-elles évolué depuis 2012 et comment modifient-elles nos appréciations des effets du changement climatique à long terme, au-delà de 2100, de leur caractère irréversible et des risques de changements abrupts ou d'emballement ?

En matière d'exposition aux aléas et de vulnérabilité, quelles sont les analyses scientifiques disponibles ? Comment mieux gérer le risque en zone littorale ? Pourriez-vous nous présenter les stratégies d'atténuation et d'adaptation au changement climatique, notamment en zone littorale, ainsi que leur nécessaire articulation ?

Enfin, pourriez-vous nous présenter les conséquences pour les générations à venir des retards pris dans les stratégies d'atténuation et d'adaptation ?

M. Jean Jouzel, climatologue, directeur de recherche émérite, membre du Conseil économique, social et environnemental, ancien membre du GIEC. Nous vous remercions de nous entendre dans le cadre de cette mission d'information.

Je voudrais d'abord vous signaler un rapport de 2015, sur « Le climat de la France au XXI^e siècle ». Il ne traite pas directement des questions que vous avez posées, mais s'intéresse « au changement climatique et au niveau de la mer, de la planète aux côtes françaises ». J'ai eu le plaisir d'en coordonner la production.

Mme Valérie Masson-Delmotte, paléoclimatologue, membre du bureau du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), co-présidente du groupe de travail n° 1 du GIEC. Notre intervention va porter sur l'état des connaissances vis-à-vis des relations entre les cyclones tropicaux et le réchauffement climatique, dans le cinquième rapport du GIEC ; les éléments scientifiques plus récents sur ces thématiques, sur

la base d'une veille scientifique des publications récentes, en amont de la préparation de rapports ouvrant le sixième cycle du GIEC ; les connaissances des risques de changements irréversibles et abrupts au-delà de 2100, sur la base du cinquième rapport du GIEC ; le calendrier du sixième cycle d'évaluation du GIEC, entre aujourd'hui et 2022 ; les conséquences des retards dans les stratégies d'atténuation et d'adaptation, non pour les générations futures, mais pour les jeunes générations.

Nous n'aborderons ni les prévisions météorologiques, ni les aspects de vulnérabilité ou d'exposition aux aléas qui ne relèvent pas de l'expertise du groupe n° 1 du GIEC, sur les bases physiques du changement climatique. L'intervention d'Alexandre Magnan et de Virginie Duvat portera spécifiquement sur ces aspects. Nos collègues de Météo-France ont aussi abordé l'aspect de la prévision.

Le GIEC ne mène pas de recherches, mais évalue l'état des connaissances sur la base d'une analyse critique et collective des publications scientifiques. La qualité des rapports du GIEC tient à l'existence de plusieurs étapes de relecture critique par la communauté scientifique et les experts choisis par les gouvernements. Chaque conclusion est donc associée à une évaluation du niveau de confiance. Le GIEC comporte trois groupes de travail, sur les bases physiques, sur les impacts, la vulnérabilité et les options d'adaptation et sur les options d'atténuation.

Notre présentation sera centrée sur les connaissances de physique du climat, qui reposent sur les observations, l'étude et la compréhension des processus, mais aussi sur des approches théoriques fondées sur la modélisation. Au cours du temps, des progrès s'observent dans chacune de ces voies. Sur le sujet des cyclones tropicaux, nous nous situons aussi aux limites des connaissances.

Le cinquième rapport du GIEC comporte une évaluation de cet état des connaissances vis-à-vis de l'évolution des aléas liés aux cyclones tropicaux. Deux questions essentielles se posent : détecte-t-on des tendances sur plusieurs décennies, dans les caractéristiques des cyclones tropicaux, et sont-elles liées à l'influence humaine sur le climat ? Quels pourraient être les changements futurs des caractéristiques de ces cyclones tropicaux dans un climat plus chaud ? Cette évaluation a été conduite dans un rapport public spécial publié en 2012 sur les événements extrêmes, et dans le rapport sur les bases physiques du changement climatique, publié en 2013, sur la base d'articles scientifiques acceptés pour publication avant mars 2013, il y a cinq ans.

Je vais vous exposer les points clefs de ce cinquième rapport. Le niveau de confiance vis-à-vis de l'évolution des changements à long terme – à l'échelle du siècle – de l'activité des cyclones tropicaux reste faible en raison des limites des jeux d'observations disponibles sur le long terme. Cela dit, pour l'Atlantique nord, il est virtuellement certain que la fréquence et l'intensité des cyclones tropicaux les plus violents ont augmenté depuis les années 1970. Le niveau de confiance est faible pour ce qui est de l'attribution du changement de l'activité cyclonique tropicale à l'influence humaine. Cela provient des limites des observations disponibles, du manque de compréhension physique des relations entre, d'une part, les facteurs liés aux activités humaines qui agissent sur le climat, d'autre part, l'activité des cyclones tropicaux, et de divergences dans différentes études qui essaient de faire la part des choses entre la variabilité spontanée du climat, les facteurs naturels et les différents facteurs anthropiques qui peuvent agir. Ainsi, les cyclones de l'Atlantique du Nord peuvent être sensibles à l'augmentation de l'effet de serre, mais aussi à l'injection de particules dans l'atmosphère : il s'agit des aérosols, qui peuvent être soit d'origine naturelle – par exemple

ceux qui proviennent des déserts africains – soit liés aux particules de pollution, dont les émissions ont fluctué aussi bien avant les années 1970 que depuis cette période.

Il est très probable que les rejets de gaz à effet de serre dus aux activités humaines ont contribué à l'augmentation de la température à la surface des mers dans les régions de formation des ouragans. Or, au cours des cinquante dernières années, une relation statistique a été identifiée entre la température de surface des mers – par exemple dans l'Atlantique – et des indicateurs d'activité, c'est-à-dire de puissance, des ouragans. Enfin, l'intensité potentielle des cyclones est liée tout particulièrement à la différence entre les températures à la surface de la mer localement et la moyenne des températures des mers tropicales : c'est ce qu'on appelle un indice régional ou un indice relatif de réchauffement. Cette différence de température devrait augmenter dans l'Atlantique nord au XXI^e siècle.

Il y a une confiance moyenne dans le fait que la réduction de l'effet des aérosols sur l'Atlantique a pu contribuer, au moins partiellement, à une augmentation de l'activité cyclonique depuis les années 1970. Cependant, il n'était toujours pas possible dans le cinquième rapport du GIEC d'évaluer avec certitude si les changements récents d'activité cyclonique tropicale sont sortis ou non de la gamme de variations naturelles, quand on regarde les informations sur le temps long, en particulier les données historiques. À partir de la compréhension des processus et de la cohérence des projections climatiques – les travaux faits à l'aide de modèles de climat pour le XXI^e siècle –, on peut dire qu'il est probable que la fréquence d'occurrence de cyclones tropicaux va soit diminuer, soit rester inchangée globalement, mais avec une augmentation probable – à un degré de confiance moyen – de la vitesse maximum des vents et de l'intensité des précipitations près du centre des cyclones : en d'autres termes, la fréquence des cyclones les plus intenses devrait augmenter.

La fiabilité de ces projections va dépendre de celle des modèles de climats à anticiper les changements de structures de température à la surface des mers et des modifications du phénomène El Niño dans un climat qui change. Il est possible qu'on ne détecte un signal significatif d'intensification des cyclones tropicaux que dans la seconde moitié de ce siècle. En effet, s'agissant d'événements rares par nature, une détection significative prendra probablement du temps par rapport à la variabilité spontanée du climat, qui se superpose à une tendance éventuelle.

Pour ce qui est de la possibilité d'une intensification des cyclones dans l'Atlantique nord pour les prochaines décennies, en réponse à une baisse de la charge en aérosols dans l'atmosphère – suite aux lois sur la qualité de l'air, par exemple –, le degré de confiance est faible.

Le cinquième rapport du GIEC a également abordé la question des événements de niveaux de mer extrêmes en soulignant qu'il est probable que leur intensité a augmenté depuis 1970 et qu'il est très probable que cette augmentation se poursuivra dans les décennies à venir, principalement à cause de la montée du niveau des mers – avec un niveau de confiance élevé sur ce point. Cela signifie que la fréquence des événements excédant un niveau de mer donné va augmenter d'un ordre de grandeur identique ou davantage dans certaines régions d'ici à la fin de ce siècle.

Pour ce qui est du deuxième volet, correspondant aux travaux les plus récents, je ne peux que vous exposer qu'une synthèse préliminaire et personnelle, qui n'a en aucun cas la valeur d'un travail d'évaluation collective. Les publications récentes montrent des progrès dans l'exploitation de multiples sources d'information, des travaux sur les archives naturelles

pour connaître l'histoire passée des tempêtes sur un temps long, les sources historiques, la standardisation des jeux de données, les réanalyses atmosphériques, des progrès dans la compréhension théorique des processus, en particulier un cadre théorique reconnu et admis sur les conditions d'intensité potentielle maximale des cyclones. Enfin, il y a une nette amélioration de la simulation des conditions de formation des cyclones dans les modèles de climat – ce qui constitue une avancée remarquable de ces dernières années.

Une étude a détecté une augmentation significative depuis 1975 de la proportion de cyclones tropicaux de catégorie 4 et 5 au détriment des cyclones de faible intensité : on assiste donc à un changement dans les modes de cyclones de faible et de forte intensité. En 2016, Kevin J.E. Walsh et ses coauteurs ont fait paraître, dans la revue américaine *WIREs Climate Change*, un article confirmant qu'il n'y a pas de changement détecté de fréquence des cyclones, mais une augmentation significative de la proportion des cyclones les plus intenses, globalement et dans tous les bassins, sauf dans le nord-est du Pacifique.

Cette synthèse confirme l'augmentation d'intensité dans le bassin Atlantique, que j'avais mentionnée précédemment. Elle souligne également une forte variabilité sur plusieurs décennies dans cette région de l'Atlantique, qui peut résulter du changement d'aérosols – les particules atmosphériques – et qui est en lien avec la variabilité multi-décennale de la circulation de l'océan Atlantique.

En 2014 et 2016, les travaux d'une équipe américaine dirigée par J.P. Kossin ont montré un déplacement vers les pôles, au cours des trente dernières années, de la position du centre d'intensité maximale au cours de la durée de vie des cyclones, au rythme d'environ un degré de latitude par décennie. Ce constat est également lié aux problèmes de détection : on ne va pas forcément détecter l'intensification sur une zone donnée, parce qu'il faut intégrer le déplacement de ces lieux d'intensité maximale – vers le nord dans l'hémisphère nord, vers le sud dans l'hémisphère sud. Une relation systématique a été identifiée entre l'indicateur de température relative des mers et l'augmentation de la taille des cyclones tropicaux, qui joue aussi un rôle important dans les dommages potentiels.

En 2016, un rapport de l'Académie des sciences américaine sur l'attribution des événements extrêmes indiquait que la confiance dans la projection d'une augmentation de l'intensité des cyclones les plus violents est plus forte que les informations scientifiques sur les changements de fréquences. Plusieurs modèles de climat sont maintenant capables de produire une distribution correcte du nombre et de l'intensité des cyclones tropicaux pour le climat actuel, et certains aspects des relations avec le modèle ENSO (*El Niño Southern Oscillation*). Ce point est important également pour l'anticipation à l'échelle saisonnière en fonction des prévisions d'ENSO de l'activité cyclonique, mais il subsiste de grands écarts dans les projections, provenant de différences dans la projection des structures de grande échelle, de différences dans la physique des modèles de climats, de leur résolution – plus une résolution est fine, plus les modèles sont pertinents –, mais aussi des diagnostics réalisés pour détecter les cyclones. De nouvelles méthodes sont maintenant appliquées pour évaluer comment les caractéristiques d'un événement météorologique extrême sont altérées dans un climat plus chaud. Ainsi, une étude portant sur les pires cas de cyclones tropicaux a montré que l'onde de tempête à Tacloban – une ville des Philippines dévastée en 2013 par le supertyphon Haiyan – a pu être augmentée de 20 %.

Une étude du Centre européen de prévisions météorologiques a montré que les caractéristiques de vitesse des vents et d'intensité de pluie de l'ouragan Sandy, qui avait frappé New York en 2012, se sont trouvées augmentées du fait que la température de la mer

sur la trajectoire de cette tempête était plus élevée que la température moyenne des décennies précédentes. Trois études américaines ont porté sur les pluies torrentielles associées à l'ouragan Harvey, qui a causé des dégâts considérables à Houston. Ces trois études, basées sur des méthodes différentes, convergent pour montrer que le réchauffement global a rendu un tel événement plus probable que dans un climat inchangé – typiquement, trois fois plus probable – et a renforcé l'intensité des pluies, qui ont pu être jusqu'à quinze fois plus intenses.

Les facteurs responsables des impacts intègrent la fréquence, l'intensité, mais aussi la taille et la vitesse de déplacement et, sur ces points, il est encore difficile d'avoir une confiance totale dans les éléments disponibles. La prise en compte de l'état de l'océan reste imparfaite, et plusieurs travaux, y compris français, ont montré l'importance de l'état de l'océan sous la surface, ainsi que de sa stratification, sur l'activité cyclonique, en particulier sur les cyclones de catégorie 5. Il existe des voies de progrès pour prendre en compte l'état de l'océan sous la surface pour les prévisions d'intensification, mais aussi pour les projections climatiques futures. L'effet de sillage des cyclones très intenses brasse la mer, ce qui entraîne généralement un refroidissement, et peut produire des conditions favorables à une intensification, selon la température des eaux situées sous la surface de la mer.

En 2016, une revue américaine combinant une approche théorique et des projections climatiques a montré qu'en l'absence de réduction des rejets de gaz à effet de serre, cet effet devrait dominer de plus en plus par rapport à l'effet des aérosols et devrait donner lieu à des augmentations de l'intensité des cyclones tropicaux. Enfin, en 2015, une étude de l'un des spécialistes mondiaux des cyclones, Emmanuel Garnier, suggérait une forte augmentation de l'occurrence de cyclones, associée à une intensification très rapide avant leur entrée vers les terres, dans un climat plus chaud de 3 °C ; il concluait que le fait que le réchauffement favorise des mécanismes d'intensification très rapides pourrait rendre les prévisions et l'alerte plus délicates.

M. Jean Touzel. Quand on regarde les scénarios du GIEC, on voit d'abord des prévisions sur le siècle, même si certaines vont un peu au-delà de 2100, mais surtout des prévisions assez linéaires, sans à-coups. Deux questions principales se posent : premièrement, tous les mécanismes ont-ils été pris en compte ? Deuxièmement, existe-t-il des phénomènes irréversibles, rendant inéluctable la survenue de certains changements ? Les climatologues se sont penchés sur ces deux questions et y ont répondu par l'élaboration de deux notions : celle de surprise climatique ou de changement abrupt d'une part, celle d'irréversibilité d'autre part. La notion d'irréversibilité est très importante, même si les médias accordent souvent plus d'importance à celle de changement abrupt. C'est moi qui, en 1995, ai le premier suggéré la notion de surprise climatique, dans le deuxième rapport du GIEC, à la suite de la découverte de variations climatiques rapides dans les glaces du Groenland – des réchauffements allant jusqu'à 15 °C en quelques décennies, et des changements complets du climat dans l'Atlantique nord, mais aussi à l'échelle de tout l'hémisphère nord.

L'existence de ces événements constituait une véritable surprise, car on enseignait à l'époque que le climat ne pouvait varier que lentement. Cette découverte a relancé une hypothèse selon laquelle le Gulf Stream pourrait, en certaines circonstances, s'arrêter et redémarrer. Ainsi énoncée, cette hypothèse est très simplificatrice, car il s'agit en réalité d'une modification de la circulation océanique résultant de l'arrivée d'eau douce à la surface de l'océan : en gros, l'arrivée d'eau douce à la surface de l'océan modifie le Gulf Stream qui, pour aller jusque dans le Grand Nord, doit être formé d'eaux denses et froides qui plongent dans cette direction. Des épisodes du passé tendent à montrer qu'une telle hypothèse pourrait se réaliser : ainsi, il y a 8 200 ans, lorsqu'une grande quantité d'eau douce est arrivée dans

l'Atlantique nord suite à la fonte de la calotte qui recouvrait une partie de l'Amérique du Nord, un refroidissement de 3 ou 4 °C s'est produit, y compris dans nos régions, en quelques décennies. Cet événement a duré entre 100 et 200 ans, avant que tout se remette en route, là aussi en quelques décennies. Ces événements sont bien documentés dans le passé, y compris en période chaude, et on s'interroge actuellement sur la possibilité d'un changement rapide de la circulation océanique dans un climat plus chaud.

L'arrivée d'eau douce pourrait avoir plusieurs causes : elle pourrait provenir d'une augmentation des précipitations dans le Grand Nord, qui se traduirait par un écoulement plus important des fleuves et des rivières vers l'océan Arctique et la mer Baltique, ou résulter de précipitations, donc d'une évaporation plus importante dans les régions tropicales, ce qui entraînerait une augmentation des précipitations dans le Nord. Enfin et surtout, la fonte des glaces du Groenland contribue à l'élévation du niveau de la mer : certes, sur les trois millimètres d'élévation annuelle du niveau de la mer, le Groenland contribue pour un peu moins d'un millimètre, mais à l'échelle régionale, cela représente d'énormes quantités d'eau douce. Il est permis de se demander si l'apport en eau douce du Groenland pourrait ou non modifier la circulation océanique dans ces régions : ce ne sera sans doute pas le cas d'ici à la fin du siècle, mais ce n'est pas exclu à long terme – à l'échelle de quelques siècles.

Il faut oublier l'idée véhiculée par certains films, et de ce fait largement répandue dans l'imaginaire collectif, selon laquelle ce phénomène se traduirait par un retour à l'ère glaciaire. Si nous avons, dans 300 ans, un climat plus chaud de 3 ou 4 °C, et que le Gulf Stream s'arrête, cela n'influera pas de plus de quelques dixièmes de degrés centigrades sur la température moyenne de la planète : dans nos régions, nous reviendrons tout au plus à des températures de l'ordre de celles d'aujourd'hui – mais un refroidissement de 3 ou 4 °C sur une ou deux décennies, similaire à celui qui s'est produit il y a 8 200 ans, serait extrêmement dommageable économiquement et écologiquement. Si on ne peut exclure ce phénomène résultant de variations océaniques, il semble très peu probable qu'il puisse survenir durant le siècle qui vient et, même pour les siècles suivants, ce n'est pas une perspective définitivement établie.

Une autre surprise potentielle – qui n'en est plus vraiment une, puisqu'on en parle beaucoup aujourd'hui – est celle que constituerait la libération du méthane et du gaz carbonique – le dioxyde de carbone –, résultant de la fonte des sols gelés. Cette fonte, déjà amorcée dans les régions arctiques, devrait s'accélérer. Selon un scénario émetteur, 80 % du permafrost, ou pergélisol, de surface – d'une épaisseur inférieure à 3,5 mètres – pourrait avoir fondu d'ici la fin du siècle, dans l'hypothèse où le réchauffement serait jusqu'à deux fois plus élevé dans les régions de l'Arctique, en Sibérie et au nord du Canada qu'en moyenne globale – si le réchauffement moyen était de 3 °C, il pourrait atteindre 6 °C dans ces régions de l'Arctique. Cette fonte provoque la décomposition quasiment irréversible de la matière organique présente dans les sols, une décomposition qui se fait soit sous forme de gaz carbonique, soit sous forme de méthane – en l'absence d'oxygène. De ce fait, les estimations sont imprécises, à la fois parce que la quantité de matière organique dans ces sols est très variable d'un point à l'autre et parce qu'il est assez difficile de savoir si la fonte va donner lieu à une décomposition sous forme de gaz carbonique ou sous forme de méthane. Or, les conséquences ne sont pas les mêmes : la décomposition sous forme de méthane est plus grave en termes de réchauffement climatique, car les molécules de méthane sont beaucoup plus actives d'un point de vue radiatif. Pour vous donner un ordre de grandeur, d'ici 2100 – bien sûr, les processus en cours se poursuivront après cette date –, dans le cas d'un scénario émetteur, on pourrait avoir l'équivalent, avec la fonte du pergélisol, de cinq à vingt-cinq années des émissions actuelles de gaz à effet de serre. Il y a également une grande quantité de

méthane dans les sédiments marins de surface – les clathrates –, mais le risque que ce méthane soit libéré dans l’atmosphère est beaucoup moins important.

Un autre phénomène à seuil susceptible d’avoir de graves conséquences sur les forêts tropicales, en particulier la forêt amazonienne, est celui que constituerait une succession d’années marquées par des précipitations trop faibles : si la forêt peut résister pendant quelques années, elle souffre et, à la longue, peut finir par flancher subitement, de façon irréversible. La probabilité qu’un seuil critique soit franchi, conduisant au dépérissement de la forêt, ne peut pas être écartée pour les forêts équatoriales et tropicales – notamment la forêt amazonienne –, et le risque existe également pour les forêts boréales. Cependant, le rapport du GIEC précise que les possibilités de destruction de vastes portions de forêts tropicales ou boréales sont assez faibles : on peut donc considérer qu’à l’échelle globale, ce risque de destruction des forêts est assez peu élevé.

Je dois également vous parler de l’inertie climatique, c’est-à-dire du fait que certaines modifications ne produisent leurs effets que sur des échelles de temps très longues, et de manière quasiment irréversible. Ainsi, les concentrations de dioxyde de carbone dans l’atmosphère continuent à augmenter alors que les émissions diminuent et, en fonction des différents scénarios envisagés, 15 % à 40 % du dioxyde de carbone qui sera émis restera dans l’atmosphère pendant plus de 1 000 ans : comme nous le disons depuis très longtemps, en la matière, il n’y a pas de retour en arrière. Une fois les concentrations stabilisées, le réchauffement continue pendant un siècle ou plus, certes de façon limitée, mais loin d’être négligeable – certains estiment qu’il pourrait être voisin de 1 °C, au moins régionalement. Une grande partie de ce réchauffement est irréversible sur des périodes de plusieurs siècles, voire plusieurs millénaires.

Évidemment, l’inertie est à prendre en compte dans le problème qui nous réunit aujourd’hui : l’élévation du niveau de la mer se poursuivra pendant plusieurs siècles de façon importante, aussi bien dans sa composante liée à la dilatation de l’océan que dans celles résultant de la fonte des glaciers et des calottes glaciaires. Selon un scénario émetteur figurant dans le cinquième rapport du GIEC, l’élévation pourrait être d’un peu moins d’un mètre à l’horizon 2100, mais cette estimation donne lieu à de nombreuses discussions : ainsi, des articles récents tendent à montrer que l’élévation pourrait atteindre trois mètres à la fin du siècle. Cette question fera l’objet d’une attention particulière dans le sixième rapport du GIEC, mais le fait est que plusieurs publications font état d’un risque supérieur à un mètre à la fin du siècle.

En tout état de cause, quand on parle de trois mètres à la fin du siècle, il faut bien se rendre compte que, malheureusement, quoi qu’on fasse ou presque, ces trois mètres seront atteints à un moment donné. Même dans le cas d’un réchauffement limité à 1,5 °C ou 2 °C, on aura beaucoup de mal à éviter, à échéance de quelques siècles, une élévation du niveau de la mer inférieure à un mètre : il est probable que ce sera plus, voire beaucoup plus. À plus long terme, c’est-à-dire à plus d’un siècle, les contributions du Groenland et de l’Antarctique se poursuivraient, s’ajoutant à celles résultant de la dilatation de l’océan. Il y a des incertitudes, mais les chiffres sont impressionnants : suivant le scénario pris en compte, on parle d’une élévation comprise entre 90 centimètres et 3,60 mètres en 2300, entre 1,50 mètre et 6,60 mètres en 2500 et ainsi de suite. Au-delà, le processus risque de se poursuivre. En effet, si le réchauffement excédait un certain seuil, cela entraînerait la disparition presque totale de la calotte du Groenland au bout d’un millénaire, avec à la clé une élévation du niveau de la mer d’environ 7 mètres. Le seuil de température retenu pour ces scénarios est relativement faible puisqu’il est estimé entre 1 °C et 4 °C, ce qui montre bien que le risque à long terme de fonte

du Groenland est assez élevé. En tant que paléoclimatologues, nous sommes là pour rappeler qu'il y a 125 000 ans, le niveau de la mer était d'au moins 5 mètres plus élevé qu'aujourd'hui alors que la température, elle, n'était pas beaucoup plus élevée. J'insiste sur la sensibilité d'élévation du niveau de la mer dans la durée, même sous l'effet de changements de température relativement faibles.

Le rapport du GIEC indique que la disparition totale de la calotte glaciaire n'est pas inéluctable si les températures redescendent en dessous d'un certain seuil ; en revanche, une diminution partielle est irréversible, et il en est de même pour l'Antarctique de l'Ouest, qui contribuerait à plus de 5 mètres à l'élévation du niveau de la mer – on parle toujours du très long terme. Il faut bien comprendre que si un réchauffement important persistait à très long terme – au-delà de l'échelle millénaire –, on pourrait atteindre une élévation du niveau de la mer de plus de 15 mètres. Un article récent montre que, si le scénario émetteur se poursuivait jusqu'à la fin du siècle, où l'on arrêterait d'émettre des gaz à effet de serre, à l'échelle de 10 000 ans, le niveau de la mer pourrait augmenter jusqu'à 20 mètres – du seul fait des émissions du XXI^e siècle, et sans que l'on puisse faire quoi que soit pour empêcher cela.

Enfin, l'acidification de l'océan est elle aussi irréversible ou quasiment irréversible, ce qui est un gros problème pour les régions côtières, pour les ressources halieutiques et touristiques et, bien sûr, pour les récifs coralliens. Valérie Masson-Delmotte va maintenant évoquer le sixième rapport du GIEC.

Mme Valérie Masson-Delmotte. Le GIEC, qui va fêter ses trente ans lors de sa prochaine session plénière à Paris en mars 2018, prépare un ensemble de rapports. Il s'agit d'abord d'un rapport spécial, en cours de relecture, portant sur l'analyse des impacts de 1,5 °C de réchauffement global et les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre associées, dans le contexte du renforcement de la réponse globale aux menaces du changement climatique, du développement durable et des efforts pour éradiquer la pauvreté. Ce rapport, que nous préparons suite à l'invitation de la COP21, sera soumis pour approbation en octobre 2018 et constituera l'information scientifique pour le dialogue de Talanoa de la COP24, qui se tiendra en décembre 2018. Pour la première fois, il est préparé de manière transverse aux trois groupes de travail du GIEC, et comportera une évaluation de ce qui pourrait être évité, y compris en termes d'événements extrêmes, si nous parvenons à limiter le réchauffement à moins de 2 °C, en le stabilisant si possible aux alentours de 1,5 °C.

Pour 2019, nous préparons un rapport spécial sur le changement climatique et l'usage des terres, qui intégrera des enjeux liés à la désertification, à la dégradation des sols, à la gestion durable des terres, à la sécurité alimentaire et aux flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres. Le dernier chapitre portera sur les risques et les options de gestion des risques dans le contexte du développement durable, et il inclura des risques liés aux migrations et aux conflits. Ce rapport spécial est également préparé de manière transverse aux trois groupes de travail du GIEC.

En parallèle, toujours pour 2019, nous préparons un rapport spécial sur les océans et la cryosphère – c'est-à-dire les parties enneigées et englacées de la Terre – dans un climat qui change. Ce rapport portera sur les mécanismes des changements et leurs implications pour les océans et les zones enneigées et englacées, les écosystèmes et les populations qui en dépendent, ainsi que les options pour renforcer leur résilience. Il comportera, entre autres, un chapitre sur la montée des niveaux des mers et les implications pour les zones et les communautés littorales ; un chapitre sur les océans et les écosystèmes marins et les communautés qui en dépendent ; un chapitre sur les risques associés aux événements

extrêmes et abrupts. Il comprendra également un encadré transverse dédié aux îles et aux régions côtières de faible altitude – les basses terres –, portant en particulier sur les risques en cascade que nous avons mentionnés tout à l’heure, à savoir les événements extrêmes, les changements du cycle hydrologique, l’acidification des océans, la montée du niveau des mers, qui se conjuguent sur certaines portions du littoral.

Enfin, la préparation des rapports complets de chaque groupe de travail débutera au mois de juin 2018. Pour le groupe dont je partage la coordination, un chapitre sera dédié à l’information climatique régionale, y compris pour les petites îles et les littoraux, les changements du cycle hydrologique, un nouveau point sera fait sur les océans, la cryosphère et la montée du niveau des mers, un chapitre sera consacré aux événements extrêmes météorologiques et climatiques, y compris les événements composites, comme les fortes précipitations et les vents violents, et les cyclones tropicaux, enfin un chapitre traitera de l’information climatique pour l’évaluation des impacts régionaux et des risques, en favorisant l’analyse des risques à partir d’informations sur les aléas que nous fournissons, mais qui sera conjuguée aux informations sur les vulnérabilités et l’exposition aux risques du groupe 2 du GIEC. Celui-ci aura un chapitre dédié aux petites îles et aux options d’adaptation dans un climat qui change.

Je précise que le GIEC organise, au mois de mars prochain, une conférence scientifique internationale sur les villes et les sciences du changement climatique pour susciter la production et la publication de nouvelles connaissances dans l’optique d’un rapport spécial sur cette thématique pour le cycle suivant, après 2023. Bien sûr, la question des villes littorales est particulièrement importante dans toutes les régions du monde. Ce cycle du GIEC permettra de fournir régulièrement une évaluation de l’état des connaissances 2018, 2019, 2021 et 2022.

Le dernier volet que vous souhaitiez que nous abordions concerne les conséquences de retard dans les stratégies d’atténuation et d’adaptation pour les jeunes générations. Stabiliser l’évolution de la température à la surface de la terre demande que les émissions mondiales de gaz à effet de serre atteignent un pic le plus vite possible et diminuent à un rythme soutenu pour atteindre une neutralité carbone d’ici au milieu de ce siècle. Dans ce cas, la stabilisation du réchauffement s’accompagnerait néanmoins d’une poursuite inéluctable de la montée du niveau des mers. Mais cette montée du niveau des mers est plus importante si le réchauffement est plus important.

Il faut également mentionner que les émissions mondiales de CO₂, après avoir fortement augmenté au début des années 2000 et stagné entre 2014 et 2016, sont reparties à la hausse en 2017. Les émissions mondiales de la plupart des autres gaz à effet de serre comme le méthane continuent à augmenter. L’agrégation des contributions nationales de la COP21 et donc des engagements actuels des États à l’horizon 2025-2030 suggère la poursuite d’une augmentation des émissions mondiales de gaz à effet de serre d’ici à 2030, mais moins vite que dans un scénario de laisser faire. Sans révision à la hausse de cette ambition, ces contributions nationales impliqueraient un réchauffement de l’ordre de 2,5 degrés à 3 degrés d’ici à la fin du siècle. Cette analyse n’intègre pas les implications de la dérégulation environnementale en cours aux États-Unis sur la trajectoire d’émissions de ce pays.

Le rapport spécial sur 1,5 degré du GIEC apportera une analyse complémentaire sur les trajectoires de développement sobres en carbone, y compris dans leur dimension sociale qui sont un élément important.

À titre personnel, je considère que les actions timides en cours exposent les jeunes générations à une triple peine : celle de s'adapter en permanence à un climat qui risque de changer plus vite dans les décennies à venir que dans les décennies passées, « ce territoire inconnu » pour reprendre les termes de l'Organisation météorologique mondiale ; celle de devoir agir plus rapidement et donc avec moins de marge de manœuvre et un coût de transition plus élevé pour limiter le rejet de gaz à effet de serre par la suite si on ne le fait pas maintenant ; enfin le risque de devoir recourir à des « soins palliatifs » pour remédier à la situation en cherchant à extraire des gaz à effet de serre de l'atmosphère et les stocker ou à manipuler le climat avec des risques d'effets indirects ou collatéraux importants.

Les coûts et les dommages liés aux événements extrêmes récents montrent à quel point nous ne sommes pas adaptés à la variabilité du climat d'aujourd'hui, marqué par un degré de réchauffement par rapport au milieu du XIX^e siècle, et soulignent à quel point il y a partout des vulnérabilités et des expositions aux risques.

Les stratégies d'adaptation aux conséquences inéluctables du réchauffement climatique, en particulier pour le littoral, sont aussi essentielles pour réduire les risques actuels et éviter d'être piégé à l'avenir sur des situations de vulnérabilité.

Les progrès des connaissances scientifiques, le partage des questionnements – je vous ai montré ce que l'on sait et ce que l'on ne sait pas – entre le monde académique et les acteurs de terrain sont vraiment des aspects importants pour des stratégies d'adaptation intelligentes et flexibles. L'éducation aux sciences du climat, aux sciences du changement climatique et aux risques sont des volets fondamentaux, quand on pense aux jeunes générations. Parler de changement climatique, c'est aussi se poser la question de la place qu'on accorde à la jeunesse.

Lors des catastrophes naturelles qui ont touché récemment la France en métropole et dans les outre-mer, j'ai été frappée de voir à quel point les infrastructures dédiées à la jeunesse et à leur droit fondamental à la continuité de l'accès à l'éducation étaient exposées aux aléas depuis les lieux de garde jusqu'aux établissements d'éducation. Il serait pertinent que les stratégies de gestion des risques et d'adaptation au changement climatique accordent une attention particulière à la protection des lieux où sont scolarisés les enfants.

M. Jean Jouzel. Je partage pleinement les propos de Mme Valérie Masson-Delmotte, y compris ce qu'elle a dit à titre personnel.

En fait, nous sommes une génération extrêmement égoïste puisque nous demandons aux jeunes d'aujourd'hui non seulement de s'adapter à un climat, ce qui ne sera pas simple, mais aussi de pomper du CO₂ de l'atmosphère, ce qui les met au pied du mur.

Je considère que le premier problème du réchauffement climatique, c'est le risque d'accroissement des inégalités. C'est pourquoi j'ai présenté, avec Mme Agnès Michelot, au Conseil économique, social et environnemental dont je suis membre, un avis sur la justice climatique. Nous nous sommes demandé comment faire pour que réchauffement climatique n'accroisse pas les inégalités – et cela vaut pour la jeunesse bien sûr –, y compris dans les pays développés. Après des événements comme la tempête Harvey aux États-Unis, ou ce qu'il s'est passé à Saint-Martin, on a bien vu que ce sont les couches pauvres de la population, qui ont le plus de mal à se remettre debout.

Je le répète, nous sommes une génération trop égoïste et il y a vraiment un risque d'accroissement des inégalités lié au réchauffement climatique. Il faut tout faire pour l'éviter.

Mme la présidente Maina Sage. Je vous remercie pour ces derniers mots.

S'agissant de la justice climatique, j'informe les membres de notre mission que j'ai saisi à la fois la présidente de la commission du développement durable et celle de la commission des lois pour que nous puissions organiser, au cours du premier trimestre, une session qui traitera spécifiquement de ce sujet.

Mme Sandrine Josso. Je remercie Mme Masson-Delmotte et M. Jouzel d'être à notre écoute aujourd'hui.

Il est de notoriété publique que la principale cause du réchauffement climatique est d'origine humaine, et que l'engagement mondial des États signataires de l'accord de Paris et surtout sa mise en application seront déterminants pour l'avenir de la planète et de son réchauffement. Les solutions majeures sont connues des États signataires : le développement des énergies renouvelables, la réduction des gaz à effet de serre, la reforestation, etc.

Je souhaiterais avoir des précisions quant aux dernières études menées sur l'accélération de la fonte du pergélisol polaire et subpolaire et sur le phénomène de la boucle de rétroaction. Avez-vous des données chiffrées sur l'ampleur du phénomène ?

M. Jean Jouzel. J'ai donné quelques chiffres issus du cinquième rapport du GIEC, et j'invite Mme Masson-Delmotte à ajouter quelques commentaires sur ce point.

Mme Valérie Masson-Delmotte. En fait, la fonte du pergélisol est une conséquence directe du réchauffement de l'Arctique qui est particulièrement marquée par rapport au reste de la planète. Aujourd'hui, la fonte du pergélisol ne joue pas un rôle dominant dans les flux de gaz à effet de serre. Par exemple, les flux de méthane sont dominés par des sources qui sont plutôt dans les régions tropicales et qui sont liés à différents secteurs d'activité, et des sources naturelles dans ces régions. Les préoccupations portent surtout sur le démarrage d'une boucle de rétroaction qui n'est pas encore opérationnelle aujourd'hui. Des travaux récents, en particulier d'un réseau international qui travaille sur le permafrost et le carbone dans le permafrost, auxquels contribuent plusieurs chercheurs français, ont apporté des plages d'incertitude plus réduites sur ce que pourrait être la contribution du dégel du permafrost dans différents scénarios de réchauffement à l'avenir, en particulier à partir de travaux sur la composition des sols et la manière dont des informations précises issues d'observations peuvent réduire cette plage d'incertitude. Ce sujet sera abordé dans le rapport du GIEC de 2019 sur les océans et la cryosphère qui fera le point sur ces connaissances plus récentes.

M. Stéphane Claireaux. Merci pour cette présentation. Le constat que vous faites est peu rassurant et plutôt alarmiste puisque vous prévoyez une augmentation de la fréquence et de l'intensité des cyclones, une accentuation des événements de mer extrêmes et l'irréversibilité de la montée des eaux.

Vous avez dit que la forêt boréale serait peu touchée. À Saint-Pierre-et-Miquelon, nous avons la seule forêt boréale du territoire français. Or nous sommes très inquiets, car nous avons déjà noté des signes, notamment l'apparition de parasites qui la détériorent beaucoup – nos voisins canadiens connaissent aussi les mêmes problèmes. Cette forêt subit donc déjà des attaques et sa détérioration est en route.

Nous avons aussi des inquiétudes sur la biodiversité et sur les écosystèmes, avec l'apparition d'espèces invasives comme des algues ou des crabes verts. L'augmentation de la température des eaux est déjà avancée, ce qui a des conséquences pour le moins inquiétantes.

M. Jean Jouzel. Effectivement, au Canada, certains espèrent que la forêt boréale se développera davantage avec le réchauffement climatique. Si le réchauffement climatique peut être favorable dans certaines régions, il est totalement contrecarré par des maladies qui s'y développent et qui font souffrir la forêt.

Tout à l'heure, j'ai parlé de la forêt boréale en demandant si elle pourrait souffrir de sécheresses à répétition. En fait, il y a peu de risque. Mais vous avez raison, il ne faut pas oublier les risques de maladies.

Mme la présidente Maina Sage. Il y a une forme de paradoxe entre un monde scientifique qui reste un peu sur ses gardes, qui marche sur des œufs pour évoquer le lien de causalité entre le changement climatique et l'intensification des phénomènes climatiques que nous subissons et les phénomènes accablants de plus en plus inquiétants qu'il observe et qui annoncent même des formes d'irréversibilité. En tout cas, c'est comme cela que la population le ressent au quotidien.

Nous ne sommes pas des scientifiques, mais des néophytes. La population que nous représentons ressent ces pressions au quotidien, d'un côté cette forme de climato-scepticisme ambiant et, de l'autre, ce monde scientifique qui dit que la situation s'aggrave mais que le lien n'est pas forcément identifié. Je souhaiterais que vous puissiez très clairement nous dire de quel côté penche la balance, parce qu'il est important pour la représentation nationale qu'il n'y ait plus doute en 2018 sur la question du changement climatique.

M. le rapporteur. Je vous remercie pour toutes les informations que vous nous avez livrées, qui enrichissent notre mission.

Nous mesurons, je crois, toutes les conséquences parce que le climat concerne tous les aspects de la vie, notre environnement naturel mais aussi notre façon de vivre, l'économie, les relations entre les pays, les terres agricoles, etc. Vos propos qui sont des constats nous font prendre pleinement conscience de l'importance du sujet qui concerne notre terre et nos modes d'organisation.

Mme Valérie Masson-Delmotte. Il y a souvent un décalage entre la perception subjective, locale, parfois sur un temps court, celui d'une vie humaine, et l'analyse objective que l'on peut faire en fonction des données disponibles et des moyens permettant de conclure un lien de cause à conséquence sur un système aussi complexe que celui du climat.

Le constat est évident : le réchauffement climatique est une réalité, l'influence humaine sur le réchauffement est clairement établie. Elle est aussi clairement établie par exemple sur le lien entre le réchauffement de la température au-dessus des continents et l'augmentation des événements de températures élevées de type canicule. Elle commence à s'affiner sur le lien entre le réchauffement et les événements de vagues de chaleur marines dont on sait qu'ils ont des conséquences importantes sur les écosystèmes marins comme les coraux d'eaux chaudes. Elle est plus délicate sur des événements rares et de forte intensité, comme les cyclones tropicaux. J'ai essayé de résumer les travaux en cours pour mieux comprendre et donner sens à des changements récents.

S'agissant des cyclones tropicaux par exemple, il y a une confiance plus élevée sur la compréhension du lien avec une intensification des précipitations que sur ce qui touche aux vents très intenses, parce que ces phénomènes de petite échelle restent encore représentés de manière schématique dans les modèles de climat. Les conclusions que l'on peut apporter avec la démarche scientifique sont aussi limitées par les outils dont on dispose. L'appui qui est fait à une recherche, qui reste une recherche assez fondamentale sur ces sujets, est aussi important pour permettre d'apporter des réponses précises aux questions que se posent nos concitoyens.

M. Jean Jouzel. Je suis en fin de carrière puisque j'ai commencé ma thèse il y a cinquante ans, en 1968. Il faut bien voir que nous sommes vraiment sur la trajectoire qui avait été envisagée par le GIEC, en 1990, dans son premier rapport. C'est l'écoute qui a manqué de la part des décideurs à une certaine époque, quoique la convention climat a été très rapidement adoptée, en 1992, convention qui était tout à fait en ligne avec le premier rapport du GIEC.

Nous sommes l'un et l'autre des scientifiques, et nous avons beaucoup travaillé ensemble. Quand on est membre du GIEC, on s'engage à une certaine réserve par rapport à l'engagement politique. Mais comme je n'en fais plus partie, je m'autorise à m'engager davantage. Hier, je suis allé présenter, avec Pierre Larrourou, au Conseil économique et social européen, en séance plénière, devant le commissaire européen Miguel Arias Cañete, à sa demande, notre pacte finance-climat. Sachez que nous sommes engagés, même si l'engagement de Mme Masson-Delmotte dans le GIEC lui impose un certain devoir de réserve.

M. Marc Pontaud, directeur du Centre national de recherches météorologiques.
Nous partageons les propos de Mme Masson-Delmotte et M. Jouzel.

On ne peut pas non plus s'arrêter à un phénomène isolé. C'est un défaut que l'on constate souvent dans les médias et chez les gens. Je pense à la vague de froid qui vient d'avoir lieu à New York : un événement tout seul ne fait pas le climat, d'autant qu'il est local.

Les certitudes sur le climat sont globales. Dans le détail, il est vrai qu'il reste encore des voiles à lever. Notre crédibilité passe par là : lorsque nous affirmons quelque chose, il ne faut pas que cela puisse être remis en cause par la suite.

Il est nécessaire que l'on s'améliore en ce qui concerne les phénomènes de petite échelle, ce qui sera possible si l'on augmente notre puissance de calcul. En France, nous avons la chance d'avoir le système GENCI, des calculateurs qui sont au plus haut niveau mondial. Météo France dispose de ses propres calculateurs, à la fois pour sa mission de protection des personnes et des biens, mais aussi pour les travaux climatiques qui contribuent au GIEC. Nous avons besoin pour ce genre d'études, nous scientifiques et opérateurs, d'une grande puissance de calcul.

Nous avons un rendez-vous, au niveau de Météo France, fixé pour 2020 et nous avons besoin du soutien de l'État pour augmenter notre puissance de calcul. Il faut savoir que, sur l'échiquier international, ce sont les Anglais qui ont quasiment la plus grosse puissance de calcul dédiée à l'étude du climat et de la prévision météorologique puisqu'ils disposent de 15 pétaflops, contre 4 pétaflops pour Météo France et 8 pétaflops pour le Centre européen, qui est le meilleur centre de prévisions numériques du temps.

Mme la présidente Maina Sage. Madame, messieurs, nous vous remercions. Nous sommes toujours preneurs de compléments d'informations que vous voudriez nous transmettre sur ces sujets.

La séance est levée à onze heures cinquante-cinq.

Membres présents ou excusés

Mission d'information sur la gestion des événements climatiques majeurs dans les zones littorales de l'hexagone et des Outre-mer

Réunion du jeudi 18 janvier 2018 à 10 h 30

Présents. – Mme Justine Benin, M. Bertrand Bouyx, M. Lionel Causse, M. Stéphane Claireaux, Mme Claire Guion-Firmin, M. Yannick Haury, Mme Sandrine Josso, Mme Sophie Panonacle, M. Jean-Hugues Ratenon, M. Hugues Renson, Mme Maina Sage

Excusé. – M. Philippe Gomès

Assistait également à la réunion. – Mme Sophie Auconie