Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles

AFPCN

Mieux comprendre, mieux prévenir

Journée de présentations et d'échanges

« Risques, adaptation et changement climatique »

sur le 5ème rapport du GIEC

DOSSIER PARTICIPANTS

Le 9 juillet 2014

A l'ENGREF, Amphithéâtre 7

19 avenue du Maine, Paris 15ème

Le 5ème rapport d'évaluation du GIEC contient une somme considérable d'informations, d'analyses et de propositions. Le premier volet (WGI: mécanismes du climat) a été rendu public en février, les Résumés pour décideurs (SPM) et les projets de texte des deux autres volets (WGII : adaptation et WGIII : atténuation) sont disponibles depuis le mois d'avril (les versions définitives seront diffusés au cours de l'été).

Le volume impressionnant de l'expertise rendue (qui dépasse les 5000 pages) et l'échelonnement des publications rend difficile son appropriation. Les médias n'ont pas réalisé de travail d'analyse d'envergure pour l'instant et celui-ci ne sera pas pris en charge par les milieux des entreprises.

Or le temps presse. La Conférence internationale des parties à l'accord climat (COP 21) se tiendra à Paris en décembre 2015, et elle se prépare déjà activement côté diplomatie. D'autres grands rendez-vous internationaux sur la réduction des risques de catastrophes, les politiques publiques de l'énergie, de l'eau, de la biodiversité, auront également lieu d'ici là qui ne peuvent non plus se passer d'une analyse raisonnée des résultats du GIEC.

Il est temps de réfléchir à la manière de poursuivre cette aventure pionnière de l'expertise internationale. Le GIEC mène depuis 26 ans des travaux d'une envergure sans précédent. La pertinence de ses avis dépend cependant de sa capacité à évoluer pour s'adapter à l'évolution des enjeux sociétaux. La France doit réfléchir à son implication dans l'expertise future. L'enjeu est multiple et touche aux questions de politique publique, de politique scientifique, de compétitivité industrielle mais aussi de culture.

Au cours de cette rencontre, tenue avec la participation de Nicolas Bériot (point focal français du GIEC) **et plusieurs partenaires, le Conseil scientifique de l'AFPCN présentera les travaux de son groupe de travail qui étudie depuis plus d'un an maintenant la méthodologie d'expertise du GIEC** (reprenant la suite de réflexions lancées les années précédentes sur le plan national d'adaptation et sur le rapport spécial du GIEC sur les événements extrêmes (SREX)). Un ensemble de documents seront remis aux participants contenant un rapport d'analyse de la méthodologie d'expertise du GIEC, des notes de commentaires sur les trois volets du 5e rapport du GIEC publié cette année et une lecture transversale à ces trois expertises. La tentative est ambitieuse puisqu'elle vise à dégager, en une centaine de pages, une vision globale du 5e rapport qui pourra être discutée par les différents intervenants.

SOMMAIRE

PROGRAMME 7

EXAMEN DE LA MÉTHODOLOGIE D'EXPERTISE DU GIEC(IPCC) SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE 9

OBSERVATIONS SUR LE RAPPORT DU 5E RAPPORT DE L'IPCC, GROUPE II : IMPACTS, ADAPTATION AND VULNERABILITY 35

EXAMEN DU RÉSUMÉ TECHNIQUE DU RAPPORT WGIII DU 5EME RAPPORT DU GIEC « MITIGATION OF CLIMATE CHANGE » 47

LECTURE DU 5EME RAPPORT D'ÉVALUATION (AR5) DU GIEC 67

LISTE DES PARTICIPANTS 77

ANNEXES 79

AR5: CLIMATE CHANGE 2013-2014 Liste des chapitres 81

Enseignements du GIEC : l'adaptation du secteur de l'eau aux changements globaux et climatiques, Partenariat Français pour l'eau 85

Synthesis on energy and climate change, Alain Bucaille 93

PROGRAMME

Séance du matin

9h30 - 10h00 :	Ouverture, présentation de la journée.
	Intervention de Nicolas Bériot, point focal français du GIEC.
10h00 - 10h45 :	Présentation du rapport « Analyse de la méthodologie d'expertise du GIEC », par Maud Devès (IPGP).
10h45 - 11h30 :	Proposition de lecture transversale et repérage des avancées de l'AR5 par Paul-Henri Bourrelier (AFPCN).
11h30 - 12h30 :	Aspects éthiques des rapports WGII et WGIII par Henri Décamps (Académie des Sciences).
12h30	Clôture de la matinée par Christian Kert, président du Conseil d'orientation pour la prévention des risques naturels majeurs (COPRNM).

Déjeuner libre

Séance de l'après-midi

14h00 - 16h00 :	**« WG II : Impacts et adaptation »**, Michel Lang (IRSTEA), Eric Martin (Météo France, *lead author* du chapitre 23), Jean-Luc Redaud (Partenariat français pour l'eau), Carlos Oliveros (BRGM). Echanges animés par Paul-Henri Bourrelier.
16h00 - 18h00 :	**« WG III : Atténuation »**, Paul-Henri Bourrelier et Henri Décamps, Robert Diethrich (RD International consult, conseil en stratégie et énergies), Alain Bucaille (Imperial College), Vincent Lefieux (RTE). Echanges animés par Henri Legrand (ASN, CGEDD/MEDDE).
18h00	Echange final animé par Maud Devès et Henri Décamps.

EXAMEN DE LA MÉTHODOLOGIE D'EXPERTISE DU GIEC(IPCC)[1] SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Maud H. Devès, Paul-Henri Bourrelier, Henri Décamps, Michel Lang, Yves Le Bars

20 juin 2014

NB : Ce travail a donné lieu à des entretiens avec des scientifiques impliqués à divers degrés dans l'expertise sur le climat. Les auteurs remercient Michel Petit, Hervé Le Treut, Katia Laval, Guy Laval et Anny Cazenave de leur avoir accordé de leur temps pour leur faire part de leur expérience. Les comptes rendus des entretiens sont disponibles sur demande (contacter Maud Devès : deves@ipgp.fr).

[1]IPCC (*Intergovernemental Panel on Climate Change*) ; GIEC (*Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat*).

PLAN DU RAPPORT

I. INTRODUCTION 10

II. ORGANISATION DE L'EXPERTISE 13

III. ARTICULATION DE L'EXPERTISE ENTRE TROIS GROUPES DE TRAVAIL 16

IV. ÉLABORATION D'UN CONSENSUS ET TRAITEMENT DES INCERTITUDES 18

V. EXAMENS CRITIQUES DU FONCTIONNEMENT DU GIEC ET ÉVOLUTION DE L'EXPERTISE 22

VI. ANALYSE DE LA POSITION DE L'EXPERTISE ENTRE SCIENCE ET DÉCISION 24

VII. DIFFUSION DES RAPPORTS, OPINION ET DÉBAT PUBLIC 26

VIII. MISE EN PERSPECTIVE ET QUESTIONS OUVERTES 28

IX. BIBLIOGRAPHIE 31

I. INTRODUCTION

Il est utile de resituer la création du GIEC dans son contexte historique. C'est ce que nous ferons en nous appuyant sur des extraits de Zillman (2009) (John W. Zillman fut président de l'Organisation Météorologique Mondiale de 1995 à 2003).

« Si la climatologie a toujours été considérée comme une branche importante de la météorologie scientifique et pratique (Landsberg, 1945) et si les principes [physiques] qui sous-tendent le réchauffement par effet de serre sont connus depuis plus d'un siècle (Houghton, 2009), la préoccupation qu'inspirent aujourd'hui, à l'échelle mondiale, les questions climatologiques remonte […] à la convergence de cinq évènements scientifiques, techniques et géopolitiques marquants des années 50 :

- les progrès intervenus au lendemain de la Seconde Guerre Mondiale en matière de sciences fondamentales de l'atmosphère ont permis de beaucoup mieux comprendre les mécanismes de la circulation atmosphérique à grande échelle ;
- le lancement, en 1957, de nouvelles observations géophysiques (et plus particulièrement du programme de mesure du dioxyde de carbone de Mauna Loa) à l'occasion de l'Année Géophysique Internationale (AGI) ;
- la reconnaissance du fait que les satellites en orbite terrestre peuvent réaliser des observations météorologiques ;
- les progrès de l'informatique [et de facto, le développement des capacités de modélisation] ;

- le fait qu'alors même que s'installait la guerre froide, des pays se soient montrés disposés à passer par les institutions du système des Nations Unies pour mettre en place une coopération en vue de résoudre d'importants problèmes mondiaux. […]

Ces influences se sont trouvées conjuguées dans une résolution de 1961 de l'Assemblée Générale des Nations Unies appelant l'OMM [l'Organisation Météorologique Mondiale]et l'organisation non gouvernementale qu'est le Conseil international pour la science (CIUS) à collaborer en vue de favoriser de nouvelles percées scientifiques et technologiques pour surveiller, prévoir, et à terme, maîtriser le temps et le climat.[…]

Dès la fin des années 60 […], certains scientifiques avaient commencé de s'inquiéter, face aux concentrations croissantes de dioxyde de carbone relevées d'emblée à Mauna Loa, de ce que les activités de l'homme commençaient déjà à perturber le climat de la planète à grande échelle (SMIC, 1971). Dans les années 70, d'autres allaient au contraire […] faire des affirmations rapidement montées en épingles par les médias (Calder, 1974) : ils prétendaient que loin d'être une manifestation de plus de l'importante variabilité naturelle du climat, doublée d'une tendance lente, et attendue, au réchauffement, imputable à l'effet de serre, la terrible sécheresse que le Sahel avait connu dans les années 60 et la série d'hiver extrêmement vigoureux observés dans l'hémisphère Nord au début des années 70, pouvaient être un signe avant-coureur de la plongée imminente de la Terre dans une nouvelle période glaciaire.

Ces faits contribuèrent à porter de nouveau à l'attention de l'ONU les incidences de la variabilité et des changements du climat. […] L'OMM mit en place un comité d'experts du changement climatique auprès de son comité exécutif qui, dans son rapport final (Gibbs et al. 1977), réfutait pour l'essentiel les spéculations des tenants du refroidissement planétaire et réitérait que la communauté scientifique dans son ensemble escomptait un réchauffement par effet de serre, tout en soulignant l'importance qu'il y avait à faire meilleur usage des connaissances climatologiques existantes pour apprendre à faire face à l'importante variabilité naturelle du climat. C'est sur la base de ce rapport que l'OMM allait commencer à œuvrer pour un Programme Climatologique Mondial inter institutions et prendre la décision de convoquer une conférence mondiale sur le climat. […][Le Programme mondial pour le climat est officiellement mis en place en 1979 à l'issue de cette conférence].[…]Le congrès a cependant reconnu que les questions climatologiques étaient d'ores et déjà en train de prendre un tour très multidisciplinaire et que la mise en œuvre du Programme climatologique mondiale [PCM] exigeait la participation de nombre d'autres institutions onusiennes, dont l'UNESCO, la FAO, l'OMS et le PNUE, ainsi que la communauté scientifique par le truchement du CIUS. […]

En octobre 1985, le PNUE, l'OMM et le CIUS organisaient une conférence internationale (aujourd'hui connue sous le nom de « Conférence de Villach ») d'évaluation du rôle du dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre notamment dans la variabilité climatique. [Réunissant des scientifiques de 29 pays, elle donna lieu] à une déclaration au retentissement impressionnant, dans laquelle [ceux-ci] évoquaient pour la première partie du XX^{e} siècle les plus importantes augmentations de température jamais observées (OMM, 1986). […][Elle] demandait notamment au PNUE, à l'OMM et au CIUS : de veiller à ce que des évaluations soient périodiquement entreprises de l'état des connaissances scientifiques en la matière, et de ses incidences pratiques ; et, de lancer, le cas échéant, le débat sur un projet de convention mondiale ».[…][Le dixième congrès météorologique mondial] reprit la recommandation de Villach […] et engagea [avec le comité exécutif de l'OMM] des consultations avec le Directeur exécutif du PNUE pour créer ce qui allait devenir le Groupe d'Expert Intergouvernemental OMM/PNUE sur l'évolution du climat (GIEC). […] La Déclaration adoptée à

l'issue de la Conférence de Toronto appelait ainsi à accorder des ressources accrues à la recherche et à la surveillance dans le cadre du PCM, à appuyer le travail du futur GIEC et à mettre au point une convention mondiale de grande portée, qui serve de cadre à des protocoles de protection de l'atmosphère (Pearman et al., 1989 ; OMM, 1989).[…]

La première session du GIEC, tenue en novembre 1988, allait préciser le principe même de son fonctionnement (un mécanisme d'évaluation par des experts placés sous contrôle intergouvernemental), mettre en place une structure de travail en trois groupes, et lancer le programme de travail dont l'aboutissement serait le premier Rapport d'évaluation, approuvé à la quatrième session du GIEC à Sundsvall (Suède) en août 1990, au terme de négociations longues et difficiles. Sous la houlette de ses trois présidents successifs, le GIEC allait mettre en œuvre des procédures d'évaluation et d'examen de plus en plus rigoureuses et systématiques, publiant son deuxième rapport d'évaluation en 1996, son troisième en 2001, son quatrième en 2007, en sus d'un certain nombre de rapports spéciaux et documents techniques. Il travaille actuellement à son cinquième rapport d'évaluation.

Si certains le trouvent par trop prudent, et d'autres trop politique et alarmiste, dans l'ensemble ses parrains – les gouvernements et autres autorités compétentes de la convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique (celles-ci est négociée lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992) – estiment qu'il est une source crédible et fiable d'informations scientifiques relatives à l'impact du changement climatique (Bolin, 2007 ; Zillman, 2007). Officiellement, le GIEC reste un mécanisme subsidiaire de l'OMM et du PNUE, et fait d'ailleurs régulièrement rapport aux organes de direction de ces deux institutions, mais en pratique le Groupe est devenu une organisation intergouvernementale indépendante. » (Zillman, 2009)

L'expérience du GIEC est sans précédent puisqu'il s'agit de réaliser une expertise collective impliquant la quasi-totalité des pays du monde, des centaines d'auteurs et des milliers de relecteurs. La dimension « globale » de cette expertise et le fait qu'elle associe science et décision dans le processus d'élaboration de ses rapports en font une initiative particulièrement originale. Le rappel historique qui précède montre que ces caractéristiques découlent d'une longue histoire de coopération internationale de la recherche sur le climat, qui perdure depuis la création de l'Organisation météorologique internationale (OMI) en 1873 (l'OMM succèdera à l'OMI en 1951).L'effort de coopération internationale est motivé dès l'origine par la nécessité de travailler à l'échelle planétaire pour étudier le climat.

S'il a innové du point de vue méthodologique, le GIEC a également été l'objet de contestations exacerbées. L'exceptionnelle complexité de la problématique scientifique du climat, l'ampleur des enjeux de politique publique, l'importance des moyens mobilisés et l'interférence des idéologies en font une expérience pionnière dont la pertinence mérite d'être attentivement scrutée, notamment en vue d'éventuelles transpositions à d'autres cas. L'implication de disciplines diversifiées, la signification des consensus dégagés dans les groupes scientifiques et au sein du Panel (lequel mêle des considérations scientifiques et politiques), la capacité de celui-ci à se faire entendre au niveau des réunions intergouvernementales, ou encore la stratégie de communication adoptée, suscitent des interrogations qui ne sont pas inédites mais qui ont un impact inusité.

II. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

2.1. Principes de l'expertise

Le GIEC est un panel intergouvernemental dont les membres sont désignés par les gouvernements des pays qui sont parties à l'accord sur le climat. Chargé de réaliser une expertise, le panel est, par définition, un groupe d'experts. Officiellement cependant, il n'y a pas d'exigence de qualification ou d'indépendance des experts. Si les experts sont d'abord choisis pour leurs compétences scientifiques, ils doivent aussi être en mesure d'assumer un rôle dans l'espace intermédiaire qui se situe entre science et décision. Selon les pays et les circonstances, les experts sont plus ou moins soutenus et encadrés par le gouvernement qui les désigne.

Le GIEC fonctionne sur la base d'une assemblée générale qui se réunit une fois par an. **Chaque pays membre dispose d'une voix en la personne de son représentant.** Des experts d'organisations des Nations Unies, d'organisations intergouvernementales et non-gouvernementales peuvent assister aux assemblées plénières en tant qu'« observer organization»[2].**Toutes les décisions prises par le GIEC sont votées en assemblée plénière.** Chaque gouvernement organise le relai de l'information dans son pays comme il l'entend. La plupart des pays ont désigné un « point focal » dont la mission de préparer et de mettre à jour la liste des experts nationaux susceptibles de participer au programme de travail du GIEC et de rendre compte des commentaires et critiques du gouvernement concernant la justesse et la complétude des rapports d'expertise. Dans les pays où aucun point focal n'a été désigné, le GIEC s'adresse directement aux Ministères des Affaires Étrangères. En France, c'est l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique)[3] qui remplit la fonction de point focal, en la personne de son secrétaire général Nicolas Bériot. L'ONERC a pour mission de centraliser l'information et de constituer un relais, d'une part vers les ministres et les administrations centrales concernées, et d'autre part vers les milieux politiques, scientifiques, professionnels et l'opinion. Le représentant français siégeant à l'assemblée générale du GIEC n'est pas le secrétaire général de l'ONERC mais un scientifique du climat, actuellement Jean Jouzel. Celui-ci a succédé à Michel Petit, membre de l'académie des sciences, laquelle remplissait la fonction de point focal avant l'ONERC (cf. compte-rendu de l'entretien avec Michel Petit, 11 février 2014).Tous deux ont été membres du bureau du GIEC.

---

[2] En 2008, le GIEC compte 24 organisations participantes parmi lesquelles 28 ont le statut d' « observer organization» (https://www.ipcc.ch/meetings/session25/inf2.pdf https://www.ipcc.ch/meetings/session28/doc5.pdf). Parmi les organisations des Nations Unies, on trouve par exemple, la FAO (Food and Agriculture Organization), la Banque Mondiale, l'IAEA (International Atomic and Energy Agency), la CBD (Convention on Biodiversity), l'ILO (International Labour Organization), l'ICAO (International Civil Aviation Organization), l'UNESCO-IHP (UN Educational, Scientific and Cultural Organization – International Hydrology Programme), l'UNESCO-IOC (UN Educational, Scientific and Cultural Organization – The Intergovernmental Oceanographic Commission) et l'UN/ISDR (UN/International Strategy for Disaster Reduction). Parmi les ONG, on trouve par exemple, l'IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association), le WEC (World Energy Council), l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), IAI (International Aluminium Institute), WCI (World Coal Institute), The Tyndall Centre, l'IUCN (World Conservation Union), Greenpeace, Environnemental Defense. Parmi les organisations intergouvernementales, on trouve par exemple, l'Union Européenne, l'ITTO (International Tropical Timber Organization) ou encore l'OECD (Organization for Economic Co-operation and Development).

[3]L'ONERC a été créé par la loi du 19 février 2001 d'initiative parlementaire, insérée dans le code de l'Environnement en 2003 (article L 229-2) ; un décret du 9 juillet 2008 l'a rattaché à la DGEC nouvellement créée au sein du MEDDE et en a nommé le DGEC comme directeur (avec un SG comme second, le président restant un parlementaire). La fonction de point focal, qui était jusque-là dévolue à un membre de l'académie des sciences (Michel Petit), est depuis lors assumée par le MEDDE.

L'organe exécutif du GIEC est le bureau. Ses membres sont élus par l'assemblée plénière de manière à représenter les différentes disciplines et régions du monde. *« Ses 31 membres incluent le président (Rajendra Kumar Pachauri (Inde), depuis 2002), 3 vice-présidents (Soudan, Belgique, République de Corée), les bureaux de chacun des 3 groupes de travail, les 2 coprésidents de l'équipe spéciale*[4]*. Ils sont élus pour cinq ou six ans, ce qui correspond à la durée de l'établissement d'un rapport d'évaluation. L'actuel bureau du GIEC a été élu en 2008. La prochaine élection aura lieu après la remise du 5e rapport, en 2014. Le GIEC dispose d'un secrétariat à Genève (Suisse), hébergé par l'Organisation météorologique mondiale. »* (Source : Point Focal français).Le **secrétariat** assure, auprès du bureau, la planification, la supervision et la gestion des activités du GIEC. Il organise en particulier les sessions de travail, supervise et coordonne les activités de publication, d'information du public et de sensibilisation. Un **comité exécutif** a été mis en place sur recommandation de l'Inter Academy Council (IAC) suite à un audit réalisé en 2010. Il a pour rôle de veiller à l'efficacité de la procédure d'expertise et au bon déroulement du dialogue avec les interlocuteurs extérieurs.

La principale activité du GIEC consiste à réaliser, à intervalles réguliers, des rapports d'évaluation sur l'état des connaissances relatives au changement climatique. Le GIEC réalise également des **rapports spéciaux** et des **documents techniques** sur des sujets qui nécessitent des avis scientifiques indépendants. Il contribue à la mise en œuvre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) par ses travaux sur les méthodes à appliquer pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Chacun des rapports est accompagné d'un Résumé à l'intention des Décideurs (RiD), appelé en anglais ***Summary for Policymakers*** **(SPM)**, dont le but est de fournir des éléments d'appréciation pour éclairer les choix politiques.

Le GIEC a produit jusqu'à présent 4 rapports d'évaluation : en 1990, 1995, 2001 et 2007. Le 5e rapport est en cours de publication. Ces rapports sont réalisés par**3 groupes de travail**. Le **groupe I (WGI)** s'intéresse aux bases scientifiques de l'évolution du climat. Le **groupe II (WGII)** évalue les impacts possibles du changement climatique selon la vulnérabilité des systèmes socio-économiques et naturels ainsi que les possibilités de s'y adapter. Le **groupe III (WGIII)** s'interroge sur les actions dites de mitigation (ou d'atténuation selon les terminologies) envisageables pour limiter les émissions de gaz à effet de serre ou atténuer de toute autre manière le changement climatique. Chaque groupe de travail, et **l'équipe spéciale pour les inventaires** nationaux de gaz à effet de serre, bénéficient du soutien d'une unité d'appui technique. Celles-ci sont hébergées par un organisme de recherche établi dans le pays dont relève le coprésident originaire d'un pays développé. Les **unités d'appui technique** se trouvent actuellement à Berne (Suisse) pour le WGI, à Standford (Californie, USA) pour le WGII, à Postdam (Allemagne) pour le WGIII.

2.2. Méthodologie d'élaboration des rapports

La brochure *Mieux comprendre le GIEC* publiée par le Point Focal français en octobre 2013 détaille la procédure d'écriture et de révision des rapports. Elle est également décrite sur le site internet du GIEC (on y trouve plusieurs versions, les versions anglaises sont en général plus exhaustives). Le site internet du groupe III en propose la représentation suivante (Figure 1). Nous préférons utiliser ce schéma car il est plus précis que les schémas stylisés qui sont proposés dans les brochures et sur la page de méthodologie générale du GIEC. Il est transposable aux autres groupes.

[4] L'expertise IPCC s'organise suivant 3 groupes de travail et une équipe spéciale pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. L'actuel représentant français, Jean Jouzel, est membre du groupe I (WGI). Son prédécesseur, Michel Petit, était membre du groupe II (WGII).

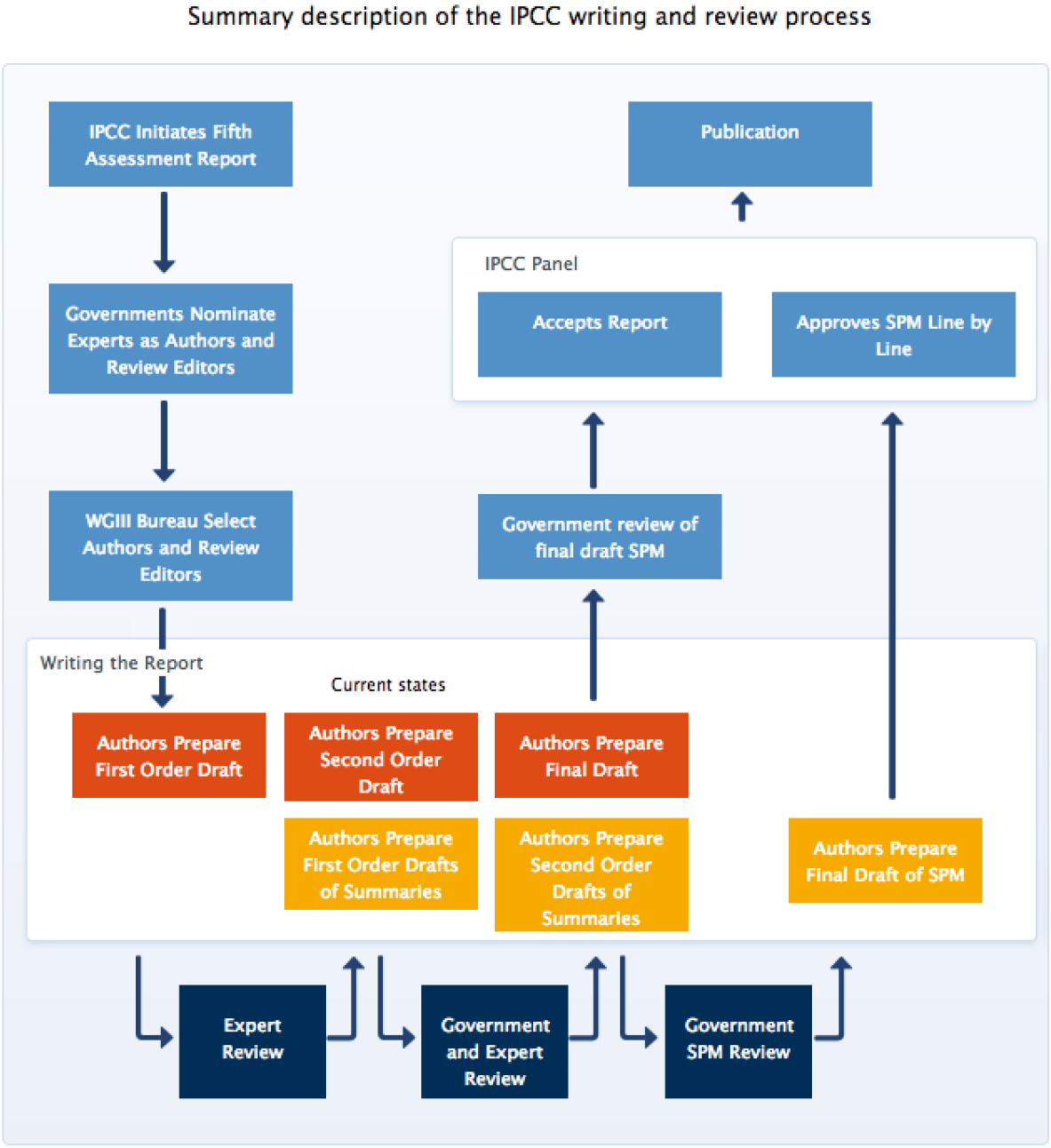


Figure 1

Onze étapes principales peuvent être distinguées qui méritent plus ample discussion. Les étapes correspondant à un niveau d'expertise strictement fondé sur des travaux scientifiques seront mises en évidence par l'usage d'une police de couleur bleue.

1. Le **bureau** propose le plan des rapports, qui est discuté et voté en assemblée générale. C'est une étape clé puisqu'elle délimite les mandats de chaque groupe de travail.

2. Les gouvernements et les organisations participantes désignent les ***reviewers*** (experts qui vont relire et critiquer les rapports).

3. Les bureaux des différents groupes de travail choisissent les **auteurs principaux** qui seront responsables de faire la synthèse des informations et coordonneront l'écriture de chaque chapitre. Ils sont de quelques-uns à une dizaine par chapitre. Les candidats sont choisis parmi ceux présentés par les gouvernements et les organisations participantes. Ils peuvent aussi être

nommés indépendamment pour leur compétence sur un sujet particulier. La désignation tient compte de la qualité scientifique des candidats mais il existe un critère de représentativité. Les équipes doivent comprendre des experts originaires de toutes les régions (un représentant de pays développés et un représentant de pays sous-développés). Les auteurs principaux s'assurent le concours d'**auteurs collaborateurs**, scientifiques experts des différentes questions abordés dans leur chapitre.

4. Les auteurs rédigent un premier projet de texte. Les rapports font couramment 1000 à 2000 pages avec plusieurs centaines de pages de références, de graphiques et de tableaux. Ils sont accompagnés d'un résumé technique encore assez volumineux (100 pages). Chaque groupe de travail travaille à rassembler, évaluer et synthétiser l'information scientifique disponible dans le champ d'étude qui lui est attribué. La cohérence du projet final ne peut tenir cependant qu'à établir un dialogue minimum entre les différents groupes de travail, ceci à différentes étapes de la rédaction du rapport. Le bureau fait donc circuler les informations essentielles entre les groupes. Les présidents de chaque groupe de travail se réunissent régulièrement.

5. Le premier projet de texte est examiné par les *reviewers.* Les « ***review editors*** »s'assurent de la prise en compte des commentaires et critiques formulés par les *reviewers*. Il existe deux « *review editors* » par chapitre. Le processus est tracé par le remplissage systématique d'un tableau Excel indiquant le traitement réservé à chaque commentaire et à chaque critique.

6. Les auteurs établissent un deuxième projet de texte et une première version du résumé à l'attention des décideurs (*Summary for Policy makers - SPM).* Le SPM tient en une trentaine de pages.

7. Ces versions sont examinées par les *reviewers* et par les gouvernements. L'importance des « *review editors* » tient à leur rôle d'arbitre entre ces « relecteurs critiques »et les auteurs des chapitres.

8. Les auteurs établissent une nouvelle version du rapport et du SPM.

9. Le projet de *SPM* est communiqué aux gouvernements pour examen.

10. Le *SPM* de chaque groupe de travail est discuté et voté ligne à ligne par l'assemblée plénière.

11. Le rapport de chaque groupe de travail est publié après prise en compte des modifications demandées par le Panel lors de l'assemblée générale. Le GIEC fait également un communiqué de presse et des déclarations dans les médias.

C'est au bureau qu'il revient d'établir un document de synthèse en s'appuyant sur les rapports et leurs SPM. Il n'existe pas de rapport scientifique correspondant à ce niveau de synthèse et le document correspond à un rapprochement des trois SPM.

III. ARTICULATION DE L'EXPERTISE ENTRE TROIS GROUPES DE TRAVAIL

La division de l'expertise en trois groupes de travail date de la création du GIEC (cf. introduction). Elle s'est avérée fonctionnelle jusqu'à présent. Elle permet de couvrir et d'articuler simplement trois grands pôles de connaissances et d'actions relatifs au climat, dans l'hypothèse d'un réchauffement dû à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre.

L'expertise réalisée par les trois groupes de travail est de différente nature. Tandis que le groupe I est relativement indépendant des enjeux socio-économiques (ceci est d'autant plus vrai pour le 5e rapport, pour les raisons dont nous discuterons dans les paragraphes suivants), les groupes II et III en sont partie prenante (leur avis impacte plus directement la prise de décision politique). Les experts des différents groupes de travail ne sont donc pas confrontés aux mêmes enjeux, ni aux mêmes interlocuteurs. Ils ne sont pas non plus exposés aux mêmes critiques. Cette différence se retrouve dans le positionnement de l'expertise de chacun des groupes sur la scène internationale. Tandis que le groupe I jouit d'un leadership sur la science du climat, les deux autres groupes partagent leur expertise avec d'autres institutions, également intéressées par les aspects socio-économiques, technologiques et géopolitiques du changement climatique et de l'énergie (p.ex. la banque mondiale pour le groupe II).

Le mandat exact de chacun des trois groupes de travail est défini lors de l'élaboration du plan des rapports. Chaque groupe traite de problématiques différentes, mais celles-ci sont, en grande partie, interdépendantes. L'articulation de l'expertise entre les trois groupes de travail impacte donc la méthodologie mais aussi les résultats de l'expertise. Son bon fonctionnement est donc crucial. D'un point de vue pratique, il revient aux membres du bureau, qui rassemblent les bureaux des trois groupes, d'entretenir un dialogue de qualité lors de la rédaction des rapports.

L'articulation du travail des trois groupes se fait d'abord par la définition de scénarios d'évolution climatique communs. De manière générale, les groupes II et III s'appuient sur les résultats des simulations climatiques réalisées par le groupe I pour évaluer les impacts et les possibilités d'adaptation et d'atténuation. Pour les rapports 3 et 4 (inclus), un groupe spécial (SRES) réunissait les groupes I et III afin d'établir des scénarios prospectifs caractéristiques de l'évolution mondiale des gaz à effet de serre puis de les intégrer dans les simulations climatiques. **La procédure a changé pour le 5e rapport.** L'approche a été inversée de manière à aborder différemment la question de l'atténuation. Elle consiste désormais à explorer les solutions à mettre en œuvre pour ne pas dépasser des scénarios prédéterminés d'évolution climatique. Quatre« profils » représentatifs d'évolution de concentration (RCP) sont considérés, qui sont caractérisés par la trajectoire de l'évolution du forçage radiatif. 2 profils extrêmes (RCP2.6 et RCP8.5) et deux profils intermédiaires (RCP4.5 et RCP6.0) sont distingués de manière à couvrir une large gamme des résultats possibles. C'est en se basant sur ces profils que le groupe I travaille sur les mécanismes climatiques, le groupe II sur les impacts et l'adaptation, et le groupe III sur les mécanismes technico-économiques pouvant conduire à la maitrise des concentrations.

Ce changement de référence conduit à une séparation plus nette des champs d'expertise des trois groupes de travail. La pertinence de ce changement, certes plus fonctionnel, mérite discussion car il impacte les résultats de l'expertise. Les scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre découlaient d'un travail interdisciplinaire impliquant les groupes I et III et donnant lieu à la publication d'un rapport spécifique, le rapport SRES. L'élaboration des itinéraires de forçage radiatifs se fait-elle dans les mêmes conditions d'interdisciplinarité et de traçabilité ? Les rapports spéciaux sont l'occasion d'un travail interdisciplinaire très important pour la mise en cohérence de l'ensemble de l'expertise. Les trois groupes de travail correspondent à des communautés scientifiques différentes, qui n'ont ni la même culture ni la même manière de travailler, et le dialogue n'est pas toujours facile à établir. En rendant les groupes plus autonomes (et notamment le groupe I), ce changement de stratégie risque de rendre celui-ci plus difficile encore. Ceci est un handicap à l'élaboration d'une réflexion de synthèse qui dépasse la mise bout à bout des trois SPM (ce qui est le cas actuellement).Le changement de stratégie complique également l'analyse de l'évolution des

résultats de l'expertise entre le 4e et le 5e rapport. En résumé, si la séparation plus stricte des compétences a l'avantage d'accroître la lisibilité des champs d'expertise des trois groupes, elle rend plus difficile la mise en relation synthétique et critique de l'ensemble des travaux réalisés.

IV. ÉLABORATION D'UN CONSENSUS ET TRAITEMENT DES INCERTITUDES

4.1. Consensus entre experts

Roqueplo (1997) propose de définir l'expertise ainsi : «Quelqu'un qui doit prendre une décision souhaite le faire en connaissance de cause. Il s'adresse donc à une personne ou à une institution qu'il juge compétente dans le domaine où se situe cette décision, afin qu'elle lui fournisse tout ou partie de cette 'connaissance de cause'. » Le rôle de l'expert est alors de réaliser un travail de synthèse critique sur l'état des connaissances et d'en dégager une vision cohérente à partir de laquelle il rend un avis ayant pour but d'éclairer la prise de décision politique.

Outre la commande de simulations à des laboratoires de recherche, l'expertise du GIEC se base sur la synthèse de résultats issus d'articles publiés dans des revues scientifiques internationales (la publication de ces articles dépend donc de la révision puis de l'acceptation par plusieurs chercheurs de la discipline concernée).La principale difficulté réside en ce qu'il existe des différences de points de vue et d'école de pensée parmi les scientifiques. Ces divergences sont inévitables et concernent toutes les disciplines, de la physique aux sciences humaines et sociales. Elles sont issues des différences de savoir et de savoir-faire des différentes communautés de recherche. Elles jouent un rôle clé dans la dynamique de recherche puisqu'elles forcent les scientifiques à vérifier sans cesse l'efficacité des énoncés qu'ils proposent au regard des observations, techniques ou théories proposées par d'autres. La controverse scientifique est motrice en ce sens qu'elle fait émerger quelque chose d'une objectivité collective (Latour, 1985, Pestre, 2007). Les énoncés viables sont ceux qui sont acceptés par la communauté à l'issue d'un plus ou moins vaste chantier de remise en cause et de vérification. Ce processus « d'objectivation »prend du temps néanmoins. Le collège des experts est immanquablement confronté à la nécessité de faire la synthèse de connaissances sur lesquelles il n'existe pas (encore) de consensus lorsqu'il élabore des éléments d'appréciation pour le commanditaire de l'expertise. Sur ces points, les avis rendus par différents experts peuvent être différents, voire carrément divergents. Le rôle du collège d'experts est cependant de fournir de la connaissance et pas une décision. La connaissance argumentée qu'il fournira sera d'autant plus « objective » qu'il saura rendre visible la part de controverse scientifique associée à la problématique dont il rend compte.

Synthétiser l'état des connaissances et rendre un avis sur une problématique aussi complexe que celle du climat, à l'échelle à laquelle le GIEC entreprend de le faire, est de ce point de vue un réel défi. Les problématiques abordées par chaque groupe de travail sont pluri et interdisciplinaires ; or il n'est pas rare que des énoncés bien acceptés dans une communauté soient remis en question, ou tout au moins transformés, par confrontation avec les savoir et savoir-faire issus d'une autre communauté. Il est donc difficile d'élaborer une synthèse et un avis qui rende compte des incertitudes épistémiques corrélatives aux débats internes à chaque communauté et/ou aux débats intercommunautaires. Si chaque communauté sait évaluer le travail de ses membres pour définir « ce qui est le plus vrai », un ensemble multidisciplinaire est beaucoup moins armé méthodologiquement. Ceci a placé le GIEC dans l'obligation de fixer des règles contraignantes, notamment dans le traitement des incertitudes.

4.2. Traitement des incertitudes dans le cadre de l'expertise

La méthode adoptée par le GIEC a fait l'objet de travaux spécifiques. On pourra lire par exemple le rapport « IPCC Report, Cross-Working Group, 6-7 July 2010 ». Un point méthodologique est proposé dans certains SPM (cf. p.ex. le rapport « IPCC Report, SREX, 2012 »).

Les auteurs sont invités à distinguer la confiance accordée à la validité d'un résultat et les mesures quantitatives de l'incertitude liée à un résultat, exprimées en termes de probabilités. La confiance accordée à la validité d'un résultat varie selon la nature, la quantité, la qualité et la cohérence des éléments qui déterminent le degré d'évidence mais dépend également de la concordance des vues des auteurs. Elle est représentée par une échelle de confiance dont la couleur fonce lorsque la confiance augmente (Figure 2). Lorsque les incertitudes peuvent être quantifiées, elles sont rangées par tranches de probabilité auxquelles est également attribuée une valeur qualitative (Figure 3).

Le rapport SREX précise que la méthodologie d'évaluation des incertitudes a changé depuis le 4e rapport du GIEC, rendant impossible la comparaison directe des énoncés. Ceci rend difficile l'évaluation de l'évolution de la confiance et de la probabilité des résultats. Il est précisé en outre que la comparaison ne saurait être pertinente du fait de l'introduction de nouvelles informations et de changement dans les méthodologies employées pour l'analyse des données et des modèles.

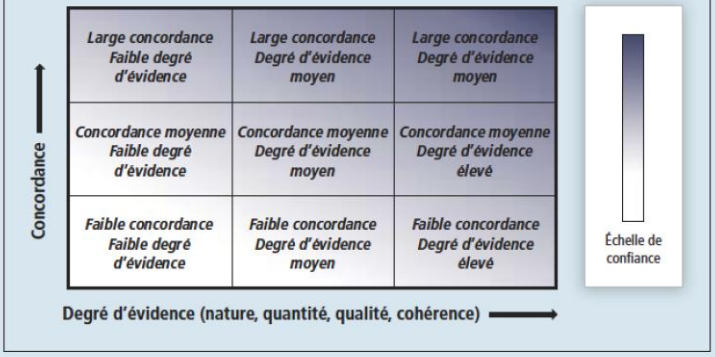


Illustration des expressions désignant le degré d'évidence et la concordance, et leur rapport avec le degré de confiance. L'intensité croissante de l'ombrage vers le coin supérieur droit signifie que le degré de confiance augmente. En principe, le degré d'évidence est maximal quand on dispose de multiples éléments cohérents, indépendants et de grande qualité.

Figure 2

Les termes suivants servent à indiquer la probabilité:

Terme*	Probabilité
Pratiquement certain	de 99 à 100 %
Très probable	de 90 à 100 %
Probable	de 66 à 100 %
Aussi probable qu'improbable	de 33 à 66 %
Improbable	de 0 à 33 %
Très improbable	de 0 à 10 %
Exceptionnellement improbable	de 0 à 1 %

* D'autres expressions figurant dans le quatrième Rapport d'évaluation (extrêmement probable - probabilité de 95 à 100 %, plus probable qu'improbable - probabilité de 50 à 100 % et extrêmement improbable - probabilité de 0 à 5 %) peuvent également être employées quand il convient.

Figure 3

4.3. Validation et limites d'interprétation des modèles

Malgré les efforts réalisés par le GIEC, il semble que des malentendus subsistent quant à l'interprétation des résultats et de leurs incertitudes. Prenons l'exemple des modèles climatiques sur lesquels le groupe I appuie ses avis. À la suite de la publication du 5^{e} rapport du groupe I, Kerr (2013) propose une synthèse des résultats dans la revue *Science*. Il se base sur une figure du SPM pour faire état, entre autre, des valeurs possibles d'augmentation du niveau de la mer en 2100(Fig. SPM.9). Les auteurs du chapitre concerné répondent à son article par la publication d'un commentaire (Church et al., 2013) dans lequel ils soulignent que la figure du SPM ne présente pas l'ensemble des résultats obtenus mais uniquement ceux tombant dans la catégorie dite « probable». Selon eux, il y a une probabilité non négligeable (1/3) que le niveau de la mer dépasse les valeurs *maxima* discutées par Kerr. Les auteurs insistent sur le fait que s'ils ne sont pas en mesure de quantifier les probabilités exactes de ces « dépassements », cela ne les rend pas improbables pour autant et qu'il est dommage de ne pas en rendre compte. Cet échange illustre bien les difficultés liées à la communication des incertitudes depuis le monde scientifique jusqu'à l'avis pour décideur rendu à l'issu de l'expertise.

L'écart est important entre les questions posées aux scientifiques et les réponses quantitatives qu'ils sont en mesure d'y apporter. Nous sommes loin d'expériences de laboratoire relativement bien contraintes. Les incertitudes, inhérentes à toute tentative de modélisation, sont d'autant plus difficilement quantifiables dans le cas du climat que certains phénomènes ne sont pas isolables les uns des autres et que leurs interactions sont parfois mal comprises (Laval et Laval, 2013 et entretien réalisé par les membres de notre groupe de travail le 5 mars 2014).

La modélisation contient une part de variabilité intrinsèque. Les incertitudes ne se situent pas aux mêmes endroits selon les problématiques, ni même, pour une problématique donnée, selon les simulations. Pour ce qui est du groupe I, un même modèle climatique peut reproduire correctement tel phénomène mais beaucoup moins tel autre. Il peut être particulièrement performant dans une région donnée mais beaucoup moins dans une autre. Les simulations climatiques sont en outre très sensibles à de petites variations des conditions initiales. Cette variabilité est bien connue des chercheurs, qui tentent de s'en abstraire en réalisant des études comparatives à l'échelle d'un phénomène et/ou d'une région donnée ; mais c'est une démarche couteuse (il faut 3 ans de thèse

pour réaliser une étude de cette sorte selon Hervé Le Treut). Le groupe I adopte une démarche alternative consistant à superposer les résultats de multiples modélisations en considérant que la dispersion obtenue représente l'ensemble des possibles. Cette approche tend à augmenter l'incertitude épistémique. Elle ne permet pas de rendre compte des résultats, éventuellement plus précis, obtenus pour un modèle bien calibré à l'échelle régionale. Ceci est dommageable dans la mesure où c'est justement à l'échelle régionale que l'évaluation des impacts et des possibilités d'adaptation que réalise le groupe II prend tout son sens.

Proposition : On peut se demander s'il ne serait pas plus approprié de réaliser des études globales secondées d'études régionales détaillées, lesquelles pourraient associer les experts du groupe I et du groupe II. L'évaluation des impacts, des possibilités et des limites de l'adaptation pourrait alors être assortie d'une réflexion approfondie sur les possibilités et les limites des simulations climatiques dans la région considérée. Une telle démarche aurait l'avantage d'être franchement interdisciplinaire et dépasserait le clivage méthodologique et thématique observé actuellement entre les différents groupes de travail.

Le passage de la synthèse de travaux scientifiques à un document de consensus est rendu délicat par l'existence de lacunes dans les connaissances scientifiques. L'établissement d'un document de synthèse requiert des experts une appréciation subjective visant à « figer » le débat de manière à permettre la prise de décision « malgré » l'incertitude (Jones, 2011). Le numéro spécial de la revue *Climatic Change* intitulé "Guidance for Characterizing and Communicating Uncertainty and Confidence in the Intergovernmental Panel on Climate Change" (Yohe et Oppenheimer, 2011) regroupe 16 articles scientifiques traitant de la question des incertitudes. Socolow (2011) insiste sur le fait que la prise de décision publique en situation d'incertitude a besoin d'éléments de positionnement clairs sur ce que la communauté scientifique peut dire et ne pas dire, à un moment donné, sur les conséquences possibles du changement climatique. Il insiste également sur le besoin de bien faire état de divergences sur certains résultats. Plusieurs auteurs soulignent l'apport des sciences sociales pour aider à communiquer sur les incertitudes. Fischhoff (2011) fait un parallèle avec le travail réalisé par l'agence américaine en charge des produits alimentaires et médicamenteux (US Food and Food and Drug Administration) avec un plan de communication établi conjointement entre les sciences sociales, les sciences de la décision et les sciences du vivant. Ebi (2011) compare les règles retenues par le GIEC avec celles de l'Agence Internationale de recherche sur le cancer (IARC), qui fournit un avis sur le caractère cancérigène d'une substance donnée, en amont d'une prise de décision publique. Morgan et Mellon (2011), Curry (2011) et Budescu *et al.* (2012) insistent sur les biais de compréhension des incertitudes: tendance à la sous-estimation, importance des *a priori*, non équivalence entre une formulation positive et négative d'une même incertitude. Le choix du GIEC d'utiliser conjointement une échelle qualitative (« virtually certain » jusqu'à « exceptionnally unlikely ») et une échelle de probabilité est jugé pertinent, même s'il faut rester vigilant sur le fait que les classes extrêmes sont souvent mal comprises. Budescu *et al.* (2009) indiquent par exemple que le terme « verylikely » a été compris par une frange non négligeable d'américains par « we are not sure ».Risbey et O'kane (2011) reviennent sur la question de la sous-estimation des incertitudes, du fait notamment de la difficulté à intégrer formellement les zones actuelles « d'ignorance » : processus non modélisés, rétro-actions mal connues, changement d'échelles…

Moss (2011) et Jonassen et Pielke (2011) constatent une hétérogénéité de traitement des incertitudes entre les trois groupes de travail (respectivement sur le troisième et quatrième rapport, 2001 et 2007). Ceci est expliqué en partie par la nature différente des problématiques abordées. L'approche des trois groupes est notamment très différente en ce qui concerne le recours à la

modélisation. Les projections du groupe I sont issues de systèmes climatiques virtuels conçus pour reproduire, le mieux possible mais dans la limite des connaissances actuelles, le système climatique réel. L'étendue de leur validité est testée par comparaison avec les observations passées accessibles à l'heure actuelle, et par inter-comparaison entre les résultats issus des différents modèles possibles. Le groupe I utilise majoritairement l'échelle probabiliste car il dispose d'informations quantitatives. Le groupe II utilise beaucoup l'échelle de confiance car les incertitudes sont à la fois beaucoup plus larges et plus difficilement quantifiables. Après l'essai contesté de Stern il y a plusieurs années pour évaluer les impacts économiques du forçage anthropique, il a en outre renoncé à utiliser des modèles globaux et s'attache plutôt à développer des cas d'études régionaux. Le groupe III utilise quant à lui des centaines de modèles et plus d'un millier de scénarios construits sur des hypothèses "idéales" - qui peuvent servir de guide à la réflexion mais restent relativement éloignées de la réalité des faits et des comportements.Il tend à considérer que les incertitudes liées aux décisions humaines sont difficiles à quantifier.

Dans ce contexte, on peut se demander si la démarche adoptée par le GIEC pour le traitement des incertitudes et la traçabilité de l'élaboration des consensus est aujourd'hui la plus adaptée. En accordant un degré de concordance qui dépend de l'accord des auteurs et en passant de manière systématique d'une incertitude quantitative à une incertitude qualitative, elle tend à « intégrer » les controverses plutôt qu'à les rendre visibles. L'évaluation de l'élaboration du consensus parmi les experts suscite actuellement de nombreux travaux et il pourrait être intéressant d'explorer les avantages d'autres méthodes.

V. EXAMENS CRITIQUES DU FONCTIONNEMENT DU GIEC ET ÉVOLUTION DE L'EXPERTISE

Vasileiadoua *et al.* (2011) ont réalisé une analyse bibliographique du taux de citation des quatre rapports du GIEC (synthèses pour décideurs SPM, 1990, 1996, 2011 et 2007). Un total de 21 000 publications scientifiques citant ces rapports a été analysé. Après une procédure de normalisation permettant de tenir compte de l'augmentation générale du nombre d'articles relatifs au changement climatique, ils **constatent un impact croissant des rapports, chacun connaissant un pic de citation pendant 2-3 ans, puis baissant fortement au profit du nouveau rapport** (fonction encyclopédique de référence). **La prédominance des sciences physiques est écrasante (95%).** Les sciences sociales restent marginales (2% économie, 1% sciences politiques, 1 % sciences sociales). **Les citations sont issues en nette prédominance des pays développés** (on recense uniquement la Chine, 4^{e}, et l'Inde, 18 ^{e}, dans les 20 pays citant le plus les SPM). On note une tendance à la diversification au fur et à mesure des rapports successifs.

Hulme et Mahony (2010) ont analysé le mode de fonctionnement du GIEC depuis sa création en 1988. Ils **constatent une sous-représentation des sciences sociales,** focalisées sur la prospective économique et les scénarios d'émission de CO_2, alors qu'elles peuvent aider à la communication des résultats au grand public et aux « décideurs », ainsi qu'au lien entre science et politique. **La participation insuffisante de scientifiques de pays non industrialisés présente le risque de non appropriation des résultats par les populations locales et de choix de thématiques d'atténuation orientées vers les pays industrialisés.** Le processus de relecture pourrait également être amélioré avec l'aide des sciences sociales. Comme d'autres auteurs, ils soulignent la difficulté à bien faire état des incertitudes et à aboutir à un consensus : il est important de bien tracer le processus et d'expliciter les domaines qui ne font pas l'objet d'un consensus.

Jones (2013) résume les évolutions techniques du GIEC comme suit. Entre le premier rapport (1990) et le cinquième rapport (2013), les rapports sont passés de 412 à 2014 pages, avec un nombre d'auteurs principaux en forte augmentation (de 34 à 258). La complexité et la performance des simulations ont fortement évolué (résolution spatiale de 500 à 50 km ; 1 modèle global GCM à 45 modèles). Le taux de CO_2 dans l'atmosphère est passé de 350 à 400 ppm sur les 25 années considérées. Au final, la réponse simulée de l'atmosphère à un doublement du taux de CO_2 est restée dans la même gamme (+1.5 à 4.5 °C). Le diagnostic sur l'attribution d'une cause humaine au réchauffement en cours du climat s'est lui fortement affirmé : non quantifié (1990), discernable (1995), puis estimation d'une probabilité de 2/3 (2001), puis 9/10 (2007) et enfin 9.5/10 (2013).

Suite à une série d'erreurs relevées en 2010 sur le quatrième rapport (2007) du GIEC (p.ex. la date de fonte des glaciers himalayens annoncée pour 2035 au lieu de 2350), **l'Inter Academy Council (IAC) a été mandaté par l'Organisation des Nations Unies pour réaliser un audit sur le fonctionnement du GIEC (Kintisch, 2010).Le rapport (IAC, 2010) n'a pas remis en cause les résultats de l'expertise mais a recommandé une série d'améliorations.** On notera parmi celles-ci la création d'un comité exécutif réduit avec présidence tournante, un meilleur suivi du processus de relecture des rapports en donnant notamment plus d'importance aux « *review editors* »,une harmonisation du report des incertitudes d'après les normes du GIEC, la diversification des disciplines prises en compte dans les groupes d'experts scientifiques, une meilleure stratégie de communication, un décalage de 1 ou 2 ans entre la sortie du rapport du groupe I et ceux des groupes 2 et 3.

Suite à une erreur sur le pourcentage de la superficie des Pays-Bas située sous le niveau de la mer (annoncé à 55% au lieu de 26%dans le quatrième rapport du GIEC (2007)), **le parlement néerlandais a demandé à l'Agence néerlandaise de l'Environnement (PBL) de vérifier si d'autres erreurs pouvaient être présentes dans les chapitres régionaux du groupe II.** Hajer (2012) rapporte les principaux enseignements de cette analyse qui a mobilisé 35 chercheurs pendant 6 mois. Si le début de la procédure a fait l'objet de réticences (de la part des scientifiques réticents à une réévaluation de leur travail, et de la part des climato-sceptiques réticents à un contrôle par un organisme partie prenante), le mode de travail a donné ensuite satisfaction. Les résultats ont été communiqués progressivement sur le Web, avec possibilité pour le public de réagir et d'échanger régulièrement avec les scientifiques. Les climato-sceptiques ont trouvé une tribune et les scientifiques ont eu l'occasion d'engager une discussion publique en réponse aux éléments contradictoires reçus. Le passage du rapport scientifique aux recommandations pour décideurs (SPM) a fait l'objet d'un examen détaillé pour vérifier l'existence ou l'absence d'argumentaire et relever des erreurs (résultat erroné, référence erronée, information mal argumentée, autres). **Au final, le nombre d'erreurs constaté est faible et ne remet pas en cause les résultats globaux du rapport.** Les recommandations d'améliorations produites sont les suivantes : bien étayer le raisonnement sur lequel est fondé l'expertise, échanger régulièrement avec le public sur le Web (et pas seulement à l'occasion de la parution des rapports du GIEC) pour désamorcer des critiques répétées et réagir rapidement à des erreurs signalées et à corriger, améliorer le mode de communication des résultats, mobiliser des organismes intermédiaires entre science et politique.

Il faut souligner l'initiative du GIEC qui demande actuellement aux gouvernements et aux institutions de recherche impliquées dans l'expertise de faire remonter des avis-suggestions quant à l'évolution de l'expertise (productions, mode d'organisation, implication des pays en voie de développement, autres).

VI. ANALYSE DE LA POSITION DE L'EXPERTISE ENTRE SCIENCE ET DÉCISION

Si l'assemblée générale du GIEC est souveraine dans ses décisions, les chercheurs et les responsables politiques qui la composent sont « sous influence » des diverses communautés auxquelles ils appartiennent et ne peuvent s'abstraire complètement des débats d'opinion qui agitent leurs communautés mais aussi leur pays, et au-delà, le monde. Il serait intéressant de réaliser une analyse sociologique de cette assemblée générale et de l'adhérence de la diversité de ses membres à des intérêts de leurs différentes communautés.

6.1. Relations avec la science qui se fait

De nombreuses disciplines scientifiques sont impliquées *via* les trois groupes de travail. **Si le GIEC n'est pas un organisme de recherche, la plupart des experts sont néanmoins impliqués dans la recherche « qui se fait ».** Ils sont « partie prenante » des débats d'opinion qui ont lieu dans leurs communautés.

Une part importante de la littérature mentionnée dans les rapports est issue de rapports techniques, de « proceedings » de conférences… autant de travaux qui ne sont pas soumis à la critique de comité de lecture (procédure adoptée par les revues scientifiques qui assure que les travaux publiés ont été revus et acceptés par des pairs de la communauté).**L'IAC insiste sur l'importance de donner la primauté aux articles parus dans les revues à comité de lecture afin d'augmenter la valeur consensuelle du travail fourni.**

On notera en outre que **la durée de réalisation du rapport (plus de deux ans) permet une bonne synthèse des recherches passées ; mais ne rend pas bien compte des recherches parues récemment, en cours, ou projetées.** Ceci est regrettable car le champ scientifique de recherche sur le climat est particulièrement dynamique. Le livre récemment publié par Katia et Guy Laval donne une belle illustration de ce point de vue (Katia et Guy Laval, 2013). Dans son édito de septembre 2013, la revue *Nature* insiste sur le fait que les rapports globaux et massifs du GIEC sont déjà dépassés lorsqu'ils sont publiés. Il est suggéré de réaliser des séries de rapports plus brefs, focalisés sur des questions précises. Soulignons que ceci aurait l'avantage de permettre une meilleure évaluation des incertitudes, et donnerait la possibilité de discussions approfondies sur les très nombreux points abordés par les experts.

On peut se poser également une autre question. Est-ce que les travaux du GIEC ont donné lieu à la constitution d'une communauté de scientifiques réellement interdisciplinaire? **Le GIEC a défini les procédures du renouvellement de ses experts mais assure-t-il une permanence suffisante pour l'établissement d'une interdisciplinarité effective ?** Ceci pourrait rendre plus souple la production de synthèses régulières.

6.2. Plusieurs niveaux d'expertise en vue de la décision

Sur son site internet, le Point Focal français déclare : *« Si l'originalité du GIEC est d'associer les politiques au processus d'élaboration des rapports d'évaluation, ceux-ci n'interviennent que lors de la phase finale : la rédaction du « résumé pour décideurs [5]». Ce texte est approuvé ligne par ligne par les représentants des gouvernements sous le contrôle des scientifiques, auteurs du texte initial. Ainsi, les politiques interviennent effectivement dans le processus de synthèse des rapports d'évaluation, mais*

[5]Rappelons qu'il existe un « résumé pour décideur » pour chacun des 3 rapports des groupes de travail ainsi que pour le document de synthèse.

*pas dans le processus d'expertise scientifique qui consiste à rédiger le rapport extensif. ».*La discussion précédente montre que cette déclaration n'est pas tout à fait exacte.

Le GIEC est une organisation d'expertise (« comprehensive assessment ») résolument située **entre science et décision.** Un de ses points forts est le **processus de double révision** - d'abord par les experts désignés par les auteurs puis par les experts désignés par les gouvernements. **Ce processus mêle *de facto* plusieurs niveaux d'expertise :**

- **Le premier niveau d'expertise est celui des auteurs et experts *reviewers* scientifiques**, qui n'ont pas d'autres considérations que celle de la rigueur scientifique. S'agissant des rapports des groupes II et III, ils doivent avoir cependant une représentation des leviers de l'action qu'ils alimentent. Cela est peut-être moins vrai pour le groupe I qui est plus centré sur les modèles. Soulignons en outre un point délicat de la procédure : le petit nombre d'auteurs principaux par chapitre (une dizaine) et, par suite, la tournure politique de leur désignation, en termes de représentativité des pays mais aussi de représentativité des différents courants de pensée scientifique.

- **Le second niveau d'expertise est celui des membres du Panel, désignés par les gouvernements qui prennent la responsabilité de la formulation finale du SPM**. Les éléments d'appréciation qui rentrent en ligne de compte ne sont ici pas seulement scientifiques.

Des dispositions sont prises pour qu'il n'y ait pas d'incohérence entre les deux niveaux d'expertise, ce qui n'est pas incompatible avec l'expression de nuances dans la tonalité et la composition du texte, de même que dans le choix des illustrations. Les membres du panel destinent principalement leur expertise aux délégués gouvernementaux à la Conférence des Parties. Ceux qui, parmi eux, assistent à la COP, ont la tâche, qui demande de la subtilité, de s'exprimer par le SPM et leur synthèse de façon compréhensible et en ayant connaissance des attentes de leurs interlocuteurs. On peut se demander d'ailleurs si les attentes des responsables au niveau de la COP ne justifieraient pas un troisième niveau d'expertise élargie aux déterminants de la politique globale qui dépassent la seule question du climat et déborde donc du domaine de compétence du GIEC. Il s'agirait alors d'inclure des considérations de politiques nationales et internationales, lesquelles font appel à des notions de solidarité, de développement, d'économie et d'impact financier ou encore d'écologie planétaire.

Il faut rappeler encore la position particulière des membres du Panel : ils représentent leur gouvernement, mais aussi une communauté nationale et les institutions dont ils sont membres. Ils sont donc engagés à différents niveaux : politique, scientifique et citoyen.

Remarques complémentaires : Dans ce contexte, le terme de « Résumé à l'intention des Décideurs » ou *Summary for PolicyMakers* parait inadéquat. Il existe déjà un résumé, le *Technical Summary,* dans chaque rapport. Le SPM serait plus justement dénommé « avis pour décideurs »car la réduction de 2000 à 40 pages implique une sélection qui ne peut être rigoureusement neutre et qui reflète sa position spécifique à l'intersection entre science et décision. Le dernier rapport du groupe I comporte beaucoup de nuances et d'ouvertures qui ne sont pas reflétées par le SPM (voir p.ex. la réaction de Church et al. 2013 à l'article de Kerr, 2013). Dans un même esprit de fidélité (mais avec d'autres présupposés), les résultats pourraient-ils être présentés de manière sensiblement différente ?Cette observation est d'autant plus importante que les membres de la COP ont besoin de délibérer sur la base d'un avis assez condensé et que, les trois SPM et leur synthèse représentent déjà plus de 150 pages de lecture relativement difficile (notamment du fait des multiples renvois aux rapports). Il faut noter en outre que les *PolicyMakers* n'ont jamais été désignés explicitement. On peut donc en avoir

une définition étroite (les membres de la COP, les mandants du GIEC) ou une vision plus large incluant les fondateurs, les *stakeholders* aussi bien que la population.

VII. DIFFUSION DES RAPPORTS, OPINION ET DÉBAT PUBLIC

7.1. Echelonnement dans la diffusion des rapports

Lorsque nous avons entrepris de rédiger cette note à l'automne 2013, il régnait une certaine confusion quant à la publication officielle, ou non, du cinquième rapport du GIEC (Groupe de travail I). L'acceptation du projet de texte lors de l'AG du 27 septembre 2013 avait été l'objet d'un communiqué de presse par le GIEC (cf. bibliographie IPCC). En France, il avait été suivi d'une vague de communication importante de la part des services officiels (forum au quai d'Orsay suivi par une visite au Président de la République, bulletin d'information sur le site du MEDDE) ainsi que dans la presse. Le SPM corrigé (tenant compte des modifications votées durant l'AG) est paru le 6 Novembre mais le rapport officiel n'est paru que le 30 janvier 2014.

Nous avons observé un décalage similaire entre la publication des SPM et le rendu officiel des rapports des groupes II et III. Le rapport et sa synthèse (« Technical summary ») ne devraient-ils pas paraitre d'abord et le résumé interprétatif ensuite, ou simultanément ? L'ordre actuel de publication focalise l'attention des lecteurs sur le SPM alors qu'il n'est pas accompagné des éléments scientifiques utilisés pour l'établir. Cela complique la tâche de ceux (médias, associations écologistes, économistes, acteurs industriels, services techniques des collectivités et de l'État, etc) qui souhaitent se forger un avis documenté et participer au débat au moment le plus propice pour l'opinion publique. Les plus curieux peuvent accéder à des versions provisoires du rapport (accessible dès l'été 2013 pour le rapport du groupe I) mais celles-ci ont une validité incertaine (une version « non-éditée » est mise en ligne sur le site du GIEC en attendant la publication officielle, une version « brouillon » du rapport du groupe I a été mise en ligne en décembre 2012 par un des rapporteurs faisant déjà « couler de l'encre » sur la toile). L'interdiction de citer ou de reproduire des extraits du texte non validé exclut en outre toute analyse documentée de l'évolution des rapports entre les versions successives.

Il est regrettable que les communiqués de presse, interviews, déclarations, commentaires des médias, publications professionnelles, doivent se contenter pendant plusieurs mois du SPM sans possibilité de se référer commodément à la source scientifique primaire, considérablement plus riche. Le débat public s'en trouve handicapé. Le rapport, lorsqu'il est publié, est ressenti comme du réchauffé dépourvu du stimulant de l'actualité. Il convient, en outre, de souligner que le rapport est finalisé après réception du SPM par l'opinion publique, ce qui peut alimenter les suspicions de manipulation.

7.2. Opinion et Débat public

Le climat est un système naturel qui transcende les frontières nationales. Sa dimension « globale »appelle, par essence, à une réflexion sur ce qu'est un système « globalisé » et sur les relations d'interdépendance qu'un tel système induit. En ce sens, il est exemplaire des interrogations du 20^{e} siècle. **L'enjeu climatique dépasse le cadre strictement scientifique (Hayward, 2012) pour nous interpeller sur la question de notre responsabilité vis-à-vis de l'environnement et ceux avec qui nous le partageons.** La question s'articule à différentes échelles (internationale, nationale, transnationale, individuelle), à l'intersection entre différents espaces (politique, économique,

scientifique, citoyen). Le changement climatique nous interroge sur notre manière de « faire société » (Adger *et al*., 2013), remettant en cause notre rapport au progrès(nos modes de vies confortables et consuméristes sont-ils viables sur le long-terme ?), à la justice (qui a le droit de polluer ? qui en subit les conséquences ?) et au droit (avec la problématique des réfugiés climatiques par exemple). « Qui est responsable du changement climatique ? À quel degré ? Qui doit payer ? Que faire pour ralentir le réchauffement, comment et avec qui ? ». Ce sont là autant de questions dont les réponses peuvent être techniques mais dont les fondements relèvent du domaine de l'éthique (lire par exemple Gardiner, 2004).

La question du risque encouru et la remise en question des modes actuels et futurs de développement de la société suscitent le débat (Dupuy, 2010).Celui-ci est compliqué par l'opposition de groupes d'intérêts et/ou d'opinions qui cherchent à conserver leur position, que ce soit dans le domaine de l'énergie ou celui de la prééminence scientifique. Une communauté de « climato-sceptiques » s'est formée, qui a d'abord contesté la réalité du changement climatique (*vs* la variabilité naturelle), puis celle du rôle de l'homme dans les changements constatés (*vs* autres forçages naturels), et enfin la pertinence des modèles à produire des résultats exploitables à des échelles fines. Les rapports successifs du GIEC et son mode de fonctionnement se trouvent ainsi fortement exposés à la critique, comme l'ont été en leur temps les rapports sur le risque sanitaire induit par la consommation de tabac(Brandt, 2008 ; voir aussi la Revue Critique sur les « fauteurs de doute » publiée en 2014, et en particulier Mathias Girel, Robert N. Proctor, Stéphane Foucart, Stuart Firestein, Naomi Oreskes et Erik M. Conway).Les remises en cause du bien-fondé scientifique des expertises produites sur le climat conduisent à une mauvaise compréhension des enjeux en cause par le public. Selon Ekwurzel *et al.* (2011), un sondage d'opinion aux Etats-Unis indique que 39% des personnes pensent qu'il y a un consensus scientifique sur le changement climatique (contre 40% qui pensent le contraire), et que59% des démocrates pensent qu'il y a consensus scientifique sur le rôle de l'homme dans le réchauffement du climat (et 30 % pour les républicains). Sterman (2011) fait état d'une dégradation de la perception du public des résultats des études sur le climat : 31% des américains pensent que l'impact annoncé du changement climatique est exagéré en 1997, contre 48 % en 2010.

En France, le climato-scepticisme a suscité une controverse passionnée dont le point culminant a été, en 2010, un appel à la Ministre de la Recherche signé par plus de 400 scientifiques français travaillant dans le domaine du climat, qui a aboutit à l'organisation d'un débat contradictoire. Ce dernier, réalisé sous l'égide de l'Académie des Sciences (2010), a conclu sans équivoque sur : « la réalité du réchauffement climatique de 1975 à 2003 … en lien avec l'augmentation de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère … elle-même due à l'activité humaine. L'activité solaire, qui a légèrement décru de 1975 à 2003, ne peut être dominante dans le réchauffement observé sur cette période » mais a souligné que d'autres causes pouvaient intervenir en second rang.

Que ce soit du côté des « sceptiques » ou des « pro », on peut regretter les discours à caractère dogmatique, lesquels finissent par décourager l'opinion publique en donnant l'impression que le débat n'est fondé sur aucun argument objectif. La prééminence des modélisateurs du climat dans l'étude du changement climatique et de ses impacts pose aussi question dans le débat public. Si celle-ci parait légitime pour le groupe I, plusieurs auteurs regrettent la présence insuffisante d'autres disciplines. En France, Pagney (2012) fait remarquer la marginalisation de la climatologie géographique et milite pour une implication de la géographie physique et humaine dans l'étude du lien entre climat et société, et l'analyse des phénomènes à échelle locale (groupe II). D'autres auteurs indiquent que la plus forte incertitude se situe dans les scénarios économiques et l'aptitude de la

société à gérer les effets du réchauffement climatique (Schiermeier 2013). Skoglund et Jensen (2013), dans leur analyse des quatre rapports du GIEC (1990, 1995, 2001 et 2007) et du rapport spécial de 2002 sur les évènements extrêmes, constatent le passage d'un discours essentiellement technique vers une évaluation de l'impact de différentes politiques et une recherche d'amélioration de la résilience des sociétés. Ils recommandent une approche transdisciplinaire, avec une mobilisation des sciences sociales. Tol (2011) suggère une plus forte implication de structures existantes dans la production d'une expertise sur le climat : l'Organisation Mondiale de la Météorologie (météorologie), l'Organisation Mondiale de la Santé (impacts humains), la Banque Mondiale et l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (politique de réduction des émissions), l'Inter Academy Council (IAC) …

Cependant, la prise en compte de l'expertise sur les différents aspects du climat dans l'élaboration des politiques publiques dépendra aussi beaucoup des aspirations positives à de nouveaux modes de vie, et de leur confrontation avec les intérêts divers et divergents. Le rôle des politiques locales est déterminant si l'on considère que les bénéfices sur les modes de vie sont plus évidents, à court et moyen terme, à l'échelle locale.

VIII. MISE EN PERSPECTIVE ET QUESTIONS OUVERTES

Le GIEC a été créé en 1988 en réponse à l'alerte lancée par des scientifiques du climat, lesquels craignaient les conséquences de l'augmentation des gaz à effets de serre sur le réchauffement du climat. La création du GIEC a été concomitante avec la promotion du principe de précaution. Celui-ci fut formulé dans la déclaration de Rio lors du Sommet de la Terre de 1992sous la forme suivante (Principe 15) : « Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les Etats selon leurs capacités. En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement. »L'adoption du protocole de Kyoto, en 1997, suivit la parution des deux premiers rapports du GIEC (1990 et 1995).

Le principe de précaution est inclus dans la loi française depuis 1995 (loi Barnier)[6] et dans la constitution depuis 2005. Il s'exprime sous la forme suivante (Article 5 de la Charte de l'Environnement de 2004 cité en préambule de la Constitution) : « Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage. »Dans ce contexte, l'expertise des menaces associées au changement climatique et des mesures d'atténuation ou d'adaptation envisageables est cruciale.

Le GIEC remplit sa fonction avec succès depuis vingt-cinq ans et il n'y a pas lieu de remettre en cause la nécessité de l'expertise. On peut en revanche s'interroger sur l'organisation future de l'expertise. Les sciences du climat ont beaucoup évolué depuis vingt-cinq ans (notamment grâce aux rapides progrès techniques - observations spatiales, sondages et chronométrie dans les calottes

[6]Le principe de précaution est inclus dans la loi Barnier en 1995 sous la forme suivante :« l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable ».

glaciaires, météorologie, modélisation, etc). Il en est de même pour les enjeux de l'expertise climatique. Le diagnostic du GIEC concernant le rôle très probable de l'augmentation des gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique et les perturbations induites est clair. Les questions qui se posent aujourd'hui sont plutôt celles des modalités d'application des mesures qui doivent être prises: Quelle doit être leur nature (place respective de l'atténuation et de l'adaptation) ? Quel doit être leur degré (proportionnalité aux risques) ? Quel doit être le mode de répartition de la charge (responsabilité historique ou actuelle) ?

Les entretiens que nous avons réalisés avec plusieurs auteurs ou contributeurs de l'expertise du GIEC ont fait ressortir un regret principal, le manque de dialogue et de synthèse entre les différents groupes de travail, et une inquiétude quant à la capacité des laboratoires français à se maintenir dans la course aux simulations. Concernant le premier point, on observera le déséquilibre de taille entre le rapport du groupe II et les rapports des groupes I et III pour cette 5^{e} évaluation. Le rapport du groupe I contient, en sa version définitive, 14 chapitres et 2077 pages. Le rapport du groupe III contient, en sa version intermédiaire, 16 chapitres et 2113 pages. Le rapport du groupe II contient, en sa version intermédiaire, 30 chapitres et 2710 pages. Les problématiques traitées par le groupe II ont pris de l'ampleur depuis la précédente édition. Ceci s'explique notamment par un nombre de plus en plus important d'études consacrées à la question de l'adaptation et au développement des études menées à l'échelle régionale. Concernant le second point, la place de la France, les chercheurs du groupe I insistent sur le fait que les simulations requièrent des investissements en matériel et en temps de personnel de plus en plus lourds. Dans un contexte de resserrement budgétaire, ils s'inquiètent de ne plus être en mesure de répondre à la demande du GIEC. De ce point de vue, **certains soulignent l'intérêt de développer des travaux régionaux et interdisciplinaires.**

Plusieurs questions restent ouvertes qui mériteraient d'être développées dans de futurs travaux de notre groupe de travail, parmi lesquelles les suivantes.

a) L'expertise du GIEC, telle qu'elle s'est institutionnalisée, permet-elle de consacrer les moyens disponibles de la façon la plus efficace en vue des décisions de politique publique ?

Nous avons exposé les points qui nous paraissaient particulièrement sensibles quant à l'organisation du GIEC aujourd'hui. Certains proposent de réformer l'organisation de l'expertise sur le climat de manière beaucoup plus radicale. Hulme (2010), éditeur et auteur coordinateur de chapitre au sein du troisième rapport, suggère ainsi de dissoudre le GIEC après la publication du cinquième rapport en 2014 et de créer trois structures : un Global Science Panel, formé de représentants nationaux des Académies des Sciences, chargé de produire des rapports plus courts sur des sujets scientifiques ciblés ; une série de Regional Evaluation Panels (de 5 à 10 régions pour le Monde), à partir de consortiums gouvernementaux et d'associations, chargés d'évaluer sur leur domaine respectif les impacts socio-économique, culturel et politique ; et un Policy Analysis Panel, constitué d'un groupe de 50 à 100 personnes, à partir d'analyses ciblées (6-12 mois) sur différentes options politiques à l'échelle internationale, produites par des structures existantes des Nations Unies, ONG, gouvernements, groupes économiques. C'est une option qui mérite peut-être d'être discutée. Si le groupe I constitue le cœur du GIEC, le groupe II pourrait-il être partagé avec la Banque Mondiale et le Fond Monétaire International, et le groupe III avec l'Agence Internationale de l'Énergie ?D'autres proposent au contraire de travailler à faire émerger une communauté réellement interdisciplinaire de recherche sur le climat en renforçant l'articulation entre les différents groupes.

b) L'expertise du GIEC fait-elle ressortir les priorités en matière de recherche scientifique dans ses domaines ?

Il est évident que les efforts de synthèse réalisés par le GIEC sur la question du climat sont bénéfiques à la communauté scientifique. La synthèse permet de dégager les questions les plus pertinentes. Il faut rester vigilant néanmoins sur le fait qu'elle ne génère des effets de mode conduisant à l'abandon de la recherche sur d'autres problématiques. Ceci aurait des effets négatifs sur le long-terme. Il s'agit toujours de trouver un équilibre entre des recherches orientées par des nécessités d'ordre sociétal et des recherches guidées par des nécessités endogènes (cf. l'ouvrage collectif « Management de la recherche : enjeux et perspectives », 2007). Les chercheurs doivent disposer de la liberté nécessaire à l'exploration de nouvelles voies.

c) Le GIEC pourrait-il gérer différemment les difficultés inhérentes à l'interdisciplinarité ?

S'il est nécessaire de dégager un consensus provisoire pour la prise de décision publique, il est important de rester ouvert aux découvertes de la recherche et de veiller à ne pas figer les débats. Le doute sera toujours le moteur du progrès scientifique. Dans le cas du GIEC, on pourrait préconiser plus de pluralisme dans l'expertise par le biais, par exemple, d'une plus grande diversité des modèles utilisés ou une plus grande implication des disciplines actuellement sous-représentées. Il faut du temps avant qu'une discipline scientifique soit complètement instituée, il est donc également important de prendre en compte les recherches originales et les disciplines naissantes.

d) L'expertise du GIEC permet-elle une appropriation des connaissances par l'opinion publique et l'organisation de débats mobilisateurs ?

La signification de l'avis élaboré par le GIEC n'est pas toujours évidente à appréhender. La synthèse de rapports de grande envergure en un « SPM » de quelques dizaines de pages est particulièrement difficile. La rédaction de rapports plus ciblés serait-elle plus efficace ? Il s'agit de trouver un format qui soit synthétique mais qui permette d'exposer les tenants et les aboutissants des controverses scientifiques, lesquelles se trouvent en grande partie « dissimulées» par l'usage d'une échelle de confiance parfois difficile à interpréter. Le rôle des experts est de fournir les arguments scientifiques sous-jacent aux éventuelles divergences d'opinion, et ce, le plus explicitement possible. Mais il est essentiel qu'ils restent dans les limites de leur rôle, celui de la production d'une synthèse que les commanditaires soient en mesure de s'approprier en l'état de leurs connaissances.

e) Comment anticiper les besoins d'expertise à venir?

La performance du GIEC est à considérer aujourd'hui en prenant en compte le décalage croissant entre la science « qui se fait » (et dont la progression est à mettre en partie à l'actif du GIEC) et les rapports produits. Il y a des effets pervers dans le dispositif qui viennent nourrir les attaques des sceptiques (et notamment le décalage des publications ?). Soulignons ici un recul frappant de l'opinion mondiale dont a rendu compte la récente journée de Météo et Climat sur *La perception du changement climatique*.

En conclusion, il ne fait pas de doute que les enjeux climatiques justifient une continuation, voire à une accentuation, des expertises. On doit par contre s'interroger sur le maintien d'un dispositif inchangé, lequel est pris dans un mécanisme de revue répétitive, de plus en plus lourd.Le protocole de Kyoto visait un dispositif (*Cape and trade*) de quotas mondiaux dont bien des Etats ne veulent pas ; la Conférence des parties de 2015 semble appelée à adopter une orientation tout aussi exigeante mais fondée sur un effort d'innovation plus ambitieux, une coopération plus intense prenant en compte la diversité des cheminements nationaux, le fonctionnement en réseaux des villes et des entreprises, l'optimisation permise par la révolution numérique… La mise en œuvre d'un

tel programme demandera un afflux d'expertise mise à disposition des opérateurs de l'action publique et privée à diverses échelles. Il y a beaucoup de leçons à tirer du remarquable exemple du GIEC et il y a lieu de s'en inspirer pour réfléchir à l'élaboration de nouveaux dispositifs (par exemple dans le domaine des menaces sur la biodiversité).

IX. BIBLIOGRAPHIE

Le GIEC

- Brochure du Point focal français, Octobre 2013. *Mieux comprendre le GIEC.* ONERC – MEDDE/SG/DICOM/DIE.
  http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/brochure_giec.pdf

- Le5e rapport du WG1 du GIEC, *Climate change 2013 - The Physical science Basis*, est disponible au téléchargement à l'adresse suivante :
  http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/#.Uqyy5mTuIZa

- IPCC, Report Cross-Working Group Meeting, 6-7 July 2010. Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties.
  http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf

- IPCC, SREX Special Report, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX).
  http://ipcc-wg2.gov/SREX/

Rapports d'expertise sur le GIEC et le changement climatique

- InterAcademy Council, 2010. Climate Change Assessments. Review of the Processes and Procedures of the IPCC.
  http://www.interacademycouncil.net/24026/26050.aspx

- Académie des Sciences, 26 Octobre 2010. *Le Changement Climatique.*Synthèse des débats du 20 septembre coordonnée par J-Y. Chapron.
  http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rapport261010.pdf

- Académie des Sciences, 2010. « Evénements climatiques extrêmes : Réduire les vulnérabilités des systèmes écologiques et sociaux ».H. Décamps, animateur, *EDP Sciences* 194 p.
  http://www.bibsciences.org/bibsup/acad-sc/common/articles/rapport9.pdf

Presse

- Edito Nature, 19 septembre 2013. *The final assessment.*
  http://www.nature.com/news/the-final-assessment-1.13757

Ouvrages et articles

- Adger, W.N.et al., 2013. « Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation ». *Nature Climate Change,*Vol. 3, 3 février.

- Barré R., B. De Laat, J. Theys (Dirs), 2007. « Management de la recherche : enjeux et perspectives ». Ed. De Boeck.
- Brandt, A. M., 2007. The Cigarette Century: The Rise, Fall, and Deadly Persistance of the Product That Defined America. Basic Books.
- Budescu D.V., Broomell S., Por H-H., 2009. « Improving communication of uncertainty in the reports of the intergovernmental panel on climate change ». *PsycholSci*, 20:299–308
- Church J.A. et al., 2013. « Sea-level Rise By 2100 ». *Science*, vol. 342, 20 décembre.
- Curry J., 2011. « Reasoning about climate uncertainty ». *Climatic Change,* 108 (4), 723–732.
- Dupuy J-P., 2010. « Penser les évènements extrêmes ». *Responsabilité et environnement*, (1), 10-15.
- Ebi K.L., 2011. « Differentiating theory from evidence in determining confidence in an assessment finding »*Climatic Change,* 108 (4), 693-700
- Ekwurzel B., Frumhoff P.C., McCarthy J.J., 2011. « Climate uncertainties and their discontents: increasing the impact of assessments on public understanding of climate risks and choices ». *Climatic Change,* 108 (4), 791-802
- Fischhoff B., 2011. « Applying the science of communication to the communication of science ».*Climatic Change,* 108 (4), 701-705
- Gardiner, S. 2004. Ethics and global climate change. *Ethics* 114**,** 555–600.
- GodardO. (Ed.), 1997. Le Principe de précaution: dans la conduite des affaires humaines. Ed. Quae. http://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=uI8bp_Tt224C&oi=fnd&pg=PA5&dq=Le+principe+de+pr%C3%A9caution+godard&ots=PbOesVQE5G&sig=RLIuqqXv8tx0vsZVjSHIazSL2N8#v=onepage&q=Le%20principe%20de%20pr%C3%A9caution%20godard&f=false
- Hajer M.A., 2012. « A media storm in the world risk society: enacting scientific authority in the IPCC controversy (2009–10) ». *Critical Policy Studies,* 6 (4), 452-464, doi: 10.1080/19460171.2012.730758.
- Hayward T., 2012. « Climate change and ethics ». *Nature Climate Change*, DOI : 10.1038/NCLIMATE1615, 14 octobre.
- Hulme M., 2010. IPCC: cherish it, tweak it or scrap it? *Nature,* Vol 463, 730-731.
- Hulme M. ,Mahony M., 2010. « *Climate change: What do we know about the IPCC? »Progress in Physical Geography*, Oct., vol. 34 no. 5, 705-718, doi: 10.1177/0309133310373719.
- Jonassen, R. et R. Pielke, Jr., 2011. « Improving conveyance of uncertainties in the findings of the IPCC ».*Climatic Change,* 108 (4), 745-753.
- Jones R.N., 2011. « The latest iteration of IPCC uncertainty guidance—an author perspective ». *Climatic Change,* 108 (4), 733-743

- Jones N., 2013. « Climate assessments: 25 years of the IPCC. A graphical tour through the history of the Intergovernmental Panel on Climate Change and the science that underlies it ». *Nature,* 501, 298–299, doi:10.1038/501298a

- Kerr R., 4 octobre 2013. « A Stronger IPCC Report». *Science*, vol. 342, n° 6154.

- Laval Katia et Guy, 2013. *Incertitudes sur le climat*. Ed. Belin-pour la science.

- Kintisch E., 2010. « Panel Faults IPCC Leadership But Praises Its Conclusions ». *Science*, 3 sept., 329(5996), 1135, doi: 10.1126/science.329.5996.1135.

- Latour B., 1985. « Les vues de l'esprit : Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques », *Culture Technique*, n°14, pp. 4-30. Dirs : Bruno Latour et Jocelyn de Noblet.

- Morgan M.G., Mellon C., 2011. Certainty, uncertainty, and climate change. *Climatic Change,* 108 (4), 707-721

- Moss R.H., 2011. Reducing doubt about uncertainty: Guidance for IPCC's third assessment. *Climatic Change,* 108 (4), 641-658

- Pagney P.,2012. « La climatologie française, la modélisation des climats et le réchauffement climatique : la climatologie en question », *EchoGéo,* 22, doi : 10.4000/echogeo.13273.

- Pestre, D., 2007. « L'analyse de controverses dans l'étude des sciences depuis trente ans : entre outil méthodologique, garantie de neutralité axiologique et politique ». *Mil Neuf Cent. Revue d'histoire intellectuelle*, n°25, p. 29-43.

- Revue *Critique*, 2014. « Fauteurs de doute », n° 799, 96 p. ISBN : 9782707323415.

- Risbey J.S., Terence J. O'Kane, 2011. Sources of knowledge and ignorance in climate research. *Climatic Change,* 108 (4), 755-773

- P. Roqueplo, 1993. Climats sous surveillance : Limites et conditions de l'expertise scientifique. Economica.
  Préface de l'ouvrage : http://bd1941.phpnet.org/IMG/pdf/GC2p41-42.pdf

- Schiermeier Q., 2013. « IPCC: The climate chairman ». *Nature,* 501, 303–305, doi:10.1038/501303a

- Skoglund A., Jensen T., 2013. « The Professionalization of Ethics in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – from Servant of Science to Ethical Master? »*Sust. Dev.,* 21, 122–130, doi: 10.1002/sd.1559.

- Socolow R.H., 2011. « High-consequence outcomes and internal disagreements: tell us more, please ». *Climatic Change,* 108 (4), 775-790.

- Sterman J.D., 2011. « Communicating climate change risks in a skeptical world ». *Climatic Change,* 108 (4), 811-826.

- Tol R.S.J, 2011. *« Regulating knowledge monopolies: the case of the IPCC ». Climatic Change*, 108, 827–839, doi.1007/s10584-011-02.

- Vasileiadoua E., Heimeriks G., Petersen A.C., 2011. « Exploring the impact of the IPCC Assessment Reports on science ». *Environmental Science & Policy*, 14 (8), Dec., 1052–1061.

- Yohe G., Oppenheimer M., 2011. « Evaluation, characterization, and communication of uncertainty by the intergovernmental panel on climate change — an introductory essay ». *Climatic Change,* 108 (4), 629-639.

- Zillman J.W., 2009. « Historique des activités climatologiques ». Bulletin de l'OMM, 58, 3.

OBSERVATIONS SUR LE RAPPORT DU 5E RAPPORT DE L'IPCC, GROUPE II : IMPACTS, ADAPTATION AND VULNERABILITY

Paul-Henri Bourrelier, Maud H. Devès, Henri Décamps,
Michel Lang, Yves Le Bars

Juin 2014

Le rapport adopté fin mars à Yokohama est très volumineux avec ses 30 chapitres. S'il est impossible sans y passer beaucoup de temps de le parcourir en détail, ses tendances et apports sont relativement faciles à décortiquer en analysant le *Summary for Policy Makers* (SPM), le *Technical Summary* (TS) ainsi que qu'une centaine de FAQs (*Frequently Asked Questions*) et des passages spécifiques des 30 chapitres (notamment l'*Executive Summary* de chacun).

Rappelons que seul le SPM est aujourd'hui définitif ; le rapport proprement dit est mis sur le site de l'IPCC dans sa dernière version 2013 avec une liste de modifications à lui apporter pour supprimer les incohérences avec le SPM ; ces ajustements portent sur des aspects de formulation qui ne sont pas essentiels.

Le TS est rédigé par une cinquantaine de *Lead Authors* dont une quinzaine des Etats-Unis (3 sur 4 des coordinateurs !) et une dizaine d'Anglais, et le SPM avec la participation d'une soixantaine de *Draft Authors* (à côté des représentants gouvernementaux) avec la même prédominance anglo-américaine et la faiblesse numérique française. Ils ont le même plan et un volume comparable (respectivement 36 et 26 pages de texte), beaucoup de tableaux et figures dans le TS dont une partie est reprise dans le SPM. Le SPM correspond à une étape dans la fabrication d'un court document destiné à convaincre, une rédaction encore un peu resserrée et réordonnée dans les formulations, un renoncement à certains tableaux et figures, mais aussi, au-delà de la forme, quelques abandons significatifs qu'il est intéressant de détecter.

Les FAQs sont en fait les messages pédagogiques adressés au public pour lui expliquer la démarche et les alternatives ; l'ensemble, dans un volume comparable à ceux des TS et SPM, efface quelque peu les indications sur le degré de consensus entre experts, mais est également un condensé transversal (au fil des chapitres, et doublement transversal dans 11 FAQs généraux) révélateur d'une autre approche du rapport.

Le cadre de l'expertise du groupe II s'est étendu depuis l'AR4. La note *Questions about the Report* mentionne 10 nouveaux chapitres sur l'adaptation, deux nouveaux chapitres traitant des océans de manière plus approfondie que précédemment et de nouveaux chapitres sur les moyens d'existence et la pauvreté, la sécurité humaine, les zones urbaines et rurales mis en place pour mieux couvrir des aspects socio-économiques et culturels importants pour l'étude des impacts.

Dans l'ensemble le rapport témoigne d'un effort réussi de représentation graphique qui aide à saisir des problématiques complexes.

Le chapitre 1 situe le rapport dans l'ensemble des publications précédentes et concomitantes de l'IPCC et montre qu'il y a beaucoup d'indications générales déjà énoncées précédemment ou ailleurs dans les constats et analyses dont la croissance en nombre est impressionnante. Il en est ainsi du SREX (rapport spécial sur les extrêmes) relativement récent (2012) dont il rappelle les principales indications. L'articulation avec le rapport du WG I est particulièrement soulignée ; on peut ainsi se rapporter, pour référencer les projections de ses modèles, à la figure 1-4 (non reprise dans le TS et le SPM) rapprochant les scénarios de forçage radiatif (RCPs), des scénarios de développement et d'émissions (SRES) utilisés dans les 3^{e} et 4^{e} rapports ; on peut en retenir que, pour les effets de température au moins, le RCP 8,5 est assez proche du SRES A2, que le RCP normatif 2.6 se détache vers le bas de tous les SRES, enfin que les deux RCP intermédiaires, RCP 4.5 et 6.0, se différencient peu et sont dans la zone du SRES B1 (les SRES, B2 et A1T étant intermédiaires avec le RCP 8.5). On note enfin quelques références au rapport du WG3 dont la publication a été décalée de quelques semaines.

Le rapport du WG2 se distingue des deux autres par l'importance des aspects régionaux et locaux ; cela particulièrement dans les 10 chapitres (six continents, la région arctique, les petites iles et l'océan, ce dernier étant une innovation symptomatique)constituant une seconde partie qui passe en revue ces aspects territoriaux ; cette structure donne des caractéristiques encore générales simplificatrices, éclairées par de nombreux exemples tant est forte la diversité des situations locales, physiques et humaines.

Les deux tiers des chapitres forment une première partie, elle-même finement décomposée pour traiter successivement des ressources (cinq chapitres), des composantes des systèmes des sociétés (six chapitres) et de l'adaptation/gestion des risques (sept chapitres).

Donner en quelques dizaines de pages un aperçu d'un ensemble aussi foisonnant est une gageure qui impose une approche résolument transversale accompagnée de choix. Le TS et le SPM, avec leur fort noyau d'auteurs anglo-américains, l'ont tentée en structurant l'analyse de la première partie du rapport en trois sections :

A- les impacts et l'adaptation déjà observés,

B- les risques futurs et les opportunités pour l'adaptation, incluant, en passant, un bref regard régional et local

C- la stratégie de la gestion des risques et du développement de la résilience pour que celle-ci soit effective face à un futur incertain à divers horizons.

Le SPM met l'accent sur les risques futurs et les opportunités d'adaptation (la partie A tient en 5 pages, la partie B en 10 pages, la partie C en 3 pages).

I. SECTION A : IMPACTS OBSERVES, VULNERABILITE ET ADAPTATION DANS UN MONDE COMPLEXE ET CHANGEANT

Le titre indique bien l'angle d'approche qui est l'observation des interférences entre les dynamiques naturelles et humaines et celle du climat (variabilité naturelle, changement naturel et anthropique). Voir aussi plusieurs FAQs (FAQ 2, 3 p. ex) qui insistent sur cette double dynamique et le facteur temps pour l'action (FAQ 4 p. ex).

1.1. Impacts, vulnérabilité et exposition (A-1)

De multiples exemples significatifs d'impacts sont rapportés : impacts sur les systèmes naturels (mouvements d'espèces notamment) plus que sur les systèmes humains, perturbation du cycle hydrologique ; impacts négatifs sur les récoltes l'emportant sur les impacts positifs, et se traduisant par des pointes de prix à la hausse ; importance des facteurs multiples de vulnérabilités. Une distinction est parfois faite entre dérives moyennes et expression de nouveaux extrêmes climatiques, ces derniers intervenant comme des révélateurs de tensions et de vulnérabilités.

Des tableaux et figures du TS, la figure TS2-SPM2 schématisent visuellement ces observations.

Commentaires

- Les variations observées des paramètres des systèmes naturels de climat sont des indicateurs plus ou moins sensibles du changement climatique ; la conviction des climatologues repose sur un ensemble d'observations (indice moyen de la température de surface de la terre, hausse du niveau de la mer, migrations vers le nord des espèces marines, réduction de la banquise arctique d'été, intensification du cycle de l'eau etc.) qui apparaissent comme concordantes dans le cadre du paradigme de ce changement. Une telle vision est semble-t-il plus pertinente que l'assimilation trop fréquente du changement climatique au seul réchauffement, lui-même caractérisé par le seul indice de la température moyenne à la surface du globe, résultat de calculs complexes sujets à des biais et des rectifications.

- Le rapport insiste constamment sur la tendance récente à l'accélération du changement climatique ; c'est un point essentiel sur lequel on reviendra car il peut donner une fausse image de régularité alors qu'il se compose d'une succession de phases. Puisque le rapport situe, à juste titre, de telles accélérations dans un monde de plus en plus changeant et complexe, il aurait gagné à s'interroger aussi sur les accélérations et les inerties des systèmes humains, dressant le tableau d'une confrontation qui est la source fondamentale des défis auxquels nous sommes, et serons, de plus en plus confrontés.

- le rapport confirme les effets connus sur la biodiversité. Pour beaucoup d'espèces continentales, le changement climatique actuel a déterminé des déplacements d'aires de répartition et d'activités saisonnières, mais n'a pas provoqué les extinctions observées récemment. Si les espèces côtières sont particulièrement sensibles aux changements de niveau des mers, de température et d'acidification (coraux), les impacts du changement climatique sont difficiles à identifier isolément des autres impacts (utilisation des terres, pollution,…). Les effets du changement climatique sont plus évidents sur les systèmes marins que sur les systèmes continentaux : modifications des abondances, répartitions géographiques, modalités de migration et activités saisonnières, amenant de nouvelles interactions entre espèces, y compris interactions de compétition et de prédation. L'expansion progressive de zones pauvres en oxygène dans les océans Pacifique, Atlantique et Indien a des implications sur les distributions d'espèces et sur la pêche. La figure TS.3 résume bien les raisons des changements de répartition des espèces en fonction de leur physiologie et de leur écologie.

- Les effets constatés du changement climatique sur les systèmes humains sont moins marqués sauf dans certaines zones (arctique, climats semi désertiques) parce que ces systèmes sont plus complexes, plus adaptables - Voir le FAQ 11 avec ses renvois à une vingtaine de chapitres. Le SPM fait état à ce sujet de consensus des experts (pas toujours élevés : cf. santé et conflits) plus que de preuves. Parmi les impacts, ceux sur les prix des produits agricoles qui sont mentionnés pourraient être discutés en raison des amplifications tenant aux fonctionnements des marchés. Noter aussi que l'impact sur les conflits suscite un FAQ 9très prudent : les conflits, souligne-t-il, sont toujours des évènements résultant de multiples causes parmi lesquelles le climat n'est pas au premier rang.

- Les impacts sur l'eau et milieux glaciaires, et sur les espèces aquatiques sont particulièrement mis en avant avec leurs complexités. D'autres, encore plus complexes, sur les sols par exemple (désertification), justifieraient un effort de connaissances plus intense.

- Dans son ensemble le rapport montre l'intention nette des rédacteurs de ne pas omettre les effets positifs, tout en les relativisant (voir p. ex. la figure SPM7). La balance entre effets positifs et négatifs du changement climatique est mentionnée dès cette première partie A1 à propos des récoltes. Voir aussi le FAQ 7.

1.2. L'expérience acquise sur l'adaptation (A-2)

Le SPM souligne l'effort fait, dans beaucoup de pays, en vue d'évaluer les impacts du changement climatique et d'élaborer des plans d'adaptation greffés sur les divers domaines de planification ayant pour objet le développement et/ou la réduction des risques. Une expérience se constitue dans toutes les régions du monde. L'encadré SPM2 et le tableau SPM1 dressent des listes d'impacts et d'actions impliquant l'adaptation.

Commentaires

- Contrairement au WGI qui se base sur des simulations et des observations indirectes et discontinues sur le climat passé, le WGII peut s'appuyer sur des exemples de changement et d'adaptations qui sont observés.

- la présentation de l'adaptation est descriptive et énumérative (en tous cas au niveau du TS-SPM). Une évaluation financière, même grossière, des moyens financiers mis en œuvre et des justifications économiques - c'est-à-dire l'efficacité - aurait été souhaitable. Ce manque est d'autant plus notable que le rapport fait discrètement référence aux engagements pris à Bali. Le groupe 2 a voulu manifestement éviter de toucher ce point sensible sur lequel il faudra forcément revenir quand on effectuera un rapprochement avec les actions d'atténuation analysées dans le rapport WGIII.

- Les places relatives de l'adaptation spontanée et de l'adaptation planifiée, la seconde amplifiant la première, ne sont guère analysées.

- Le TS évoque (encadré TS4 et sa figure 1) l'importance des facteurs d'inégalité (genre, classe, ethnicité, âge - la religion n'est pas citée) dans la vulnérabilité et la résilience que le SPM n'a pas repris (sujet trop sensible politiquement ?). Le FAQ 8, qui se réfère à une dizaine de chapitres, est aussi très général. Un constat incisif sur les systèmes éducatifs actuels, leurs traditions et les outils nouveaux, aurait été intéressant.

- L'innovation ne tient pas la place qu'elle devrait occuper systématiquement puisque, à long terme, elle est décisive ; elle est certes évoquée pour les semences; mais *quid* des pratiques nouvelles au service de l'écologie, de la révolution numérique etc. ?

1.3. Le contexte de la prise de décision (A-3)

Cette troisième partie de la section A qui est consacrée aux observations faites jusqu'à présent, constitue l'articulation avec la section B qui traite du futur ; elle établit en même temps le lien avec les projections du rapport WG1. Elle est donc fondamentale à ce stade et en dernière partie du rapport.

Les schémas SPM1 et SPM3, et les schémas similaires dans le TS et dans certains chapitres, illustrent le principe que l'adaptation au changement climatique est un processus de gestion des risques itératif et comportant de nombreuses boucles. Deux affirmations complémentaires s'y ajoutent : a)l'adaptation et l'atténuation contribueront avec des temporalités différentes à influencer le risque au cours du XXI e siècle. b) les incertitudes sur le futur de tous les systèmes sont considérables et justifient l'exploration de scénarios variés. Ces trois principes ne souffrent pas la discussion tant ils s'imposent.

C'est à ce contexte, que se superposent la courbe des températures observées et le faisceau des projections issus du rapport du WGI : encadré SPM4 (pages 10 et 11 du SPM), ainsi que l'encadré SPM1 de la section suivante (p 14 du SPM), et similaires dans le TS (A de la figure TS5 et figure 1 de l'encadré TS5).

Le TS contient plusieurs figures intéressantes non reprises dans le SPM :

- en parallèle à la partie A sur l'évolution des températures, la partie B sur l'évolution constatée (tendance 1950-2010) et projetée (tendance entre 1986-2005 et 2086-2100) des précipitations, facteur au moins aussi important que la température et probablement plus. Certes les consensus entre experts sont moins nets et les tendances plus floues, mais il est dommage que le SPM ait sacrifié ces cartes si évocatrices.

- la figure TS 6 sur les inondations : carte des populations exposées et graphique d'évolution constatées (1970 à 2005) et projetées jusque 2100 par divers modèles en fonction des quatre RCPs.

- la figure TS7 sur le taux de variation annuelle de température jusque 2100 selon les RCPs et sur les vitesses de déplacement des diverses espèces (cette dernière reprise dans le SPM (figure 5).

Commentaires

- On est là au cœur de la problématique de l'ensemble WG1-WG2 : les incertitudes des projections futures avec leur faisceau pour les deux RCP extrêmes et le doute créé par une composante cyclique de la hausse de température moyenne aboutissant à un plateau depuis 15 ans de la courbe de la température moyenne depuis 15 ans. Les interrogations qui sont celles du WGI, se répercutent sur le WGII.

- Celui-ci exprime sa conviction que le changement et les impacts constatés jusqu'à présent ont été faibles par rapport à ceux qui pourraient se produire au-delà de 2040 ; cette conviction ne repose pas sur de nouvelles données scientifiques mais renvoie très normalement aux avis d'experts : « *Assessment of risks in the WGII AR5 relies on diverse forms of evidence. Expert judgment is used to integrate evidence into evaluation of risks* ».Le groupe n'aurait-il pas dû avoir recours à la technique dite d' « expert ellicitation » ?

- Les projections du TS sur les précipitations, inondations et menaces pour les espèces n'ayant pas une vitesse suffisante de déplacement sont à considérer avec une très grande prudence.

- Il faudrait accrocher à ce questionnement les affirmations répétées du rapport sur les trajectoires adaptatives. Il n'y aurait pas lieu de considérer de telles trajectoires si les appréciations n'évoluaient pas. Un des éléments de la problématique de décision est que les

faisceaux de projections ne sortent qu'après 2040 de la zone de recouvrement dominée par la variabilité naturelle.

- La combinaison dans le temps entre atténuation et adaptation est également accrochée à ce questionnement.

II. SECTION B : RISQUES FUTURS ET OPPORTUNITES POUR L'ADAPTATION

2.1. Risques clés et facteurs d'inquiétude (B-1)

Les risques clés se rapportent à l'expression de l'article 2 de la Convention sur le climat qui vise « l'interférence anthropogénique dangereuse avec le système climatique ». Leur identification à partir de critères multiples, notamment cinq facteurs d'inquiétude (RFCs : *Reasons for Concerns*) est à nouveau confiée au jugement d'expert. Huit risques clés sont cités

- Risques en zones côtières basses résultant des tempêtes, de submersion, de la montée du niveau des mers
- Risques pour les grandes populations urbaines en zones inondables
- Ruptures systémiques des services critiques résultant d'événements extrêmes
- Vagues de chaleur
- Insécurité alimentaire pour les populations pauvres suite à des chaleurs, sécheresses, précipitations extrêmes
- Pénurie d'eau pour les populations agricoles
- Evolutions des écosystèmes marins et côtiers touchant les populations arctiques et tropicales
- Atteintes aux écosystèmes humides et leurs conséquences

Cinq facteurs d'inquiétude (RFCs) sont pris en considération depuis le 3^{e} rapport : (1) les systèmes uniques menacés ; (2) les événements climatiques extrêmes ; (3) les distributions très inégales des impacts ; (4) le cumul d'impacts ; (5) les événements singuliers (*tipping points* ou points de bifurcation) à très grande échelle.

Selon l'avis des experts, (1) croit sérieusement lorsque le réchauffement atteint 1 puis 2 degrés, (2) commence à croitre à partir de 1 degré de réchauffement, (3) devient élevé à partir de 2 degrés, (4) devient élevé vers 3 degrés, (5) devient élevé au-dessus de 3 degrés en raison de la fonte des glaces.

Le TS et le SPM en déduisent que le risque s'accroit progressivement pour atteindre un niveau très dangereux, notamment à cause de la multiplication des *tipping points,* lorsque le réchauffement atteint 3-4 degrés. Conséquences : il faut mettre une limite au réchauffement pour que l'adaptation soit possible et l'atténuer pour que le coût de celle-ci soit réduit. Le rapport rappelle que l'atténuation joue un rôle majeur dans la gestion des risques futurs, et qu'elle sera traitée de façon spécifique dans le rapport du WGIII.

Le tableau TS.4 schématise les principaux risques globaux en indiquant pour chacun son intensité selon les horizons de temps (présent, 2030-2040 et 2080-2100 avec 2 ou 4° de réchauffement moyen pour cette dernière échéance) et la marge de réduction potentielle obtenue par un renforcement de l'adaptation. Les risques suivants apparaissent comme les plus dangereux et les moins réductibles en 2100: *boréal tipping points*, effets sur les coquilles de l'acidification des océans, affaiblissement de la biodiversité marine, réduction des récoltes, risques urbains, effets de la chaleur sur la santé

Commentaires

- Cette partie B1, couplée avec la précédente (figures SPM4 de A3 et SPM1), est au cœur de l'avis du rapport sur les risques du changement de climat. Elle se termine dans le SPM par un commentaire de la figure SPM1 dont la partie droite n'ajoute guère au graphique et comporte l'inconvénient de masquer l'incertitude intrinsèque aux modèles.

- Les experts diagnostiquent un accroissement des risques jusqu'à une zone très dangereuse vers 3-4 degrés sans fixer de seuil à partir duquel le danger deviendrait inacceptable ; le FAQ5 dit clairement que ce caractère inacceptable dépend de la perception par l'opinion.

- Il y aurait lieu de souligner que les *tipping points* sont, par nature, imprévisibles, ou, du moins, que leur effet est amplifié par la surprise. Leur danger vient en partie de là : ce sont des écueils pour lesquels la notion de risques - menaces probabilisables et réductibles par la prévention et la préparation à la crise - perd sa pertinence. On est dans le domaine d'application de la précaution qui s'est dévoyée à force d'être invoquée à tort ; c'est aussi le domaine de la résilience au sens propre, laquelle déporte l'attention vers la récupération des propriétés essentielles des systèmes après l'accident. Les connaissances sur ces sujets ont peu progressé ; comme le SREX dont il est issu, le rapport du WGII les mentionne sans plus. Leur importance justifie un effort de recherche concerté

- L'alternative entre les scénarios de forçage radiatifs RCP 2.6 et 8.5 dessinés afin d'encadrer les possibles et d'accentuer le contraste, est par trop schématique ; il faut s'attendre à ce que le scénario qui se réalisera sera dans la zone des RCPs 4.5 et 6.0 intermédiaires. C'est dans cette zone que l'intensification des actions doit faire la différence entre les politiques d'adaptation. Les experts en sont probablement convaincus mais ils ne le disent pas.

2.2. Risques sectoriels et potentiel d'adaptation (B-2)

La revue des secteurs affectés est bien rodée et permet, pour chacun, de cibler la nature et l'intensité des risques selon les zones, et de dessiner les voies d'adaptation :

- Ressources en eau douce : raréfaction des ressources en zones tropicales sèches ainsi que combinaison de facteurs tels que la pollution. Solutions d'adaptation « à faible regret » (justifiable en toute hypothèse).

- Ecosystèmes terrestres et aquatiques : pressions multiples et différenciées selon les espèces. Possibilités d'actions pour les réduire. Risques de basculement brusques et irréversibles d'écosystèmes pour les RCPs 4.5, 6.0 et 8.5

- Systèmes côtiers et zones basses : risque d'importance très diverse qui va s'accroitre avec la population et les biens exposés

- Systèmes marins : menaces pour les pêches ; la carte de la figure SPM6 A (TS.8 A) montre une tendance à l'effondrement des potentiels dès 2050 dans des zones tropicales à la suite du déplacement d'espèces vers les hautes latitudes ; les effets diversifiés de l'acidification pour les RCPs 4.5, 6.0 et 8.5 se répartissent géographiquement comme le montre la carte SPM.6 B (TS8 B) avec une diversité de sensibilité des espèces

- Systèmes alimentaires : la figure SPM.7 indique jusque 2030 un équilibre des impacts positifs et négatifs sur les récoltes, mais, à partir de 2030, un décrochage, les impacts négatifs l'emportant largement.

- Zones urbaines : concentration de beaucoup de risques avec des étapes possibles vers la résilience

- Zones rurales : menaces particulièrement fortes envers les populations les plus pauvres

- Secteurs économiques clés, services : multiplicité des effets, exemples d'actions et par suite difficultés d'estimations des risques de pertes. Dans l'ensemble une sous-estimation vraisemblable des menaces.

- Santé humaine : nombreux exemples aussi tendant à montrer que les effets positifs du changement climatique ne compensent pas globalement ses effets négatifs. Dans le scénario RCP 8.5 possibilité que l'activité humaine devienne impossible dans certaines zones avant 2100.

- Sécurité pour l'homme : effets complexes sur la mobilité, possibilité de lien avec des conflits, possibilité de destruction d'infrastructures vitales

- Dégradation des moyens de vie et extension des poches de pauvreté

Sur le potentiel d'adaptation, le TS contient quatre tableaux TS.2, TS.6, TS.7 et TS.8 donnant des exemples de mesures de gestion de risques et d'adaptation.

Commentaires

- Ce diagnostic des risques sur chacun des secteurs principalement impactés a été établi il y a plusieurs années en France dans le cadre de la préparation du plan national d'adaptation ; celui auquel s'est livré le WGII, beaucoup plus large, notamment dans des zones où le changement climatique est beaucoup plus accentué et les vulnérabilités-expositions beaucoup plus fortes qu'en Europe, est dans la même ligne. La combinaison des facteurs de risques forts est bien mise en évidence, ce qui donne sa dimension à leur aggravation par le changement climatique.

- Le WGII ne surprendra personne en prévoyant que l'effet de l'adaptation est limité sur des activités comme les pêches (elle peut au plus éviter le cumul avec la surexploitation, ou profiter de déplacements prévisibles) mais s'agissant des récoltes terrestres et des autres systèmes d'activités anthropiques, on peut constater, comme lui, que les impacts de forts réchauffements (4 degrés), comme les capacités d'innovation à échéance de la fin du siècle sont très peu étudiés (pour les récoltes, voir le commentaire de la figure SPM7).

- Le WGII est à nouveau très prudent à l'égard des évaluations économiques globales.
- Il est discret également (trop ?) à l'égard des déplacements de populations qui résultent de causes multiples et peuvent souvent être analysés comme des stratégies d'adaptation importantes.

2.3. Risques régionaux et potentiel d'adaptation (B-3)

La revue par région croise celle par secteur. La présentation des traits caractéristiques et faite par l'encadré TS.5 selon la même symbolique que celle de TS.4 déjà décrit, repris dans SPM2 tableau 1 qui schématise pour chaque région ou grande zone (objets des chapitres 21 à 30), trois risques clés, les actions d'adaptation, les facteurs climatiques dominants (*climatic drivers*), et la dynamique risque/adaptation repérés par trois niveaux de danger à trois échelles de temps (présent, 2030-2040, et 2080-2100 avec une différenciation entre 2 et 4 degrés de réchauffement moyen).

Selon ce tableau, neuf risques peuvent dans certaines régions avoir, à l'échéance du siècle et si le réchauffement atteint 4 degrés, un effet très grave, impossible ou difficile à réduire suffisamment par l'adaptation :

- Afrique : crises alimentaires résultant de sécheresses,
- Asie : effets de santé liés à la chaleur,
- Australie : conséquences de la dégradation de la barrière de corail,
- Amérique du nord : grands feux,
- Amérique centrale et du sud : sécheresse en zones arides,
- Régions polaires : atteintes aux ressources en eau et aux écosystèmes ; dégradation du cadre de vie,
- Petites iles : effet combiné de la montée du niveau marin et des tempêtes,
- Océan : dégradation massive de la biodiversité.

L'Europe est privilégiée, n'ayant pas de cas de ce niveau de gravité

Le TS est plus complet : il contient, outre le tableau TS.5 repris par le SPM, un tableau TS.4 sur les risques globaux et un tableau TS.6 sur l'évolution des périodes de retour des événements et la croissance des populations exposées selon les RCPs.

Commentaires

- Il va de soi que cette présentation visuelle est extrêmement simplificatrice car les contextes des risques locaux sont très divers dans chaque région. On peut à la rigueur se rapporter à trois risques clés pour les petites iles ou les régions polaires, mais c'est totalement insuffisant pour l'Asie par exemple.
- D'autres observations peuvent être faites : l'absence d'un indicateur du risque de sécheresses extrêmes, de tempêtes hors cyclones. Les risques de santé sont sans doute

surestimés compte tenu des moyens de traitement, en revanche les dynamiques de la population (densification par rapport aux ressources en sol), des superpositions d'impacts avec des dégradations (déforestation, pollutions), les risques industriels sont, selon toutes vraisemblances, sous-estimés. Le facteur de fertilisation par le CO2 est inscrit et porté une fois (en Amérique) alors qu'il intervient de façon quasi générale etc.

III. SECTION C : GESTION DES RISQUES FUTURS ET CONSTRUCTION DE LA RESILIENCE

Une dizaine de principes généraux à respecter pour que l'adaptation soit effective sont d'abord énoncés : respecter le caractère spécifique de chaque contexte, agir à tous niveaux et de façons diverses (tableaux TS7- SPM1 donnant des exemples), commencer par réduire la vulnérabilité à la variabilité actuelle, tenir le plus grand compte des valeurs sociétales, utiliser des instruments incitatifs, levers les contraintes, anticiper suffisamment pour éviter des « mal adaptations » (par exemple un accroissement à terme des inégalités). Chacun de ces principes s'appuie sur des références à de nombreux chapitres.

L'accent est également mis sur les synergies et co-bénéfices possibles avec des actions de mitigation dans les domaines de l'eau, de l'énergie, de l'aménagement, de la biodiversité ; une liste d'exemples est donnée dans le TS

Un vœu discret est exprimé dans le chapitre 17 (économie de l'adaptation) pour que le cout de l'adaptation, notamment dans les pays pauvres, soit réévalué en vue de faire un rapprochement avec les sources de financement : le TS, reprenant le résultat de deux tableaux, indique que l'estimation de 70 à 100 milliards de dollars par an qui a été avancée comporte des omissions et n'est pas fiable ; le SPM, en s'en tenant à une formulation générale, se montre en retrait.

Le SPM et le TS se terminent par une très brève section de trois paragraphes évoquant les voies (trajectoires) résilientes au climat (*Climate-resilientPathways*) comme des contributions au développement durable qui est un objectif global intégrateur, le rappel des limites de l'adaptation, et la mention de « transformations » des sociétés dans le cadre de visions de leur avenir.

Commentaires

- Partant de l'énoncé de principes justes mais ressassés, le TS et le SPM renouvellent le point de vue et débouchent sur des interrogations qui mériteraient une actualisation et d'amples développements :

- Peut-on réellement affecter un coût spécifique à l'adaptation au changement climatique en le distinguant de celui des actions qu'impose la forte variabilité du climat? Comment éviter que le jugement assez sévère sur les tentatives d'évaluation globale faites jusqu'à présent (et qui semble viser, entre autres, le rapport Stern qui a joué en son temps un rôle pionnier) s'applique à de nouvelles tentatives ?

- Comment concevoir un développement durable à l'échelle mondiale compatible avec les limites des ressources terrestres, limites dont l'effet de serre n'est qu'une des manifestations ? Les promoteurs de la notion de développement durable ont fait souvent des référence à de nombreuses limites : comment relativiser celles-ci, et, parmi elles, celle des réceptacles pour le CO2 (naturel et anthropique) émis par l'activité humaine ?

Finalement comment articuler diverses modélisations significatives à diverses échelles de temps ?

- Le concept de *Climate resilient pathways,* flexibles et itératifs, est à approfondir, d'abord sur le contenu réel du terme *résilient.* Elle semble pertinente fondamentalement par rapport aux notions de butoirs, de seuils supposés, ou d'objectifs rigides - la limite de 2 degrés pour le réchauffement global, la transition (terme, d'ailleurs mal défini, qui se caractérise par un début et une fin)avec des étapes prédéfinies en 2020, 2030, 2050, 2100…- que les politiques ont eu la prédilection d'afficher avec d'autant plus de force qu'ils laisseront à leurs successeurs lointains la tâche de les respecter ou plus probablement de les réviser. Comment pratiquement caractériser et piloter les cheminements résilients (ceux relatifs au climat et d'autres), au moyen de quelles méthodologies de surveillance, de quels instruments, au service de quelle gouvernance ?

- Ne faut-il pas construire une typologie des *Tipping points* au déclenchement imprévisible, aux effets plus ou moins extrêmes, de façon à donner corps à une pertinence opérationnelle du concept ?

- Comment corriger les « mal adaptations » en les intégrant dans un processus d'apprentissage ?

- Les *Resilient pathways* ne seraient-ils pas un moyen de mettre à jour l'application du principe de précaution qui était à la base de la création de l'IPCC et qui n'est même plus mentionné dans les TS-SPM ? Comment instituer un processus opérationnel en ce domaine ?

- La «transformation » des sociétés est-elle un nouvel habillage d'une révolution morale qui s'exprimerait dans les comportements (de solidarité, de respect des équilibres…) ?Est-elle commandée par des valeurs universelles, une éthique partagée ? Quelles sont les relations à instaurer entre transformation et innovation (notamment les innovations dans les réseaux sociaux, les instruments éducatifs et les conceptions cognitives) ?

- La « transformation » ne devrait-elle pas être envisagée de façon prioritaire pour le traitement de sujets sensibles sur lesquels le rapport a été très prudent : 1° l'évaluation financière de l'adaptation, de l'atténuation et de leur combinaison ; 2° la croissance démographique, son contrôle, et les migrations ?

- Les pays pauvres, envisageant le financement de l'adaptation du point de vue de l'éthique, tendent à considérer que l'effort d'atténuation fait par les pays industriels s'inscrit dans leur stratégie concurrentielle tandis que leur solidarité s'exprime par l'aide à l'adaptation.

EXAMEN DU RÉSUMÉ TECHNIQUE DU RAPPORT WGIII DU 5EME RAPPORT DU GIEC « MITIGATION OF CLIMATE CHANGE »

Henri Décamps, Maud H. Devès, Paul-Henri Bourrelier,
Michel Lang, Yves Le Bars

24 mai 2014

Le résumé technique ou Technical Summary (TS) du 5ème rapport du groupe de travail WGIII du GIEC a été rédigé par 6 auteurs coordinateurs principaux (dont 4 affiliés à l'Allemagne), 58 auteurs principaux (dont 12 affiliés aux USA, 9 ou 10 à l'Allemagne, 6 à l'Inde, 2 à la France), 12 auteurs collaborateurs, auxquels il faut ajouter 2 « éditeurs réviseurs » (review editors). Le TS résume 16 chapitres en 99 pages, parallèlement au « résumé à l'intention des décideurs » (Summary for Policymakers, SPM).

Le texte du TS correspond à diverses recommandations illustrées par 14 encadrés, 40 figures et 9 tableaux. L'ensemble donne une idée relativement complète du rapport WGIII. Ce texte est très technique, avec des renvois constants aux différents chapitres du rapport, des figures et tableaux complexes. Bien qu'il soit toujours possible de se référer à l'excellent glossaire de l'annexe I, la lecture du TS reste difficile pour un lecteur néophyte. Sans doute est-ce là le prix à payer pour rendre compte fidèlement de la complexité du rapport, lui-même rendant compte d'un problème extrêmement complexe.

Une lecture attentive révèle un texte relativement inégal. C'est également ce que traduisent certains commentaires critiques publiés suite à la parution du rapport. Un focus publié dans Nature (IPCC report under fire, page 298, 17 April 2014) se fait ainsi l'écho d'opinions qualifiant les résultats principaux de « prévisibles », « pas très passionnants » et « d'évidences dont la mise en oeuvre posera toujours problème ». Il est certes possible de reprocher au rapport :

- de laisser penser qu'il suffirait d'appuyer sur une touche - les émissions de CO2 - pour contrôler le climat (le stabiliser par exemple): une telle vision déterministe est indéfendable et le WGIII aurait dû l'écarter explicitement ;

- d'utiliser des centaines de scénarios dont il est difficile de retrouver l'origine et la représentativité : le WGIII aurait pu ici se montrer plus critique et plus sélectif ;

- de laisser penser qu'il est possible de maintenir des teneurs globales en CO2 éq de 450-530 ppm : ce maintien requiert tellement de conditions qu'il est difficile d'y croire. Par ailleurs, le WGIII aurait pu dire plus clairement - ce qu'il laisse seulement entendre - qu'une voie de type RCP 4.5 ou 6 (pas si contrastées quant à leurs impacts), combinée à un grand effort d'adaptation, ne serait déjà pas si mal compte tenu de la progressivité des risques (rapport WGI et WGII) et des innovations technologiques qui pourraient en cas de besoin permettre en 2100 un flux négatif d'émissions.

Cependant, le TS WGIII apporte un éclairage à la fois utile et original, notamment parce qu'il rappelle :

- qu'il est indispensable de diminuer les émissions de gaz à effet de serre (GES),

- que les plus grands défis de l'atténuation du changement climatique (CC) et de ses effets sont politiques et économiques plus que technologiques,

- que cette atténuation ne doit pas être dissociée des actions menées dans le cadre d'un développement durable.

Dans son ensemble, le rapport du WGIII examine les résultats de la recherche scientifique sur l'atténuation (traduction française de *mitigation*), en portant une attention spéciale à l'évolution des connaissances depuis l'AR4 publié en 2007. Le rapport du WGIII concerne essentiellement les

implications des résultats obtenus sur les politiques publiques, mais n'est pas prescriptif sur les politiques à adopter par les gouvernements et autres participants importants au processus politique. Conformément au mandat de l'IPCC, les auteurs du WGIII ont été guidés par plusieurs principes dans leur évaluation : (1) expliciter les options d'atténuation, (2) expliciter les coûts de ces options, y compris les risques et opportunités vis-à-vis d'autres priorités de développement, (3) expliciter les critères, concepts et méthodes sous-jacents dans l'évaluation des politiques alternatives.

Le résumé technique (TS) comprend quatre sections. La section TS.1 livre un cadrage des concepts et méthodes permettant de contextualiser les résultats présentés dans les sections suivantes. La section TS.2 concerne les tendances passées des stocks et des flux de GES, ainsi que les déterminants des émissions aux échelles globales, régionales et sectorielles, y compris les changements de croissance économique et les changements technologique ou populationnels. La section TS.3.1 donne les résultats des études sur les besoins technologiques, économiques et institutionnels des scénarios d'atténuation à long terme. La section TS.3.2 détaille les mesures et les politiques d'atténuation utilisées dans les différents secteurs économiques et décisionnels. La section TS.4 résume comment les politiques d'atténuation interagissent entre les niveaux de gouvernance, les secteurs économiques et les divers types d'outils qui peuvent être élaborés.

Dans la suite de cet examen du résumé technique du WGIII, nous dégageons les principaux résultats présentés, tout en livrant une analyse critique de certains aspects, notamment sous forme d'encadrés.

TS.1 CADRAGE

Le WGIII définit l'atténuation comme l'intervention humaine visant à réduire les concentrations de GES dans l'atmosphère. Il rappelle que les WGI et II montrent essentiellement que les conséquences humaines et écologiques du CC sont déjà apparentes et en accroissement, notamment sur les systèmes les plus vulnérables. Les émissions passées de GES ont déjà placé la planète sur la voie de changements climatiques substantiels et pourraient conduire à des dommages excédant la capacité d'adaptation des systèmes humains et écologiques.

L'atténuation, avec l'adaptation au CC, contribue à l'objectif « de stabilisation des concentrations de GES dans l'atmosphère à un niveau qui *prévienne une interférence anthropogénique dangereuse avec le système climatique… dans un cadre temporel suffisant pour permettre aux écosystèmes de s'adapter… de manière à assurer une production de nourriture non menacée et à permettre un développement économique durable* » (article 2 de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique - CCNUCC). Le rapport WGIII souligne, entre autres difficultés, que les sciences de la nature ne sont pas capables de prédire précisément la réponse du système climatique à des concentrations croissantes de GES, ni de comprendre pleinement les dommages que cette réponse imposera aux individus, aux sociétés et aux écosystèmes. Il souligne aussi que l'article 2 de la CCNUCC exige des sociétés qu'elles équilibrent diverses considérations liées aux impacts du CC et aux coûts potentiels de l'atténuation et de l'adaptation, tout en s'efforçant d'obtenir un consensus sur des questions telles que le niveau de risque acceptable par les sociétés, les stratégies de partage des coûts, l'équilibrage de nombreuses compensations en raison des interactions entre l'atténuation et d'autres objectifs, parmi lesquels le développement socio-économique. De telles questions ne sont pas seulement d'ordre technique mais également moral et nécessitent l'implication d'acteurs aux intérêts variés et aux pouvoirs de décision disparates.

Le cadrage annoncé dans le titre TS.1 peut être résumé comme suit :

- Le CC est un problème de bien commun global qui implique une coopération internationale en lien avec les politiques locales, nationales et régionales sur de nombreux sujets. En effet, les émissions de chaque agent (individu, compagnie, pays) affectant tous les autres, aucune décision efficace ne peut être prise si chaque agent met en avant ses propres intérêts indépendamment des autres. En ce sens, une coopération internationale peut permettre d'attribuer des droits et des responsabilités dans le cadre du CC.

- Les analyses de la philosophie morale et politique peuvent contribuer à résoudre les questions éthiques soulevées par le CC : quel degré d'atténuation globale est nécessaire pour éviter de « dangereuses » interférences ?Comment partager l'effort ou le coût de l'atténuation du CC entre les pays, entre le présent et l'avenir ?Comment tenir compte de facteurs tels que la responsabilité historique des émissions, et choisir entre les politiques alternatives et complémentaires pour l'atténuation et l'adaptation ? Les questions éthiques de bien-être, de justice, d'équité et de droits sont toutes impliquées. L'analyse éthique peut identifier les principes éthiques sous-jacents aux différents points de vue, et distinguer les raisonnements éthiques corrects et incorrects.

- L'évaluation des options d'atténuation demande de prendre en compte de nombreux intérêts, perspectives et défis distincts d'une société à l'autre. Dans de nombreux pays, les politiques qui ont (ou pourraient avoir) le plus grand impact sur les émissions ne sont pas seulement motivées par des préoccupations de CC. Les relations entre le développement et l'atténuation peuvent ainsi conduire à des problèmes politiques et éthiques, particulièrement dans les pays en développement, quand l'atténuation exacerbe les défis de développement et affecte négativement les perspectives d'amélioration.

- En dépit de ses limites, l'économie livre des outils utiles pour évaluer telle ou telle option d'atténuation et d'adaptation : analyse coût-bénéfice, analyse coût-efficacité, analyse multicritères, théorie de l'utilité attendue, méthodes d'analyse de décision. L'évaluation économique peut s'appuyer sur un fondement éthique si elle applique des poids distributionnels prenant en compte la différence de valeur de la monnaie des riches et des pauvres, mais ceci reste rare dans l'évaluation économique du CC. La littérature scientifique suggère que le taux d'actualisation sociale dépend principalement d'une croissance anticipée par revenu personnel et d'une aversion pour l'inégalité.

- La plupart des politiques climatiques interfèrent avec d'autres objectifs sociétaux, soit positivement, soit négativement, rendant possibles des « co-bénéfices » ou des « effets adverses latéraux ». Depuis la publication de l'AR4, une littérature substantielle a émergé sur la façon dont les pays qui s'engagent dans l'atténuation considèrent aussi la protection environnementale locale ou la sécurité énergétique comme bénéficiant ou non de cette atténuation. Cette perspective d'objectifs multiples est importante car elle aide à identifier en quels domaines les bases des politiques à buts multiples seront robustes.

- Les efforts d'atténuation génèrent des contreparties et des synergies avec d'autres objectifs sociétaux qui peuvent être évalués dans un cadre de développement durable. Une évaluation complète de la politique climatique implique d'aller au-delà d'un centrage étroit sur les options distinctes d'atténuation et d'adaptation, et d'incorporer les questions climatiques dans des stratégies de développement équitable et durable aux niveaux régional,

national et local, notamment dans le souci de vaincre la pauvreté et de réduire les inégalités des standards de vie, tout en évitant des modes non durables de consommation et de production.

La partie TS.1 se termine sur deux développements (dont seul le premier est conservé dans le SPM) :

- **Les différences dans les objectifs reflètent en partie le fait que les humains perçoivent différemment les risques et les opportunités.** Les individus appuient leurs décisions sur des objectifs différents et utilisent diverses méthodes pour choisir entre des options alternatives. Depuis l'AR4, on prend conscience que de telles considérations – du domaine de la psychologie, de l'économie comportementale, de l'économie politique, et autres disciplines – doivent être prises en compte dans l'évaluation des politiques climatiques. En plus des diverses perceptions du CC et de ses risques, diverses normes peuvent aussi affecter ce que les humains considèrent comme un comportement acceptable. On se soucie davantage de la façon dont ces normes affectent les activités, les comportements et les styles de vie, et ainsi les trajectoires de développement, avec leurs impacts sur les politiques d'émissions et d'atténuation.

- **Une politique climatique efficace implique une mise en place d'institutions et une capacité de gouvernance.** Planifier un cap efficace et viable d'atténuation du CC n'est pas qu'un simple exercice technique, mais implique nombre de décisions séquentielles de la part des acteurs de l'Etat et de la société civile. Un tel processus est favorisé par l'éducation et la responsabilisation des divers acteurs pour participer à des systèmes de prises de décision élaborées et exécutées dans un objectif délibéré d'équité procédurale. Des systèmes d'obligation, de prise de décision et de gouvernance équitables d'un point de vue procédural peuvent aider à trouver des solutions équitables au défi du développement durable, dans un monde caractérisé par de profondes disparités,.

Enfin, l'atténuation et l'adaptation au CC correspondent à un défi de gestion de risque qui implique des prises de décision et des choix politiques à de nombreux niveaux, en interactions complexes et souvent imprévisibles. Un défi particulier tient aux impacts extrêmes dus au CC, ainsi qu'aux incertitudes associées au déclenchement de ces impacts et à leurs conséquences. Une stratégie de gestion du risque pour le CC demandera d'intégrer ce qui concerne l'atténuation à différents horizons temporels, l'adaptation à un éventail d'impacts climatiques, et même l'émergence possible de réponses telles que celles de la « géo-ingénierie » face aux impacts climatiques. Un défi majeur est d'adapter le développement d'une stratégie de gestion du risque pour le CC aux informations nouvelles et aux différentes institutions gouvernantes.

TS.2 TENDANCES DANS LES STOCKS ET LES FLUX DE GES ET LEURS CAUSES

La plupart des changements de tendance des émissions de GES observés sont liés à des causes telles que la croissance économique, le changement technologique, le comportement humain ou la croissance de la population. Mais des changements plus faibles sont aussi dus aux progrès réalisés dans les mesures et les méthodes utilisées dans l'AR4. Cette section vise à expliciter les incertitudes et les variations existant dans les estimations des émissions globales de GES, telles qu'elles ont été publiées depuis l'AR4.On observera qu'il est question ici d'émissions et non de stocks, contrairement

à ce qu'indique le titre. Les stocks dans l'atmosphère dépendent de la répartition entre les milieux ; et celle-ci est susceptible d'évoluer.

Encadré 1 - Les *Representative Concentration Pathways (RCPs)*

Les scénarios utilisés dans le 5ème rapport prennent en compte les facteurs de développement qui influencent les émissions de GES. Ces facteurs sont nombreux et les scénarios doivent couvrir une large gamme de futurs plausibles. Dans ce but, le rapport s'appuie sur quatre *Representative Concentration Pathways* (RCPs) – scénarios qui comprennent des séries temporelles d'émissions et de concentrations de GES, et prennent en compte l'utilisation et l'occupation des terres. Selon l'article auquel l'AR5 fait référence (Moss et al,« The next generation of scenarios for climate change research and assessment »,*Nature* 2010), l'idée centrale est que toute une gamme de scénarios de développement socioéconomiques et technologiques, permet de savoir quelles voies peuvent atteindre tel ou tel forçage radiatif, ce qui renforce les collaborations entre les recherches sur les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité, la modélisation du climat.

Les *Representative Concentration Pathways* (RCPs) sont identifiés par leur forçage radiatif en 2100 par rapport à 1750 : 2.6 W m^{-2} pour RCP2.6, 4.5 W m^{-2} pour RCP4.5, 6.0 W m^{-2} pour RCP6.0, and 8.5 W m^{-2} pour RCP8.5. Ces niveaux de forçage radiatif correspondent à des concentrations de 450, 650, 850 et 1370 ppm CO_2eq. Précisons : « *Representative* » parce que chaque RCP livre un scénario servant de référence parmi ceux idéalement possibles qui conduiraient aux forçages radiatifs retenus ; « *Pathways* » parce que les voies[7] prises pour atteindre tel ou tel niveau de concentration à long terme sont tout aussi intéressantes que ces niveaux eux-mêmes ; « forçage radiatif », c'est-à-dire changements dans l'équilibre entre les radiations reçues et perdues par l'atmosphère en conséquence des changements dans les constituants atmosphériques, tel que le CO_2.

Les quatre RCPs sont la base d'un nouvel ensemble de projections de CC évaluées par le WGI [WGI 6.4, 12.4]. Les concentrations des scénarios de base (sans efforts additionnels explicites pour atténuer le CC) et d'atténuation (avec introduction d'efforts pour limiter les émissions) évalués par le WGIII recouvrent toute la gamme des RCPs, mais livrent beaucoup plus de détails pour les niveaux de concentration dans la gamme de 450, 500 et 550 ppm CO_2eq en 2100 [box TS6].

TS.2.1 Tendances dans les émissions de GES

Le rapport accorde un degré de confiance élevé aux propositions suivantes[8] :

- **Les émissions totales anthropogéniques de GES ont augmenté plus rapidement entre 2000 et 2010 que dans les trois décennies précédentes**

[7]Le terme anglais de « pathways » est ici traduit par celui de « voies », de préférence à « trajectoires », « cheminements » ou « itinéraires», pour signifier une « suite d'actes orientés vers une fin et considérée comme un chemin que l'on peut suivre » (Dictionnaire *Le Robert*), un passage difficile pour se faufiler entre des obstacles et réussir une transition. Cette notion de « pathways » apparaît comme un point clé du 5ème rapport du GIEC.

[8]Conformément aux expressions proposées par GIEC 2012 : Résumé à l'intention des décideurs in : *Gestion des risques de catastrophes et phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique [sous la direction de Field C.B. et al.]*, le degré d'évidence est qualifié de faible, moyen ou élevé, tandis que la concordance peut être faible, moyenne ou large. Quant au degré de confiance, synthèse qualitative en ce qui concerne la validité d'un résultat déterminé par l'évaluation du degré d'évidence et de la concordance, il est qualifié de très faible, faible, moyen, élevé ou très élevé.

- **Le CO_2 reste le principal GES anthropogénique avec 76% des émissions totales de GES en 2010 mesurées en GWP100**.Sur les quatre dernières décennies, les émissions de CO_2 totales cumulées ont doublé depuis environ 900 $GtCO_2$ pour la période 1750-1970 à environ 2000 $GtCO_2$ pour 1750-2010

- **Les modèles régionaux d'émissions de GES changent avec les changements de l'économie mondiale**

- **Les émissions de GES en 2010 par personne sont fortement inégales**

- **Quelle que soit la perspective retenue, la plus grande part des émissions anthropogéniques de GES est due à un petit nombre de pays**

- **La tendance à l'accroissement des émissions globales de CO_2 dues aux combustibles fossiles est robuste d'une base de données à l'autre, en dépit des incertitudes**

TS.2.2Déterminantsdes émissions de GES

L'analyse du WGIII s'appuie sur le CO_2 venant des secteurs de l'industrie et de l'énergie, forme prise par la plupart des émissions de GES. On retiendra les points suivants :

- La croissance de la production économique et la croissance de la population sont les deux facteurs principaux de l'accroissement mondial des émissions de GES, accroissement supérieur aux réductions dues à l'amélioration énergétique de la production économique (*degré de confiance élevé*)

- Entre 2000 et 2010, l'utilisation accrue du charbon par rapport à beaucoup d'autres sources d'énergie a renversé une tendance longue de dé-carbonisation de l'apport mondial d'énergie (degré de *confiance élevé*). L'utilisation accrue du charbon, particulièrement dans les pays en développement d'Asie, exacerbe actuellement le fardeau des émissions de GES liées à l'énergie

- **Sans efforts concrets pour réduire les émissions de GES, les facteurs fondamentaux de la croissance des émissions persisteront en dépit d'améliorations majeures dans les approvisionnements en énergie et les technologies d'utilisation finale***(degré de confiance élevé).*En effet, dans les scénarios de base (scénarios sans efforts supplémentaires concrets pour contraindre les émissions), les concentrations atmosphériques excèdent 450 ppm CO_2eq en 2030, et atteignent de 750 à plus de 1300 ppm de CO_2eq en 2100. Cette gamme des concentrations en 2100 correspond en gros à celle des concentrations de CO_2 des RCP 6.0 et RCP 8.5. Selon les calculs en accord avec les scénarios présentés dans ce rapport, les concentrations de CO_2eq atmosphérique étaient d'environ 400ppm de CO_2eq en 2010. Les scénarios publiés n'explorent pas systématiquement toute la gamme des incertitudes quant aux voies de développement et à l'évolution possible de facteurs clés tels que population, technologie et ressources. Néanmoins, ils suggèrent fortement que, en l'absence d'efforts concrets d'atténuation, les émissions cumulées de CO_2 excèderont 700 $GtCO_2$ en 2030, 1 500 GtCO2 en 2050, et potentiellement bien plus de 4 000 GtCO2 en 2100.

TS.3 VOIES ET MESURES DE L'ATTENUATION DANS UN CONTEXTE DE DEVELOPPEMENT DURABLE

La section TS3 évalue la littérature scientifique consacrée aux voies et aux mesures d'atténuation dans un contexte de développement durable. La section TS 3.1 examine (1) les caractéristiques des émissions et les implications sur les températures des voies d'atténuation conduisant à diverses concentrations atmosphériques en CO_2eq, et (2) les exigences technologiques, économiques et institutionnelles de ces voies, ainsi que leurs avantages et inconvénients potentiels. La section TS3.2 examine ensuite les options de gestion des émissions par secteur et les interactions des stratégies d'atténuation entre secteurs.

TS.3.1 Voies de l'atténuation

TS.3.1.1 Comprendre les voies de l'atténuation dans un contexte d'objectifs multiples

Le rapport souligne que :

- **La société devra à la fois atténuer le CC et s'y adapter pour éviter efficacement les impacts dommageables du climat** *(degré d'évidence élevé, large concordance)*
- Il n'y a pas de voie unique pour stabiliser les concentrations de GES, mais plutôt une large gamme de voies d'atténuation (*degré de confiance élevé*)
- **Les voies de l'atténuation se distinguent les unes des autres par toute une gamme de conséquences ou d'exigences** *(degré de confiance élevé)*

TS.3.1.2 Exigences à court et à long terme des voies de l'atténuation

Le rapport accorde un *degré de confiance élevé* aux affirmations suivantes :

- Les scénarios d'atténuation livrent une gamme de mesures technologiques et comportementales qui peuvent permettre aux sociétés de suivre des voies d'émissions compatibles avec un niveau de concentration atmosphérique situé **entre environ 450 ppm de CO_2eq et plus de 750 ppm de CO_2eq en 2100**
- **Il est critique de limiter les pics de concentration atmosphérique au cours de ce siècle – pas seulement d'atteindre des niveaux de concentration sur le long terme –afin de limiter le changement de température**
- **De nombreux scénarios atteignant des concentrations de 430 à 580 ppm de CO_2eq en 2100supposent un dépassement de concentration, avec un maximum, avant une diminution vers le niveau de 2100.**En fait, la faisabilité de cette diminution par CDR (*carbon dioxyde removal*) est ici critique et problématique
- **Atteindre des niveaux de concentrations atmosphériques de 430 à 530 ppm de CO_2eq en 2100 demande de réduire les émissions de GES et de limiter les émissions cumulées tant sur le moyen que sur le long terme**

- **Atteindre des niveaux de concentration de 430 à 530 ppm de CO_2eq en 2100, demande d'atténuer la majorité des émissions de base pendant ce siècle dans les pays n'appartenant pas à l'OCDE**

- Atteindre des niveaux de concentration de 430 à 650 ppm de CO_2eq en 2100 demande des transformations importantes des systèmes énergétiques globaux et nationaux sur les prochaines décennies

- Retarder systématiquement l'atténuation jusqu'en 2030 augmenterait les défis rencontrés pour amener les niveaux de concentration atmosphérique à 530 ppm de CO_2eq ou moins à la fin du siècle

Encadré 2 - Les modèles du WGIII : intérêt, limites, précisions.

Le rapport s'appuie sur plus d'une centaine de modèles d'évaluation intégrés très puissants qui ont été collectés dans la littérature à la suite d'un appel à propositions et qui ont produit plus d'un millier de scénarios. Ces modèles représentent les processus physiques, technologiques et de société avec des décompositions sectorielles et géographiques. Ils livrent des projections à long terme. L'encadré TS.7 (p 23) *Scenarios from integrated models to help understand how actions affect outcomes in complex systems* indique qu'ils ont été précieux (*invaluable*) pour l'élaboration des convictions du groupe, mais souligne aussi leurs limites : *integrated models are simplified, stylized, numerical, approaches for representing enormously complex physical and social systems, and scenarios from these models are based on uncertain projections about key events and drivers over often century long timescales. Simplifications and differences in assumptions are the reason why output generated from different models, or versions of the same model, can differ, and projections from all models can differ considerably from the reality that unfolds*

La figure TS.8 (ou SPM.4) montre comment des faisceaux de scénarios correspondent aux quatre RCP. Le tableau TS1 (ou SPM1) indique leurs caractéristiques en fonction des concentrations en 2100 réparties en 8 classes : inférieur à 430 CO_2eq, 430-480, …jusque supérieur à 1000), avec ou non des dépassements avant 2100 ; ce tableau indique le cumul des émissions, la température supposée en 2100 et les probabilités de réchauffement dépassant 1.5°C, 2.0°C, 3.0°C et 4.0°C. Enfin la figure TS9 (ou SPM5) tend à montrer que les promesses de Cancun pour 2020 sont insuffisantes pour inaugurer des voies conduisant à des concentrations de la gamme 430-450 ppm en 2100.

TS.3.1.3 Coûts, investissements et partage de la charge

Cette partie accorde un *degré de confiance élevé* aux affirmations :

- Les actions d'atténuation globales se traduisent par des bénéfices économiques significatifs par rapport aux approches fragmentées, mais exigent des institutions efficaces pour être mises en application

- **L'estimation du coût économique agrégé de l'atténuation varie largement, mais augmente avec la rigueur de l'atténuation**

- Retarder l'atténuation jusqu'à 2030 ou au-delà pourrait augmenter substantiellement le coût de l'atténuation dans les décennies qui suivent et dans la deuxième moitié du siècle

- Les options technologiques d'atténuation disponibles influencent grandement le coût de l'atténuation et les défis à surmonter pour atteindre 430 à 580 ppm de CO_2eq atmosphérique en 2100

La question des coûts, développée dans cette partie TS.3.1.3 sur près de cinq pages (y compris deux figures et deux encadrés) aurait mérité davantage de recul et une analyse plus critique des études auxquelles elle se réfère, par exemple quand ces dernières évaluent le coût de l'atténuation dans l'hypothèse de scénarios idéaux, et indiquent un prix du CO_2 de l'ordre de 100 dollars la tonne comme levier irremplaçable.

Le rapport aborde ici les questions posées par la géo-ingénierie [*carbon dioxide removal* (CDR) et *solar radiation management* (SRM)]. Les scénarios d'atténuation évalués dans l'AR5 ne supposent aucune option de géo-ingénierie au-delà des CDR dus au reboisement et à la bioénergie couplés avec la capture et le stockage du carbone. Le rapport souligne que la connaissance des effets positifs et négatifs possibles du SRM est encore très préliminaire, et que la communauté scientifique est divisée sur les résultats obtenus, comme sur la nécessité de poursuivre les recherches ou les tests de terrain dans ce domaine. Ces aspects mériteraient d'être plus développés, en particulier au regard des réflexions éthiques récentes en ce domaine.

Encadré 3 - Coût de l'atténuation

La figure TS12 souligne l'avantage qu'il y aurait à une gouvernance mondiale caractérisée notamment par un prix du carbone uniformisé croissant dans le temps et d'autant plus élevé que les ambitions de l'atténuation sont fortes : jusqu'à 120 dollars en 2100 pour une concentration de 450 ppm. Cette indication ne figure pas dans le SPM (du moins à cette place).

Le TS donne une estimation du coût global de l'atténuation par des modèles admettant l'hypothèse idéale que toutes les technologies sont disponibles dans tous pays, et que ceux-ci engagent leur politique d'atténuation immédiatement. Dans ces hypothèses idéales, les « pertes » imputables à l'atténuation croissent avec le temps et les ambitions de l'atténuation : en 2020 et 2030 elles ne sont sensibles (entre 0,5 et 2%) que dans les scénarios apparentés à la voie RCP 2.6, tandis qu'en 2100 elles atteignent 2,5 à 4% pour les voies RCP 4.5 et RCP 6, et dépassent 6% dans les scénarios de la voie RCP 2.6.

Le TS tente de corriger ce que ces hypothèses ont d'irréaliste en évaluant le surcoût si certaines des 4 technologies clés – éolien-solaire, nucléaire, CSS, bioénergie – ne sont pas totalement applicables (figures TS12, tableau SPM2) ou si l'engagement de l'atténuation est reporté (figure TS13, tableau SPM2). L'impact du retrait du nucléaire ou des limitations au solaire-éolien est sensible (entre + 2% et +30%) tandis que l'effet du non aboutissement du CCS (*Carbon Dioxide Capture and Stockage*) ou des limitations des bioénergies apparait comme important et même rédhibitoire pour les scénarios d'atténuation les plus ambitieux (grande dispersion autour de + 100%).

TS.3.1.4 Implications des voies de transformation pour d'autres objectifs

Cette partie développe quatre affirmations affectées d'un *degré de confiance moyen* et trois affirmations affectées d'un *degré de confiance élevé.*

- **L'atténuation réduit les coûts assurant la sécurité énergétique et/ou les objectifs de qualité de l'air** (*degré de confiance moyen*)

- La majorité des scénarios d'atténuation bénéficient aux objectifs de sécurité énergétique, en augmentant les ressources suffisamment pour atteindre la demande nationale d'énergie et la résilience des apports d'énergie (*degré de confiance moyen*)

- **Les politiques d'atténuation peuvent dévaluer les profits des pays exportateurs de combustible fossile, mais différemment selon les régions et selon les combustibles** (*degré de confiance moyen*)

- **Une politique fragmentée d'atténuation peut encourager les activités économiques fortement émettrices de GES à émigrer vers d'autres régions** (*degré de confiance moyen*)

- Les scénarios d'atténuation menant à 430 à 530 ppm de CO_2eq en 2100 bénéficient significativement à la qualité de l'air, à la santé humaine et aux écosystèmes (*degré de confiance élevé*)

- **L'effet de l'atténuation sur l'utilisation de l'eau dépend de choix technologiques et de l'éventail des mesures d'atténuation** (*degré de confiance élevé*)

- **Les voies de transformation et les études de secteurs montrent que les bénéfices tirés des mesures d'atténuation de l'utilisation finale d'énergie dépassent les effets dommageables** (*degré de confiance élevé*).

TS.3.2 Mesures d'atténuation sectorielles et trans-sectorielles

Les émissions anthropogéniques de GES résultent d'une large gamme d'activités humaines, plus particulièrement de celles associées à l'approvisionnement en énergie et à la consommation de cette énergie, ainsi qu'à l'utilisation des terres pour, entre autres buts, produire de la nourriture. Une grande part des émissions vient des aires urbaines. Les options d'atténuation sont regroupées en trois secteurs : 1) approvisionnement en énergie, 2) utilisation finale de l'énergie, y compris transport, bâtiments, industrie, 3) agriculture, foresterie et autres utilisation des terres (AFOLU). Les émissions des installations humaines et des infrastructures recoupent ces différents secteurs. Beaucoup d'options d'atténuation sont liées. L'ensemble des actions d'atténuations prises dans un secteur dépend d'une large gamme de facteurs – les économies relatives de ces secteurs, les structures politiques, les valeurs normatives et les liens à d'autres objectifs politiques.

TS.3.2.1 Voies et mesures d'atténuation trans-sectorielle

On retiendra les points suivants :

- **Sans nouvelles politiques d'atténuation, les émissions de GES s'accroîtront dans tous les secteurs, sauf les émissions de CO_2 dans le secteur de l'utilisation des terres***(degré d'évidence élevé, concordance moyenne)*

- **Le développement des infrastructures et des produits à longue durée de vie qui enferment les sociétés dans des voies d'intenses émissions de GES peuvent être difficiles ou très onéreuses à changer** *(degré d'évidence élevé, large concordance)*

- **Les approches systémiques et trans-sectorielles d'atténuation sont moins onéreuses et plus efficaces pour arrêter les émissions que les politiques procédant secteur par secteur** *(degré de confiance moyen)*

- **Trois modifications de systèmes énergétiques sont liées aux mesures d'atténuation : la décarbonation du secteur de l'approvisionnement en énergie, les réductions de demande finale d'énergie, et le passage aux vecteurs tels** que **l'électricité, dans les secteurs de l'utilisation finale d'énergie** *(degré d'évidence élevé, large concordance)*

- **Les réductions de la demande des secteurs utilisateurs finaux correspondent à une stratégie clé d'atténuation ; ces réductions affectent l'ampleur du défi pour atténuer la fourniture d'énergie** (*degré de confiance élevé)*

- **Le comportement, le style de vie et la culture influencent considérablement l'utilisation de l'énergie et les émissions associées, et peuvent avoir un haut potentiel d'atténuation en complément des changements technologiques et structurels** *(faible degré d'évidence, concordance moyenne)*

- **Les scénarios d'atténuation montrent à l'évidence que la décarbonation de la fourniture d'énergie est une clé de la stabilisation des teneurs atmosphériques de CO_2eq au-dessous de 580 ppm** *(degré d'évidence élevé, large concordance)*

- **La faisabilité des technologies de séparation et séquestration du CO_2(CSS) affecte l'ampleur du défi de l'atténuation pour les secteurs de l'utilisation finale de l'énergie** *(degré d'évidence élevé, large concordance)*

- **Une planification de l'espace peut contribuer à gérer le développement de nouvelles infrastructures et augmenter l'efficacité de l'ensemble du système au travers des secteurs** *(degré d'évidence élevé, large concordance)*

- **Des interdépendances existent entre l'adaptation et l'atténuation au niveau sectoriel, et la considération conjointe de ces dernières se révèle bénéfique** *(degré d'évidence moyen, large concordance)*

TS.3.2.2 Approvisionnement en énergie

Le secteur de l'approvisionnement (offre, ressource)en énergie est celui qui contribue le plus aux émissions de GES *(degré d'évidence élevé, large concordance).*Tel que défini dans ce rapport, ce secteur comprend tous les processus d'extraction, conversion, stockage, transmission et distribution de l'énergie, qui approvisionnent en énergie les secteurs de l'utilisation finale (industrie, transport et bâtiment, agriculture et foresterie).**Ce secteur dispose de multiples options pour réduire les émissions de GES** (*degré d'évidence élevé, large concordance*). On retiendra que :

- **Stabiliser les teneurs en GES à un faible niveau exige une transformation fondamentale du système d'approvisionnement en énergie, y compris la suppression progressive des**

anciennes technologies de conversion de combustible fossile et leur substitution par des alternatives faiblement émettrices de GES (*degré d'évidence élevé, large concordance*).

- Depuis l'AR4, l'énergie renouvelable (ER) est devenue une catégorie d'approvisionnement en énergie en forte croissance, beaucoup de technologies ER devenant plus performantes et moins onéreuses, et un nombre croissant atteignant une maturité technique et économique (*degré d'évidence élevé, large concordance*). De nouvelles politiques sont nécessaires pour intégrer ces technologies dans les systèmes énergétiques à venir (*degré d'évidence moyen, concordance moyenne*).

- **L'énergie nucléaire est une technologie faiblement émettrice de GES mais sa part de génération d'énergie a continué de décliner** (*degré d'évidence élevé, large concordance*). **Les barrières à une utilisation croissante de l'énergie nucléaire tiennent à des questions de sécurité opérationnelle, de risques de prolifération, de gestion des déchets, de risques financiers et régulateurs** (*degré d'évidence élevé, large concordance*).

- **Quand du gaz naturel est disponible et les émissions fugitives associées à son extraction et à sa livraison sont basses, les émissions à court terme de GES de l'approvisionnement en énergie peuvent être réduites en remplaçant les centrales à charbon par des centrales « *highly efficient natural gas combined cycle (NGCC)* » ou des « *combined heat and power (CHP) plants* »**(*degré d'évidence élevé, large concordance*).

TS.3.2.3 Transport

Depuis l'AR4, les émissions dans le secteur du transport ont augmenté en dépit d'une efficacité accrue des véhicules (route, rail, bateaux et avions) et des politiques adoptées (*degré d'évidence élevé, large concordance*). Le transport routier est le plus producteur de CO_2mais l'aviation pourrait jouer un rôle de plus en plus important dans l'avenir. Les émissions directes de CO_2 à partir du transport augmenteront de 6,7 $GtCO_2$/an en 2010 à 9,3-12 $GtCO_2$/an en 2050 dans les scénarios de base ; la plupart des scénarios de base évalués dans l'AR5 prévoient un accroissement significatif (*degré d'évidence moyen, concordance moyenne*). Sans politiques d'atténuation agressives et soutenues, les émissions du secteur du transport pourraient augmenter plus vite que celles des autres secteurs d'utilisation finale d'énergie et pourraient conduire à plus que doubler les émissions de CO_2 en 2050.

Les scénarios de base montrent donc des augmentations de la demande en énergie dans le transport de 2010 à 2050 et au-delà. Cependant, les scénarios d'atténuation intégrés indiquent que des réductions de demande en énergie de 10-45% par rapport aux scénarios de base sont possibles pour 2050 (*degré d'évidence moyen, concordance moyenne*).

On retiendra les deux points suivants :

- **Le potentiel d'atténuation est important dès lors que l'on combine plusieurs actions : recours à des carburants faiblement carbonés, adoption de véhicules et de moteurs technologiquement performants, changements de comportement vis-à-vis des voyages et des périodes de travail, investissements dans des infrastructures et changements dans l'environnement bâti** (*degré de confiance élevé*).

- **Un ensemble de politiques fortes et mutuellement solidaires sera nécessaire pour décarboner le secteur du transport et pour exploiter les bénéfices associés** (*degré d'évidence élevé, large concordance*).

On ne peut que noter, dans le domaine des transports comme ailleurs, qu'un impressionnant cumul de conditions est nécessaire pour parvenir à une forte atténuation des émissions de GES.

TS.3.2.4 Bâtiments

Les émissions de GES du secteur du bâtiment ont plus que doublé depuis 1970, représentant 19% des émissions globales de GES en 2010, y compris les émissions indirectes de la génération d'électricité. La part monte à 25% si les émissions d'AFOLU sont exclues du total. Sans de nouvelles politiques, l'utilisation finale d'énergie du secteur du bâtiment pourra augmenter d'environ 120 EJ/an en 2010 à 270 EJ/an en 2050.

Les affirmations les plus partagées en ce qui concerne ce secteur (*degré d'évidence élevé, large concordance*) sont les suivantes :

- **Des risques significatifs de verrouillage viennent des infrastructures de bâtiments à longue durée de vie.**

- La prolifération récente de technologies avancées, de savoir-faire, et les politiques dans le secteur du bâtiment rendent possible une stabilisation voire une diminution de l'utilisation finale d'énergie de l'ensemble du secteur à la moitié du siècle. Les avancées récentes de la technologie, les pratiques de design et le savoir-faire, couplé à des changements de comportement, peuvent permettre de réduire de deux à dix fois les besoins en énergie de nouveaux bâtiments et de quatre fois des bâtiments préexistants à moindres coûts. Les avancées depuis l'AR4 font état de l'existence de bâtiments à très bas niveau d'énergie dans des constructions nouvelles et modifiées.

- **L'histoire des programmes d'efficacité de l'énergie dans les bâtiments montre une amélioration de 25-30% de l'efficacité à des coûts substantiellement plus faibles que l'approvisionnement marginal en énergie.**

TS.3.2.5 Industrie

Dans ce secteur, les émissions directes et indirectes (ces dernières associées à la consommation d'électricité) sont actuellement plus grandes que les émissions des secteurs d'utilisation finale du bâtiment ou du transport et représentent plus de 30% des émissions globales de GES en 2010 (*degré de confiance élevé*). En dépit de la part déclinante de l'industrie dans le GDP global, les émissions globales de GES de l'industrie et des déchets/eaux usées ont augmenté de 10 GtCO2eq en 1990, à 13 GtCO2eq en 2005 et 16 GtCO2eq en 2010.

Le déploiement à grande échelle des meilleures technologies disponibles, particulièrement dans les pays où elles ne sont pas en pratique et dans les industries non intensives en énergie, pourrait réduire l'intensité d'énergie du secteur de 25% (***degré d'évidence élevé, large concordance***). En dépit de l'attention portée à l'efficacité de l'énergie dans l'industrie, il reste encore beaucoup

d'options pour améliorer cette efficacité. Les barrières à la mise en place d'une énergie efficace tiennent largement aux coûts d'investissement initiaux et au manque d'information.

Une réduction absolue des émissions du secteur de l'industrie demandera le déploiement d'un large ensemble d'options d'atténuation, au-delà des mesures d'efficacité énergétique (***degré d'évidence élevé, large concordance***). Dans un contexte de croissance continue de la demande industrielle, des réductions substantielles du secteur exigeront des efforts parallèles pour accroître l'efficacité des émissions, l'efficacité d'usage du matériel, le recyclage et la réutilisation des matériaux et des produits (*faible degré d'évidence, large concordance*).

Les auteurs affectent un *degré d'évidence élevé* et une *large concordance* aux points suivants :

- **Les études sectorielles et intégrées indiquent une possibilité d'économiser la demande d'énergie industrielle d'environ 30% en 2050, dans des scénarios d'atténuation n'excédant pas 650ppm de CO_2eq en 2100 par rapport aux scénarios de base.**
- **L'atténuation dans le secteur de l'industrie peut aussi tenir à la réduction de la demande de matériel et de combustible fossile par amélioration de l'utilisation des déchets, ce qui en même temps réduit les émissions des broyeurs de déchets.**
- **Les émissions de CO_2 dominent les émissions de GESde l'industrie mais des opportunités d'atténuation substantielles existent aussi pour les autres gaz.**
- **Les mesures d'atténuation sont souvent accompagnées de bénéfices associés.**

TS.3.2.6 Agriculture, Foresterie et autres Land Use (AFOLU)

Il est souligné que **depuis l'AR4, les émissions du secteur de l'AFOLU se sont stabilisées et que leur part des émissions anthropogéniques totales a diminué** (*degré d'évidence élevé, large concordance*).

Le total moyen annuel de flux de GES venant du secteur de l'AFOLU était de 10–12 $GtCO_2$eq en 2000–2010, avec des émissions globales de 5,0–5,8 $GtCO_2$eq/an de l'agriculture et 4,3–5,5 $GtCO_2$eq/an de la foresterie et autres land uses. Les émissions non-CO_2 dérivent largement de l'agriculture et sont dominées par des émissions de N_2O des sols agricoles, des émissions de méthane dues à la fermentation entérique du bétail, la gestion des engrais et les émissions des rizières – au total 5,0–5,8 $GtCO_2$eq/an en 2010 *(degré d'évidence élevé, large concordance)*. Les émissions venant de la déforestation et de la dégradation ont diminué de 1990 à 2010 (*degré d'évidence élevé, large concordance)*.

Les opportunités d'atténuation dans le secteur de l'AFOLU incluent des options d'atténuation de l'offre et de la demande *(degré d'évidence élevé, large concordance)*.

TS.3.2.7 Organisation urbaine et aménagement des territoires

La tendance à l'urbanisation est mondiale et transforme les habitats humains, les sociétés et l'utilisation de l'énergie (*degré d'évidence élevé, large concordance*). En 1900, quand la population mondiale atteignait 1.6 milliard, seulement 13% de la population, soit quelque 200 millions, vivait dans des aires urbaines. Aujourd'hui, plus de la moitié de la population mondiale – environ 3.6

milliards - vit dans des aires urbaines. En 2050, la population urbaine devrait s'accroître pour atteindre 5.6-7.1 milliards, ou 64-69% de la population mondiale.

Ces données conduisent les auteurs du rapport à une *large concordance* à propos des quatre affirmations suivantes (avec des degrés d'évidence variés) :

- **Les aires urbaines sont responsables de plus de la moitié de l'utilisation d'énergie primaire globale et des émissions de CO_2 liées** *(degré d'évidence moyen)*.
- **La majeure partie des infrastructures et des aires urbaines sont encore à construire** (*faible degré d'évidence).*
- **Des milliers de villes entreprennent des plans d'actions à propos du climat, mais l'ampleur des atténuations à attendre est hautement incertaine** *(degré d'évidence élevé).*
- **Une réussite des stratégies d'atténuation du CC urbain peut entraîner des bénéfices adjacents** (*degré d'évidence moyen)*.

TS.4 POLITIQUES ET INSTITUTIONS POUR L'ATTENUATION

La section précédente (TS.3) montre que depuis l'AR4 le savoir sur les voies de transformation[9] a commencé à détailler comment diverses considérations du monde réel affectent les politiques et les mesures adoptées - considérations telles que contraintes institutionnelles et politiques, incertitude associée aux risques de CC, disponibilité de technologies. Ces facteurs ont d'importantes implications sur la programmation, le coût et l'efficacité des actions d'atténuation.

La présente section TS.4 est centrée sur la manière dont les gouvernements et autres acteurs des secteurs privés et publics programment, mettent en place et évaluent les politiques d'atténuation. Elle considère la recherche scientifique « normative » sur la façon dont les politiques devraient être programmées pour satisfaire des critères donnés. Elle considère aussi la recherche sur la façon dont les politiques sont en fait programmées et mises en place – un domaine appelé analyse « positive ».

TS.4 caractérise d'abord les questions conceptuelles fondamentales, puis présente un résumé des principaux résultats de l'AR5 sur les politiques locales, nationales et sectorielles. Des niveaux plus élevés d'agrégation sont ensuite considérés, ainsi que de nouvelles questions d'investissement et de finance.

TS.4.1 Programmation des politiques, comportement et économie politique

Les politiques sont souvent évaluées selon quatre critères (1) l'efficacité environnementale, (2) l'efficacité économique, (3) les impacts distributionnels et sociaux - ou équité distributionnelle, (4) la faisabilité institutionnelle et politique.

[9] « *Transformation Pathways* » : voies suivies pour satisfaire différents objectifs d'émissions de GES, de concentrations atmosphérique ou de changement de moyenne globale de température de surface, impliquant un ensemble de changements économiques, technologiques et comportementaux. Ceci peut couvrir des changements dans l'utilisation et la production d'énergie et d'infrastructure, dans la gestion des ressources naturelles, dans l'établissement d'institutions, ainsi que dans le rythme et la direction des changements technologiques [Glossaire de l'Annexe I].

Les décideurs politiques utilisent divers instruments politiques en même temps : incitations économiques, régulations directes, programmes d'information, financements gouvernementaux, actions volontaires. Depuis l'AR4, les recherches sur ces instruments se sont développées, principalement en référence aux expériences de politiques adoptées dans des secteurs et des pays particuliers, ainsi qu'en référence aux interactions entre ces politiques. Il en résulte que les accords internationaux visant à la coordination entre pays reflètent les faisabilités des choix politiques des gouvernements et autres juridictions nationales.

Les interactions entre instruments politiques peuvent entraîner des avantages ou des désavantages sociaux.

Il n'existe qu'un *degré d'évidence moyen* et une *faible concordance* sur l'idée de bénéfices éventuels à considérer à la fois l'adaptation et l'atténuation dans un cadre politique commun.

En revanche, les auteurs du rapport affectent un *degré de confiance très élevé* aux deux affirmations suivantes:

- **Le succès de la réalisation des politiques dépend de nombreux facteurs associés aux comportements humains et institutionnels.**
- **La politique climatique peut encourager un investissement qui pourrait autrement être sous-optimal à cause des imperfections du marché**.

TS.4.2 Politiques sectorielles et nationales

Depuis l'AR4, on note une attention croissante aux avantages et aux désavantages de la politique climatique sur d'autres objectifs et vice versa, ce qui a conduit à un centrage sur les politiques élaborées pour intégrer des objectifs multiples (*degré de confiance élevé*).

Les politiques sectorielles ont été plus largement utilisées que les politiques basées sur l'économie d'ensemble et le marché *(degré d'évidence moyen, large concordance)*.

Des systèmes de *cap and trade* (institution de quotas et de marchés de droits) s'établissent dans un nombre croissant de pays et de régions. Leur effet environnemental a été jusqu'à présent limité car les plafonds ont été trop peu rigoureux ou pas encore obligatoires (*faible degré d'évidence, degré de concordance moyen*). Il semble y avoir eu un compromis entre la faisabilité politique et l'efficacité environnementale de ces programmes, de même qu'entre la faisabilité politique et l'équité distributionnelle dans l'allocation des autorisations. Une plus grande efficacité environnementale par un plafonnement plus rigoureux pourrait être combinée avec un prix plafond qui augmente la faisabilité politique.

La confiance est qualifiée de très haute ou haute pour les affirmations :

- **La réduction de subsides à l'énergie fossile peut significativement réduire les émissions à coût social négatif** *(degré de confiance très élevé).*
- **La politique d'innovation technologique est souvent à l'amont des autres politiques d'atténuation** *(degré de confiance élevé)*.

- **La gestion et le financement gouvernemental peut faciliter le passage à des infrastructures et des styles de vie consommant moins d'énergie et émettant moins de GES** *(degré de confiance élevé)*.

TS.4.3 Coopération régionale

La coopération régionale offre des opportunités substantielles d'atténuation dues à la proximité géographique, au partage des infrastructures et cadrages politiques, aux échanges et aux investissements transfrontaliers qu'il serait difficile aux pays de mettre en œuvre isolément (*degré de confiance élevé*).

- **En même temps, des disparités existent entre les opportunités et les capacités d'entreprendre des atténuations** (*degré de confiance moyen*).

- **La coopération régionale n'a eu jusqu'à présent qu'un impact (positif) limité sur l'atténuation** *(degré d'évidence moyen, large concordance).*

TS.4.4 Coopération internationale

L'atténuation du CC est un problème mondial de bien commun qui demande une coopération internationale, mais depuis l'AR4 apparaît une vision plus complexe, aux multiples facettes, de la politique climatique (*degré de confiance très élevé*). Deux caractéristiques du CC nécessitent une coopération internationale : le CC est un problème de bien commun mondial, et il est caractérisé par un haut degré d'hétérogénéité quant aux origines des émissions, aux opportunités d'atténuation, aux impacts climatiques, à la capacité d'atténuation et d'adaptation. Les efforts traditionnels de prise de décision ont été centrés sur une coopération internationale menée pour coordonner les politiques nationales qui seraient adoptées dans un but d'atténuation. Les développements plus récents de ces politiques suggèrent un ensemble de relations plus compliquées entre les prises de décision nationales, régionales et mondiales, basées sur une multiplicité des objectifs, une reconnaissance des bénéfices associés, et des barrières à l'innovation et à la diffusion des technologies. Un défi majeur est d'évaluer si une action politique fortement décentralisée est cohérente avec des efforts d'atténuation mondiale efficaces, équitables et rentables.

La coopération internationale sur le CC s'est diversifiée sur le plan institutionnel au cours de la dernière décennie *(degré de confiance très élevé).*La Convention Cadre des Nations Unies sur le CC (CCNUCC) reste un forum international majeur pour les négociations sur le climat, mais d'autres institutions ont émergé aux échelles mondiales, régionales, nationales et locales. Cette diversité institutionnelle tient d'une part à l'inclusion croissante des questions relatives au CC en d'autres domaines politiques (p. ex. développement durable, commerce international, et droits de l'homme).Ces liens créent des opportunités, des co-bénéfices potentiels, ou des dommages qui n'ont été que partiellement examinés. Finalement, de nouvelles institutions transnationales liées au climat et non centrées sur des états souverains sont nées (p. ex. des partenariats public-privé, des initiatives de gouvernance du secteur privé, des programmes d'ONG transnationales, et des initiatives citoyennes).

Les auteurs ajoutent que :

- **La CCUNCC est actuellement la seule juridiction politique climatique internationale dotée d'une large légitimité, en partie à cause de la participation de presque tous les pays du monde** *(degré de confiance élevé)*.

- **Le commerce international peut promouvoir ou repousser la coopération internationale sur le CC** *(degré de confiance élevé)*.

- **Le Protocole de Montréal, destiné à protéger la couche d'ozone stratosphérique, a réalisé des réductions des émissions globales de GES** *(degré de confiance très élevé)*.

TS.4.5 Investissement et finance

Le passage à une économie faiblement carbonée implique de nouveaux types d'investissements. Un nombre limité d'études ont examiné les besoins d'investissements pour différents scénarios d'atténuation. L'information est largement limitée à l'utilisation de l'énergie.

Les affirmations développées dans cette partie sont toutes caractérisées par un *faible degré d'évidence* et une *concordance moyenne*. On notera que cette section TS.4.5 n'a pas d'équivalent dans le SPM, pas plus d'ailleurs que les sections TS.4.1 « Programmation des politiques, comportement et économie politique » et TS.4.3 « Coopération régionale » [sur la question de la comparaison des TS et SPM, voir l'examen de la méthodologie du GIEC (Devès et al) et la note de lecture d'ensemble des trois WG (Bourrelier et al)].

LECTURE DU 5EME RAPPORT D'ÉVALUATION (AR5) DU GIEC

Paul-Henri Bourrelier

Juillet 2014

Document provisoire

Les trois rapports constitutifs de AR5 sont aujourd'hui approuvés et accessibles : les SPM sont publiés et diffusés depuis le mois d'avril, deux rapports encore étant en phase de finalisation formelle avec une liste de corrections affichées en vue d'effacer les incohérences de détail avec les SPM. La synthèse qui sera établie cet été par le bureau du GIEC ne devrait être, en l'absence d'un groupe scientifique constitué pour l'étayer, qu'un simple regroupement de ses trois composantes. D'ailleurs les grandes manœuvres diplomatiques en vue des COP 20 à Lima et COP 21 à Paris ont commencé.

La lecture proposée ci-après se réfère aux rapports eux-mêmes avec leurs apports de connaissances nouvelles et de pistes ouvertes, ainsi que les silences ou les restrictions dans leurs déductions (rappelons que le GIEC n'est pas prescriptif) ; c'est une mise en perspective.

Nous commencerons par récapituler ce qui nous semble essentiel dans les trois rapports puis nous ferons une lecture transversale et dans une dernière partie nous nous interrogerons sur la pertinence du processus pour répondre aux attentes des « Policy Makers ».

I. Rapport du groupe 1 : *Changements climatiques. Les éléments scientifiques*

Ce rapport s'inscrit dans une grande continuité avec les précédents, tout en apportant des éléments nouveaux significatifs qui reflètent des avancées scientifiques et certaines (universités et grandes revues anglo-saxonnes, académie française des sciences) suscitées par le précédent rapport, il comporte :

1.1. La confirmation du changement climatique observé et son attribution majoritaire à des causes anthropiques, avec toutefois la reconnaissance de l'intervention d'autres facteurs : variabilité naturelle, variations du rayonnement solaire, autres émissions solaires ou cosmiques, éruptions volcaniques…

1.2. La confirmation aussi que les effets radiatifs des émissions des gaz à effet de serre sont eux-mêmes dominant parmi les causes anthropiques et que l'effet du CO2 est parmi eux le plus important (à condition d'intégrer la rétroaction de la vapeur d'eau). L'effet des aérosols est mieux diagnostiqué et différencié selon leur nature.

1.3. Un progrès marqué des connaissances (notamment grâce aux mesures en profondeur par les bouées Argos) concernant l'océan et la cryosphère, et l'accent mis sur leur rôle largement dominant dans l'accumulation thermique du déséquilibre du bilan radiatif terrestre. L'élévation du niveau des océans, de même que les déplacements des espèces marines considérés dans le groupe 2, s'intègrent de façon cohérente dans un corpus robuste de connaissances.

1.4. On constate entre 1998 et 2013 un plateau (quasi stabilité) de la température moyenne de surface. Non prévu, il peut avoir plusieurs causes dont les principales semblent liées à la diffusion de la chaleur dans l'océan Pacifique et aux oscillations cycliques de celui-ci.

1.5. Des progrès continuent à être réalisés dans la restitution du changement climatique disparate à l'échelle de zones géographiques réduites

1.6. Des incertitudes majeures subsistent sans se réduire sensiblement ; elles proviennent des effets de la vapeur d'eau et des nuages et plus généralement du cycle de l'eau, ainsi que des aérosols, des modifications de l'occupation du sol et des réactions de la biosphère. L'effet de serre lui-même comporte des mouvements de convections difficiles à modéliser. Globalement, aux

projections tendancielles des modèles se superpose la variabilité (qui est une forme d'insuffisance des capacités à prévoir, particulièrement à des échelles de temps décennales) dominante jusque 2040, tandis que les faisceaux relatifs à chacun des quatre scénarios de référence de l'évolution des forçages radiatifs (RCPs) ne se resserrent pas ; une projection plus basse apparait même, en relation peut-être avec le constat n°1.4.

II. Rapport du groupe 2 : *Changements climatiques : Impacts, adaptation, vulnérabilité*

2.1. Avec ses trente chapitres, le rapport présente un tableau des impacts positifs comme négatifs beaucoup plus fouillé et riche que les précédents. Cette maturité est le produit du développement impressionnant en qualité et en quantité des études territoriales. Le rapport a aussi exploité les éléments fournis par le rapport spécial établi en collaboration avec l'ISDR sur les évènements extrêmes (SREX, 2012).

2.2. Les impacts du réchauffement et de l'acidification des océans sur les milieux, ressources et activités marines prennent une large extension.

2.3. Les plans d'adaptation mis en place dans un grand nombre de pays sont répertoriés ; ils constituent un acquis indiscutable dans l'appropriation par les autorités publiques de la notion d'adaptation à la variabilité et au changement climatiques.

2.4. Une analyse des vulnérabilités et des risques clés est établie et un classement dans chaque grande zone est avancé; cette tentative pour faire ressortir des priorités est probablement plus inspirée par la communication que représentative de la complexité humaine.

2.5. Les menaces d'événements extrêmes et bifurcations irréversibles susceptibles de se produire avec un effet de surprise (*Tipping Points*), et les difficultés (voire l'impossibilité) de les réduire par l'adaptation, croitront vraisemblablement au fur et à mesure que le réchauffement moyen dépassera un, deux, trois, quatre degrés. Il semble ressortir des expertises qu'il n'y a pas un seuil unique mais une multiplication des situations dangereuses et une accentuation de leur gravité au fur et à mesure que le réchauffement prend de l'importance jusqu'à être de l'ordre de grandeur des variations interglaciaire. Cette affirmation plus ou moins explicite des experts ne repose pas sur une modélisation du développement des crises et d'un état de crise globale.

2.6. Le rapport ne se penche guère sur les actions publiques tendant à contrôler l'exposition de populations vulnérables dans des territoires à forts aléas, une planification limitant de telles implantations serait pourtant une des actions les plus efficaces à l'échelle nationale et internationale.

2.7. Le rapport constate que les déplacements et migrations de populations s'intègrent dans des stratégies d'adaptation multifactorielle mais il ne s'exprime pas sur les politiques à l'égard de ce problème sensible.

2.8. Le concept opérationnel préconisé pour l'adaptation des unités territoriales est celui des *Resilient Pathways* évolutifs et périodiquement infléchis en fonction de réévaluations des données sur le changement climatique et ses impacts.

2.9. Une idée affleurant fréquemment est que les actions engagées dans l'immédiat peuvent être des actions sans regret justifiées par la variabilité ainsi que des bénéfices dans d'autres domaines.

III Rapport du groupe 3 : *Atténuation du changement climatique*

3.1. Le rapport se réfère à l'objectif adopté par la COP Climat à Copenhague et à Cancun-limiter le réchauffement moyen en 2100 au-dessous de 2 degrés ; il retient de l'expertise du groupe 1 que cet objectif aurait de bonnes chances d'être atteint si la concentration de l'atmosphère en CO2 équivalent se situait entre 430 et 480 ppm, ce qui correspond approximativement au RCP 2.6. Il examine néanmoins comment réaliser l'atténuation qui aboutirait à des tranches de concentrations entre 580 et 1000 ppm correspondant aux RCP 4.5 et 6.0 ; les chances de limiter le réchauffement à 3 degrés seraient alors préservées, alors que l'évolution libre apparentée au RCP 8.5 s'inscrirait dans une perspective de réchauffement supérieur à 4 degrés.

3.2. Les émissions mondiales ont continué à croitre sans infléchissement en dépit des efforts d'atténuation ; l'explication est élémentaire : la croissance vigoureuse du PIB mondial n'a pas été compensée par la lente diminution de l'intensité énergétique combinée à une régression relative des énergies fossiles (ou plus exactement du contenu en carbone du mix) qui ne s'est pas produite. C'est donc un changement radical, c'est-à-dire une « transformation » de la façon dont la société produit et consomme l'énergie qui serait nécessaire.
Cette« transformation »se décline dans tous les secteurs de la production et de la consommation (chapitres 7 à 12).

3.3. Pour éclairer les évolutions globales, plusieurs centaines de modèles et plus d'un millier de scénarios ont été rassemblés à la suite d'un appel à contributions adressé aux équipes mondiales qualifiées. Chacune des modélisations dites intégrées est très simplifiée et les parcours optimisés qu'elles décrivent correspondent à des conditions idéales : politique engagée simultanément par tous les pays agissant sur la base d'un prix unique du CO2 et disposant immédiatement des technologies appropriées ; il y peut donc y avoir un grand écart avec des conditions réalistes.

3.4. Plusieurs des scénarios aboutissant à la concentration 430-480 ppm en 2100dépassent celle-ci avant qu'elle se réduise au cours des dernières décennies en passant par un stade où les émissions nettes deviendraient nulles voire négatives. Une telle performance n'est pas impossible en théorie, mais les scénarios de type RCP 4.5 et 6.0 plus réguliers, apparaissent comme plus réalisables. Dans tous les cas, le retard pris dans les vingt premières années est lourdement pénalisant pour les chances de parvenir au résultat final et le coût global du scénario ne peut que s'en ressentir ; le rapport insiste en particulier sur le verrouillage qui peut résulter d'investissements mal orientés dans la période initiale.
Des ordres de grandeur du coût de l'atténuation, exprimés en pourcentage perdus de croissance du PNB, sont avancés ; ils doivent être accueillis avec les plus grandes réserves pour les motifs indiqués précédemment sur la modélisation. La croissance des coûts qui en fin de parcours pourraient atteindre 11% du PNB confirme les doutes exprimés ci-dessus sur la faisabilité du scénario.

3.5. Opérationnellement, la politique proposée vise à s'engager dans des *Transformation Pathways,* cheminements qui impliquent :

- Une éthique exigeante et mobilisatrice, notamment sur le plan de l'équité.
- La réalisation d'actions combinant adaptation et atténuation.

- La conciliation de l'objectif climatique avec d'autres objectifs de développement durable. Le rapport l'affirme avec insistance et conviction, mais reste elliptique sur la méthodologie à employer (en particulier comment comparer des risques extrêmes ?).
- Une intense coopération internationale permettant de pousser plus loin la solidarité tant au niveau mondial qu'aux niveaux régionaux pour lesquels le rapport propose une approche en dix zones.

3.6. Aucun des moyens technologiques permettant le déploiement d'énergies à bas carbone ne doit être a priori écarté : cette évidence désigne d'abord les énergies renouvelables ; mais toutefois, le rapport marque plus de modération que le rapport spécial car il reconnaît que la garantie de livraison devient difficile et couteuse lorsque la part des énergies interruptibles dépasse un certain seuil ; l'expérience allemande qui le démontre n'est pas citée.
Ce sont donc en fait le nucléaire, la capture-stockage du CO2 (CCS), les filières de bioénergie, ou leur combinaison (par exemple BECCS= biologie+ CCS) qui sont mis en avant, à diverses reprises et assez explicitement, dans le rapport du groupe 3 (Le SPM accentuera encore la démonstration faite dans les chapitres 6 et 7 en présentant un tableau montrant une estimation élevée de l'accroissement du coût d'atténuation qui résulterait de telles renonciations).

3.7. Le rapport mise massivement sur les innovations qu'il évoque en de nombreux passages incitant à activer des programmes de recherche et développement à grande échelle sur les trois technologies clés (nucléaire, bioénergie et CCS). Les autres avancées, moins signalées peut-être parce que les auteurs hésitent sur les voies qu'elles emprunteront, concernent le stockage, le transport, l'optimisation des réseaux et des villes par les moyens numériques, le solaire, la gazéification et les vecteurs autres que l'électricité etc.

3.8. Le rapport évoque indirectement les progrès des performances des filières fossiles, lorsqu'il mentionne la substitution du gaz au charbon et les ressources non conventionnelles. Or l'abondance, désormais reconnue, des ressources fossiles aux coûts et aux risques très disparates, peut contribuer par une sélection compétitive à la réalisation des scénarios d'atténuation non radicaux.

3.9. L'atténuation pourrait trouver un terrain favorable en s'attaquant tout de suite aux contrôles des émissions « furtives »de GES autres que le CO2, avec comme co-bénéfice la réduction de polluants dangereux pour la santé.

3.10. Un prix élevé du CO2 (100 à 200 dollars par t.) est considéré comme un levier irremplaçable par le rapport qui laisse l'option libre entre un prix de marché (*Cap and Trade*) et une taxation ; mais l'ordre dans lequel il cite ces deux options et l'analyse fine qu'il donne (chapitre 14) de l'échec du marché européen font apparaitre au lecteur sa préférence pour la voie de la taxe plus frontale mais moins tributaire des marchés.

IV. Lecture transversale des trois rapports

4.1. La progression des connaissances

Les trois groupes de travail ont progressé chacun dans son domaine : le groupe 1 par une meilleure appréciation des réactions des milieux (particulièrement le milieu marin et la cryosphère) et des causes de la variabilité, le groupe 2 en dressant pour la première fois un tableau représentatif des

impacts et des possibilités d'adaptation à toutes échelles, le groupe 3 en esquissant des profils d'atténuation ambitieux mobilisant tous les ressorts (moraux, économiques, technologiques).

La recherche libre (hors des contraintes de l'expertise) est indispensable pour toutes les communautés scientifiques ; celle des climatologues qui constituent le noyau pour le groupe 1 a l'avantage de s'être rassemblée avant la création de l'IPCC dans un grand programme international ; la recherche doit vivre dans l'ouverture sans que le poids de l'expertise devienne une entrave excessive. Les groupes 2 et 3 ont quant à eux besoin de recourir à des formes multiples et changeantes de collaborations pluridisciplinaires dans les champs diversifiés des SHS et des techniques de l'ingénieur.

4.2. Certitudes et incertitudes

Les certitudes du groupe 1 sont renforcées par la cohérence des impacts constatés par le groupe 2, celles des groupes 2 et 3 s'entrecroisent. Chacun des groupes a ses sources d'incertitude : principalement la complexité du climat, les phénomènes chaotiques et l'ignorance des rétroactions négatives qui ont maintenu les variations durant les milliards d'années de l'histoire planétaire pour le groupe 1 ; la reconstitution de plus en plus fine de l'histoire du climat avec ses phases de changement rapide appuie les efforts d'attribution des changements actuels mais les manifestations de la variabilité et les événements extrêmes ne le sont pas individuellement, contrairement à ce qui est souvent dit par les médias. L'imprévisibilité des réactions sociétales et des innovations est à la base de l'incertitude spécifique à laquelle les groupes 2 et 3sont assujettis.
L'étendue de ces incertitudes est liée à l'échelle du temps des projections qui est de l'ordre du siècle ou plus. Chacune est irréductible et l'assemblage des trois expertises affronte le défi d'apprécier leur cumul, opération qui reste à faire.

4.3. Le principe de précaution, la géo-ingénierie du climat etc.

Une réflexion sur l'application du principe de précaution sur les impacts les plus extrêmes du changement climatiques et sur les dangers de certaines options (y compris la mal-adaptation, le danger de pénurie en cas de blocages de solutions de rechange pour les fournitures énergétiques vitales) fait défaut.
Un exemple : les groupes 1 et 3 ont abordé la question de la géo-ingénierie avec des sensibilités éthiques un peu différentes : la communauté scientifique du premier, composée principalement de naturalistes, avec une forte réserve de principe sur une telle escalade de l'interférence humaine dans l'ordre de la nature. Le groupe 3, comportant beaucoup d'ingénieurs et d'économistes, contraint par un objectif de mitigation radical, lui-même enchainant inévitablement si on le prend au sérieux sur une transformation frisant l'utopie, ont souligné qu'il n'y avait pas une frontière franche entre certaines actions qui relèveraient les unes d'une mitigation poussée et les autres de la géo-ingénierie douce.

4.4. Le sens et la portée des modèles.

Les groupes 1 et 3 ont fait un usage de modèles globaux« intégrés » (c'est-à-dire intégrant les principales variables de leurs champs respectifs) comme outils d'exploration des futurs ; le groupe 2, au champ fractal (beaucoup plus éclaté en scènes locales), n'a pas été en mesure de le tenter. Cet obstacle sera à surmonter.

4.5. Les RCPs à l'articulation entre les groupes 1 et 3.

Les RCPs constituent dans le 5e rapport une prothèse d'articulation entre les groupes 1 et 2 : on comprend bien la nécessité pour les deux groupes de disposer d'un jeu de scénarios de référence, faisant l'interface et séparant bien les deux domaines d'investigation. Mais comment ces quatre RCP ont-ils été construits, ne tendant-ils pas à devenir quelque peu normatifs, quelles observations peut-on faire à leur égard à l'issue du 5e rapport ? En fait on ne trouve d'indications minimales que dans des recoins (notes, encadrés, glossaire) de l'un et l'autre rapport

4.6. Les *Pathways* itératifs.

Le rapport en tire la conséquence en proposant de suivre des *Pathways* révisables et itératifs ; ceux de l'adaptation, en continuité avec le passé, valorisant la capacité acquise jusqu'à des butoirs, sont décrits dans le chapitre 20 du rapport central du groupe 2 ; ceux de la mitigation, aux limites de la rupture sous contrainte, sont l'objet du chapitre 6, également central, du rapport du groupe 3. Le rapport n'a pas contesté la notion de transition, mais il ne l'applique qu'à la transformation complète à échéance lointaine.
Le problème fondamental de ces *Pathways* est l'optimisation dans le temps pour un aboutissement dans un siècle alors que tout évolue de façon accélérée : connaissances, technologies, occupation du sol et consommation de ressources … ; périlleux, ils doivent éviter ou sinon récupérer les faux-pas initiaux, même bien intentionnés et motivés par des concepts erronés de transitions prématurées : « maladaptations » évoquées dans le rapport 2, verrouillages mentionnés dans le rapport 3.

4.7. L'intégration aux différents niveaux

La politique climatique se situe d'abord au niveau global et national par le relais des instances intergouvernementales et régionales (au sens de l'ONU) : c'est à ces niveaux que l'intégration doit se concevoir.
L'intégration au niveau local avec un accent sur l'adaptation (alors que l'atténuation a longtemps été seule promue) n'est pas moins intéressante

4.8 .Le langage pédagogique des FAQs

Les FAQs (*Frequently Asked Questions*) constituent trois exposés de volume comparable (3x30 pages) accessibles à l'opinion publique et aux acteurs. Le discours est bien équilibré, n'hésitant pas à insister sur les incertitudes, à la portée des interlocuteurs placés devant des choix de comportement et de conscience.
Ainsi le FAQ 3 du WG2 : *The real challenge of dealing effectively with climate change is recognizing the value of wise and timely decisions in a setting where complete knowledge is impossible. This is the essence of risk management*.
Et le FAQ 2.1 du WG3:*« Human responses to climate change risks and uncertainties can also indicate a failure to put adequate weight on worst-case scenarios. Consideration of the full range of behavior al responses to information will enable policymakers to more effectively communicate climate change risks to stakeholders and to design decision aids and climate change policies that are more likely to be accepted and implemented.*
Il serait souhaitable de valoriser cet effort très appréciable qui va au-delà de la simple pédagogie par le moyen d'une publication groupée suivie d'une forte action de diffusion.

V. Vers un avis aux décideurs ?

Dans cette dernière partie, on s'intéressera aux besoins des « décideurs » au niveau des gouvernements et des instances intergouvernementales.

5.1. La formule du *Summary for Policy Makers* (SPM)

Les Policy Makers sont en premier rang les gouvernements représentés dans les assemblées comme les COP Climat, et à l'AG et institutions relevant des Nations Unies ; mais une acception plus ouverte pourrait inclure les publics avertis, des scientifiques institutionnels, certains ONGs particulièrement impliqués etc. Nous retiendrons ici la conception étroite de la traduction française, en notant qu'il vaudrait la peine de s'interroger sur sa signification.
On doit s'interroger sur l'application de la formule des SPM (voir le rapport sur la méthodologie). De nature hybride, ces SPM doivent être des résumés fidèles tout en s'adaptant aux questionnements de des destinataires particuliers qui ont des décisions à prendre. La responsabilité du texte passe des scientifiques aux représentants des gouvernements.
L'application au 5e rapport montre que les trois SPM sont fidèles : les messages principaux sont répercutés, le décalage avec les trois rapports et notamment leur *Technical Summary* consiste dans l'appauvrissement inhérent à une compaction plus forte, le choix des figures, une prudence encore accentuée des observations relatives à la gouvernance.
La tension se traduit par une inversion de l'ordre normal des publications qui trouble la lecture des rapports et leur analyse par les médias, et par l'absence d'un avis en bonne et due forme, cette absence venant accentuer le principe qui régit le GIEC depuis sa naissance de n'être pas prescriptif.

5.2. Deux degrés pour le réchauffement : objectif ou mythe ?

L'exemple du choix politique relatif à cette limite est une illustration : on ne trouvera nulle part dans la succession des rapports du GIEC une démonstration de la pertinence de cette limite, ni même une formulation précise scientifiquement de ce qu'elle signifie compte tenu de la variabilité, des incertitudes sur l'état de référence, des moyens de mesure. Par une sorte d'aller et retour, elle est retournée au GIEC comme un objectif par les gouvernements qui s'en justifient dans leur communication publique par un supposé avis du GIEC.
Le 5e rapport marque une évolution problématique dans la mesure où toute l'analyse du groupe 3 aboutit à la conviction que cet objectif a très peu de chances d'être atteint, et que l'analyse globale des trois groupes peut laisser penser qu'il ne s'impose peut-être pas. Son statut est-il celui d'un mythe mobilisateur ? Pourquoi pas, à condition sans doute d'en être conscient et d'en tirer les conséquences sur l'intégration de cet outil dans les politiques publiques. En insistant sur les *Pathways* actualisables, les rédacteurs des rapports des groupes 2 et 3 n'auraient-ils pas tendu la perche à des gouvernements embarqués dans des processus de transition aux échéances rigides ?

5.3. Complémentarité entre adaptation et atténuation : asymétrie, optimisation

On a constaté, depuis la création du GIEC l'asymétrie entre adaptation et atténuation. Elle est confirmée dans le 5e rapport.
L'ensemble des exposés des groupes1 et 2 sont en excellente continuité entre eux et avec le passé, la connaissance des phénomènes naturels et l'adaptation étant une caractéristique anthropologique acquise au cours du long passé de l'humanité.
L'exposé du groupe 3 est plus problématique, comme est l'atténuation radicale envisagée dont il n'existe pas de précédent historique. Les études de Jared Diamond (*Effondrement : comment les*

sociétés décident de leur disparition ou de leur survie) montrent qu'au contraire certaines sociétés ont choisi de disparaitre plutôt que de renoncer à des modes de vie et des croyances reposant sur l'exploitation de ressources en voie d'épuisement. Le discours se devrait d'être rigoureux.
Or il est flou sur cinq plans :

a) les objectifs de la politique climatique d'atténuation sont mis en balance avec d'autres objectifs. Il faudrait une mise en perspective.
b) quelles sont les transformations évoquées allusivement ? Manifestement elles touchent aux ressorts fondamentaux du capitalisme.
c) comment instaurer et faire jouer le levier d'un prix unique et élevé du CO2 : taxe ou/et prix de marché ?
d) quel sera le rôle des grands groupes multinationaux, leur compétition, leur contrôle ?
e) enfin comment impliquer effectivement les pays et régions qui se livrent une véritable guerre économique ?

Sur l'asymétrie entre adaptation et atténuation, on peut aussi dire que l'adaptation se place dans le cadre d'actions défensives « sans regret », en partie spontanées et non monétarisées, alors que l'atténuation se situe dans un contexte de co-bénéfices de stratégies offensives d'innovation. Ce n'est pas du tout la même chose pour lever des fonds par exemple.
En définitive, est-il possible de définir une politique unitaire (intégrant les deux composantes), autant que possible optimisée, face aux menaces du changement climatique ?Le fait de ne pas être dans le domaine des risques probabilisables n'interdit pas une telle ambition. Les économistes ont su manifester assez d'audace ailleurs. On sait entrer dans le domaine des représentations des menaces, de l'acceptation de certains risques, domaine qui est certes délicat mais incontournable. Le vif antagonisme initial entre les tenants de chacune des deux composantes s'est atténué avec le temps. Il demeure étrange que cette approche n'ait pas mûri depuis 25 ans. Le 5^{e} rapport prépare le terrain pour de futures analyses mais ne nous fait pas progresser est à cet égard : c'est décevant

5.4. L'intégration dans les politiques de développement durable.

Elle ressort implicitement du rapport du groupe 2 et explicitement de celui du groupe 3.
En termes de ressources, on fera un constat de convergence dans l'objectif du développement durable (mieux qualifié de *sustainable*) : comment faire face aux impacts du changement climatique, aux limites imposées à la croissance indéfinie, deux problématiques qui ont la même origine si on considère que l'augmentation des concentrations de GES est bien due à des limites de l'atmosphère. Les deux rapports du GIEC se sont attachés à l'analyse des systèmes de ressources, en y consacrant dix chapitres (numérotés de 3 à 13) dans le rapport 2, six chapitres (le chapitre 7 sur l'offre et les chapitres 8 à 12, sur les économies de la demande) dans le rapport 3.
Il est regrettable que les travaux sur le développement durable n'abordent guère celui-ci sous l'angle des risques ; le 5^{e} rapport du GIEC suggère (avec insistance en ce qui concerne celui du groupe 3 qui évoque diverses problématiques de risques, par exemple celles des accidents extrêmes, des accidents courants, des contaminations, des conflits) des comparaisons. Il serait judicieux de systématiser cette comparaison des risques qui permettrait d'optimiser les efforts et de comparer les *Pathways* face aux menaces telles que celle du changement climatique, et sans oublier qu'un retard de développement ou un système inégalitaire se traduit aussi par une recrudescence de vulnérabilités aigues c'est-à dire des risques, ni que les atteintes à l'éthique, à commencer par la corruption, génèrent des risques redoutables.

Les actions envisageables sur certains *drivers* du développement durable ne sont abordées qu'avec beaucoup de timidité dans le 5e rapport du GIEC :

- la croissance démographique, qui n'est pas ignorée dans le rapport du groupe 3, pourrait justifier des propositions sur l'éducation, le genre…)
- l'exposition de populations denses, croissantes et pauvres dans des zones à risques forts (zones basses littorales par exemple) qui est soulignée dans le rapport du groupe 2 (passages consacrés notamment aux migrations comme moyen d'adaptation), pourrait justifier à la fois des mesures de relocalisation plus ambitieuses (demandant du courage politique, mais les autres ingrédients de la transformation n'en demandent pas moins : l'utopie du rapport est sélective).

La démarche nouvelle des pathways combinant l'activisme à l'égard des grandes menaces et le pragmatisme répond-elle à l'attente des Policy Makers ? Le 5e rapport peut inquiéter. Toutefois, plusieurs passages quelque peu sibyllins des trois parties semblent placés comme des indices : l'encadré et le paragraphe du SPM du groupe 1 sur la stabilité des températures depuis douze ans en lien avec les circulations de courants thermiques dans l'océan et de radiations dans le cosmos ; le développement proliférant et l'analyse subtile des risques pour les réchauffements moyens supérieur à 2 degrés du rapport du groupe 2 suggérant que le potentiel de l'adaptation a peut-être été sous-estimé ; la prise en considération d'atténuations cohérentes avec les RCP 4.5 et 6.0 par le groupe 3. Est-ce l'esquisse d'un Pathway caractérisé par la modération et par une vigilance tous azimuts et de tous les moments ?

5.5. Ethique et équité.

Les considérations d'équité sont une clé pour qu'une politique soit appropriée par l'opinion et devienne de ce fait opérationnelle. Les rapports des groupes 2 et 3 le disent assez clairement

5.6. Pays leaders

Une dernière observation portera sur les pays leaders et la géopolitique.
Un focus sur la Chine qui a une place tellement importante tant comme pays exposé aux impacts du changement climatique que comme pays émetteur de GES, aurait été justifié ; d'autant plus que la presse fait état de conversations bilatérales entre Chine et USA en vue d'un accord climatique (*Energy News* du 30 avril : « Les Etats-Unis et la Chine, les deux pays les plus pollueurs de la planète, ont commencé une nouvelle phase de négociations sur la réduction de leurs émissions de dioxyde de carbone, dans une démarche appelée " le développement le plus prometteur depuis près de 20 ans de négociations sur le changement climatique " »).
L'Union européenne est dans une position de faiblesse : l'Allemagne ayant prématurément misé lourdement sur les énergies renouvelables et renoncé au nucléaire, voit ses réseaux fragilisés et ses prix internes flamber tout en dépendant du gaz russe et en faisant un retour au charbon. La France peine à valoriser ses atouts que le rapport du GIEC lui reconnait : pour l'atténuation, un nucléaire compétitif qui n'a pas de débouchés à la hauteur de ses capacités (d'où l'hérésie au regard du rapport du GIEC qu'est la réduction du parc) , un potentiel d'hydrocarbures verrouillé, de grands opérateurs (EDF, GDF-Suez, Total, Areva, Alstom ; un appareil de recherche-développement de haute valeur) contraints à déprécier lourdement leurs actifs (Suez, Alstom) et à tourner leur regard et leur capacité d'innovation vers l'étranger ; pour l'adaptation, un potentiel de savoirs dus à sa diversité géographique, à l'extension de son domaine maritime, à ses opérateurs.

LISTE DES PARTICIPANTS

Nom, Prénom	**Organisme**
Bazin Danièle	IFFO-RME
Beaudeau Pascal	Institut national de veille sanitaire
Bériot Nicolas	ONERC MEDDE
Bidault Stéphanie	CEPRI
Bourrelier Paul-Henri	AFPCN
Braillon Céline	CGDD - MEDDE
Bucaille Alain	Imperial College
Cheminot Patrice	Météo France
Décamps Henri	Académie des sciences
Deneufbourg Guy	AFPCN
Devès Maud	IPGP
Diethrich Robert	RD International Consult
Einhorn Benjamin	Pôle Alpin des risques naturels
Eyrard Julien	Action contre la Faim
Faye Jacques	DGPR - MEDDE
Forite Claire	AFEPTB
Genty Anne Laure	Réseau Ferré de France
Goutx David	Météo France
Hubert Emmanuel	EISTI
Kapfer Alain	RHEA
Katz Esther	IRD
Kert Christian	Député des Bouches du Rhône
Jasmin Florence	Association PEXE
Lacressonnière Gwendoline	LSCE - IPSL
Lammel Annamaria	Université Paris 8

Lang Michel	IRSTEA
Lefieux Vincent	RTE
Legrand Henri	CGEDD - MEDDE / ASN
Le Quentrec Michel	AFPCN
Levraut Anne Marie	CGEDD - MEDDE
Loudière Daniel	SHF
Martin Eric	Météo France
Martin Marc Antoine	Académie de l'Eau
Massart Ehrlich Rose Marie	SDSIE - MEDDE
Massué Jean Pierre	Académie européenne des sciences et des arts
Mengus Christine	DGSCGC - Ministère de l'Intérieur
Oliveros Carlos	BRGM
Peyrusaubes Daniel	Université de Poitiers
Pontikis Constantin	ICERMAN
Pottier Nathalie	Université Versailles Saint Quentin en Yvelines
Redaud Jean Luc	Académie de l'eau - Partenariat français pour l'eau
Sabre Maeva	CSTB
Salifou Panga Djamila	ENA
Sauzeau Christine	Journaliste
Sollogoub Pierre	AFPS
Sterza Romain	Croix Rouge Française
Stubenrauch Claudia	Laboratoire de météorologie dynamique CNRS
Tiefenauer Linardon Sarah	EPAMA EPTB Meuse
Vercoutère Maryse	Croix Rouge Française
Veyres Camille	Consultant
Zoh Fabrice	Magistrat - Cameroun

ANNEXES

AR5: CLIMATE CHANGE 2013-2014

Liste des chapitres

WGI: THE PHYSICS SCIENCE BASIS

Front Matter

Summary for Policymakers

Technical Summary

1. Introduction
2. Observations: Atmosphere and Surface
3. Observations: Ocean
4. Observations:Cryosphere
5. Information from Paleoclimate Archives
6. Carbon and Other Biogeochemical Cycles
7. Clouds and Aerosols
8. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing
9. Evaluation of Climate Models
10. Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional
11. Near-term Climate Change: Projections and Predictability
12. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility
13. Sea Level Change
14. Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change

Annexes

I. Atlas of Global and Regional Climate Projections
II. Climate System Scenario Tables
III. Glossary
IV. Acronyms
V. Contributors to the WGI Fifth Assessment Report
VI. Expert Reviewers of the WGI Fifth Assessment Report.

WGII: IMPACTS, ADAPTATION, AND VULNERABILITY

Technical Summary

WGII AR5 Volume-wide Frequently Asked Questions (FAQs)

Volume I: Global and Sectoral Aspects

1. Point of departure
2. Foundations for decision-making
3. Freshwater resources
4. Terrestrial and inland water systems
5. Coastal systems and low-lying areas
6. Ocean systems
7. Food security and food production systems
8. Urban Areas
9. Rural Areas
10. Key economic sectors and services
11. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits
12. Human security
13. Livelihoods and poverty
14. Adaptation needs and options
15. Adaptation planning and implementation
16. Adaptation opportunities, constraints, and limits
17. Economics of adaptation
18. Detection and attribution of observed impacts
19. Emergent risks and key vulnerabilities
20. Climate-resilient pathways: adaptation, mitigation, and sustainable development

Volume II: Regional Aspects

21. Regional context
22. Africa
23. Europe

24. Asia
25. Australasia
26. North America
27. Central and South America
28. Polar Regions
29. Small Islands
30. The Ocean

Cross-Chapter Resources

I. Glossary
II. WGII AR5 Chapter-Specific FAQs
III. Cross-chapter box compendium

WGIII: MITIGATION OF CLIMATE CHANGE

Technical Summary

Changes to the Underlying Scientific/Technical Assessment

1. Introductory Chapter
2. Integrated Risk and Uncertainty Assessment of Climate Change Response Policies
3. Social, Economic and Ethical Concepts and Methods
4. Sustainable Development and Equity
5. Drivers, Trends and Mitigation
6. Assessing Transformation Pathways
7. Energy Systems
8. Transport
9. Buildings
10. Industry
11. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)
12. Human settlements, Infrastructure and Spatial Planning
13. International Cooperation: Agreements and Instruments
14. Regional Development and Cooperation

15. National and Sub-national Policies and Institutions

16. Cross-cutting Investment and Finance Issues

Annex

I. Glossary

II. Metrics and Methodology

III. Technology-specific cost and performance parameters

ENGAGÉS POUR L'EAU DU MONDE.
COMMITTED TO WATER FOR THE WORLD.

Eau et Climat

Enseignements du GIEC : l'adaptation du secteur de l'eau aux changements globaux et climatiques

12 juin 2014

Introduction

Cette note offre un éclairage sur les enseignements du GIEC, 5ème rapport, Volume 2, Chapitre 3 sur l'adaptation au changement climatique en terme d'eau douce. Ce document sera complété pour septembre 2014 avec une analyse complète du 5ème rapport et de ces trois volumes sur les observations eau et changement climatique. Les présidents et groupes de travail du PFE pourront par la suite compléter ce document par des fiches techniques ciblées sur leurs thématiques. Ce document sera repris dans des publications pour le Forum Mondial de l'Eau de Daegu-Gyeongbuk (avril 2015), la Conférences des Parties de Lima (décembre 2014) et de Paris (novembre-décembre 2015).

1. Enseignements du GIEC[10] sur la ressource en eau [11]

La Convention Cadre des Nations unies sur le climat incite la communauté internationale à limiter la hausse des températures d'ici la fin du siècle à 2°C.

Le 5ème rapport du GIEC Volume 1 (2013) sur les changements climatiques examinait divers scénarios d'émission des gaz à effet de serre (GES) pouvant conduire à des hausses de température de 0.5°C à 6°C. L'évolution récente de la croissance des rejets des gaz à effet de serre (GES) rend de moins en moins sûre notre probabilité de pouvoir rester à l'intérieur de la fourchette des 2°C prévu dans la convention(qui implique une stabilisation des rejets de GES au niveau de 600PPM après 2100).

La croissance des rejets de GES rend de plus en plus hypothétique la probabilité de pouvoir rester à l'intérieur de la fourchette des 2 °C prévus par la Convention.

[10] Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)
[11] GIEC, 5ème rapport, Volume 2, chapitre 3

Le rapport 2014 du GIEC Volume 2 (31 mars 2014) sur les impacts, vulnérabilités et adaptation est divisé en deux parties, partie A: Aspects mondiaux et sectoriels, et partie B: Aspects régionaux. La Partie A comprend 20 chapitres dont quatre chapitres en particulier traitant de la question de l'eau (chapitre 3: Eau douce, chapitre 4: Eaux continentales, chapitre 5: Systèmes côtiers et zones basses, chapitre 6: Systèmes océaniques. Il traite plus largement les questions de changement climatique et son interférence avec des activités humaines clés.

Cette analyse portera sur le chapitre (chapitre 3 – Eau douce) et mentionnera certains éléments clés des autres chapitres[12]. Il faut retenir ici que ce rapport du GIEC donne une place importante à l'eau, l'eau étant le secteur par lequel se traduisent beaucoup des impacts du changement climatique sur les sociétés.

Il définit l'adaptation comme le processus d'ajustement au changement climatique prévu ou réel et à ses effets. Dans les systèmes humains l'adaptation vise à modérer et éviter les impacts du changement climatique et à y exploiter les opportunités. Dans les systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'ajustement des milieux au changement.[13]

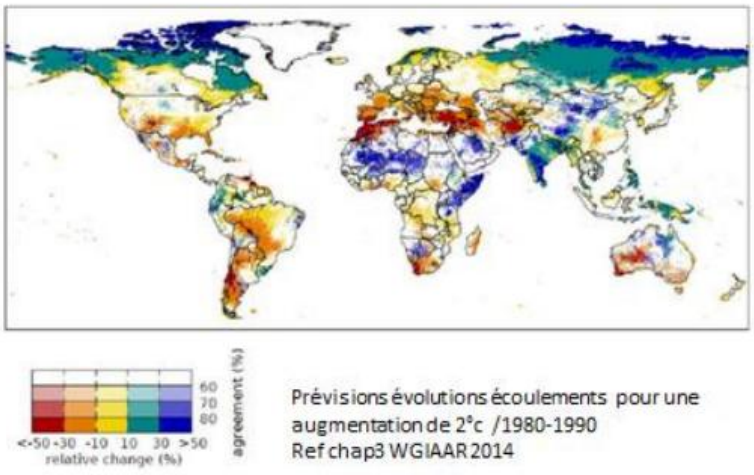
1.1 Le rapport du GIEC, volume 2, en neuf leçons

Leçon n°1: les impacts seront très variables géographiquement et sociologiquement.

Les impacts seront particulièrement marqués sur des régions déjà touchées fortement par des phénomènes d'inondations (Sud Est de l'Asie, Sibérie, Afrique tropicale, Nord de l'Amérique du Sud) ou de sécheresses (régions sèches Subtropicales, Sud de l'Europe et Europe centrale, Sud et Centre de l'Amérique du nord, Amérique Latine, Sud de l'Afrique et région Méditerranéenne).

Les populations les plus vulnérables, notamment dans les pays en développement seront touchées.

Des perspectives d'évolution des écoulements variables géographiquement



[12] Le Partenariat français pour l'eau complétera dans un deuxième temps cette analyse au regard des autres chapitres.

[13] GIEC, 5eme rapport, Volume 2 (31 mars 2014) sur les impacts, vulnérabilités et adaptation synthèse politique: « *Adaptation is the process of adjustment to actual or expectedclimate and itseffects. In human systems, adaptation seeks to moderate or avoid harm or exploit beneficial opportunities. In some natural systems, human intervention may facilitate adjustment to expected climate and its effects."*

Leçon n°2: le rapport du GIEC met en avant l'impact du climat sur la ressource en eau et l'augmentation des risques.

Réduction des ressources renouvelables en eau: au-delà de 2°C de réchauffement par référence à 1990, chaque degré de réchauffement pourrait entrainer une réduction des ressources en eau renouvelables de 20% pour au moins 7% de la population mondiale. Approximativement 80% de la population risque d'être affectée par des insécurités hydriques (disponibilité, demande, pollution) (Vörösmarty *et al.*, 2010). Le changement climatique risque de réduire les ressources en eau renouvelable de la planète (de surface et souterraine), ceci exacerbant les conflits entre usages, notamment dans les zones subtropicales sèches.

La biodiversité est particulièrement affectée par la réduction des zones humides, ceci pouvant provoquer la disparition de plusieurs espèces. La vulnérabilité des écosystèmes génère un potentiel important de pertes économiques.

Le GIEC confirme que l'accélération de la fonte des glaciers dans les prochaines décennies va entraîner un glissement des écoulements d'été vers le printemps, ainsi qu'un réchauffement du pergélisol (risques de libération de grandes quantités de C02 retenues dans le sol).

L'accroissement des variabilités d'écoulements, de la fonte des neiges et glaces réduit l'approvisionnement en eau « sûre » et peut conduire à devoir tirer parti des effets de stockage et de l'utilisation des eaux souterraines. La question de la disponibilité des eaux souterraines et de l'impact du changement climatique sur celles-ci doit être approfondie.

Risques d'inondations : à la fin du 21ème siècle, le nombre de personnes soumises à des risques d'inondation pourrait tripler, générant un potentiel important de pertes économiques et des bouleversements sociétaux.

Réchauffement de l'eau et qualité de l'eau : L'augmentation des températures aura un impact sur la fonte des glaces, mais aussi sur le réchauffement des cours d'eau, ainsi que sur leur débit. Sur un échantillon de simulation de débits pour 200 grandes rivières, un tiers montre des évolutions sensibles d'écoulements.

Elle aggravera la qualité de cette ressource (acidification de l'eau) et affectera la potabilité de l'eau, ainsi que l'équilibre des écosystèmes. L'augmentation de la température de l'eau pour les lacs et réservoirs accélère l'eutrophisation et le développement d'algues. Les océans ne sont pas épargnés, l'augmentation importante de la quantité de dioxyde de carbone génère une acidification importante des océans et une perte de la biodiversité marine.

La variabilité des précipitations et des températures pourront avoir un impact sur l'érosion des sols (évapotranspiration des sols). Cependant le rapport du GIEC souligne le manque d'études et de recherche sur ce point.

Evénements extrêmes : la réduction des ressources en eau renouvelable et la variabilité des précipitations augmentent les risques de sécheresses et d'inondations. Le réchauffement de la température et de l'eau augmente les effets d'évaporation et la potentialité d'évènements extrêmes. Cependant, il manque des preuves des effets du changement climatique sur les événements extrêmes compte-tenu de la faiblesse des séries de mesures sur le long terme. Il existe en effet très peu d'études qui évaluent les évolutions des sécheresses hydrologiques à cause de l'absence de longues séries d'observation non influencées par des interventions humaines.

Une multiplication et une aggravation des catastrophes naturelles ? Un sujet qui reste controversé. A la fin du 21ème siècle, on pourrait aller vers un triplement des populations soumises à des risques d'inondation.

Leçon n° 3: les incertitudes liées aux impacts futurs du changement climatique resteront importantes ce qui doit conduire à réviser nos modes de planification : en hydrologie, nécessité d'un passage des modèles prédictifs (prolongation des séries passées) à des modèles adaptatifs. Cela implique d'examiner les impacts hydrologiques variables pour divers scénarios d'émissions de rejets de GES.

Leçon n°4: les impacts du changement climatique et impacts globaux (démographie, demande renforcée d'eau et d'énergie, modes de production et de consommation non durable etc.) sont étroitement liés et interdépendants. Les impacts du changement climatique sur la ressource en eau peuvent avoir des répercussions sur la situation politique, économique et sociale d'un pays. L'analyse des risques doit donc prendre en compte des paramètres variés.

Le changement climatique s'exprime localement au regard de changements globaux et locaux. Ceci modifie leurs répercussions locales et complexifie leur interprétation. Ces interrelations impliquent de mettre en balance, pour les gestionnaires de ressources en eau, de nombreux autres critères (démographie, aménagement du territoire, urbanisation, irrigation, etc.) et les réactions adaptatives prévisibles des acteurs de l'eau et des populations.

Leçon n°5:**les impacts du changement climatique et les perspectives d'adaptation doivent être pris en compte dans quatre secteurs d'activité principaux liés au secteur de l'eau** : l'agriculture, l'énergie, les services municipaux et la protection/conservation des eaux naturelles (qualité des eaux, protection zones humides, etc.). Le rapport met en avant l'obligation de développer des stratégies de résilience et de privilégier des solutions « sans regrets » (c'est à- dire qu'elles sont déjà bénéfiques dans le contexte actuel). De telles mesures sont par exemple l'entretien de réseaux de drainage, la mise en place de systèmes d'alerte précoce pour le risque de sécheresse, la mise en place de gestions intégrées des zones côtières.14.

Cela rejoint les travaux actuels sur le Nexus (eau, changement global et climatique, agriculture, énergie), qui montre les interrelations entre ces différents secteurs et la nécessité d'une intégration forte des politiques concernées.

[14] AFD, Quel engagement pour une agence de développement en matière d'adaptation au changement climatique ?

- Le rapport du GIEC met en évidence quatre secteurs :

  - Agriculture: les changements climatiques auront un impact sur la température atmosphérique ainsi que l'eau disponible pour l'agriculture .La double pression de la diminution des ressources en eau et à l'augmentation des températures menace la sécurité alimentaire. Les changements climatiques (précipitations, température, radiations) vont accroitre le besoin des plantes en eau. Des projections prévoient une augmentation de la demande d'irrigation en Europe, aux USA et en Asie. Pour l'Inde, le Pakistan, et le sud de la Chine, une légère réduction est prévue grâce à un accroissement des précipitations. Dans les régions avec des sols riches, l'adaptation des plantes aux concentrations de CO2 peut compenser les effets négatifs du changement climatique. L'agriculture pluviale sera menacée par une plus grande variabilité des pluies. Dans les régions à moussons, il est prévu des perspectives de réduction des besoins en eau et une accélération du cycle végétatif du riz paddy.

  - Energie : L'hydroélectricité, l'électricité thermale, l'énergie nucléaire et les bioénergies requièrent de grandes quantités d'eau. Le changement climatique aura un impact sur l'hydroélectricité et l'électricité thermale dû à une baisse des étiages plus accentuée, de la variabilité des débits des fleuves et rivières et des températures plus élevées des ressources en eau (saisonnier, et annuel). Une augmentation du nombre de jours d'indisponibilité pour les eaux de refroidissement en Europe et aux USA est prévue.

  - Services municipaux : Les services municipaux et domestiques seront affectés par l'évaporation de l'eau et la raréfaction de la ressource, ainsi que par la variabilité du débit des cours d'eau. Des mesures de gestion d'équilibre des différents usages de l'eau et de stockage artificiel l'eau devront être prises. La qualité de l'eau pourra être fortement impactée par le réchauffement de celle-ci, ainsi que par la concentration des polluants. Ceci peut avoir un impact important sur les petites unités de traitement de l'eau en milieu rural (pays développés) qui n'ont pas les capacités requises pour assurer un traitement renforcé. Les aléas climatiques comme les tempêtes et l'augmentation du niveau de la mer peuvent menacer les installations d'eau et sanitaires existantes, ainsi que les autres infrastructures (énergie, santé, communication etc).

  - Protection/conservation des eaux naturelles : La raréfaction de la ressource en eau aura des impacts sur les zones humides, qui sont en nette réduction, et de leur biodiversité. Les zones littorales et leurs écosystèmes sont elles aussi menacées par la montée de la mer, qui accéléra aussi l'érosion.

Le rapport du GIEC pointe à ce titre, fort justement, les complémentarités possibles entre ces secteurs, mais aussi les cas potentiels de "mal-adaptation". Des exemples de contradictions potentielles entre stratégies de réduction des GES et d'adaptation sont cités: irrigations, cultures énergétiques, gestion des grands barrages, capture de carbone, bioénergie).

Leçon n°6 : le secteur de l'eau est concerné à la fois par le volet «atténuation» (limitation des GES) et le volet «adaptation». Les gouvernements commencent à développer des plans d'adaptation, mais les efforts restent isolés. La prise en compte de la gestion des risques dans un contexte d'incertitude est nécessaire pour s'adapter. Le GIEC met avant le potentiel des pays en développement d'engager des actions d'adaptation, cependant, il existe peu d'analyses et d'études sur le coût de cette adaptation du secteur de l'eau au niveau local.

Leçon n°7 : Des estimations, jugées encore très sommaires et incertaines, des coûts globaux d'adaptation font état de sommes colossales : pour maintenir les services d'eau actuels jusqu'à 2030 dans 200 pays, les couts globaux d'adaptation en infrastructures additionnelles sont estimés à 531 milliards $ (dont 85% pour les PED) (Kirshen, 2007). Les couts annuels pour l'adaptation au changement climatique de l'Afrique Sub-saharienne sont estimés à 1.1 – 2.7 milliards de $ pour l'infrastructure urbaine déjà réalisée, et 1.0 – 2.5 milliards pour de nouvelles infrastructures correspondant aux critères des objectifs de développement pour le millénaire (Muller, 2007).

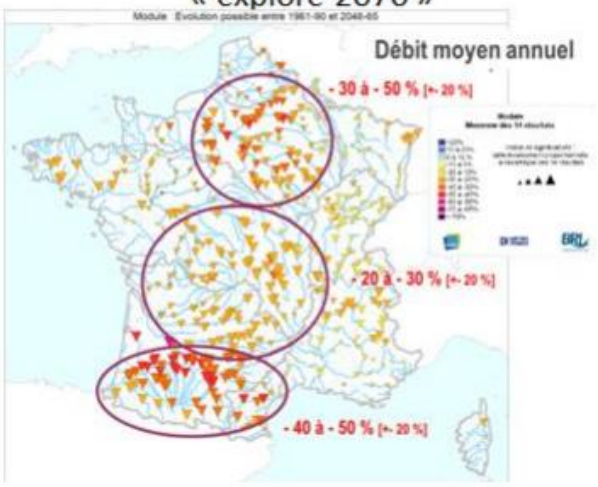
Leçon n°8 : Le changement climatique peut indirectement augmenter les risques de conflits violents, comme les guerres civiles ou les affrontements intergroupes, en amplifiant les déterminants de ces conflits comme la pauvreté et les chocs économiques. La question des réfugiés climatiques est réelle. Ce problème, bien identifié sur le secteur des petites îles menacées de submersion, est susceptible de concerner d'autres zones beaucoup plus importantes soumises demain à des phénomènes d'inondations récurrentes (Bangladesh) ou de phénomènes de désertification.

Leçon n°9 : Il n'est pas possible de s'adapter à tout. Une augmentation trop forte des températures ainsi que des variations trop accentuées du climat, peuvent générer des situations de non-retour, irréversibles. Les problèmes des "hot spots", bien identifié sur les petites îles menacées de submersion, est susceptible de concerner d'autre zones beaucoup plus importantes soumises demain à des phénomènes d'inondations récurrents (Bengladesh) ou à des phénomènes de désertification.

2. La France est-elle prête à faire face à ces changements?

Parmi les multiples impacts soulignés par le GIEC, donc faisant l'objet de références citées, plusieurs concernent la France: réduction des ressources renouvelables, exposition aux inondations, développement des besoins en irrigation, modification du régime des eaux, les sécheresses, besoins en eau agricole, la réduction de la capacité de production des unités thermiques d'énergie pour cause de bas débit, les risques d'une dégradation de la qualité des eaux superficielles, des milieux aquatiques ou des équilibres hydro écologiques etc.

Simulations évolutions débits moyens annuels
« explore 2070 »



- La France dispose d'un Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) adopté en 2011 qui identifie les principaux secteurs d'activités qui devront faire face à des mesures d'adaptation d'ici 2050: agriculture, forêts, biodiversité, énergie, infrastructures routières. Les mesures d'adaptation sont, sur tous ces secteurs, liées directement à la maitrise de l'eau. Le

devenir des ressources en eau fait l'objet d'un chapitre particulier qui met en évidence la grande diversité de la sensibilité de nos territoires face aux risques climatiques en termes quantitatifs et qualitatifs, comme aux risques liés aux catastrophes naturelles. Les régions du grand ouest atlantique en particulier, déjà soumises à des stress hydriques importants pourraient voir leur situation se détériorer fortement d'ici après 2050.

Plusieurs études *(Explore 2070, Garonne 2050, PIREN-Seine, programme Climator (INRA/ANR), etc.)*ont permis de mieux évaluer la sensibilité des territoires aux risques de dégradation des ressources en eau à l'horizon de la deuxième moitié du 21ème siècle (soit au-delà des perspectives de la *Directive-cadre européenne sur l'eau et des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)* existant en France).

Un objectif spécifique y vise une meilleure connaissance du devenir des milieux aquatiques, bien qu'il apparaisse clairement que quasiment tous les secteurs d'activités identifiés sont vulnérables à des risques liés à des désordres hydrologiques ou une dégradation de la qualité des eaux.

La France a subi des accidents majeurs qui interrogent nos concitoyens: crise de canicule de 2006, submersion de 2010, tempêtes et inondations sur le littoral comme sur les rivières pendant l'hiver 2013-2014.

Le changement climatique constitue une inconnue supplémentaire qui devrait conduire à revoir certaines de nos activités et notre fragilité aux aléas naturels (services climatiques, amélioration du système de prévention de risques, promotion de l'agro-écologie, de l'agriculture familiale, adaptation des infrastructures, transition énergétique etc).

3. Changement climatique et changements globaux

Le rapport du GIEC met en avant le lien entre changement climatique et changements globaux. Les impacts du changement climatique et les solutions à donner pour répondre à ces changements ne peuvent être évalués qu'au regard des changements globaux (augmentation de la population globale et de la demande en eau pour les différents usages).S'adapter au changement climatique requiert de mieux comprendre, prévenir et répondre aux multiples risques dont font face les populations, qui varient entre les régions.

La définition des objectifs des Nations unies pour le développement pour l'après 2015 repose la question du futur à donner à notre planète au regard des évolutions et changements globaux.

La prise en compte de l'eau : de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement, à la gestion de la ressource en eau, la dépollution et traitement des eaux usées, et la gestion des risques liés à l'eau, est fondamentale pour donner des orientations pour répondre au grands enjeux et changements d'aujourd'hui.

La question de l'eau doit être visible dans le processus de définition des objectifs du post 2015 des Nations unies ainsi que dans ceux des négociations internationales sur le climat.

Le GIEC rappelle l'importance de traiter de la question de la ressource en eau en lien avec ses interactions avec d'autres secteurs clés comme l'agriculture et l'énergie. Aborder ces défis et garantir l'accessibilité de ces ressources passe nécessairement par une approche d'ensemble de la gestion de l'offre et de la demande pour aller vers un système de production qui soit à la fois résilient, productif et durable.

4. Des raisons d'être optimiste

De nombreuses réalisations au plan international montrent qu'il existe des solutions pour mettre en place des projets et des politiques concernant l'eau permettant de limiter les rejets de GES et de s'adapter au changement climatique.

Le secteur de l'eau est un secteur fort en expérience en réduction des gaz à effets de serre (atténuation) et d'adaptation au changement climatique.

De nombreuses activités peuvent concourir à une réduction des besoins en eau (lutte contre les fuites, avertissements agro-météorologique, conduite des irrigations, réutilisation des eaux usées, développement des zones tampons vertes) et des consommations d'énergie comme le développement du transport fluvial ou des modifications de process (unités de traitements, technologies propres dans l'industrie). Des méthodes de prévention et d'analyse des risques se développent aussi (services climatiques).

Les acteurs français de l'eau travaillant à l'international et réunit au sein du Partenariat français pour l'eau (ONG, collectivités, entreprises, organismes scientifiques, Etat) ont de nombreuses expériences à mettre en avant au niveau international, européen et local. Ces expériences permettent de développer un discours positif sur notre capacité de répondre aux aléas climatiques.

Ces expériences correspondent néanmoins à des expériences spécifiques, qui peuvent inspirer des modes de gestion dans des territoires différents sans aller vers une réplication des modèles d'intervention.

La Convention des Parties sur le Climat (COP 21), qui se tiendra en France en 2015, est une occasion inespérée de faire ressortir les moyens de mise en œuvre d'un engagement pour le climat et de son potentiel concret de réalisation. L'eau, au même titre que d'autres secteurs clés, peut et doit être un exemple fort de bonnes pratiques et d'innovations.

5. Consulter le rapport

http://www.developpement-durable.gouv.fr/Changement-climatique-Publication.html

Synthesis on energy and climate change

Alain Bucaille

March 2014

This synthesis might be submitted to the principal countries of the world for comment, approval or disapproval.

It draws together key considerations on energy, technological progress and climate change.

I. Energy in terms of demographic and economic considerations

1/ Along with food and drink, clothing and shelter, health and education, mobility and communication, energy is a fundamental human need. **However, it is unique in that it contributes to satisfying these other needs:** food, mobility, health, production of industrial goods, communication, etc.

Energy therefore allows humans to **adapt their environment to make their life longer or more comfortable.** And this will be a bitter realization if they run out of energy.

2/ Ever since humans mastered fire, they have used more and more energy. Even today, **the level of energy consumption is one of the indicators - although a fairly crude one - of development** in different regions of the world.

3/ The Earth's population was nearing **half a billion** individuals at the beginning of the common era. It reached the fatal **billion** around the middle of the 19th century before an incredible acceleration in demographic growth saw the population rise to its current figure of **7 billion** in just 160 years, having reached **3 billion in 1960** and **6 billion in 2000.**

The global population is now growing by 90 million individuals each year, and we will doubtless reach 9 billion by the middle of this century. Improved nutrition and healthcare in particular is contributing to this demographic expansion.

4/ Individual consumption is characterized by a constantly growing demand for goods and services, balanced in part by an improvement in energy efficiency due to technical progress, which makes it possible to obtain equivalent services while using less primary energy.

5/ In many cases, this improvement is due to a greater use of electricity, because of better efficiency of electric equipment**.** Furthermore **17% of electricity consumption in developed countries** is already associated to the use of personal computers, televisions and mobile phones.

6/ Currently, every person on earth consumes an average of 1.9 toe per year, which results in an annual cumulative consumption of primary energy of more than 13 billion toe (13 Gtoe/year) when all energy sources are included.

This average of 1.9 toe/year per person hides a huge regional disparity that reflects the north-south divide in terms of development: while an American consumes 8 toe each year, a European uses 4 toe and a Japanese person 3, while someone from India has to survive with just 0.4 toe per year.

7/ After biomass, in the form of food and fire, humans used the muscular energy of animals or other humans. Then, fairly early, they mastered hydro and wind energies in certain applications (windmills, sailing boats) and, of course, solar energy in its passive form. The beginnings of industrialization greatly increased the demand for wood to produce charcoal, and its replacement with coal narrowly saved Western Europe from total deforestation. Later, oil and gas were extracted and used. In the second half of the 20th century, nuclear energy was added to the global energy mix, while the rise of electricity enabled a far greater use of "renewable" energies such as hydroelectricity, wind and solar, by making it possible to physically separate energy production and use without significant expense.

8/ In spite of vital efforts to improve energy efficiency, **the needs of emerging countries are such that energy consumption (without concerted effort) would probably at least increase at the same speed as population itself.**

This is even more true given that the populations of OECD and former-USSR countries have stabilized and the 3 billion people who will doubtless increase the global population in this century will be in emerging countries (China, India, Brazil, etc.) or developing countries (Africa in particular).

Until now growth of the energy demand has always been higher than 1% per year.

9/ In particular, energy consumption for transport by road, sea or air tends to grow at least as fast as the economy because of the important use of emerging economies. It has also been predicted that **by 2030-2040, there will be twice as many cars and air traffic will be increasing at a far greater rate than the economy.**

Increase of goods transport through globalization and economic development is parallel to the economic growth.

10/ Like all human activities, the production and consumption of energy are not without drawbacks: the depletion of local resources, accidents, and air and water pollution, not to mention social and societal impacts.

We know that since the 1950s, this consumption has reached a level that has consequences on a planetary scale, via the greenhouse gas emissions caused by burning coal, oil and gas.

To keep this threat to the climate at a level that would allow humanity to adapt without catastrophe, scientists have recommended to world leaders that global CO2 emissions should be at least reduced by a factor of 2,5 before 2050, even though energy demand risks almost doubling by this point if we want to see economic growth continue at the current rate.

11/ Fossil fuels, oil, petrol and gas, account for 92% of the primary energy used on the planet.

Access to oil reserves is a geopolitical issue as much as an economic one, and this has already been the case for 50 years.

This issue should not be demonized, but should not be unknown or under-estimated.

12/ Excluding traditional biomass and hydroelectric power, **so-called renewable energy sources provide barely 1% of the total.**

The figures speak for themselves: **there is no chance that new renewable energies alone could cover the increases in needs.**

Nuclear power will be necessary as well as carbon sequestration or CO2 recycling if we want to face up the climate change challenge.

13/ The US energy revolution (shale gas yesterday, tight oil today and tomorrow) changes the energy picture throughout the world.

In the short term, combined with prospects in Iran, Nigeria, Libya, it can relax the tension on prices for oil.

14/ In the long term, beyond 2020, the key question is much more to know if we can stabilize the oil price at a level really lower than 150 $/barrel.

We could reach at that time a plateau in conventional oil production and can relax the market with the use of biofuels, shale oil, extra-heavy oil, but it has naturally limits.

15/ The fear of a rapid exhaustion of global fossil fuel resources has vanished at least for fifty years to come, since technological progress and rising prices have allowed the exploitation of new resources.

In the November 2013 issue of the World Energy Outlook, the IEA estimates that recoverable oil, natural gas, and coal resources amount to 178 years, 233 years, and 30 centuries of current production respectively (and still to an impressive 54 years, 61 years and 142 years for proven reserves), provided, that is, that considerable investments are made, but it is clear from these figures that the core of the matter is not resources, but emissions.

As well as for conventional oil as for non conventional gas, key long term problem is less linked to quantities available than to environmental impact of use.

16/ We can already speak for oil about a peak demand in OECD countries and a budgetary floor price for many producing countries and mainly OPEC countries.

17/ Biofuels prospects have now taken off and could be followed by CO2 recycling, with much fundamental research on the latter taking place around the world.

Completion for using biomass (heat, biofuels or biogas) is already a reality.

18/ Between 2000 and 2013, it was coal use that grew quickest: it is on the point of catching up with oil in terms of global consumption.

This coal "explosion" is seriously aggravating the climate threat.

China will change its policy in connection with this consideration, and aim at the use of the cleanest technologies in this field.

19/ The Fukushima-Daiichi accident **set back the nuclear "renaissance"** that began in 2005 by several years.

Yet this “renaissance” **is vital** if we are to achieve our goal of stabilizing the atmospheric concentration of CO2.

20/ It is no accident that electricity occupies a growing share of energy consumption in all developed countries, and that all forecasts confirm this trend. Indeed, compared with other forms of energy, **electricity has specific and often unique advantages:**

- **Electricity is an important crossover point for converting one form of energy to another.** Could we imagine transforming mechanical energy into chemical or light energy without going via electricity?
- **Replacing other forms of primary energy with electricity can often significantly improve the yield**, and therefore the energy efficiency of processes.
- **Electricity makes it possible to separate energy production and consumption**, thereby providing the average citizen with a host of mechanical and electronic servants that would have been inconceivable in the past.
- **Electricity is the preferred, if not only, vector of information and communication** (even the photon traveling through an optic fiber is produced and modulated by electrons…).
- **Electricity is a clean energy** during the transport, distribution and final use phases: producing no pollution and no greenhouse gases (with the exception of ozone). In the case of nuclear, hydroelectric, solar or wind power, or fossil fuels with CCS, it is also clean during the production phase.

21/ Aside from this list of advantages, however, electricity has a considerable weakness: **it is practically impossible to store**, except in small quantities and at a high cost. It can be stored indirectly (pumping stations, flywheels), but this remains marginal.

This weakness explains the still minimal role that electricity plays in the road transport sector, despite the fact that the first car to reach 100 km/h was an electric car (the “Jamais Contente” driven by Jenatzy in April 1899). A battery does not last as long as a tank of petrol, and is “refilled” at a much slower rate…

22/ Another consequence of the electricity storage issue is that if a network is supplied by an intermittent and random source, which is the case for a lot of new renewable energies, another source of conventional generation capacity must be kept ready to supplement it if necessary.

For most countries, this remains a minor issue given that renewable energies represent only a small part of electricity production.

However, if the hoped-for increase in renewable energy share takes place, this will become a more serious issue.

II. Technological perspectives

Electricity and transport currently represent 70% of global CO2 emissions. And we certainly do not lack ways to reduce these carbon levels while continuing to maintain economic growth.

23/ Let us take the example of **electricity** to start with:

- Emissions from **coal-fired plants** could be reduced by 50% in relation to technologies used 10 years ago, but they would cost around 50% more; the same is true of gas-fired plants.
- **Nuclear plants** represent a considerable opportunity for all countries able to set up fully competent safety authorities.
- **Hydroelectric resources** could be further developed in certain countries where water resources are plentiful.
- **Renewable energies** - on-shore wind, off-shore wind, solar - could be developed on a large scale but will always be limited by the intermittence of these resources (almost nowhere has wind every day, the sun does not shine at night).

All these technologies could be developed. Within the G20, they could reduce emissions from electricity to less than **100g of CO2/KWh**. Note that some countries are today close to this level already.

24/ For **transport**, a distinction should be made between different means of transport:

- Traditional **cars** with internal combustion engines could now see their emissions halved and rechargeable hybrid vehicles could as an initial estimation also halve consumption, while electric vehicles for urban-only use could bring about an even greater reduction in emissions if the electricity used is low-carbon.
- **Transport by electric train or by long-distance truck on an electric highway** could largely stabilize emissions from the transport of goods.
- For **short-distance truck transport**, either electric trucks or trucks powered by fuel cells (i.e. hydrogen produced by water electrolysis) could be chosen.
- Finally, **planes** could not only make progress in their overall design but also be fuelled by what are known as “second-generation” biofuels, which are produced from biomass and hydrogen from water electrolysis. Electricity can also contribute.

Electricity is involved in most of these elements.

25/ These issues become even more important when we take on board the fact that, regardless of its cost, **carbon capture and storage** is only possible for carbon released in large amounts and geologically impossible in two-thirds of the world. As we are not going to transport the CO2 thousands of miles, it is likely that we will also begin to study CO2 transformation into methanol, petrol or kerosene.

From this perspective, **cement works** located on the coast could represent a major resource for CO2 recycling.

There are **three other areas** that account for the majority of remaining CO2 production: industry, construction and water.

26/ When considering industry, it is important to differentiate between different **requirements**:

- where there is a need for heat greater than 1200°C,
- where there is a need for heat between 300 and 600°C,
- and the rest.

In the first case, needs may be continuous and must therefore be provided for by electricity. Where needs are occasional, plasma torches can be highly effective.

Where heat requirements fall chiefly in the range of 300 and 600°C, we cannot ignore the value of high temperature nuclear reactors, which can provide electricity, heat and hydrogen to industrial zones.

These measures alone provide scope for largely supplying industry needs with **carbon-free energy**. This is also vital if we wish to overcome the climate challenge.

27/ The issue of construction is more complex on a worldwide scale, as climates differ hugely and there is often confusion over what can be done for new and old buildings.

However, it remains that:

- We could of course improve the insulation of old buildings, but this would represent significantly less than 10% of global energy demands. It would help, but would not be a panacea. It will have secondary benefits such as reduction of fuel poverty.
- We could supply heat everywhere, through geothermic energy, solar water heaters, or wood-fired heating, or by heat pump to complement electric heating.
- It would make a lot of sense to integrate industrial waste heat and waste heat from thermal power generation with residential demands.
- Positive energy buildings are possible but it would take a long time to substitute them for old buildings.
- Truly effective smart meters could help make progress with energy use by private individuals.

If they were linked up, all these sources of technical progress could **stabilize CO2 emissions despite the growing population.**

28/ In this technological landscape, we should not finish without mentioning water needs, and particularly the desalination of sea water. Water requirements are increasing across approximately 20% of the planet, and to deal with this we once again need electricity. Renewables are useful in this regard as water is easier to store than electricity.

28/ To conclude: **we can overcome the climate challenge while maintaining economic growth if we reduce the carbon emissions of electricity, transport and industry and manage the issue of**

buildings more effectively. However, without major developments in electricity, and more specifically carbon-free electricity, there is no way this can be done.

III. Overcoming the climate challenge

30/ It is not easy for us as individuals to appreciate the scale of climate change. We can all see that the climate is already changing. We are getting by in a haphazard way, and find it difficult to imagine what could happen if the average temperature on earth really rose by 4 or 5°C in comparison to the pre-industrial era. Yet if we fail to change global energy policies and such a threshold were reached, many parts of the globe would suffer from either a lack of water or too much water, and hundreds of millions of people would starve or be forced to migrate. Far from being merely an economic problem, climate change would become a geopolitical problem on a scale never before seen.

31/ It is strictly impossible to reconcile economic growth, prices and saving the planet unless we make serious developments in low-carbon electricity, double the share of electricity in the next 40 years and successfully **reduce CO2 emissions to below 100g CO2/KWh within the G20 countries.**

32/ If the industry and transport themselves do not call directly or indirectly for low-carbon electricity, or even manufacturing processes using hydrogen, the challenge will be impossible to overcome.

33/ The creation of **car fleets that emit less than 70g CO2/Km** can be achieved by 2025-2030, at least in the G20 countries.

34/ Even if we are optimistic, **carbon capture and storage will never reduce global CO2 emission by more than 15%. In spite of this, it should not be neglected.** We should not, however, delude ourselves into thinking that CO2 could economically be transported across millions of miles or placed into deep sea-bed storage.

35/ Each major country must specify what it can expect from the **use of biomass for energy.**

36/ All the studies carried out to date show that the fight against climate change could be compatible with sustained economic growth and cost less than 1.5% of global GDP.

37/ If no agreement is found inside the G20 countries it would be very unlikely to define a system that could be appropriate for the world.