



RAPPORT DE SYNTHÈSE

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Risques, défis et décisions au niveau mondial
COPENHAGUE, du 10 au 12 mars 2009

www.climatecongress.ku.dk

Katherine Richardson
Will Steffen
Hans Joachim Schellnhuber
Joseph Alcamo
Terry Barker
Daniel M. Kammen
Rik Leemans
Diana Liverman
Mohan Munasinghe
Balgis Osman-Elasha
Nicholas Stern
Ole Wæver



INTERNATIONAL ALLIANCE OF
RESEARCH UNIVERSITIES

Australian National University, ETH Zürich, National University of Singapore,
Peking University, University of California – Berkeley, University of Cambridge,
University of Copenhagen, University of Oxford, The University of Tokyo, Yale University

Intervenants pléniers

1. Dr. Rajendra K. Pachauri, Director General of The Energy and Resources Institute (TERI) and Chairman of the IPCC
2. Professor Lord Nicholas Stern, IG Patel Professor of Economics and Government, London School of Economics
3. Mr. Anders Fogh Rasmussen, (Former) Prime Minister of Denmark
4. Mrs. Connie Hedegaard, Danish Minister for Climate and Energy
5. Mr. Helge Sander, Danish Minister for Science, Technology and Innovation
6. Mr. John Ashton, Special Representative for Climate Change, United Kingdom Foreign & Commonwealth Office
7. Professor Amanda Lynch, School of Geography and Environmental Sciences, Head of the Monash University Climate program, Monash University
8. Dr. Balgis Osman-Elasha, Higher Council for Environment and Natural Resources (HCENR), Sudan
9. Professor Daniel M. Kammen, Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and Resources Group & Goldman School of Public Policy, University of California, Berkeley
10. Professor Diana Liverman, Director of the Environmental Change Institute, University of Oxford
11. Professor Hans Joachim Schellnhuber, Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Visiting Professor at University of Oxford
12. Professor Katherine Richardson, Vice Dean of the Faculty of Science, University of Copenhagen
13. Professor Nebojsa Nakicenovic, Acting Deputy Director of the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and Professor of Energy Economics, Vienna University of Technology
14. Professor Qingchen Chao, Deputy Director General, Department of Science & Technology Development, China Meteorological Administration
15. Professor Stefan Rahmstorf, Potsdam Institute for Climate Impact Research
16. Professor William D. Nordhaus, Sterling Professor of Economics, Yale University
32. Director Henrik Bindslev, Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark
33. Professor Jim Skea, Research Director, UK Energy Research Centre
34. Professor Diana Ürge-Vorsatz, Department of Environmental Sciences and Policy, Central European University
35. Professor Jiahua Pan, Senior Fellow and Deputy Director, Research Centre for Sustainable Development, Chinese Academy of Social Sciences
36. Professor Dr. Joyeeta Gupta, Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam
37. Professor Warwick McKibbin, Executive Director, CAMA, ANU Office of Business and Economics, Australian National University
38. Professor Pete Smith, School of Biological Sciences, University of Aberdeen
39. Professor Jørgen E. Olesen, Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University
40. Director General Frances Seymour, Centre for International Forestry Research (CIFOR)
41. Professor Jacquie Burgess, Head of School, University of East Anglia
42. Professor Daniel M. Kammen, Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and Resources Group & Goldman School of Public Policy, University of California, Berkeley
43. Dr. James E. Hansen, NASA Goddard Institute for Space Studies
44. Professor Ole John Nielsen, Department of Chemistry, University of Copenhagen
45. Professor Maria Carmen Lemos, Natural Resources and Environment, University of Michigan
46. Professor Torkil Jønhc Clausen, Managing Director of DHI Water, Environment and Health: Water Policy in Denmark.
47. Professor Harold A. Mooney, Department of Biological Sciences, Stanford University
48. Dr. Mark Stafford Smith, Science Director Climate Adaptation Flagship, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
49. Professor Paul Leadley, Laboratoire d'Écologie, Systematique et Evolution (ESE Laboratory), Université Paris-Sud 11
50. Dr. Frank Jotzo, Climate Change Institute, Australian National University
51. Professor Roberto Sanchez Rodriguez, Director of UC Mexus, University of California, Riverside
52. Professor Anette Reenberg, Institute of Geography, University of Copenhagen
53. Professor Pier Vellinga, Programme Director of Climate Change, Wageningen University
54. Dr. Tom Downing, Director of Stockholm Environment Institute's Risks, Livelihoods & Vulnerability Programme
55. Dr. Dagmar Schröter, The Sustainable Development Group of the Umweltbundesamt, Austria
56. Professor John R. Porter, Department of Agricultural Sciences, University of Copenhagen
57. Professor Peter Gregory, Director of Scottish Crop Research Institute (SCRI)
58. Professor Niels Elers Koch, Director General of Forest & Landscape, University of Copenhagen
59. Dr. Jill Jäger, Sustainable Europe Research Institute (SERI)
60. Jamie Pittock, WWF Research Associate, Australian National University
61. Dr. John Christensen, UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development
62. Dr. Fatima Denton, Climate Change Adaptation in Africa (CCAA), Dakar
63. Dr. Koko Warner, Munich Climate Insurance Initiative (MCII)
64. Professor Kazuhiko Takeuchi, Deputy Executive Director of the Integrated Research System for Sustainability Science, The University of Tokyo
65. Professor Dr. Rik Leemans, Department of Environmental Sciences, Wageningen University
66. Professor Ken Caldeira, Carnegie's Institution's Department of Global Ecology, Stanford University
67. Professor Mary Scholes, School of Animal, Plant and Environmental Sciences, University of Witwatersrand
68. Dr. Carol Turley, Plymouth Marine Laboratory
69. Professor Dr. Louise Fresco, University of Amsterdam
70. Dr. Pamela Matson, Dean of the School of Earth Sciences, Stanford University
71. Mr. Agus Sari, Director of Indonesia and Policy Coordinator for Southeast Asia, EcoSecurities
72. Professor Oran Young, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara
73. Dr. Chris Hope, Judge Business School, University of Cambridge
74. Dr. Detlef Sprinz, Senior Scientist, Potsdam Institute for Climate Impact Research
75. Kevin Anderson, Research Director, Energy and Climate Change Programme, Tyndall Centre for Climate Change Research, Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, University of Manchester
76. Dr. Max Boykoff, Environmental Change Institute, University of Oxford
77. Dr. Aled Jones, Deputy Director, University of Cambridge Programme for Industry, University of Cambridge
78. Professor Johan Rockström, University of Stockholm & Executive Director at Stockholm Environment Institute
79. Dr. Tariq Banuri, Senior Researcher, Stockholm Environment Institute
80. Professor Ole Wæver, Political Science Department, University of Copenhagen
81. Professor Karen O'Brien, Department of Sociology and Human Geography, University of Oslo
82. Professor Thomas Heyd, Department of Philosophy, University of Victoria
83. Dr. Katrine Krogh Andersen, Special Advisor, Danish Ministry of Climate & Energy
84. Dr. Andreas Barkman, Head of Air and Climate Change Mitigation, European Environment Agency

Présidences de session

1. Professor Dorthe Dahl-Jensen, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen
2. Dr. Konrad Steffen, Director of Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES), University of Colorado at Boulder
3. Professor John Mitchell, Director of Climate Science, UK Meteorological Office
4. Professor Masahide Kimoto, Deputy Director, Center for Climate System Research, The University of Tokyo
5. Professor Dr. Martin Visbeck, The Leibniz-Institute of Marine Sciences at the University of Kiel (IFM-GEOMAR)
6. Professor Nathan Bindoff, Institute of Antarctic and Southern Ocean Studies, University of Tasmania
7. Dr. Michael Raupach, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Marine and Atmospheric Research, leader of the Continental Biogeochemical Cycles Research Team
8. Professor Dr. Nicolas Gruber, Institut für Biogeochemie und Schadstoffdynamik, ETH Zurich
9. Professor Martin Claussen, Max Planck Institute for Meteorology, University of Hamburg
10. Professor Matthew England, Climate Change Research Centre (CCRC) University of New South Wales
11. Professor Tim Lenton, Laboratory for Global Marine and Atmospheric Chemistry, School of Environmental Sciences, University of East Anglia
12. Dr. Bette Otto-Bliesner, Senior Scientist in the Paleoclimate Group in the Climate and Global Dynamics Division, The National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder, Colorado.
13. Dr. Chris Turney, Department of Geography, University of Exeter
14. Professor Keith Paustian, The Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University
15. Professor Scott Denning, Department of Atmospheric Science, Colorado State University
16. Professor Ann Henderson-Sellers, Department of Physical Geography, Macquarie University
17. Dr. Paul Baer, Research Director, EcoEquity
18. Dr. Sivan Kartha, Stockholm Environment Institute (SEI)
19. Professor Timmons Roberts, Institute for the Theory and Practice of International Relations, The College of William and Mary & Environmental Change Institute, University of Oxford
20. Professor Coleen Vogel, School of Geography, Archaeology and Environmental Studies, University of the Witwatersrand
21. Dr. Carlos Nobre, Brazil National Institute for Space Research
22. Dr. Cameron Hepburn, Smith School of Enterprise and the Environment, University of Oxford
23. Professor Dale Jamieson, Director of Environmental Studies, New York University
24. Professor Anthony J. McMichael, National Centre of Epidemiology and Population Health, Australian National University
25. Dr. Roberto Bertollini, Director of Division of Technical Support, Health Determinants, WHO Regional Office for Europe
26. Professor Mark S. Ashton, Yale School of Forestry and Environmental Studies, Yale University
27. Professor Liping Zhou, Peking University
28. Dr. Pep Canadell, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Marine and Atmospheric Research, Executive Director Global Carbon Project
29. Professor Dr. Wim C. Turkenburg, Director Copernicus Institute, Utrecht University
30. Professor Claus Felby, Forest & Landscape, University of Copenhagen
31. Science Manager Anders Viksø-Nielsen, Novozymes Biofuels R&D
52. Professor Anette Reenberg, Institute of Geography, University of Copenhagen
53. Professor Pier Vellinga, Programme Director of Climate Change, Wageningen University
54. Dr. Tom Downing, Director of Stockholm Environment Institute's Risks, Livelihoods & Vulnerability Programme
55. Dr. Dagmar Schröter, The Sustainable Development Group of the Umweltbundesamt, Austria
56. Professor John R. Porter, Department of Agricultural Sciences, University of Copenhagen
57. Professor Peter Gregory, Director of Scottish Crop Research Institute (SCRI)
58. Professor Niels Elers Koch, Director General of Forest & Landscape, University of Copenhagen
59. Dr. Jill Jäger, Sustainable Europe Research Institute (SERI)
60. Jamie Pittock, WWF Research Associate, Australian National University
61. Dr. John Christensen, UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development
62. Dr. Fatima Denton, Climate Change Adaptation in Africa (CCAA), Dakar
63. Dr. Koko Warner, Munich Climate Insurance Initiative (MCII)
64. Professor Kazuhiko Takeuchi, Deputy Executive Director of the Integrated Research System for Sustainability Science, The University of Tokyo
65. Professor Dr. Rik Leemans, Department of Environmental Sciences, Wageningen University
66. Professor Ken Caldeira, Carnegie's Institution's Department of Global Ecology, Stanford University
67. Professor Mary Scholes, School of Animal, Plant and Environmental Sciences, University of Witwatersrand
68. Dr. Carol Turley, Plymouth Marine Laboratory
69. Professor Dr. Louise Fresco, University of Amsterdam
70. Dr. Pamela Matson, Dean of the School of Earth Sciences, Stanford University
71. Mr. Agus Sari, Director of Indonesia and Policy Coordinator for Southeast Asia, EcoSecurities
72. Professor Oran Young, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara
73. Dr. Chris Hope, Judge Business School, University of Cambridge
74. Dr. Detlef Sprinz, Senior Scientist, Potsdam Institute for Climate Impact Research
75. Kevin Anderson, Research Director, Energy and Climate Change Programme, Tyndall Centre for Climate Change Research, Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, University of Manchester
76. Dr. Max Boykoff, Environmental Change Institute, University of Oxford
77. Dr. Aled Jones, Deputy Director, University of Cambridge Programme for Industry, University of Cambridge
78. Professor Johan Rockström, University of Stockholm & Executive Director at Stockholm Environment Institute
79. Dr. Tariq Banuri, Senior Researcher, Stockholm Environment Institute
80. Professor Ole Wæver, Political Science Department, University of Copenhagen
81. Professor Karen O'Brien, Department of Sociology and Human Geography, University of Oslo
82. Professor Thomas Heyd, Department of Philosophy, University of Victoria
83. Dr. Katrine Krogh Andersen, Special Advisor, Danish Ministry of Climate & Energy
84. Dr. Andreas Barkman, Head of Air and Climate Change Mitigation, European Environment Agency

RAPPORT DE SYNTHÈSE

de

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Risques, défis et décisions au niveau mondial

COPENHAGUE, du 10 au 12 mars 2009

www.climatecongress.ku.dk

ÉQUIPE D'AUTEURS

Professor Katherine Richardson (présidence),
Vice Dean of the Faculty of Science, University of Copenhagen

Professor Will Steffen,
Executive Director of the ANU Climate Change Institute,
Australian National University

Professor Hans Joachim Schellnhuber,
Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and
Visiting Professor at University of Oxford

Professor Joseph Alcamo,
Chief Scientist (Designate) of the United Nations Environment
Programme (UNEP)

Dr. Terry Barker,
Centre for Climate Change Mitigation Research, Department of Land
Economy, University of Cambridge

Professor Daniel M. Kammen,
Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and
Resources Group & Goldman School of Public Policy
University of California – Berkeley

Professor Dr. Rik Leemans,
Department of Environmental Sciences, Wageningen University

Professor Diana Liverman,
Director of the Environmental Change Institute, University of Oxford

Professor Mohan Munasinghe,
Munasinghe Institute for Development (MIND), Sri Lanka

Dr. Balgis Osman-Elasha,
Higher Council for Environment & Natural Resources (HCENR), Sudan

Professor Lord Nicholas Stern,
IG Patel Professor of Economics and Government,
London School of Economics

Professor Ole Wæver,
Political Science Department, University of Copenhagen

University of Copenhagen

Rapport de synthèse de

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Risques, défis et décisions au niveau mondial

COPENHAGUE, du 10 au 12 mars 2009

www.climatecongress.ku.dk

Conception graphique : Konform.com

ISBN 978-87-90655-72-3

Imprimé au Danemark 2009

PRÉFACE

La United Nations Framework Convention on Climate Change (CCNUCC) qui se tiendra à Copenhague en Décembre 2009 (la 15^{ème} conférence des parties, COP15) sera une étape primordiale dans le développement d'une réponse mondiale à la menace du changement climatique causé par les activités humaines. La première contribution scientifique à ces négociations est le quatrième rapport d'évaluation du panel intergouvernemental sur les changements climatiques (GIEC), publié en 2007ⁱ. Le rapport du GIEC a contribué à l'augmentation de la prise de conscience à la fois du public et des politiciens, à propos des risques sociétaux associés aux émissions incontrôlées de gaz à effet de serre.

Depuis la publication du rapport du GIEC, de nouvelles découvertes ont émergé, développant la compréhension des impacts de l'influence humaine sur le climat, ainsi que les options de réponse et les approches qui sont disponibles pour s'attaquer à cette question complexe. Afin de synthétiser ces nouvelles découvertes, l'International Alliance of Research Universitiesⁱ a organisé un congrès scientifique international sur les changements climatiques, *Le changement climatique : Risques, défis et décisions au niveau mondial*, qui s'est tenu à Copenhague du 10 au 12 mars 2009. La participation au congrès était ouverte à tous. La plupart des 2500 personnes environ, qui étaient présentes au congrès étaient des chercheurs, dont beaucoup ont aussi contribué aux rapports du GIEC. Les participants venaient de près de 80 pays différents et ont contribué à plus de 1400 présentations scientifiques. Des extraits de toutes les présentations scientifiques effectuées se trouvent sur www.iop.org/EJ/volume/1755-1315/6, et une transcription de la session plénière se trouve sur environmentalresearchweb.org/cws/article/opinion/39126.

Ce rapport de synthèse offre une présentation générale d'un vaste éventail de recherches pertinentes aux changements climatiques – y compris en science climatique fondamentale, sur les impacts des changements climatiques sur la société et l'environnement, et sur de nombreux outils et approches disponibles pour relever efficacement les défis du changement climatique. Le rapport a été produit par une équipe d'auteurs comprenant des membres du Comité d'orientation scientifique pour le congrès de l'IARU et des individus invités pour compléter, d'un point de vue académique, et géographique l'équipe des auteurs. Il est basé sur les 16 discours plénières donnés au congrès ainsi que sur la contribution de plus de 80 présidents et co-présidents des 58 sessions parallèles tenues au congrès. Les noms des intervenants plénières, des présidents et des co-présidents des sessions parallèles se trouvent à l'intérieur de la couverture de ce volume. L'équipe d'auteurs s'est, en plus des présentations au congrès, appuyée sur des publications scientifiques récentes pour créer cette synthèse.

Ce rapport a été évalué de manière critique par des représentants de l'Earth System Science Partnership (ESSP)ⁱⁱ, par les présidents et co-présidents des sessions parallèles et par un à quatre chercheurs indépendants de chaque université de l'IARU. Ce processus d'évaluation a été mis en place pour s'assurer que les messages de ce rapport sont solidement et précisément basés sur les nouvelles recherches produites depuis le dernier rapport du GIEC et qu'ils reflètent fidèlement le travail récent de la communauté scientifique internationale sur les changements climatiques.

ⁱ IARU (International Alliance of Research Universities): (<http://www.iaruni.org/>)
Australian National University, University of California – Berkeley, University of Cambridge, University of Copenhagen, ETH Zürich, National University of Singapore, University of Oxford, Peking University, The University of Tokyo, Yale University.

ⁱⁱ L'ESSP (www.essp.org) est un partenariat des programmes de recherche internationale, comprenant le World Climate Research Programme (WCRP), l'International Geosphere Biosphere Programme (IGBP), l'International Human Dimensions Programme for Global Change Research (IHDP) et DIVERSITAS, un programme international sur les sciences de la biodiversité.



RÉSUMÉ DE PRÉSENTATION

Les sociétés passées ont réagi lorsqu'elles ont compris que leurs propres activités causaient des changements environnementaux délétères, en contrôlant et en modifiant les activités perturbatrices. Les preuves scientifiques montrent maintenant de façon incontestable que les activités humaines, surtout la combustion de carburant d'origine fossiles, influencent le climat de manière à menacer le bien-être et le développement continu de la société humaine. Si l'humanité doit apprendre de l'histoire et limiter ces menaces, le temps est venu de contrôler davantage les activités humaines qui sont en train de changer les conditions fondamentales de la vie sur Terre.

Pour décider des mesures efficaces de contrôle, une meilleure compréhension de la manière dont les activités humaines changent le climat et des implications du changement climatique incontrôlé, doit être répandue chez les dirigeants nationaux et internationaux, ainsi que dans le public.

L'objectif de ce rapport est de fournir, pour un éventail élargi de publics, une mise à jour des toutes dernières interprétations sur les changements climatiques causés par les activités humaines, les implications sociales et environnementales de ces changements et les options possibles pour que la société réponde aux défis posés par les changements climatiques.

Ces interprétations sont communiquées à travers six messages principaux :

MESSAGE PRINCIPAL N° 1 : **TENDANCES CLIMATIQUES**

Des observations récentes montrent que les émissions de gaz à effet de serre et de nombreux aspects du climat se rapprochent de la limite supérieure de la fourchette de prévisions du GIEC. Beaucoup d'indicateurs climatiques-clés évoluent déjà au-delà des modèles de variabilité naturelle dans lesquels la société et l'économie contemporaines se sont développées et épanouies. Ces indicateurs comprennent la température moyenne en surface à l'échelle mondiale, la montée du niveau de la mer, la température océanique mondiale, l'étendue glaciaire marine arctique, l'acidification océanique et les phénomènes climatiques extrêmes. Avec des émissions inchangées, de nombreuses tendances climatiques s'accroîtront probablement, conduisant à un risque croissant de modifications climatiques abruptes ou irréversibles.

MESSAGE PRINCIPAL N° 2 : **PERTURBATIONS SOCIALES ET ENVIRONNEMENTALES**

La communauté scientifique fournit de nombreuses informations pour alimenter les débats sur les « changements climatiques dangereux ». Des observations récentes montrent que les sociétés et les écosystèmes sont très vulnérables aux changements climatiques les plus modestes, avec les pays et communautés pauvres, les services écosystémiques et la biodiversité particulièrement en danger. Les augmentations de température au-dessus de 2°C seront difficiles à supporter pour les sociétés contemporaines, et sont susceptibles de provoquer des perturbations sociétales et environnementales durant le reste de ce siècle et au-delà.

MESSAGE PRINCIPAL N° 3 : **STRATÉGIE À LONG TERME : OBJECTIFS MONDIAUX ET PLANIFICATION**

Une atténuation rapide, soutenue et efficace basée sur une action coordonnée, mondiale et régionale est nécessaire, pour éviter des « changements climatiques dangereux », quelle que soit la définition qui leur est donnée. Des objectifs plus faibles pour 2020 augmentent le risque d'impacts sérieux, y compris le dépassement de points de basculement, et rendent la tâche d'atteindre les objectifs de 2050 d'autant plus difficile et coûteuse. Fixer un prix à long terme crédible pour le carbone et l'adoption de politiques visant à promouvoir les économies d'énergie et les technologies faibles en carbone sont indispensables à une atténuation efficace.

MESSAGE PRINCIPAL N° 4 : **DIMENSIONS D'ÉQUITÉ**

Le changement climatique a et aura des effets importants de différenciation sur les gens dans et entre pays et régions, sur cette génération et celles à venir, et sur les sociétés humaines et le monde naturel. Un filet de sécurité d'adaptation bien financé et efficace est nécessaire pour les personnes les moins capables de supporter les impacts des changements climatiques, et des stratégies équitables d'atténuation sont nécessaires pour protéger les pauvres et les plus vulnérables. S'attaquer aux changements climatiques devrait être considéré comme intégral aux objectifs plus élargis de dynamisation du développement socio-économique et de l'équité à travers le monde.

MESSAGE PRINCIPAL N° 5 : **L'INACTION EST INEXCUSABLE**

La société possède déjà beaucoup d'outils et d'approches – économiques, technologiques, comportementaux, et de gestion – pour agir efficacement face au défi que pose le changement climatique. Si ces outils ne sont pas vigoureusement et largement mis en place, l'adaptation aux changements climatiques inévitables et la transformation sociétale nécessaires pour décarboniser les économies ne seront pas réalisées. Un vaste éventail d'avantages découlera d'efforts concentrés pour aboutir à une adaptation et à une atténuation efficaces et rapides. Ceux-ci comprennent la croissance de l'emploi dans le secteur de l'énergie durable ; des réductions des coûts de santé, sociaux et environnementaux des changements climatiques ; et la réparation des écosystèmes ainsi que la revitalisation des services en provenance de l'écosystème.

MESSAGE PRINCIPAL N° 6 : **RELEVER LE DÉFI**

Pour que la transformation sociétale exigée pour faire face aux changements climatiques se réalise, un certain nombre de restrictions importantes doivent être surmontées et les opportunités critiques saisies. Celles-ci comprennent la réduction de l'inertie dans les systèmes sociaux et économiques ; profiter d'un désir croissant du public que les gouvernements agissent vis à vis du changement climatique ; la réduction des activités qui augmentent les émissions de gaz à effet de serre et réduisent la capacité de résilience (par exemple, les subventions) ; et permettre le passage de gouvernances inefficaces et institutions faibles à des directions innovantes que ce soit pour les gouvernements, le secteur privé ou la société civile. Relier les changements climatiques aux problèmes plus larges de consommation et de production, ainsi qu'aux questions des droits de l'homme et des valeurs démocratiques est crucial pour faire évoluer les sociétés vers des voies de développement plus durables.

VIVRE AVEC DES RESTRICTIONS ENVIRONNEMENTALES

La Terre a environ 5 milliards d'années. Les hommes, cependant, n'ont été sur la planète que durant 0,004 % de cette histoire ; *L'Homo sapiens* moderne est apparu il y a environ 200 000 ans. Des changements climatiques spectaculaires se sont produits dans la longue histoire de la Terre. Les premiers hommes ont fait l'expérience de certains de ces événements climatiques spectaculaires, et une fraction d'entre eux y ont survécu. Cependant, c'est seulement au cours des 12 000 dernières années, période durant laquelle le climat de la Terre a été relativement chaud et stable, que les hommes se sont véritablement épanouis.

Pendant les conditions climatiques stables de cette période, les hommes ont découvert comment cultiver les plantes et domestiquer les animaux. Ces découvertes, qui se sont déroulées il y a environ 10 000 ans, et ont finalement mené à l'agriculture moderne, ont changé considérablement les relations entre les hommes et la planète. Elles ont brisé une ancienne restriction naturelle du nombre d'hommes, et permis à davantage de personnes de s'épanouir simultanément sur la Terre qu'il n'était possible sans contrôle de la disponibilité alimentaire.

On peut présumer que les premiers fermiers étaient libres d'exploiter la terre là où ils le désiraient. Cependant, lorsque la société – des milliers d'années plus tard – a reconnu que la pratique et le développement de l'agriculture incontrôlés pourraient être néfastes à la société dans son ensemble, des règles locales ont été développées pour gouverner de quelle façon et à quels endroits l'agriculture pouvait être exercée. De même, nos premiers ancêtres ont probablement fait l'expérience d'une absence de restriction sur l'endroit où ils pouvaient se débarrasser de leurs déchets. Lorsque le nombre d'hommes a augmenté à un certain niveau et que l'accumulation des déchets a été reconnue comme un problème de santé ou de pollution, des règles et des technologies ont été

établies pour gérer l'élimination des déchets. Un exemple contemporain de réglementation appliquée mondialement est le protocole de Montréal de 1987, où la communauté internationale a convenu d'agir, sur la base de preuves scientifiques documentant le fait que certains gaz industriels peuvent entraîner des dégradations dangereuses de la couche d'ozone de la Terre.

Dans tous ces cas, le contrôle a seulement été établi lorsqu'il y a eu acceptation générale dans la société qu'une absence continue de réglementation mènerait à des coûts inacceptables. L'histoire de la relation entre l'humanité et l'environnement montre donc que lorsque la société apprend qu'une certaine pratique peut mettre en péril le bien-être de ses membres, des règles, réglementations et autres stratégies sont alors établies pour contrôler la pratique en cause.

Les preuves scientifiques indiquent aujourd'hui sans aucun doute que si l'on autorise les émissions de gaz à effet de serre, provenant des activités humaines, à continuer sans contrôle, le bien-être et le développement de la société contemporaine sera menacé de manière significative. Savoir que les activités humaines influencent le climat confère à la société contemporaine la responsabilité d'agir. Cela nécessite la redéfinition de la relation de l'humanité avec la Terre et – pour le bien fondé du bien-être de la société – cela requiert une gestion des activités humaines qui interfèrent avec le climat. Pour soutenir le développement de réponses efficaces, cependant, cette prise de conscience devrait être disséminée largement en dehors de la communauté scientifique. L'objectif de ce rapport est de communiquer à un large éventail de publics les données les plus à jour du changement climatique rassemblées par la communauté scientifique, ainsi que leurs implications, et les actions nécessaires pour y faire face efficacement.

MESSAGE PRINCIPAL N° 1

TENDANCES CLIMATIQUES

Des observations récentes montrent que les émissions de gaz à effet de serre et de nombreux aspects du climat changent alors qu'ils se rapprochent de la limite supérieure de la fourchette de prévisions du GIEC. Beaucoup d'indicateurs climatiques-clés évoluent déjà au-delà des modèles de variabilité naturelle dans lesquels la société et l'économie contemporaines se sont développées et épanouies. Ces indicateurs comprennent la température moyenne en surface à l'échelle mondiale, la montée du niveau de la mer, la température océanique mondiale, l'étendue glaciaire marine arctique, l'acidification océanique et les phénomènes climatiques extrêmes. Avec des émissions inchangées, de nombreuses tendances climatiques s'accroîtront probablement, conduisant à un risque croissant de modifications climatiques abruptes ou irréversibles.

Le panel intergouvernemental sur le changement climatique (GIEC) a conclu en 2007² que le changement climatique est, sans aucun doute, en train de se dérouler et que la Terre se réchauffe. Plus important encore, le GIEC a conclu qu'il y a plus de 90 % de probabilité pour que ce réchauffement climatique soit causé par les activités humaines – les principales étant les émissions de gaz à effet de serre et l'élimination de la végétation naturelle. Depuis 2007, des rapports comparant les prévisions du GIEC de 1990 avec des observations montrent que certains indicateurs climatiques s'approchent des fourchettes de prévisions les plus élevées ou, comme c'est le cas pour la montée du niveau de la mer (schéma 1), dépassent les prévisions du GIEC. Comprendre la signification de telles observations requiert une compréhension des changements climatiques qui s'étend au-delà du réchauffement de l'atmosphère.

Le climat est largement contrôlé par les flux de chaleur entrant et quittant la planète et par le stockage de chaleur dans divers compartiments du système terrestre – les océans, le sol, l'atmosphère, la neige/la glace. Cette chaleur provient en fin de compte du soleil. Seule une très petite quantité de chaleur est stockée dans l'atmosphère (schéma 2) ; la quantité de loin la plus importante de chaleur

stockée à la surface de la Terre se trouve dans les océans. Les flux de chaleur dans les océans circulent plus lentement que dans l'atmosphère. Cependant, étant donné que les océans stockent autant de chaleur, un changement de la température océanique, qui reflète un changement de la quantité de chaleur stockée dans les océans, constitue un meilleur indicateur de changement climatique que les changements de température dans l'air.

Le schéma 3 montre la tendance de la température de l'air en surface dans les décennies récentes. 2008 a été relativement plus froide que les années immédiatement précédentes, essentiellement parce que le cycle de l'activité magnétique du soleil était à son minimum (cycle des tâches solaires) et un événement La Niña en 2007/2008. Néanmoins, la tendance à long terme d'augmentation de température est claire et la trajectoire de température atmosphérique à la surface de la Terre évolue la fourchette des prévisions du GIEC.

Depuis le dernier rapport du GIEC, les tendances mises à jour des températures océaniques en surface et de l'enthalpie ont été publiées^{4,5}. Ces estimations

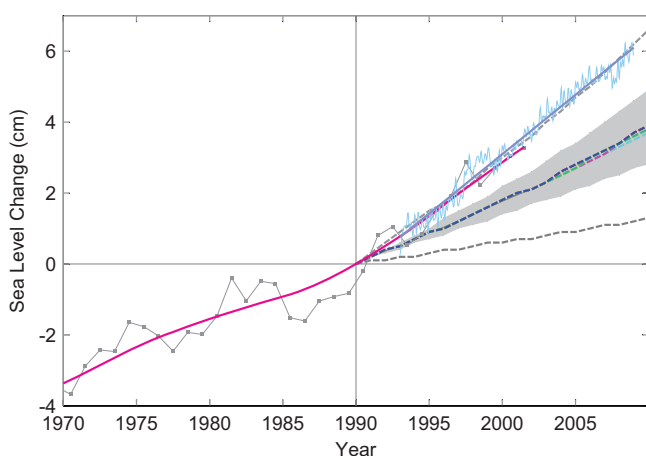


Schéma 1
Changement du niveau de la mer de 1970 à 2008, par rapport au niveau de la mer en 1990. Les lignes pleines sont basées sur des observations temporisées pour éliminer les effets de variabilité interannuelle (les lignes fines connectent les points de données). Les données des années les plus récentes sont obtenues par le biais de capteurs satellitaires. L'enveloppe des prévisions du GIEC est montrée pour comparer ; ceci comprend les lignes interrompues comme des prévisions individuelles et les ombres comme l'incertitude autour des prévisions³.

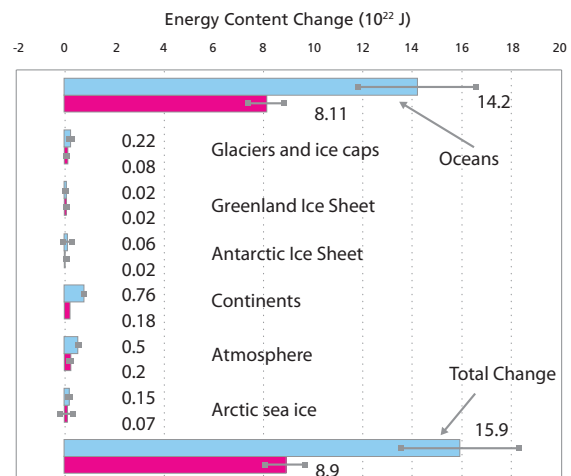


Schéma 2
Le changement du contenu en énergie des différents composants du système terrestre sur deux périodes : de 1961 à 2003 (barres bleues) et de 1993 à 2003 (barres roses)² (schéma 5.4).

Changements dans la calotte glaciaire du Groenland

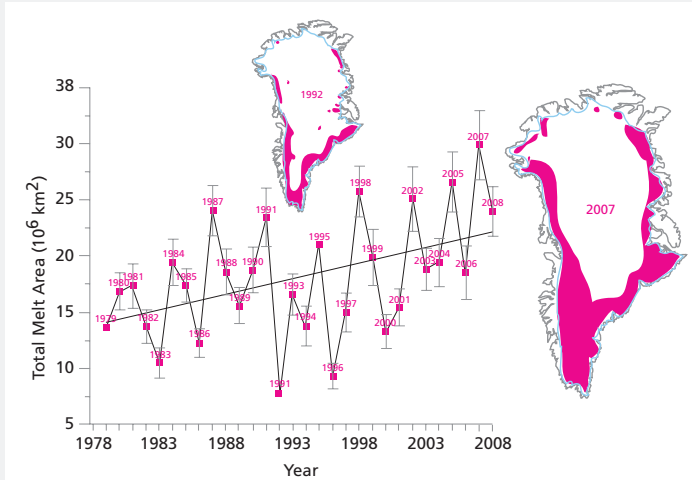
ENCADRÉ 1

Prof. Dorthe Dahl Jensen, ddj@gfy.ku.dk & Dr. Konrad Steffen, Konrad.Steffen@colorado.edu

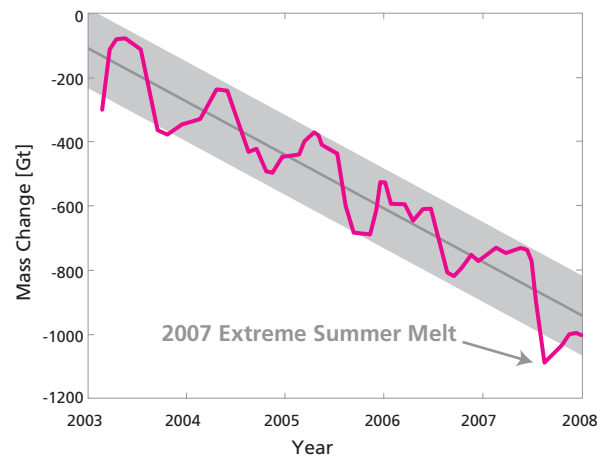
La fonte croissante des grandes calottes glaciaires polaires contribue à l'augmentation observée du niveau de la mer. Les observations de la zone de la calotte glaciaire du Groenland qui a été à la température de point de fonte au moins un jour pendant l'été a augmenté de 50 % entre 1979 et 2008⁶ (voir le schéma). La région du Groenland a connu un été extrêmement chaud en 2007. Toute la zone du Sud du Groenland a atteint les températures de fonte pendant cet été, et la saison de fonte a commencé 10 à 20 jours plus tôt et duré jusqu'à 60 jours de plus au Sud du Groenland⁷.

En plus de la fonte, les larges calottes glaciaires polaires perdent de la masse à cause des chutes de glace, également sensibles aux températures régionales. Les mesures satellitaires des très

légers changements de gravité ont révolutionné la capacité à estimer la perte de masse due à ces processus. Le deuxième schéma montre que la calotte glaciaire du Groenland a perdu de la masse à un taux de 179 Gt/an depuis 2003. Ce taux de perte correspond à une contribution à la montée du niveau de la mer de 0,5mm/an ; la montée du niveau de la mer moyenne totale actuelle est de 3,1 mm/an⁸. Quant aux zones de fonte, la perte de masse pour l'année exceptionnellement chaude de 2007 était très élevée. Les nouvelles observations de la perte de masse croissante des glaciers, des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique mènent à des prévisions de montée moyenne du niveau de la mer d'1 m à l'échelle planétaire ($\pm 0,5$ m) durant le prochain siècle. Les estimations mises à jour de la montée moyenne mondiale du niveau de la mer sont à peu près le double des prévisions du GIEC de 2007^{2b}.



Zone de surface en fonte à travers la calotte glaciaire du Groenland selon les conclusions des observations satellite de la température en surface⁶.



Changements dans la masse de la calotte glaciaire du Groenland entre 2003 et 2008, selon les estimations des mesures satellitaires des changements du champ de gravitation. La zone avec une ombre grise indique le niveau de confiance de 90 % de la ligne droite d'ajustement. L'axe vertical est fixé à une valeur arbitraire de zéro au début de la période d'observation⁸.

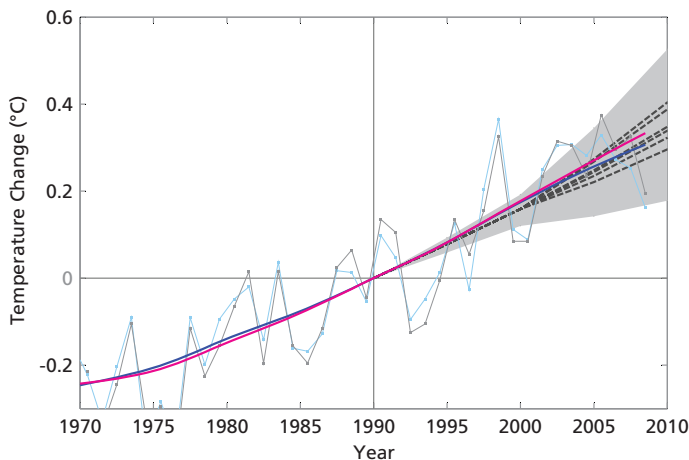


Schéma 3
Variations de la température moyenne mondiale de l'air en surface (ajustées sur 15 ans) (en correction de la première version de ce rapport qui indiquait 11 ans) par rapport à 1990. La ligne bleue représente les données du Hadley Center (bureau météorologique du Royaume Uni) ; la ligne rouge représente les données du GISS (NASA Goddard Institute for Space Studies, USA). Les lignes en pointillé sont les prévisions du troisième rapport d'évaluation du GIEC, avec les ombres indiquant les incertitudes autour des prévisions³ (données entre 2007 et 2008 ajoutées par Rahmstorf, S.).

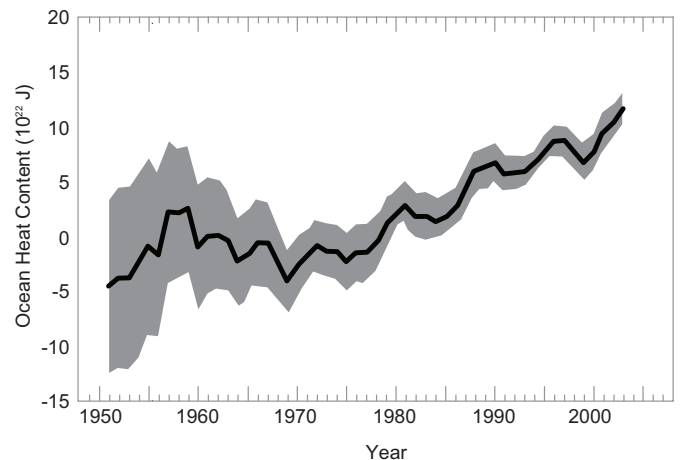


Schéma 4
Changement de l'enthalpie océanique depuis 1951 (observations – ligne noire) avec les incertitudes (ombrées en gris), par rapport à l'enthalpie océanique en 1961⁴.



révisées montrent (schéma 4) que les océans se sont considérablement réchauffés ces dernières années. Les estimations actuelles indiquent que le réchauffement des océans est plus élevé d'environ 50 % que précédemment consigné dans les rapports du GIEC². Les nouvelles estimations permettent de mieux expliquer la tendance concernant le niveau de la mer qui a été observée ces dernières décennies, alors que la plus grande partie de la montée du niveau de la mer observée jusqu'à récemment a été due à l'expansion thermique de l'eau de mer.

Le taux de montée du niveau de la mer a augmenté pendant la période de 1993 à maintenant (schéma 1), en grande partie à cause de la contribution croissante de la perte glaciaire au Groenland (encadré 1) et en Antarctique. Cependant, les modèles de comportement de ces calottes glaciaires polaires sont encore stade, et les prévisions de montée du niveau de la mer à 2100 basées sur de tels « modèles de processus » sont donc très incertains. Une approche alternative est de baser les prévisions sur la relation observée entre l'augmentation moyenne globale en température et la montée du niveau de la mer sur les 120 dernières années, en supposant que cette relation observée continuera à l'avenir. De nouvelles estimations basées sur cette approche suggèrent une montée du niveau de la mer d'environ un mètre ou plus d'ici à 2100¹⁶ (Session d'ouverture (S. Rahmstorf) et session 1).

La montée du niveau de la mer ne s'arrêtera pas en 2100. Les changements dans l'enthalpie océanique continueront à affecter la montée du niveau de la mer pendant au moins plusieurs siècles. La fonte et la perte glaciaire dynamique en Antarctique et au Groenland continueront aussi pendant des siècles. Les changements climatiques que les générations actuelles initient influenceront donc directement nos descendants pendant longtemps. En fait, la température moyenne en surface, baissera à peine dans les mille premières années suivant la suppression totale des émissions de gaz à effet de serre^{9,10}.

Un des développements les plus spectaculaires depuis le dernier rapport du GIEC¹ est la réduction rapide de la surface de glace marine arctique durant l'été. En 2007, la surface minimale couverte a diminué d'environ 2 millions de kilomètres carrés par rapport aux années précédentes. En 2008, la diminution était presque aussi importante¹¹. Cette diminution de surface glaciaire est importante pour le climat plus largement, car la glace et la neige reflètent l'essentiel du rayonnement solaire vers l'atmosphère tandis que l'eau de mer l'absorbe. Un océan sans glace absorbe donc davantage de chaleur qu'un océan recouvert de glace. La perte de la glace marine arctique crée ainsi un « retour » dans le système climatique qui augmente le réchauffement.

La raison principale de l'augmentation en chaleur à la surface de la planète est l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère^{2, 12} (schéma 5). Ces gaz renforcent « l'effet de serre », qui est un processus physique compris et bien documenté du système terrestre – comme la gravité ou les marées – et qui a été connu depuis le 19^{ème} siècle. L'effet de serre naturel est ce qui rend la Terre habitable à l'origine. Les gaz à effet de serre, tels que la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), et l'oxyde nitrique (N₂O) dans l'atmosphère absorbent la chaleur qui quitte la surface de la Terre, retenant ainsi davantage de chaleur près de la surface de la Terre – dans les océans, le sol et l'atmosphère. Sans l'existence de l'effet de serre naturel, la température moyenne de la Terre serait d'environ -19°C, c'est-à-dire environ 34°C de moins qu'aujourd'hui. Toutes les planètes avec des gaz absorbant la chaleur dans leur atmosphère connaissent un effet de serre ; la température de surface

extrême (440°C) de Vénus, par exemple, ne peut être expliquée que par la forte concentration de CO₂ qui s'y trouve.

Changer la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère altère la magnitude de l'effet de serre. La vapeur d'eau est le gaz à effet de serre le plus abondant et apporte la plus grande contribution à l'effet de serre naturel sur Terre. Parce que la capacité de l'atmosphère à contenir la vapeur d'eau est fortement dépendante de la température, la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère est régulée par la température de la Terre elle-même, augmentant ainsi au fur et à mesure que le réchauffement se produit. Ceci signifie que la vapeur d'eau suit et amplifie les changements de la température mondiale qui sont provoqués par d'autres causes. Les activités humaines n'ont pas eu un effet direct important sur les flux mondiaux nets de vapeur d'eau en provenance de l'atmosphère ou dans le sens opposé¹⁶ (session 3), bien que localement, elles aient changé ces flux, par exemple en abattant les forêts ou en établissant des systèmes d'irrigation.

La situation est très différente pour certains des gaz à effet de serre pour lesquels les émissions humaines ont un impact direct. Les concentrations atmosphériques en CO₂, en méthane et en oxyde nitrique ont augmenté ces dernières décennies en conséquence des activités humaines récentes. Les carottes de glace et les données sédimentaires montrent que la concentration de tous ces gaz dans l'atmosphère est dorénavant plus élevée qu'elle ne l'a été bien avant de l'homme moderne. En fait, la concentration en CO₂ dans l'atmosphère n'a pas été considérablement plus élevée qu'elle ne l'est maintenant depuis au moins les 20 derniers millions d'années de l'histoire de la Terre¹⁷.

Le réchauffement initial dû à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre est amplifié par des retours consolidants. Ce sont des processus qui sont causés par les changements climatiques et qui conduisent à davantage de réchauffement en conséquence. En plus des réactions de la glace marine arctique et des vapeurs d'eau décrites ci-dessus, une réaction très importante est reliée aux « puits de carbone » naturels – processus qui absorbent du CO₂ de l'atmosphère. Le CO₂ rejeté dans l'atmosphère par le biais des activités humaines n'y reste pas entièrement. Plus de la moitié du CO₂ rejeté dans l'atmosphère par la combustion de carburant fossile et par les changements d'utilisation du sol est prélevée par les puits de CO₂ dans les sols et les océans. La fraction d'émissions de CO₂ ôtée par ces puits a diminué sur les 50 dernières années¹², preuves que la fraction diminuera davantage sur les décennies à venir avec des scénarios à émissions futures élevées¹² (encadré 2). Si cet affaiblissement des puits de CO₂ naturels continue, une fraction plus importante d'émissions restera dans l'atmosphère, nécessitant une réduction plus forte des émissions pour atteindre des objectifs spécifiques de concentrations en CO₂ dans l'atmosphère.

À des échelles plus petites, un des changements climatiques les plus importants est l'augmentation observée des événements extrêmes – canicules, orages et inondations². De plus, le climat régional est souvent directement lié au comportement de modèles spécifiques de variabilité climatique, tels que les systèmes de mousson, et ces modèles peuvent eux-mêmes être influencés par le climat réchauffé¹⁶ (session 3),¹⁹. Des changements dans les événements exceptionnels et dans les modèles de variabilité naturelle peuvent avoir des conséquences dramatiques pour les sociétés humaines habituées ou dépendantes de gammes de température, de vents et de pluviosité établis depuis longtemps dans des régions spécifiques. La section qui suit traite de certaines des conséquences et de certains risques que l'interférence avec le climat pose pour la société.

Le cycle carbonique mondial

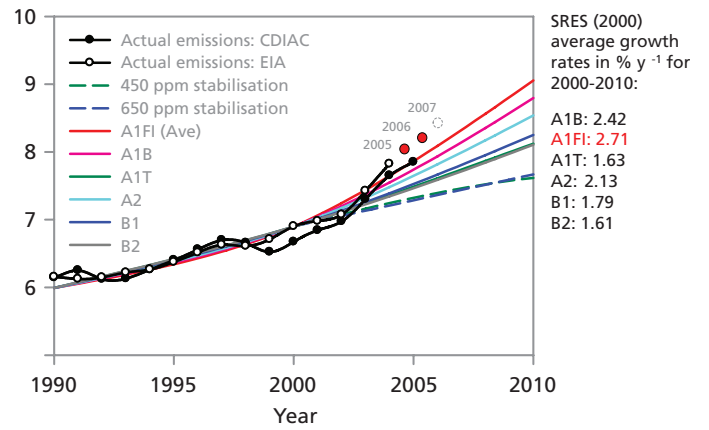
Dr. Michael R. Raupach, Michael.Raupach@csiro.com, Prof. Nicolas Gruber, nicolas.gruber@env.ethz.ch
 Dr. Josep G. Canadell, Pep.Canadell@csiro.au

ENCADRÉ 2

Le cycle carbonique mondial est en grand déséquilibre à cause de l'introduction de CO₂ dans l'atmosphère provenant de la combustion de carburants fossiles et des changements d'utilisation du sol. Les carburants fossiles représentent à présent 85 % des émissions totales, et le changement d'utilisation du sol 15 %. Les émissions totales se sont accrues exponentiellement d'environ 2 % par an depuis 1800. Cependant, les émissions de carburant fossile se sont accélérées depuis 2000 pour croître d'environ 3,4 % par an, un taux de croissance observé qui se trouve du côté plus élevé de la fourchette des taux de croissance dans les scénarios du GIEC. Les émissions totales de CO₂ sont responsables des 2/3 de la croissance du forçage radiatif de tous les gaz à effet de serre.

Sans les puits de CO₂, qui éliminent et stockent le CO₂ de l'atmosphère, les émissions totales de CO₂ d'origine humaine depuis 1800 auraient causé l'augmentation de CO₂ dans l'atmosphère de sa valeur pré-industrielle de 280 ppm à presque 500 ppm. Cependant, le déséquilibre du cycle carbonique pousse la vaste part humaine des CO₂ à être répartie entre les stocks de carbone dans l'atmosphère, sur terre et dans les océans. En conséquence, les puits de CO₂ dans le sol et dans les océans ont régulièrement représenté plus de la moitié des émissions totales de CO₂ depuis 1800 et l'accumulation réelle de CO₂ dans l'atmosphère a augmenté la concentration de CO₂ de seulement 385 ppm (en croissant d'environ 2 ppm par an). Cependant, ces puits de CO₂ sont vulnérables aux changements climatiques et d'utilisation du sol : ils sont fortement susceptibles de s'affaiblir à l'avenir en raison de plusieurs effets, notamment l'acidification des océans, les changements de circulation océanique, et les restrictions en eau, température et nutriments sur l'absorption du sol en CO₂. Aussi, des réserves de carbone précédemment inertes peuvent être mobilisées et rejetées dans l'atmosphère, soit en CO₂ ou en méthane, un gaz à effet de serre plus puissant. Les motifs d'inquiétude comprennent le carbone de tourbière tropicale, qui est vulnérable au débroussaillage et au drainage, et les grands magasins de carbone organique dans le permafrost arctique, qui sont vulnérables au réchauffement.

Des travaux récents commencent à quantifier les effets amplifiants de ces vulnérabilités sur le changement climatique. Il est de plus en plus certain que leur résultat net sera d'amplifier les augmentations de CO₂ et de méthane atmosphériques jusqu'à 2100, amplifiant par la même occasion les changements climatiques. Le facteur d'amplification est mal contenu et les meilleures estimations actuelles varient entre pratiquement zéro et plus de 50 %. Selon le scénario d'émissions A2 du GIEC¹, qui prévoit un réchauffement planétaire d'environ 4°C sans rétroaction carbone-climat, un supplément de 0,1 à 1,5°C est prédit, provenant de la vulnérabilité du sol et des puits océaniques. L'effet supplémentaire des émissions accélérées de méthane et de CO₂ du permafrost qui fond est potentiellement très important, mais pas encore quantifié.



Observations d'émissions de CO₂ provenant des carburants fossiles et des industries, par rapport aux moyennes de 6 groupes de scénarios (avec une ombre grise). Les données des émissions proviennent de deux sources : du Carbon Dioxide Information and Analysis Center (CDIAC – centre d'informations et d'analyses sur le dioxyde de carbone) et de l'International Energy Agency (IEA – agence internationale de l'énergie). Schéma mis à jour en utilisant les données disponibles les plus récentes (www.globalcarbonproject.org) depuis la première publication de ce rapport.

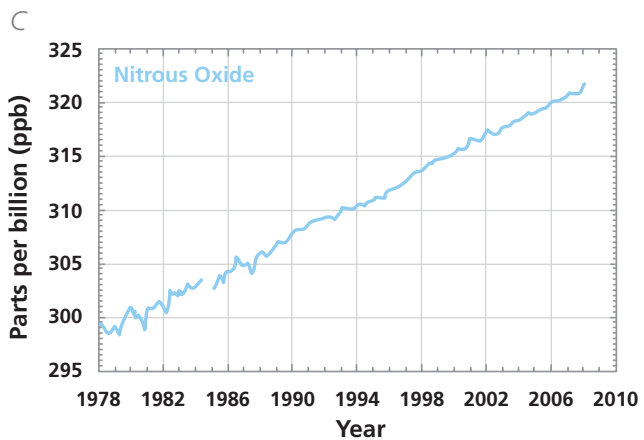
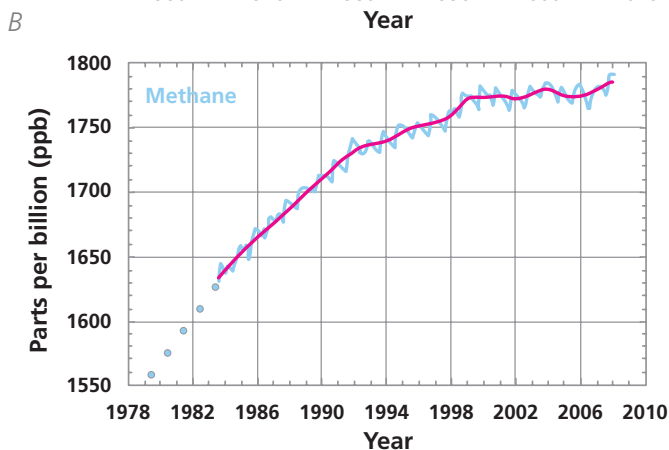
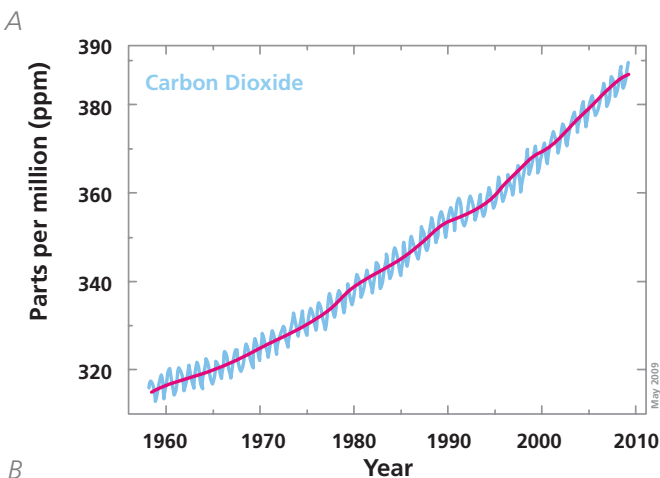


Schéma 5
 Les tendances en concentrations atmosphériques pour le dioxyde de carbone des gaz à effet de serre (A), CO₂, en ppm (parties par million) de 1958 à nos jours¹³ ; (B) le méthane, CH₄, en ppb (parties par milliard) de 1979 à aujourd'hui¹⁴ ; et (C) l'oxyde nitrique, N₂O, en ppb (parties par milliard) de 1978 à aujourd'hui^{2,13,14,15}.

MESSAGE PRINCIPAL N° 2

PERTURBATIONS SOCIALES ET ENVIRONNEMENTALES

La communauté scientifique fournit de nombreuses informations pour alimenter des débats sur les « changements climatiques dangereux ». Des observations récentes démontrent que les sociétés et les écosystèmes sont fortement vulnérables à des changements climatiques même modestes, les pays et communautés pauvres, les services écosystémiques et la biodiversité étant particulièrement en danger. Les augmentations de température au-dessus de 2°C seront difficiles à supporter pour les sociétés contemporaines, et sont susceptibles de provoquer des perturbations sociales et environnementales durant le reste de ce siècle et au-delà.

Définir « les changements climatiques dangereux » est en fin de compte un jugement de valeur que les sociétés doivent déterminer ensemble. Au moins trois types différents de considérations sont importantes : (i) les effets négatifs sur les hommes et les écosystèmes qui interviennent à différents niveaux du changement climatique ; (ii) les niveaux des impacts négatifs que les sociétés sont prêtes à tolérer ; et (iii) les niveaux de changements climatiques qui pourraient dépasser les points de basculement où le changement n'est plus ni linéaire ni réversible, mais abrupt, vaste et potentiellement irréversible dans des délais concernant la société contemporaine. Pour le moment il semble y avoir très peu de tels débats¹⁶ (session 39) malgré le fait que la recherche scientifique procure une mine d'informations primordiales et pertinentes à de telles discussions.

Alors qu'il n'y a pas encore de consensus mondial sur le niveau de changement climatique pouvant être défini comme « dangereux », un soutien considérable²⁰ s'est développé pour restreindre l'augmentation de la température mondiale à un maximum de 2°C au-dessus des niveaux pré-industriels. On y fait souvent référence sous l'appellation de « la limite de sécurité de 2°C ». Le GIEC²¹ ainsi que des recherches scientifiques plus récentes³¹ indiquent que même avec des augmentations de température de moins de 2°C, les impacts peuvent être considérables, bien que certaines sociétés pourraient supporter certains de ces impacts grâce à des initiatives de stratégies d'adaptation. Au-delà de 2°C, les possibilités d'adaptation de la société et des écosystèmes déclinent rapidement avec un risque croissant de perturbation sociale due aux impacts sur la santé, de pénurie d'eau et d'insécurité alimentaire.

Un des meilleurs indicateurs des impacts du changement climatique sur les sociétés est la santé humaine et le bien-être (encadré 3). L'augmentation observée de la température à ce jour, environ 0,7°C, affecte déjà la santé dans de nombreuses sociétés ; le nombre croissant d'événements météorologiques extrêmes, comme les canicules, les inondations et les orages, mène à une augmentation des victimes et blessés résultant des sinistres naturels liés au climat¹. Au-delà des impacts directs sur la santé, les changements climatiques affectent aussi les déterminants sous-jacents de la santé – la quantité et la qualité de l'alimentation, les ressources en eau, et le contrôle écologique des vecteurs de maladies¹⁶ (session 14).

La connexion entre les changements climatiques, la santé humaine et les systèmes d'eau est particulièrement forte. Quant à la santé, les impacts des

changements climatiques sur les systèmes d'eau sont déjà apparents dans de nombreuses parties du monde, avec des impacts s'accroissant, probablement sur plusieurs décennies quels que soient les futurs accords visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (encadré 4). Par exemple, les sécheresses et les assèchements mènent dorénavant à l'instabilité sociale, à l'insécurité alimentaire

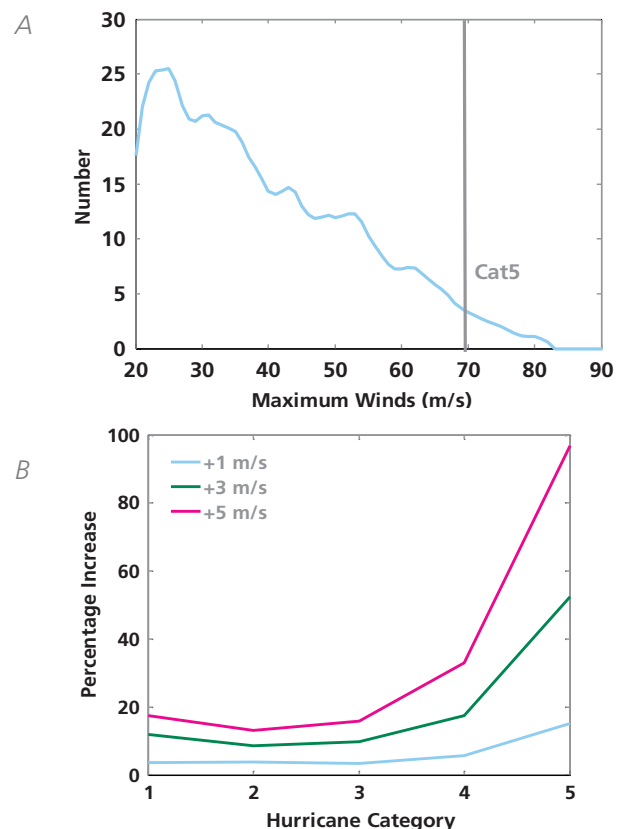


Schéma 6
(A) Nombres de cyclones tropicaux dans l'Atlantique Nord pour chaque vitesse de vent maximum indiquée sur l'axe horizontal. Les cyclones tropicaux les plus intenses (catégorie 5) ont des vitesses de vent maximum de 70 m/s ou plus. (B) Augmentation proportionnelle par catégorie de cyclone (ouragan) (1 le moins intense ; 5 – le plus intense) provenant d'augmentations de vitesses de vent maximum de 1, 3 et 5 m/s. Remarquez l'augmentation disproportionnellement importante des cyclones tropicaux les plus intenses avec des augmentations modestes en vitesse de vent maximale, en comparaison aux cyclones moins intenses²³.

Effets du changement climatique sur la santé humaine et le bien-être

ENCADRÉ 3

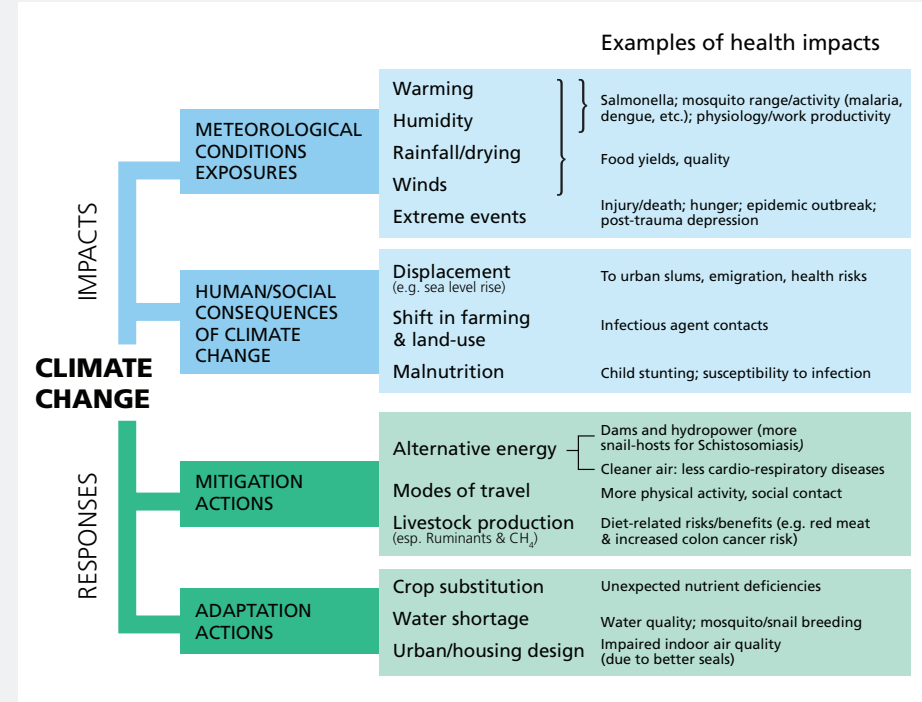
Prof. Anthony McMichael, Tony.McMichael@anu.edu.au & Dr. Roberto Bertollini, Bertollini@who.int

Les risques sérieux et de plus en plus évidents pour la santé humaine, provenant des changements climatiques renforcent la profondeur potentielle de l'impact sur les 'bases vitales' de la Terre. Ce 'signal vital' devrait aider à motiver l'action gouvernementale. Les populations à bas revenus et géographiquement vulnérables sont davantage à risque. Ces populations ont peu contribué au problème, et pourtant subissent beaucoup des risques liés à la santé.

Les risques émanent des pressions directes (par exemple, les canicules, les sinistres météorologiques, la déshydratation sur le lieu de travail), des perturbations écologiques (par exemple, le bouleversement des modèles d'évolution des maladies infectieuses), et des perturbations des écosystèmes dont l'humanité dépend (par exemple, les conséquences sur la santé des récoltes alimentaires réduites), du déplacement et conflit de population aux pénuries de ressources (eau, sols fertiles, pêche). Les calottes glaciaires qui fondent peuvent faire entrer les polluants chimiques liés à la glace dans la chaîne alimentaire marine.

De nombreux impacts spécifiques peuvent être anticipés ou, dans certains cas, observés dès maintenant. Des études de modélisation indiquent qu'une augmentation de 2°C pourrait causer entre 5 et 20 % de réductions des récoltes céréalières en Asie du Sud, en Asie du Sud-Est et en Afrique Sub-saharienne, exacerbant ainsi considérablement la sous-alimentation et les résultats adverses sur la santé (surtout le développement physique et intellectuel des enfants). Dans beaucoup de populations urbaines, une augmentation de 2°C doublerait au moins le taux de mortalité annuel causé par les canicules. Une augmentation de 2°C permettrait un accroissement de 50 à 100 % de l'éventail géographique de transmission potentielle de la schistosomiase (hôtes réservoirs : gastéropodes d'eau douce) en Chine, mettant la vie de dizaines de millions de personnes en danger. Des expériences récentes sur le littoral de l'Alaska montrent qu'une augmentation de 1°C de la température de l'eau a, en dépassant un palier, permis la prolifération des crustacés pendant tout l'été et des gastroentérites des consommateurs en conséquence.

Des stratégies d'adaptation visant à protéger la santé sont déjà nécessaires, pour les risques actuels et futurs anticipés à la fois. L'Organisation Mondiale de la Santé soutient les états membres dans leurs activités,



menant à une évaluation formelle standardisée du risque sur la santé au niveau national et à une planification de stratégie d'adaptation en rapport avec les changements climatiques. Pendant ce temps, des avantages positifs de promotion de la santé peuvent découler de beaucoup d'activités d'atténuation par le biais de la qualité de l'air, des rythmes d'activités physiques, et de l'équilibre alimentaire¹⁶ (session 14).

Ressources en eau et changements climatiques : Construire une capacité de résilience

ENCADRÉ 4

vers un avenir durable Prof. Maria Carmen Lemos, lemos@umich.edu et Prof. Torkil Jønh Clausen, tjc@dhigroup.com

Le changement climatique affecte souvent l'accès à l'eau pour les sociétés humaines, directement ou indirectement, par un ensemble de changements touchant à la disponibilité de l'eau, à l'accélération des inondations et des sécheresses, à la montée du niveau de la mer et les orages. Ces impacts sont déjà réels, affectant le plus les populations et les pays les plus pauvres et désavantagés. Beaucoup de ces impacts s'accroîtront quels que soient les accords et les actions à venir pour réduire les émissions. Nous en savons assez pour commencer à construire une capacité d'adaptation parmi les populations et écosystèmes vulnérables. Cependant, il importe d'améliorer nos connaissances et nos capacités de modélisation des processus physiques, sociaux et environnementaux qui affectent les capacités de résilience des systèmes d'eau afin d'assurer des solutions durables pour demain. Une bonne gouvernance est la clé d'une adaptation réussie, en se fondant sur des approches d'intégration et d'adaptation du niveau communautaire aux bassins fluviaux transfrontaliers. Le besoin de partager données, renseignements et connaissances de façon ouverte et transparente, parmi toutes les parties prenantes, est crucial¹⁶ (session 29).



Photo : John McConico

et à des problèmes de santé à long terme dans certaines régions, car les moyens d'existence sont détériorés ou détruits¹⁶ (session 14). De tels impacts conduisent souvent à des stratégies de survie à court terme au détriment d'une adaptation à plus long terme. Néanmoins, des mesures d'adaptation pour amoindrir les impacts du changement climatique sont nécessaires maintenant. Étant données les incertitudes considérables autour des prévisions des impacts climatiques sur les ressources en eau à échelles locales et régionales, le renforcement des capacités de résilience, la gestion des risques et l'emploi de gestion d'adaptation sont susceptibles d'être les stratégies d'adaptation les plus efficaces¹⁶ (session 29). Même avec une adaptation efficace, les impacts sur les ressources en eau dans de nombreuses parties du monde seront sévères avec des changements

climatiques associés à des augmentations de température de seulement 1,0 à 1,5°C²³.

Les ressources en eau sont un problème croissant pour les zones urbaines aussi. Le manque d'eau propre dans beaucoup de nouvelles mégapoles, où vivent 10 millions ou plus d'habitants souvent pauvres, est déjà un problème très inquiétant. Dans de nombreux cas, la pression sur l'alimentation en eau est exacerbée par les changements dans la pluviosité et la disponibilité de l'eau résultant des changements climatiques. Un flux entrant continu de personnes dans ces mégapoles, certaines échappant à des zones d'assèchement dans les régions alentour, ajoute d'autant plus aux tensions liées à l'eau.

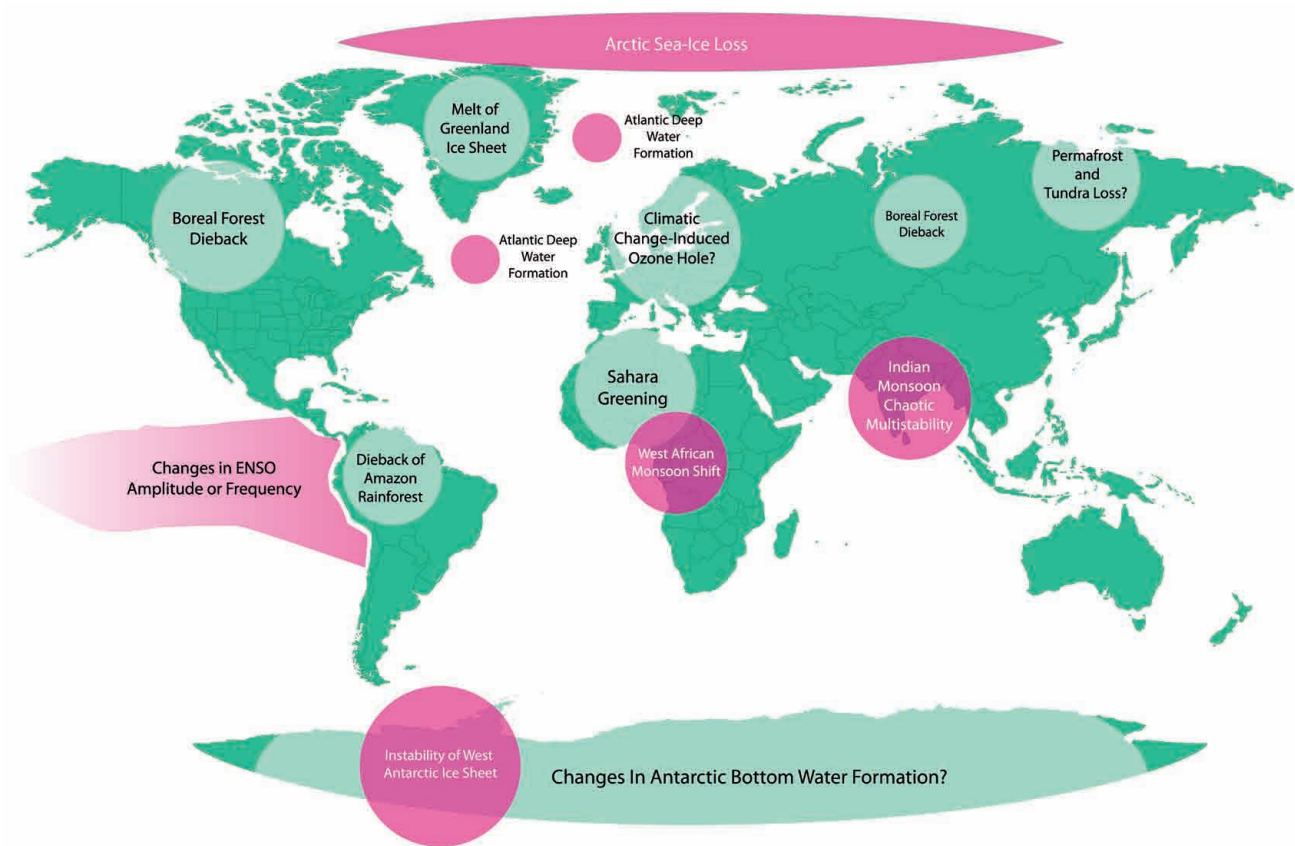


Schéma 7

Carte des « éléments de basculement » climatiques potentiels. Les éléments de basculement sont des caractéristiques à l'échelle régionale du climat qui pourraient faire preuve d'un comportement à effet de seuil en réponse aux changements climatiques causés par les hommes – c'est-à-dire qu'une petite quantité de changements climatiques à un point critique pourrait déclencher un élément de basculement

abrupt et/ou une variation irréversible dans l'élément de basculement. Les conséquences de telles variations dans l'élément de basculement pour les sociétés et les écosystèmes sont susceptibles d'être très graves. Les points d'interrogations indiquent les systèmes dont le statut d'élément de basculement est particulièrement incertain^{27,30}.

Beaucoup des effets les plus néfastes du changement climatique sont associés aux événements extrêmes – intensité élevée, des événements relativement rares, tels que des cyclones ou des orages – plutôt que des augmentations lentes des valeurs moyennes des paramètres climatiques. D'autre part, les événements extrêmes peuvent répondre aux changements climatiques en devenant encore « plus extrêmes ». Par exemple, même avec une augmentation modeste de la vitesse du vent en surface de 5 mètres par seconde des cyclones tropicaux, possible avec une augmentation de juste 1°C de la température de l'océan, le nombre de cyclones les plus intenses et destructeurs (catégorie 5) pourrait doubler avec une augmentation plus modeste des cyclones moins intenses (schéma 6). Des observations dans le Nord de l'Atlantique datant de la dernière décennie, dans lesquelles il apparaît que le nombre de cyclones de catégorie 5 a augmenté d'entre 300 et 400 %, confirment cette analyse²⁴. Les conséquences de ces événements pour les communautés du littoral du monde entier, des petits villages de pêche dans les atolls du Pacifique aux mégalopoles sur les rives des fleuves des deltas chinois, risquent d'être graves, particulièrement lorsqu'ils sont associés à la montée du niveau de la mer et à un éventail de facteurs locaux qui augmentent la vulnérabilité.

L'accumulation croissante de CO₂ dans l'atmosphère est importante pour les écosystèmes marins car elle augmente l'acidité océanique (encadré 5). Tandis que les effets précis de l'acidification des océans ne sont pas encore clairs, on prévoit que les organismes qui produisent du carbonate de calcium seront particulièrement vulnérables. Les animaux tels que les coraux peuvent être particulièrement menacés – peut-être même jusqu'à l'extinction – durant le siècle prochain si les concentrations en CO₂ continuent à augmenter de manière incontrôlée. Les données géologiques indiquent que la récupération des

écosystèmes d'un tel changement dans l'acidité des océans prendrait sûrement des centaines de milliers, sinon des millions d'années, bien qu'une véritable récupération soit impossible car les extinctions sont irréversibles¹⁰.

Les changements climatiques ont des conséquences sur la biodiversité, plus généralement, et sur les nombreux services écosystémiques basés sur le bon fonctionnement des écosystèmes, dont les hommes profitent. Il y existe une catastrophe de biodiversité imminente si la température moyenne mondiale monte au-dessus de la limite de sécurité de 2°C, si l'acidification des océans se répand et si la montée du niveau de la mer s'accélère²⁶. Ces facteurs de stress liés au climat croiseront avec un large éventail de facteurs de stress existants, sur la biodiversité. Cette catastrophe se traduira par l'extinction d'un nombre important d'espèces biologiques dans les 100 prochaines années, une réduction substantielle des aires de répartition et un risque accru d'extinction pour d'autres espèces et la dégradation des services écosystémiques (encadré 6). Limiter l'augmentation de la température à 2°C ou moins et mettre en place rapidement une adaptation forte et dynamique dans la politique et la gestion de conservation peut limiter l'ampleur de la crise, sans pour autant l'éliminer entièrement¹⁶ (session 31).

Les estimations des impacts du changement climatique sur des secteurs critiques comme les ressources en eau et la biodiversité, et sur des mesures plus inhérentes au bien-être telles que la santé, sont des approches normales pour définir les changements climatiques dangereux. Des recherches plus récentes sur les éléments de basculement dans le système terrestre donnent une autre dimension aux conséquences potentiellement dangereuses pour l'humanité des changements climatiques non contrôlés²⁷. Les éléments de basculement

L'acidification de la planète Terre

Dr. Carol Turley, CT@pml.ac.uk & Prof. Mary Scholes, Mary.Scholes@wits.ac.za

ENCADRÉ 5

L'acidification des biosphères terrestres et océaniques de la Terre est actuellement en cours et est causée par deux sources anthropogéniques différentes.

L'acidification des sols résulte des acides sulfuriques et nitriques, et alors que la question a émergé durant les années 70, il s'agit toujours d'un problème dans le monde développé et d'une question croissante dans les pays en développement. L'acidification des sols entraîne des changements dans la diversité des espèces, la productivité primaire nette, crée un déséquilibre d'ions de nitrogène non-organique dans le sol, et conduit à l'eutrophisation des eaux douces. Les relations entre les systèmes terrestres et aquatiques ne sont pas bien comprises l'objet de recherches.

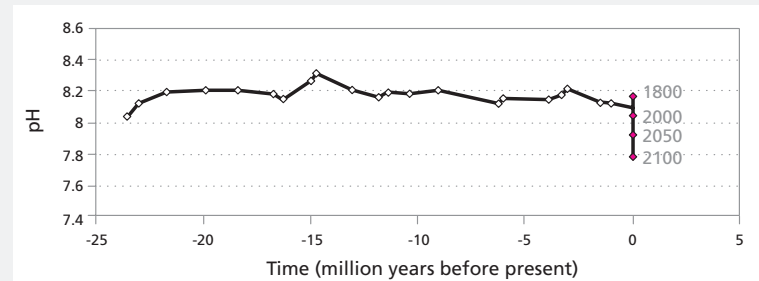
L'acidification de l'océan est une conséquence directe de certaines conséquences d'émissions de CO₂ dans l'atmosphère ; ses conséquences sur l'océan mondial émergent maintenant. Les océans ont déjà absorbé autour de 27 à 34 % de CO₂ produit par l'humanité depuis la révolution industrielle. Tandis que ceci a limité la quantité de CO₂ dans l'atmosphère, il y a eu un prix à payer : le changement dramatique de la chimie océanique. En particulier, et d'autant plus inquiétants, sont les changements observés en pH océanique et en concentrations d'ions carbonates et bicarbonates.

Les preuves indiquent que l'acidification des océans est une menace sérieuse pour de nombreux organismes et peut avoir des implications pour les chaînes alimentaires et les écosystèmes, ainsi que les services à multi-milliards de dollars qu'ils fournissent. Par exemple, l'érosion est susceptible d'être plus rapide que la croissance des barrières de corail tropicales avec 450 à 480 ppm de CO₂ ; et il y a déjà des rapports documentant un ralentissement de croissance de 19 % des coraux des récifs de la Grande Barrière.

Lorsque le CO₂ atmosphérique atteindra 450 ppm, de larges zones des océans polaires seront devenues corrosives pour les coquilles de calcifiants marins principaux, surtout dans l'Arctique.

Des pertes de poids de coquille ont déjà été observées chez les calcifiants antarctiques de plancton. La diminution de pH pourrait aussi rendre les océans plus bruyants dans la lignée audible avec des implications potentielles pour la vie marine, ainsi que pour les applications navales, commerciales et scientifiques utilisant l'acoustique des océans.

La vitesse de changement de la chimie océanique est très élevée (voir le schéma), plus rapide que les acidifications ayant causé des extinctions, et pour lesquelles il fallut des centaines de milliers d'années pour que les écosystèmes récupèrent. L'acidification océanique continuera à suivre les futures émissions de CO₂ dans l'atmosphère, ce qui démontre que d'importantes réductions d'émissions sont la seule façon de réduire l'impact de l'acidification des océans.



Acidité océanique (pH) au cours des 25 millions dernières années et acidité prévue jusqu'à 2100²⁵. Plus le pH est bas, plus l'océan devient acide.

Biodiversité et changements climatiques :

Les découvertes de « L'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire »

Prof. Harold Mooney, hmooney@stanford.edu & Dr. Anne Larigauderie, anne@diversitasinternational.org

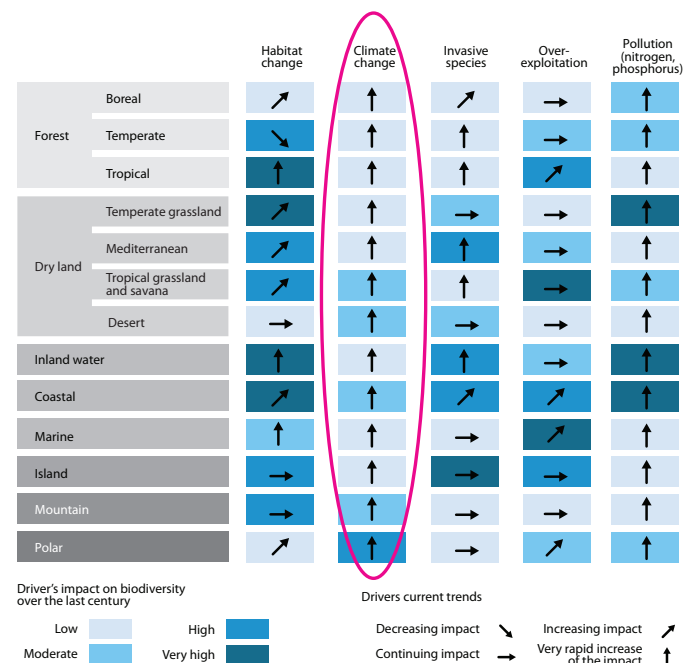
ENCADRÉ 6

Durant les 50 dernières années, les humains ont changé les écosystèmes plus rapidement et plus intensément que durant n'importe quelle période comparable de l'histoire humaine. Il en a résulté une perte importante et en majeure partie irréversible dans sur Terre. On assiste à une homogénéisation de la répartition géographique des espèces sur la Terre, de la prédominance d'écosystèmes perturbés, et de la prolifération d'espèces exotiques envahissantes. Simultanément, les humains ont multiplié par plus de 1 000 fois le taux d'extinction des espèces par rapport à des taux de contextes naturels types durant toute l'histoire de la planète, en conséquence de l'utilisation directe et d'impacts indirects de l'utilisation du sol, tels que la perte d'habitat et la fragmentation des paysages. Par exemple, 10 à 30 % des espèces mammifères, amphibiennes et d'oiseaux sont actuellement menacées d'extinction. Globalement, les changements apportés actuellement aux écosystèmes augmentent la probabilité de changements non-linéaires avec des conséquences importantes pour le bien-être humain. Au-delà des introductions et des pertes d'espèces, ils comprennent l'effondrement de la pêche, l'eutrophisation et l'hypoxie des systèmes d'eau douce, l'émergence de maladies et les changements climatiques régionaux.

Les changements qui ont été apportés aux écosystèmes ont contribué à des gains nets en bien-être humain et en développement économique, mais ces gains ont été réalisés à des coûts croissants sous forme de dégradation de nombreux services fournis par les écosystèmes. Plus précisément, l'augmentation d'un certain nombre de services de production (surtout les cultures, l'élevage et l'aquaculture) s'est faite aux dépens de certains autres produits comme le bois de chauffage et l'eau potable, et de certains services de régulation critiques, y compris la régulation climatique régionale et locale, la régulation de la qualité de l'air, des dangers naturels, ainsi que de nombreuses valeurs spirituelles, culturelles et esthétiques. La dégradation des services rendus par les écosystèmes nuit souvent au bien-être humain et représente une perte d'actif naturel ou de richesse d'un pays. À moins d'agir, ces impacts diminueront également considérablement les bénéfices des écosystèmes dont les futures générations profiteront.

La dégradation des services de l'écosystème pourrait s'empirer considérablement durant la première moitié du siècle présent. Entre autres causes, les contributions directes des changements climatiques comprennent :

- Les futurs impacts potentiels sur la biodiversité : d'ici à la fin du siècle, les changements climatiques et leurs impacts pourraient être le moteur direct dominant de la perte de biodiversité et des changements dans les services fournis par l'écosystème au niveau mondial.
- Incidence néfaste nette sur les services rendus par l'écosystème : le bilan des preuves scientifiques considérées porte à croire que l'incidence néfaste nette sera considérable sur les services rendus par l'écosystème à l'échelle mondiale, si la température moyenne à la surface du globe augmente de plus de 2 °C au-dessus des niveaux pré-industriels.



Impacts et tendances actuels des différents éléments moteurs sur les biomes mondiaux principaux. Les impacts des changements climatiques sont indiqués comme actuellement faibles à modérés, avec une importance croissante prévue sur les 50 prochaines années. Cette importance est liée à la capacité de conserver les températures en-dessous d'une augmentation de 2 °C²⁶.

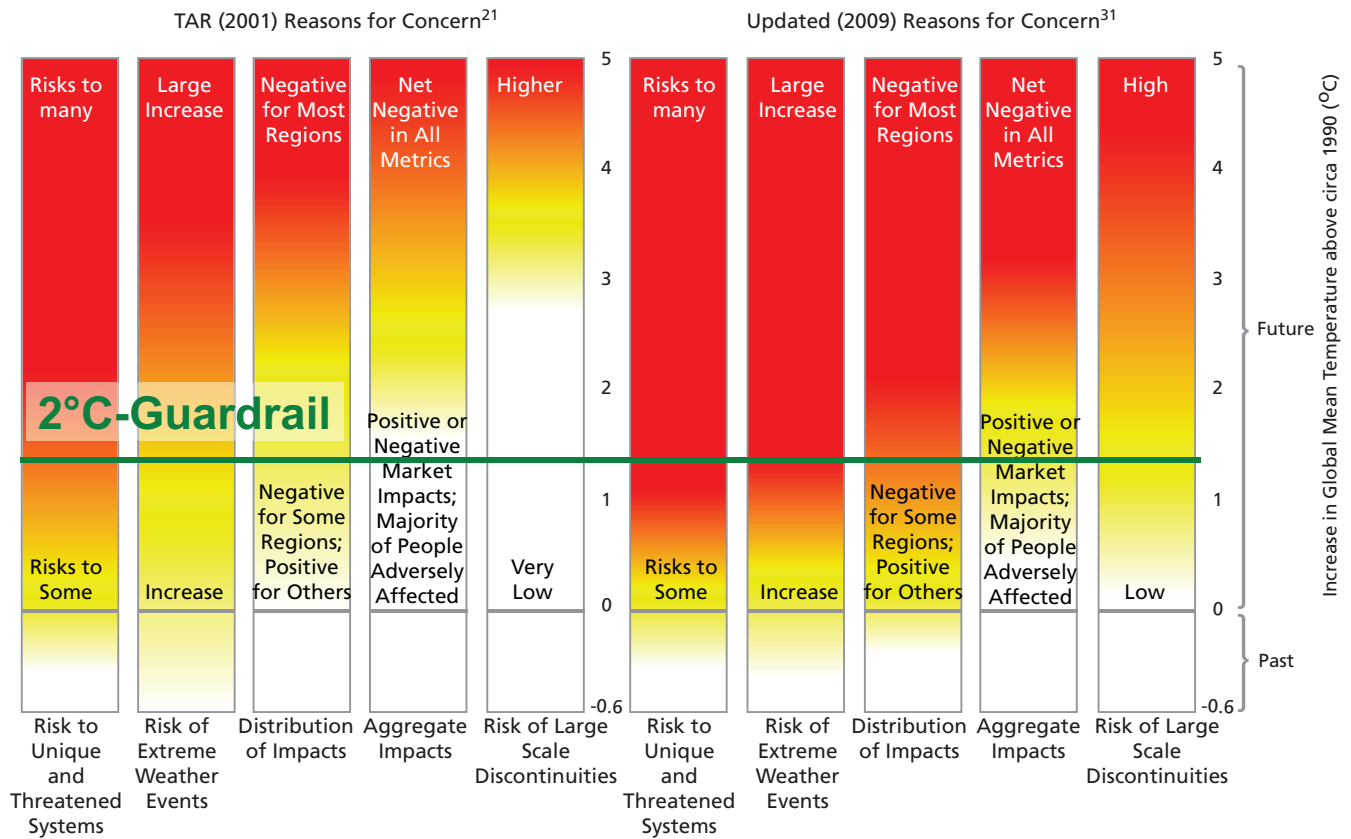


Schéma 8
Diagramme exposant les impacts potentiels du changement climatique sur l'augmentation de la température moyenne mondiale. Zéro sur l'échelle des températures correspond environ à la température moyenne de 1990, et le bas de l'échelle à la température moyenne pré-industrielle. Le niveau de risque de sévérité des impacts potentiels augmente proportionnellement à l'intensité de la couleur rouge. La limite de sécurité de 2 °C

ont lieu lorsqu'un changement modeste dans une variable importante, comme la température, provoque un changement important, rapide et inattendu dans une caractéristique du climat, modifiant sa condition ou son modèle comportemental.

Le schéma 7 montre l'emplacement d'un certain nombre d'éléments de basculements. Chacun d'entre eux, s'il est déclenché, mènerait à des perturbations sociétales pour un très grand nombre de personnes. Les éléments de basculement montrés pourraient être déclenchés au cours de ce siècle par des changements climatiques d'origine humaine. Ils changeraient de manière significative à des échelles de temps allant d'une décennie ou moins, comme pour la glace marine de l'été arctique et la mousson asiatique, à plusieurs siècles ou un millénaire, comme pour la calotte glaciaire du Groenland. Pour deux des éléments de basculement – la glace marine de l'été arctique et la calotte glaciaire du Groenland – une augmentation de la température mondiale moyenne de 1 à 2°C suffirait peut-être pour les déclencher²⁷ bien qu'une autre étude²⁸ indique que le réchauffement moyen mondial de 3,1°C serait le palier pour la calotte glaciaire du Groenland. L'ampleur du réchauffement nécessaire pour déclencher la plupart des éléments de basculement, cependant, n'est pas très connue, mais même un risque faible de les déclencher serait considéré comme dangereux²⁴. Ce ne sont pas seulement les augmentations de température qui peuvent déclencher les événements de basculement. Des études récentes suggèrent que l'acidification des océans (encadré 5) peut causer la création de zones océaniques avec des niveaux d'oxygène réduits – « zones mortes » – entraînant des conséquences dévastatrices pour la vie marine²⁹.

Une des réponses humaines les plus communes aux pressions environnementales sévères, telles que la détérioration des ressources en eau ou en alimentation, est de se déplacer vers des endroits où les conditions sont meilleures. Le changement abrupt d'un élément de basculement comme la mousson asiatique vers un état considérablement plus sec, ou la perte qui s'ensuit de la capacité de stockage

dans les glaciers de l'Himalaya, entraînerait des tensions environnementales fortes en réduisant la disponibilité de l'eau dans la plaine indo-gangétique. La possibilité d'avoir un grand nombre de migrants forcés en conséquence de sévères impacts climatiques laisse penser que les changements climatiques vont bientôt devenir un problème majeur (encadré 7).

Le GIEC en 2001²¹ a synthétisé les types d'analyses décrites ci-dessus en utilisant les meilleures preuves scientifiques disponibles à ce moment en termes de « motifs d'inquiétudes ». La représentation visuelle résultant de cette synthèse, graphique appelé « burning embers diagram », montre le risque croissant des différents types d'impacts climatiques avec une augmentation de température moyenne mondiale. En utilisant la même méthodologie, les motifs d'inquiétude ont été mis à jour à partir des recherches les plus récentes³¹.

Plusieurs réflexions correspondant à la définition des changements climatiques dangereux s'imposent, à la comparaison des graphiques de 2001 et 2009 (schéma 8). Tout d'abord, les risques d'impacts délétères des changements climatiques apparaissent maintenant à des niveaux d'augmentation de température moyenne mondiale considérablement plus faibles dans les analyses les plus récentes. Deuxièmement, une limite de sécurité de 2°C, avec laquelle on pensait en 2001 éviter les risques graves pour les 5 motifs d'inquiétude, est maintenant inappropriée pour éviter une forte augmentation des risques graves associés aux événements météorologiques extrêmes. Troisièmement, les risques de discontinuité à grande échelle, tels que les éléments décrits ci-dessus, ont été considérés comme très bas en 2001 pour une augmentation de 2°C, mais sont maintenant considérés comme modérés pour la même augmentation.

En résumé, bien qu'une augmentation de température de 2°C au-dessus du niveau pré-industriel reste la limite la plus communément citée pour éviter des changements climatiques dangereux, elle porte néanmoins des risques considérables d'impacts délétères pour la société et l'environnement.

Incidences des changements climatiques, en matière de sécurité

Prof. Ole Wæver, ow@ifs.ku.dk

ENCADRÉ 7

Les changements climatiques peuvent créer des contraintes qui augmentent la fréquence de conflits violents entre des sociétés, plus particulièrement lorsque les causes principales sont des tensions ethniques ou politiques, mais aussi lorsque des pressions dues aux changements climatiques s'y ajoutent et affaiblissent la capacité de ces sociétés à faire face aux tensions. Les conditions changeantes de colonisation, de l'agriculture, de l'exploitation minière, des moyens de transport, des maladies et des sinistres mènent à des conflits locaux dus à la concurrence et aux conflits internationaux principalement au travers de mouvements migratoires et des transferts de pouvoir.

Sur le plan historique, la réponse humaine principale aux changements climatiques, au-delà de la capacité d'adaptation locale, a été la migration. Dans le passé, lorsque les communautés humaines ont surmonté de cette façon de grands changements comparables, le monde n'était alors pas gravé d'états territoriaux étroitement réglementés et le climat changeait beaucoup plus lentement qu'aujourd'hui. De nos jours, les migrations à grande échelle font généralement face à une résistance des états et deviennent causes de conflit^{39,40}.

Certains scientifiques soulignent qu'une corrélation entre les changements climatiques et les conflits n'est pas prouvée en données quantitatives⁴¹ ; d'autres ajoutent que cela serait de toutes façons improbable étant donné la nature de ces données et la matérialisation relativement récente des impacts de l'accélération des changements climatiques sur les sociétés^{42,43}. De nombreuses études ont actuellement pour objectif de produire des données plus focalisées sur la mesure de ces liens, préparant ainsi également la société internationale à gérer les conflits en résultant. Pendant ce temps, les analyses non-publiques abondent. Les services de renseignements et les armées placent les changements climatiques de plus en plus au centre de leurs préparations à des conflits futurs^{44,45}. Si des puissances majeures sont impliquées dans des conflits, la coopération politique sur les politiques climatiques deviendra beaucoup plus difficile.

Si les politiques climatiques internationales sont perçues comme un échec manifeste, des tentatives unilatérales visant à résoudre des situations d'urgence peuvent mener à des conflits, notamment en ce qui concerne la géo-ingénierie. Aussi, les politiques de changements climatiques et le manque de ces politiques peuvent en eux-mêmes devenir l'objet de conflits internationaux ou venir justifier des mesures radicales, à l'instar des célèbres propos du président ougandais, Yoweri Museveni, qui a qualifié le changement climatique « d'acte d'agression des riches contre les pauvres ».

En général, lorsque les problèmes sont posés en termes de sécurité, les dirigeants se voient dotés de plus ample liberté d'action pour mettre en place des mesures radicales. Dans le cas des changements climatiques, il est crucial que ces « pleins pouvoirs au nom de la sécurité », soient 'canalisés' par le biais du renforcement des institutions internationales et non traduits en actes d'urgence unilatéraux^{42,43,46}.



Photo : John McConnico

Inclure le facteur sécurité dans l'équation des changements climatiques fait courir le risque d'escalade en cercles vicieux. Dans les parties du monde où la santé et le bien-être sont affectés le plus négativement, la probabilité de conflit augmentera le plus et ces conflits réduiront d'autant les niveaux de vie. Les parties du monde plus privilégiées sont susceptibles de ressentir en premier les effets de débordement de ces conflits, comme les réfugiés et les maladies, et au fur et à mesure des augmentations de température, voir leur propre politique de sécurité réorganisée autour des changements climatiques.



MESSAGE PRINCIPAL N° 3

STRATÉGIE À LONG TERME : OBJECTIFS MONDIAUX ET PLANIFICATION

Une atténuation rapide, soutenue et efficace basée sur une action coordonnée, mondiale et régionale est nécessaire, pour éviter des « changements climatiques dangereux », quelle que soit la définition qui leur est donnée. Des objectifs plus faibles pour 2020 augmentent le risque d'impacts sérieux, y compris le dépassement de points de basculement, et rendent la tâche d'atteindre les objectifs de 2050 d'autant plus difficile et coûteuse. Fixer un prix à long terme crédible pour le carbone et adopter des politiques visant à promouvoir les économies d'énergie et les technologies faibles en carbone sont indispensables à une atténuation efficace.

L'objectif de restreindre le réchauffement à l'augmentation de température mondiale moyenne de 2 °C maximum au-dessus des niveaux pré-industriels, joue un rôle central dans les discussions portant sur les politiques climatiques. Comme il est décrit dans la section précédente, un réchauffement de 2 °C introduirait en lui-même un risque considérable pour la société humaine et pour les écosystèmes naturels. Néanmoins, le fait que la température mondiale ait déjà augmenté d'environ 0,7 °C et que les émissions de gaz à effet de serre provenant des activités humaines augmentent encore (encadré 2) rendent l'accomplissement d'autant plus ambitieux et difficile. En raison de l'inertie dans le système climatique uniquement, le rapport du GIEC de 2007² indique que l'augmentation de température d'environ 1,4 °C au-dessus des niveaux pré-industriels est inévitable. Il y a aussi de l'inertie dans les systèmes humains, mais elle est plus difficile à quantifier et on ne sait pas à quelle vitesse, ni dans quelles conditions la société peut réduire ou réduira les émissions de gaz à effet de serre.

Quel niveau de réductions d'émissions est-il nécessaire pour retenir le changement climatique du bon côté de la limite de sécurité des 2 °C ? Le GIEC¹ a estimé le niveau des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre auquel l'augmentation de la température mondiale serait contenue dans des fourchettes diverses (tableau 1). Les concentrations sont indiquées à la fois en CO₂ et en équivalences de CO₂. Les équivalences de CO₂ comprennent les effets de réchauffement combinés de CO₂ et les gaz à effet de serre non-CO₂ (à l'exclusion des vapeurs d'eau) ainsi que l'effet refroidissant net des aérosols dans l'atmosphère. Les équivalences de CO₂ sont exprimées comme les quantités équivalentes de CO₂ nécessaires pour donner le même réchauffement que celui créé par les autres gaz et aérosols. Les aérosols sont des petites particules suspendues dans l'atmosphère qui reflètent le rayonnement entrant du soleil et ont donc un effet de refroidissement. Tandis que les réglementations de la pollution atmosphérique deviennent plus strictes et que les quantités de particules émises dans l'atmosphère par les activités humaines diminuent, l'effet refroidissant des aérosols dans l'atmosphère sera aussi réduit.

Selon l'analyse du GIEC, la concentration atmosphérique de CO₂ ne devrait pas excéder 400 ppm de CO₂ si l'augmentation de la température mondiale est maintenue entre 2,0 et 2,4 °C. Aujourd'hui, la concentration de CO₂ est de l'ordre de 385 ppm³³, et augmente de 2 ppm par an. La concentration en 2007 de tous les gaz à effet de serre, à la fois les gaz de CO₂ et non-CO₂, était d'environ 463 ppm d'équivalences de CO₂. L'ajustement de cette concentration avec les effets

de refroidissement des aérosols donne une concentration en équivalences de CO₂ de 396 ppm³⁴. Une étude récente³⁵ estime qu'une concentration d'équivalences de CO₂ de 450 ppm (y compris l'effet refroidissant des aérosols) donnerait une chance de 50 % de limiter la hausse de la température à 2 °C ou moins.

Les concentrations atmosphériques en CO₂ sont déjà à des niveaux dont les prévisions mènent au réchauffement planétaire de 2,0 °C à 2,4 °C (tableau 1). Si la société veut stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre à ce niveau, alors les émissions mondiales, en théorie, devraient être réduites de 60 à 80 % immédiatement, les quantités actuelles étant dépendantes de la quantité qui sera absorbée par les océans et les sols. Étant donné qu'une réduction immédiate aussi drastique est impossible, les concentrations de gaz à effet de serre continueront à augmenter au cours des prochaines décennies. Un dépassement des concentrations de gaz à effet de serre nécessaires pour restreindre le réchauffement planétaire à 2 °C est donc inévitable. Afin de limiter l'étendue du dépassement, les émissions devraient atteindre leur pic dans un avenir proche. Des études récentes^{22,36,37} suggèrent que si les pics des concentrations d'émissions de gaz à effet de serre ne sont pas atteints après 2020, les taux de réduction d'émissions alors requis pour conserver une chance raisonnable de rester dans la limite de sécurité des 2 °C devront excéder 5 % par an. Ceci est un défi inquiétant lorsqu'il est comparé à l'augmentation en émissions annuelle moyenne à long terme de 2 % (encadré 2). La conclusion à la fois des analyses du GIEC et d'autres ayant suivi³⁸ est simple : des réductions d'émissions spectaculaires et immédiates de tous les gaz à effet de serre sont nécessaires si la limite de sécurité des 2 °C doit être respectée.

Des inquiétudes financières à court terme, des contraintes politiques et institutionnelles et le manque de prise de conscience et d'inquiétude publique représentent les obstacles les plus importants à l'introduction immédiate de réductions d'émissions ambitieuses. Des désaccords demeurent dans la communauté économique sur la question de savoir si le changement climatique est simplement une externalité comme n'importe quelle autre ou si c'est un phénomène fondamentalement différent de ce que l'humanité a jamais rencontré^{38,39}. Il existe aussi des désaccords sur la façon d'apprécier les coûts d'atténuation en comparant avec les futurs coûts d'inaction et sur la manière d'évaluer les risques de changements climatiques. Néanmoins, un nombre croissant d'analyses indique que les coûts à la fois d'adaptation et d'atténuation du changement climatique augmenteront si le passage à l'action est retardé¹⁶ (sessions 32 & 52), (encadré 8). En général, les analystes économiques s'accordent

Les coûts du retard dans la prise de mesures

Prof. Lord Nicholas Stern, n.stern@lse.ac.uk

ENCADRÉ 8

Retarder les réductions des émissions coûtera potentiellement très cher. Cela implique :

- Davantage d'émissions mènent dorénavant à des augmentations de température plus fortes et plus rapides et donc, à des impacts plus graves et à des coûts d'adaptation plus élevés.
- Conserver les infrastructures à carbone élevé et retarder le développement technologique « propre ».
- Des réductions d'émissions plus draconiennes seront nécessaires ultérieurement.

Davantage d'émissions à court terme nous enferment dans des changements climatiques plus importants entraînant des coûts d'impacts climatiques plus élevés et d'autant plus d'investissements d'adaptation. D'autre part, ils accélèrent le changement climatique et posent des défis d'adaptation plus importants. Il existe un risque plus élevé de dépassement des points de basculement et, si poussés par des preuves émergentes, de problèmes pour adopter des objectifs plus ambitieux.

Des trajectoires d'émissions différentes auront des implications différentes en termes d'impacts et d'adaptation, mais aussi des coûts d'atténuation différents. Des réductions d'émission

draconiennes signifieraient le retrait prématuré de stock de capital productif (investissements physiques tels que les voitures et les centrales électriques), qui pourrait être très coûteux. Elles augmentent le coût des nouveaux investissements, soit par une utilisation précoce de technologies en développement, soit par le retrait précoce des anciennes technologies, plus particulièrement dans les secteurs exigeant des capitaux importants avec des investissements durables, tels que la production d'électricité, dont les centrales sont prévues pour durer entre 40 et 50 ans.

Tandis que le déploiement de technologies avant leur maturité présente un coût plus élevé, ces technologies n'atteindront pas leur maturité sans investissement ni signes de politiques claires. Le développement de nouvelles technologies baisse les coûts pour de futures réductions d'émissions. Se reposer sur une réduction d'émissions plus importante à l'avenir dépend de la capacité du secteur de l'innovation à proposer des solutions faibles en carbone qui soient économiques dans des secteurs qui coûteraient actuellement cher à décarboniser comme l'aviation et l'agriculture. Pour un niveau donné d'émissions, plus les actions sur les émissions à coûts relativement bas sont retardées, telles que les économies d'énergie et la déforestation, plus les réductions qui seront nécessaires dans ces secteurs à coûts élevés seront importantes. Alors qu'il existe des risques des deux côtés, les preuves disponibles suggèrent que c'est le coût de l'insuffisance d'action qui domine la plupart des propositions actuelles³⁹.



Photo : John McConnico

Temperature rise	CO ₂	CO ₂ -eq.	Year of peak emissions	% change in global emissions
Global average temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity	CO ₂ concentration at stabilisation (2005 = 379 ppm)	CO ₂ -eq. concentration at stabilisation including GHGs and aerosols (2005 = 375 ppm)	Peaking year for CO ₂ emissions	Change in CO ₂ emissions in 2050 (percent of 2000 emissions)
°C	ppm	ppm	year	percent
2.0 - 2.4	350 - 400	445 - 490	2000 - 2015	-85 to -50
2.4 - 2.8	400 - 440	490 - 535	2000 - 2020	-60 to -30
2.8 - 3.2	440 - 485	535 - 590	2010 - 2030	-30 to +5
3.2 - 4.0	485 - 570	590 - 710	2020 - 2060	+10 to +60
4.0 - 4.9	570 - 660	710 - 855	2050 - 2080	+25 to +85
4.9 - 6.1	660 - 790	855 - 1130	2060 - 2090	+90 to +140

Tableau 1
Caractéristiques des différentes trajectoires d'émissions pour aboutir à la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre, en CO₂ et équivalents de CO₂. L'augmentation de température moyenne mondiale d'équilibre au-dessus du niveau pré-industriel est donnée pour chaque cible de stabilisation. Seul le premier scénario, indiqué à la première ligne, offre la possibilité d'aboutir à la limite de sécurité des 2°C. Remarquez que les concentrations de gaz à effet de serre atmosphériques actuelles sont d'environ 385 ppm CO₂ et 396 ppm CO-eq (y compris l'effet de refroidissement des aérosols). Modifié à partir de ¹ (tableau 5.1, p. 67)



pour affirmer que l'incertitude sur l'étendue des futurs changements climatiques ne constitue pas une raison rationnelle pour retarder les programmes visant à réduire les émissions. Les structures et intérêts économiques existants, cependant, peuvent souvent empêcher des actions politiques climatiques efficaces.

Bien que ce soit difficile politiquement, une étape critique dans la réduction des émissions est que les entreprises et consommateurs soient confrontés à un prix approprié pour émettre des gaz à effet de serre^{38,39}. Le calcul du prix des émissions peut être déterminé soit avec des cibles et la commercialisation d'émissions, soit avec des taxes harmonisées et des frais sur les émissions, soit par une combinaison de ces approches. De toutes façons, d'autres politiques et programmes pour agir sur des externalités supplémentaires et sur les échecs du marché seront certainement nécessaires (encadré 9). Si des objectifs d'atténuation doivent être atteints, alors des programmes de réductions d'émissions et de calcul de prix du carbone devraient être mis en place aussi rapidement que possible, et dans le cadre de politiques stables. Ceci enverra des signaux aux investisseurs, aux consommateurs et aux innovateurs sur l'environnement futur du marché et ainsi encouragera les investissements, pour finalement réduire le coût lié au fait d'atteindre un objectif d'atténuation donné. Conjointement à la mise à prix du carbone, l'adoption de politiques et de réglementations visant à promouvoir les économies d'énergie – par exemple, l'établissement de normes énergétiques pour l'électroménager, le logement et le transport^{32,48,49} – et l'adoption répandue des technologies faibles en carbone sont également critiques pour une atténuation rapide et efficace⁵⁰.

Sans coopération mondiale, une protection climatique ambitieuse sera pratiquement impossible. Afin d'atteindre des objectifs d'atténuation ambitieux, il est primordial d'agir aussi rapidement que possible pour obtenir une participation étendue de tous les pays majeurs à l'action d'atténuation^{16,51,52,53} (sessions 32 & 52). Cependant, la crise économique mondiale actuelle suggère qu'il ne serait pas sage de construire un système complexe mondial hautement connecté dans lequel l'effondrement d'un seul élément du système mènerait à l'effondrement de tous les autres¹⁶ (session 23). Néanmoins, un plan d'action mondial, des engagements mondiaux et un encadrement mondial sont des conditions préalables à l'élaboration d'un niveau approprié de coordination des mesures à toutes échelles, y compris locales, nationales et régionales¹⁶ (session 58).

En plus des restrictions économiques et politiques sur les réductions des concentrations des gaz à effet de serre, les blocages techniques sont également importants. La stabilisation des concentrations atmosphériques à n'importe quel niveau exigera que les émissions soient réduites à des niveaux approchant zéro à long terme⁵⁴. Certains des scénarios prévisionnels, offrant une chance raisonnable de rester dans la limite de sécurité des 2 °C (schéma 9), suggèrent que la société mondiale pourrait avoir besoin de développer la capacité d'éliminer le carbone de l'atmosphère⁵⁵. Bien que certaines technologies prometteuses – par exemple, la capture du carbone et son stockage, le CCS – soient en

cours de développement⁵⁶, elles ne sont pas encore prêtes à être déployées commercialement et à grande échelle¹⁶ (session 17).

Étant donnée l'énormité du défi de l'atténuation, on prête de plus en plus d'attention aux projets d'atténuation agressifs et à leur mise en place pratique. Les analyses varient du potentiel des mesures d'économies d'énergies¹⁶ (session 20) des innovations techniques en systèmes d'énergie renouvelable⁵⁷, aux évaluations des faisabilités techniques et aux moyens économiques des voies d'émission visant à stabiliser les concentrations des gaz à effet de serre à 400, 450 et 550 ppm d'équivalences de CO₂ respectivement (schéma 9). On estime que l'objectif de 400 ppm d'équivalences de CO₂, à peu près similaire aux concentrations d'aujourd'hui, donnerait 75 % de chances de pouvoir confiner le réchauffement planétaire à moins de 2 °C^{22,35}. La modélisation énergie-environnement-économie suggère qu'un scénario faible en carbone est réaliste, à coûts modérés, si la gamme entière de technologies est développée et employée, y compris l'utilisation de biomasse à grande échelle et les options pour capturer et stocker des CO₂¹⁶ (session 27),⁶⁰.

D'autres argumentent que le défi d'atténuation pourrait être bien plus important que celui envisagé actuellement, et que les stratégies d'innovation exigées pourraient se heurter à des obstacles d'ordre technique, sociale et écologique. Ce type d'argumentation oriente vers la géo-ingénierie, par laquelle l'humanité manipule les processus climatiques à grande échelle pour aboutir au refroidissement planétaire, comme option potentielle en supplément des stratégies d'atténuation⁶¹. L'acceptation sociale des approches de géo-ingénierie, cependant, doit encore être démontrée⁶².

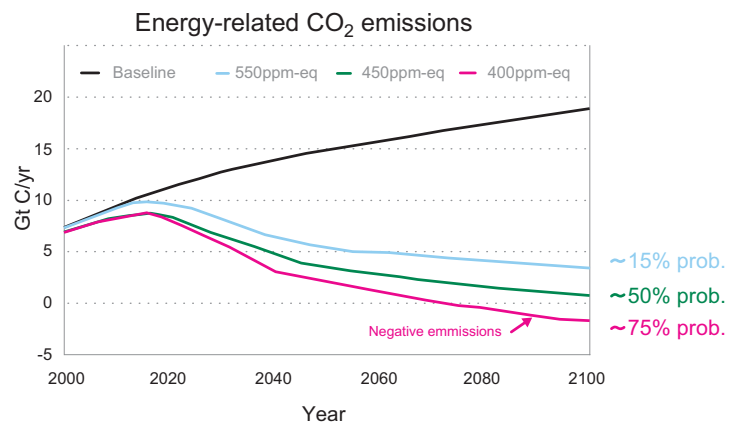


Schéma 9
Trajectoires des émissions liées à l'énergie de 2000 à 2100 pour aboutir à la stabilisation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère à trois objectifs-cibles différents (lignes en couleur). La ligne noire est une trajectoire de référence basée sur l'inexistence de politique climatique. Les probabilités estimées (médiane) de limitation du réchauffement de la planète à un maximum de 2 °C sont indiquées pour les trois cibles de stabilisation^{35,58,63}.

Outils économiques pour faire face au défi de l'atténuation

ENCADRÉ 9

Dr. Frank Jotzo, frank.jotzo@anu.edu.au

Le calcul de prix des émissions est l'outil économique principal pour contrôler les émissions de gaz à effet de serre. Les deux principaux instruments de calcul de prix sont la taxe sur le carbone (fixant le prix) et le commerce des droits d'émissions (fixant la quantité, le 'plafonnement et échange') ainsi que d'éventuels programmes hybrides. La plupart des programmes planifiés et en place utilisent le commerce des droits d'émissions, parfois avec des éléments de contrôle des prix. La fiscalité et le commerce fonctionnent différemment dans l'incertitude et les débats se poursuivent parmi les économistes sur l'approche qui serait préférable, mais le principe fondamental est le même : une amende est appliquée aux émissions de gaz à effets de serre et transmise par les marchés, créant ainsi une incitation à réduire les émissions. Les entreprises et les consommateurs se dirigent vers des processus ou des produits à plus faibles émissions pour réaliser des économies. La réponse globale est économique car les options les moins coûteuses sont les premières choisies.

Les subventions pour les technologies faibles en carbone sont encore un autre outil primordial, pour traiter les facteurs externes et les échecs de marché qui peuvent persister avec le calcul de coût des émissions. Les exemples comprennent les retombées de connaissances en recherche et

développement (R&D), les contraintes de crédits pour l'investissement et les incitations mal ciblées pour leurs utilisateurs finaux. Dans de nombreux pays, des propositions de stimulation fiscale pour contrer les effets récessionnaires de la crise financière mondiale comprennent les investissements publics dans les technologies et infrastructures faibles en carbone. Les approches réglementaires sectorielles font aussi partie de la boîte à outils économiques pour le climat, par exemple en imposant aux fournisseurs d'énergie l'achat d'une part minimale d'électricité produite par des sources d'énergie renouvelables. De telles réglementations peuvent aussi inclure des mécanismes de marché, comme le commerce de quotas renouvelables entre fournisseurs d'énergie.

Les considérations centrales dans le choix et la conception de politiques économiques pour l'atténuation des gaz à effet de serre sont leur moindre coût et leur durabilité politique. L'essentiel est de créer des indicateurs de prix stables et des attentes en matière de hausse des prix du carbone à long terme, afin de soutenir les investissements de longue durée dans les mesures d'atténuation ; et d'appliquer les politiques largement sur tous les secteurs et pays pour maximiser les incitations à réduire les émissions et minimiser les coûts économiques groupés.



MESSAGE PRINCIPAL N° 4

DIMENSIONS D'ÉQUITÉ

Le changement climatique a et aura des effets importants de différenciation sur les gens dans et entre pays et régions, sur cette génération et celles à venir, et sur les sociétés humaines et le monde naturel. Un filet de sécurité d'adaptation bien financé et efficace est nécessaire pour les personnes les moins capables de supporter les impacts des changements climatiques, et des stratégies équitables d'atténuation sont nécessaires pour protéger les pauvres et les plus vulnérables. S'attaquer aux changements climatiques devrait être considéré comme partie intégrante des objectifs plus élargis de dynamisation du développement socio-économique et de l'équité à travers le monde.

Les considérations d'équité sont prépondérantes dans les origines et conséquences des changements climatiques et plus particulièrement dans le développement de solutions aux changements climatiques. Le climat ne change pas uniformément partout dans le monde. La température monte plus rapidement autour des pôles qu'à l'équateur, la pluviosité change de manière complexe, certaines régions devenant plus humides, tandis que d'autres s'assèchent, et les événements extrêmes deviennent plus fréquents à certains endroits par rapport à d'autres. Les inégalités sont également proéminentes dans les dimensions humaines du changement climatique. En général, les pays développés sont les plus responsables des changements climatiques jusqu'à maintenant tandis que les pays en développement souffrent de la majorité des impacts. Par exemple, les impacts des changements climatiques sur la santé sont profondément inégaux ; les pauvres, les marginaux, les illettrés et les vulnérables géographiquement sont les plus exposés à des risques de blessures ou de mort¹⁶ (session 14). En général, les pauvres ont la capacité d'adaptation aux changements climatiques la plus faible. Toute solution durable, ou largement acceptée, au défi du changement climatique devrait reconnaître et tenir compte de ces dimensions d'équité dans les négociations et accords.

La vulnérabilité aux impacts des changements climatiques varie énormément de par le monde, avec des questions d'éthiques et de justice émergeant comme facteurs-clés dans les approches d'adaptation. Les discussions sur les inégalités autour de l'adaptation portent souvent sur le lien entre l'adaptation et la pauvreté au niveau national, sur les déséquilibres régionaux en matière de capacité d'adaptation, sur l'adaptation dans le contexte de l'histoire coloniale, sur la responsabilité de financement de l'adaptation et sur l'éthique d'imposer le fardeau de l'adaptation à un monde déjà rempli d'inégalités¹⁶ (sessions 10 & 11). Un certain nombre de modèles ont été proposés pour faire face à ces questions d'équité, souvent orientés autour du concept d'un filet de sécurité d'adaptation bien financé pour les plus vulnérables (encadré 10).

Les analyses mondiales des points chauds pour la rareté de l'eau et la vulnérabilité des systèmes agricoles et alimentaires peuvent identifier les gens et les endroits les plus vulnérables aux pénuries alimentaires (schéma 10), permettant ainsi de diriger les ressources et l'expertise vers une réduction de ces vulnérabilités. À ce jour, il y a eu étonnamment peu de recherches spécifiquement sur le maintien ou l'amélioration de la productivité des systèmes alimentaires sous un climat en évolution ou sur la vulnérabilité aux changements climatiques d'autres aspects des systèmes alimentaires tels que les réseaux de distribution et la qualité des produits. Ce manque de focalisation des recherches est un problème commun à beaucoup de régions, dans la mesure où les pressions de survie à court

terme dominant sur l'adaptation aux changements climatiques à long terme. Néanmoins, alors que l'importance des impacts du changement climatique augmente, des ressources supplémentaires seront nécessaires à la fois pour la recherche, et pour les actions visant à réduire la vulnérabilité des parties du monde les plus déficientes en denrées alimentaires^{64,65}.

Les questions d'équité ont des dimensions temporelles et spatiales. Il y a eu beaucoup de discussions sur les obligations des générations actuelles envers les générations futures et, bien qu'il y ait des débats vigoureux sur de nombreux aspects de l'équité intergénérationnelle, certaines zones d'accord ont émergé. Tout d'abord, les approches économiques utilisant des analyses de rendement et de rabais standards, ne peuvent pas refléter la diversité des perspectives sur les obligations envers les générations futures. Deuxièmement, beaucoup de perspectives philosophiques différentes mènent à la même conclusion – le maintien d'une approche « comme si de rien n'était » du changement climatique est injuste pour les générations futures, qui ont un droit fondamental à l'environnement dans lequel ils vivent. En résumé, la génération actuelle gère le capital naturel de la Terre de telle manière qu'une dette environnementale considérable sera transmise aux prochaines générations¹⁶ (session 12).

La catastrophe de biodiversité qui se déroule est inquiétante non seulement en ce qui concerne la fourniture de services de l'écosystème aux hommes²⁶, mais aussi en matière d'éthique relatives à la relation entre l'humanité et le reste de la nature. Tandis que la société contemporaine regarde souvent le monde naturel comme un vaste déploiement de ressources à exploiter, les valeurs récréationnelles et spirituelles de la nature restent importantes pour beaucoup de gens. L'extinction potentielle d'espèces charismatiques, comme les manchots empereurs ou d'écosystèmes à valeur d'icônes tels que les barrières de corail ou les forêts tropicales, est donc considérée par beaucoup comme une conséquence inacceptable des changements climatiques. Les perspectives d'éthique biocentriques et écocentriques confèrent un statut moral aux plantes, animaux et écosystèmes, et les extinctions dues aux changements climatiques sont donc considérées comme une injustice lorsque l'équité entre l'humanité et le reste de la nature est prise en compte¹⁶ (session 13).

Les questions d'équité sont également prédominantes dans l'atténuation du changement climatique et apparaissent invariablement dans les discussions sur les responsabilités différentielles pour les réductions d'émissions à travers les pays. La base scientifique pour le dilemme de l'équité concernant l'atténuation est le problème communément appelé des stocks et flux¹⁸. Le climat répond à la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère – les stocks. En raison

Financement pour l'adaptation

Prof. J. Timmons Roberts, jtrobe@wm.edu et Prof. Coleen Vogel, Coleen.Vogel@wits.ac.za

ENCADRÉ 10

La population la plus pauvre est généralement la plus vulnérable aux impacts des changements climatiques, bien que la moins responsable. La CCNUCC et le protocole de Kyoto ont tous deux indiqué que d'importants financements devraient être transférés de ceux ayant la « capacité » de supporter et de gérer les changements climatiques, à ceux ne l'ayant pas. Convenir de ce principe était facile ; un pacte mondial, cependant, doit aborder une série de questions cruciales. À combien s'élève le financement de l'adaptation et comment connaissons-nous et estimons-nous ces coûts, à la fois à court et à long terme ? Qui devrait payer pour l'adaptation et quelle somme devrait verser chaque pays ? Comment des paiements adéquats peuvent-ils être récoltés de manière fiable et juste ? Comment les fonds internationaux pour l'adaptation peuvent-ils être distribués équitablement et utilisés de façon efficace ?

Les estimations des sommes de financements nécessaires pour développer des pays, de façon à ce qu'ils s'adaptent aux impacts probables des changements climatiques, varient actuellement entre huit et plus de cent milliards de dollars par an. Mais il est clair que des dizaines de milliards de dollars peuvent être nécessaires annuellement, dès maintenant. Les financements volontaires actuels sont largement inappropriés. Comme avec n'importe quel sinistre, malgré des efforts considérables, beaucoup des impacts et des pertes dus à des catastrophes ne sont jamais ni réparés, ni repayés. Cependant, le principe du « pollueur-payeur », sous-entend que ceux qui ont créé le besoin de s'adapter devraient le financer. Il est crucial que ces financements soient considérés comme des restitutions obligatoires pour dommages causés, et non traités comme une option ou de la bienfaisance.

La CCNUCC précise que l'action sur les changements climatiques devrait être basée sur la responsabilité et la capacité. Les approches les plus prometteuses utilisent les revenus générés par des mesures visant à réduire leurs émissions (par le biais de taxes sur le carbone ou en autorisant les revenus de permis d'encheres) dans les pays les plus riches, afin d'aider les pays pauvres à faire face à leurs besoins pour s'adapter. Les leviers internationaux sur le commerce



Photo : John McConico

ou le transport du carbone ont des avantages par rapport à la collecte de fonds par le biais de fiscalités nationales, celles-ci risquant d'être récupérées par les politiciens nationaux sous pression pour s'attaquer aux priorités locales. Pour finir, une attention particulière doit être portée à une distribution juste et efficace des financements d'adaptation : des processus participatifs, la transparence des transferts et des évaluations indépendantes de leur utilisation seront nécessaires pour conserver la confiance générale.

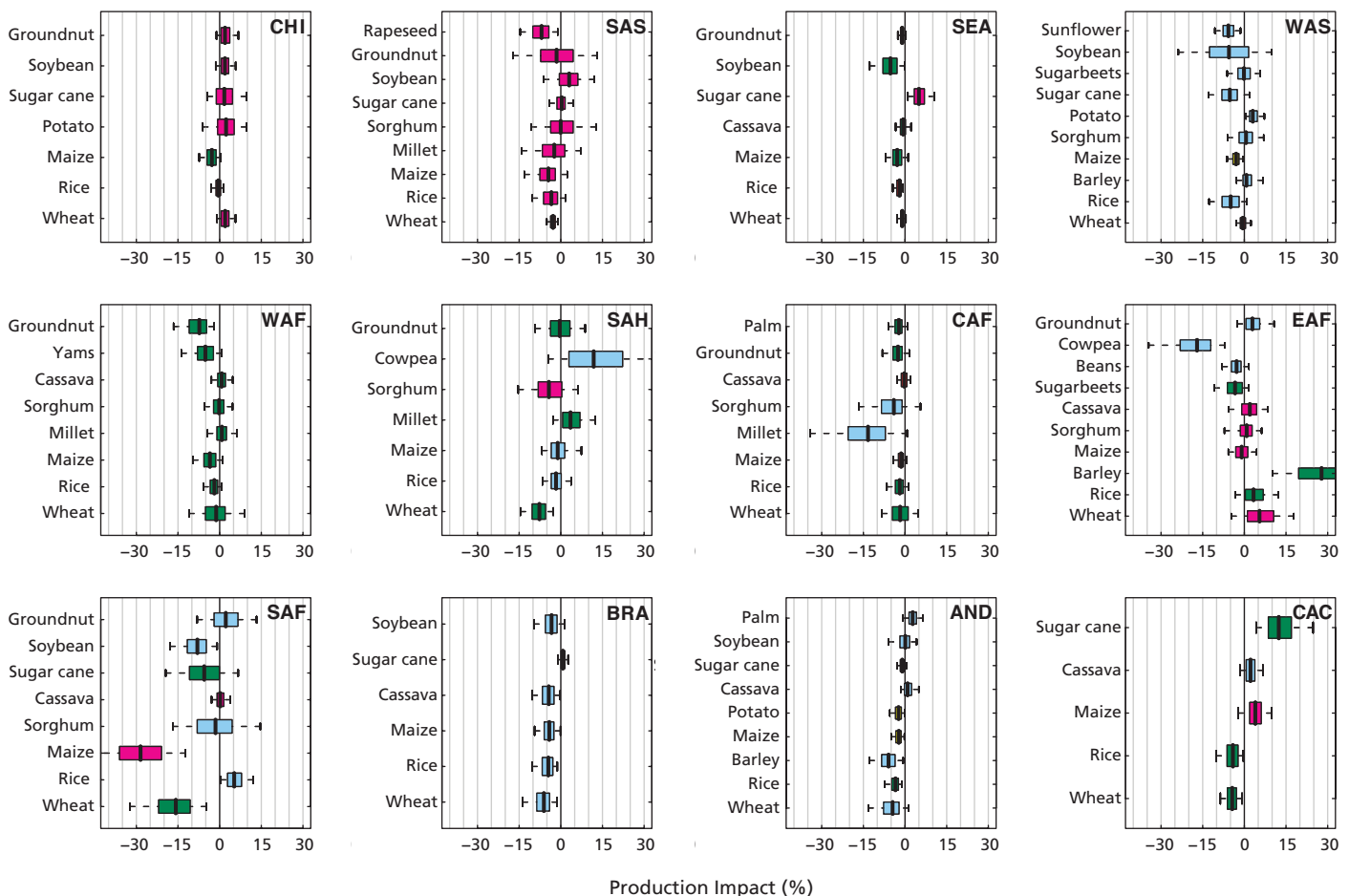


Schéma 10
Prévisions des impacts des changements climatiques sur la production agricole en 2030, exprimées en pourcentage de changement par rapport aux récoltes moyennes de 1998 à 2002. Le rose, le vert et le bleu indiquent un « classement d'importance de la faim » de 1 à 30 (plus important), de 31 à 60, et de 61 à 94 (moins important), respectivement. Les lignes en pointillés s'étendent du 5^{ème} au 95^{ème} centile des prévisions, les encadrés s'étendent du 25^{ème} au 75^{ème} centile et la ligne verticale du milieu dans chaque

encadré indique la prévision médiane. Les codes des régions sont : CHI – Chine ; SAS – Asie du Sud ; SEA – Asie du Sud-Est ; WAS – Asie occidentale ; WAF – Afrique occidentale ; SAH – Sahel ; CAF – Afrique centrale ; EAF – Afrique orientale ; SAF – Afrique australe ; BRA – Brésil AND – Région andine CAC – Amérique centrale et Caraïbes⁶⁴.



de la longue durée de vie du CO₂ et de certains autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère, les stocks sont dominés par les émissions historiques des pays développés. Le niveau du changement climatique observé en 2009 est donc en grande partie causé par les émissions historiques provenant de pays riches (schéma 11). Cependant, les origines des émissions humaines des gaz à effet de serre dans l'atmosphère changent rapidement. Le taux de croissance des émissions est désormais dominé par les pays en développement et les grandes économies asiatiques, en particulier, sont devenues des émetteurs importants de CO₂ dans l'atmosphère en termes de flux annuels. Cependant, sur une base par habitant, les pays développés dominent toujours les émissions et continueront à le faire dans un avenir proche.

Dans un monde de 9 milliards de personnes en 2050, il sera nécessaire, pour réaliser les objectifs de réduction des émissions et éviter ainsi les changements climatiques dangereux (message principal N° 2), de réduire les émissions par habitant à environ 2 tonnes de dioxyde de carbone par an ou moins. Comme indiqué, les émissions par habitant varient à présent d'un pays à l'autre – par exemple, aux États-Unis, elles sont supérieures à 20 tonnes, dans les pays nordiques, environ 11 tonnes, et en Chine, moins de 4 tonnes⁶⁶. Convertir la moyenne nécessaire par habitant en droit obligatoire d'émissions par personne à travers le monde représente une question complexe, impliquant des critères de responsabilité historique (schéma 11) ainsi que des considérations sur le temps nécessaire pour éliminer les différences actuelles entre les pays.

Les approches d'atténuation dans un contexte national sont aussi touchées par des défis d'équité. Elles croisent invariablement des inégalités structurelles, dans des circonstances complexes, souvent au désavantage des sous-populations plus faibles au niveau économique et politique. Les politiques d'énergie visant à limiter les émissions devraient être sensibles aux modèles spécifiques de consommation d'énergie qui varient selon les ménages et les individus en termes de revenus, d'implantation urbaine ou rurale, de sexe et d'âge. Relever ces défis nécessite la participation et la prise en considération de tous les groupes sociaux dans la conception et la mise en place des politiques¹⁶ (session 10).

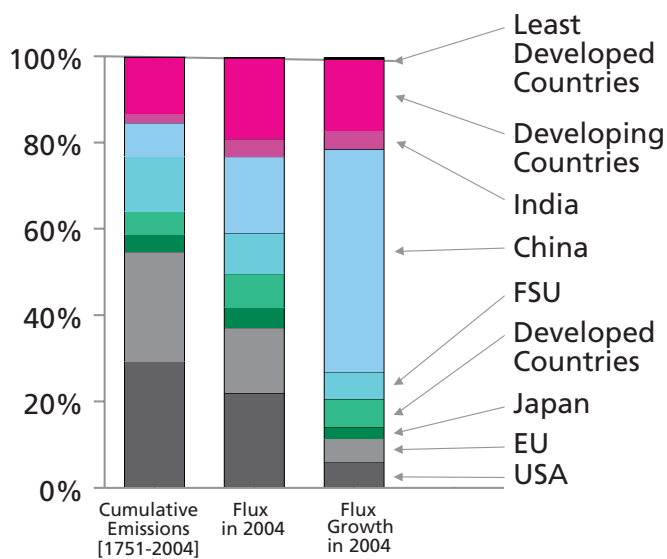


Schéma 11
Différents aspects des émissions carboniques humaines par pays/région, mettant en valeur les problèmes, communément appelés de stocks et flux. La première colonne montre les émissions cumulées depuis le début de la révolution industrielle jusqu'en 2004. Ce sont ces stocks de carbone dans l'atmosphère qui produisent la majeure partie des changements climatiques observés. La deuxième colonne indique le taux d'émissions carboniques humaines dans l'atmosphère en 2004. La troisième colonne montre le taux annuel en 2004 d'augmentation des flux de carbone dans l'atmosphère¹⁸. FSU désigne l'ancienne Union Soviétique (Former Soviet Union).

Le développement, le déploiement et la diffusion des technologies faibles en carbone ou sans carbone constituent des aspects critiques des efforts d'atténuation qui croisent aussi directement les questions d'équité, surtout pour ce qui concerne les relations entre pays développés et pays en développement. L'introduction d'un mélange de différentes sources d'énergies de carburants non-fossiles pour réduire les émissions est parfois critiquée pour le ralentissement de la réduction de la pauvreté dans le monde en développement en raison de sa forte demande en investissements¹⁶ (session 21), bien qu'elle puisse avoir l'effet opposé si sa conception et sa mise en place sont réalisées de façon appropriée. Certains principes-clé lors de l'introduction de sources d'énergie de carburants non-fossiles sont : (i) planifier explicitement la transmission et la diffusion vers les pays en développement quand les projets de démonstration sont mis en pratique dans un pays développé ; (ii) concevoir des bénéfices associés pour les autres aspects du développement socio-économique et inclure des incitations explicites pour soutenir les systèmes d'énergie faibles en carbone ; et (iii) les technologies n'ont pas besoin d'être les plus avancées ni les plus coûteuses pour être efficaces



Schéma 12
Cellules photovoltaïques de petit format (système moyen – 18 watts) comme celles utilisées au Kenya. La taux d'adoption de cette technologie est plus élevé au Kenya que dans n'importe quel autre pays au monde⁵⁷.

dans les pays en développement¹⁶ (sessions 21 & 27). Un exemple du dernier principe est illustré par la diffusion rapide de la technologie des cellules solaires à bas prix et à faible entretien au Kenya⁵⁷ (schéma 12).

Utiliser les systèmes biologiques pour stocker du carbone et réduire les émissions représente une approche d'atténuation potentielle pour laquelle les considérations d'équité sont complexes et controversées. Les changements de la couverture forestière sont responsables d'environ 15 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales d'origine humaine¹. Les approches visant à réduire

les émissions provenant de la déforestation sont de plus en plus plébiscitées comme une stratégie d'atténuation potentiellement efficace et économique (message principal N° 5), mais le défi reste de s'assurer que chaque stratégie soit équitable, surtout en ce qui concerne le besoin de protéger les droits et les moyens d'existence des populations dépendantes des forêts. Pour atteindre un niveau d'acceptation général, de tels projets devraient éviter les erreurs et se fonder sur les réussites des tentatives précédentes de contrôle de la déforestation, ce qui implique que les outils politiques doivent cibler les véritables facteurs déterminants de la déforestation. Ceux-ci sont souvent à cheval sur plusieurs secteurs et dépassent le cadre du secteur forestier traditionnel. En outre, les approches de la protection forestière doivent prendre en compte des situations locales diverses, à la fois en économie politique et en écologie¹⁶ (session 25).

D'autres approches d'atténuation basées sur la biologie comprennent le développement et l'utilisation de biocarburants. Celles-ci, cependant, font aussi appel à d'autres considérations. Le pic des prix de l'alimentaire en 2008, qui était

au moins en partie attribuable à la concurrence avec les biocarburants pour le sol, a mis en lumière le conflit potentiel généré par la demande de pays riches en carburants liquides et le besoin des pauvres dans les pays en développement de sécuriser leur alimentation. Les systèmes de biocarburants de deuxième génération sont conçus pour éliminer ce conflit potentiel en utilisant les matières de base non-alimentaires et en utilisant des sols inappropriés pour la production alimentaire¹⁶ (session 18).

Les questions d'équité s'étendent à pratiquement tous les aspects du changement climatique. Les tentatives de séparation ou de compartimentalisation de la réduction des émissions et des activités d'adaptation à partir des objectifs plus larges de développement socio-économique dans de nombreuses parties du monde sont vouées à l'échec. Le double défi du 21^{ème} siècle – éviter les changements climatiques dangereux et la diminution de la pauvreté – devrait et peut être considéré conjointement^{67,68}.

MESSAGE PRINCIPAL N° 5

L'INACTION EST INEXCUSABLE

La société possède déjà beaucoup d'outils et d'approches – économiques, technologiques, comportementaux, et de gestion – pour agir efficacement face au défi que pose le changement climatique. Si ces outils ne sont pas vigoureusement et largement mis en place, l'adaptation aux changements climatiques inévitables et la transformation sociétale nécessaires pour décarboniser les économies ne seront pas réalisées. Un vaste éventail d'avantages découlera d'une approche concertée pour aboutir à une adaptation et à une atténuation efficaces et rapides. Ceux-ci comprennent la croissance de l'emploi dans le secteur de l'énergie durable ; des réductions des coûts de santé, sociaux et environnementaux des changements climatiques ; et la réparation des écosystèmes ainsi que la revitalisation des services en provenance de l'écosystème.

Toute réponse sociétale aux changements climatiques causés par l'homme devrait consister en un mélange d'**atténuation**, avec des mesures prises pour réduire ou changer les activités humaines qui entraînent les changements climatiques, et d'**adaptation**, où la société augmente autant que possible sa capacité à supporter les impacts des changements climatiques. L'atténuation et l'adaptation sont intimement liées en tant que stratégies de réponse. L'adaptation est essentielle, étant donné que même un immense effort d'atténuation initié aujourd'hui, ne serait capable d'éliminer ni les impacts des changements climatiques qui se réalisent déjà, ni ceux engagés à l'avenir par la société, en raison de l'inertie du climat. À l'opposé, si aucune atténuation n'est initiée et que nous permettons aux changements climatiques de continuer sans intervention, le risque est grand de voir les impacts les plus dangereux ou catastrophiques associés au réchauffement de la planète de plusieurs degrés (message principal N° 2). Même les sociétés les plus riches, avec les activités d'adaptation les meilleures et les mieux financées, ne seraient probablement pas capables de s'adapter complètement à de tels changements climatiques. Cette simple réalité renforce l'idée que des politiques climatiques efficaces devraient combiner à la fois des mesures d'adaptation et des activités d'atténuation.

Une réduction des émissions humaines à effet de serre au niveau nécessaire pour ne pas dépasser la limite de sécurité de 2 °C ne peut se réaliser, à moins que les carburants de source non-fossile ne viennent à représenter un pourcentage nettement plus élevé des demandes en énergie sociétale. Développer une économie moins dépendante des carburants fossiles se décrit communément comme « décarboniser l'économie ». De nombreuses technologies à énergies renouvelables, pouvant contribuer à décarboniser l'économie mondiale, ont été en cours de développement ces dernières années (encadré 11). Bien qu'il n'y ait pas de « solution miracle » – aucune technologie renouvelable qui puisse remplacer les carburants fossiles dans leur totalité – un mélange de technologies peut permettre à différents pays et régions de développer leurs propres combinaisons d'énergies renouvelables pour répondre à leurs propres besoins. Des technologies sont déjà disponibles. En conjonction avec des changements côté demande – utilisation d'énergie réduite et amélioration des économies – elles offrent le potentiel d'atteindre une réduction de 50 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Dans certaines régions, ces émissions atteindraient pratiquement un niveau zéro dans les mêmes délais¹⁶ (session 19). Atteindre de tels buts, cependant, requiert une augmentation rapide et importante de la capacité de production avec des investissements concertés ; un encadrement avec des politiques stables ; et la recherche, le développement et

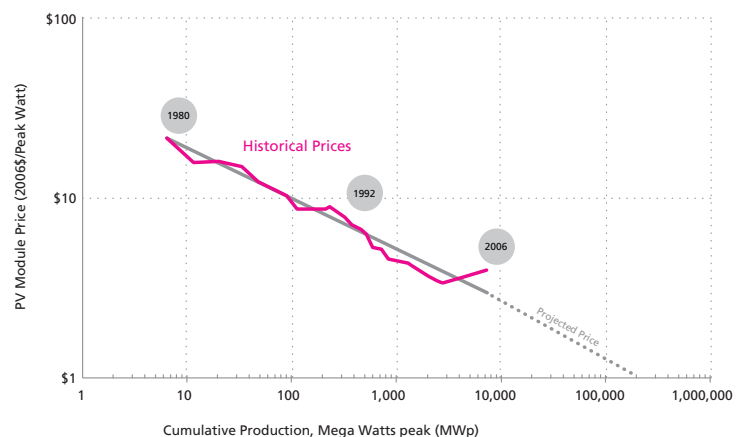


Schéma 13

La baisse de prix des modules de cellules solaires photovoltaïques sur film mince, par rapport à l'augmentation de la production cumulée. Un circuit de confirmation d'informations montre qu'un investissement précoce et important dans les technologies renouvelables augmentera leur taux d'acceptation, abaissant encore plus les coûts unitaires⁶⁹. La ligne pleine montre les données historiques et la ligne en pointillés indique la trajectoire projetée basée sur la continuité des tendances historiques.

la démonstration pour faciliter les apprentissages technologiques et réduire les coûts de production (schéma 13).

Afin d'offrir un système énergétique stable et efficace, dont les différents éléments, y compris la production, la demande variable, le stockage et la conversion d'énergie, travaillent ensemble, des « réseaux intelligents », seront essentiels pour intégrer de larges fractions d'énergie renouvelable. Le développement de « super-réseaux » – systèmes régionaux d'alimentation en énergie couvrant de larges zones géographiques – peut aussi être nécessaire pour faciliter l'intégration de technologies éoliennes, solaires et autres énergies renouvelables, conjointement à des installations de stockage énergétique à grande échelle, telles que des installations hydroélectriques. De tels réseaux peuvent aider à équilibrer les charges et à modérer les fluctuations de production¹⁶ (session 19).

Dans certains cas, les technologies renouvelables peuvent se révéler plus immédiatement applicables aux exigences des pays en développement que les systèmes énergétiques basés sur les carburants fossiles plus traditionnels,

parce qu'ils peuvent fonctionner dans des zones isolées sur des échelles plus petites et nécessitent parfois moins de maintenance et de capacités techniques locales (message principal N° 4). Certaines technologies, qui peuvent ne pas être appropriées à la production d'énergie dans des pays qui ont déjà un système de distribution énergétique fiable et moderne, peuvent néanmoins être tout à fait adaptées à la production d'électricité dans des communautés en développement qui n'ont pas accès à des systèmes fiables. En d'autres termes, lorsque les paramètres climatiques sont intégrés dans les activités de développement, les objectifs d'atténuation du changement climatique et le développement peuvent être en complète synergie.

Outre le développement des technologies des énergies renouvelables, la gestion des systèmes biologiques a un potentiel considérable comme outil d'atténuation. Les forêts, par exemple, peuvent éliminer des quantités importantes de CO₂ de l'atmosphère, étant donné que les arbres (comme toutes les plantes) absorbent du CO₂ par photosynthèse et le convertissent en biomasse. Parce que les communautés naturelles de plantes, consistant en de nombreuses espèces, absorbent généralement davantage de carbone de l'atmosphère que celles composées d'une seule ou de quelques espèces⁷⁰, la préservation des forêts naturelles diverses a suscité une attention particulière, en tant qu'outil

d'atténuation par le biais de l'initiative REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation – Réduction des émissions résultant de la déforestation et de la dégradation des forêts)¹⁶ (session 25), (schéma 14). Elle vise à réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre liées à la conversion des forêts naturelles en d'autres utilisations des sols.

REDD (la réduction des émissions résultant de la déforestation et de la dégradation des forêts) présente de nombreux attraits, mais aussi d'énormes défis : comment des points de référence peuvent-ils être établis, à partir desquels les augmentations ou réductions de déforestation peuvent être mesurées ? Quels sont les conditions et mécanismes – financiers ou autres – qui facilitent au mieux la réduction des émissions de carbone forestier (REDD) ? Comment les populations locales peuvent-elles être indemnisées équitablement pour consacrer « leurs » terres et leurs valeurs carboniques à un objectif mondial (message principal N° 4) ? En outre, si les températures augmentent de 2 °C ou plus, il existe un risque que l'écosystème terrestre, y compris les forêts, puisse devenir une source nette de carbone vers l'atmosphère en raison des augmentations en échanges gazeux et des perturbations telles que les incendies. La perte des services de régulation carbonique des forêts accélérerait sérieusement les changements climatiques¹⁶ (session 38), (encadré 2).

L'agriculture représente l'utilisation humaine du sol la plus répandue et la plus fondamentalement importante, mais c'est aussi un important émetteur de gaz à effet de serre vers l'atmosphère. D'un autre côté, des réductions de

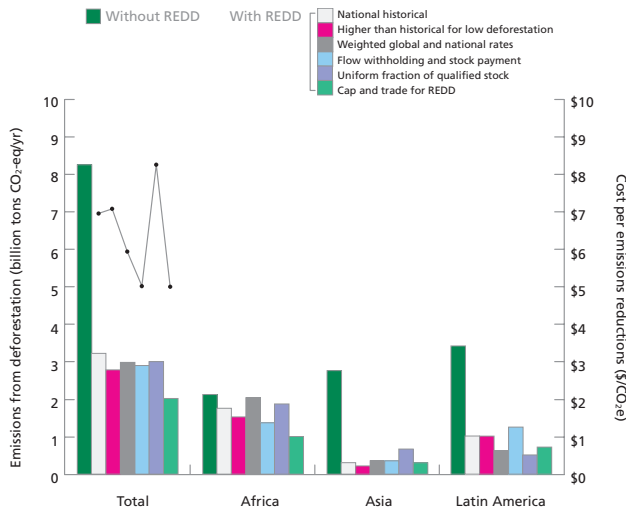


Schéma 14
Émissions modélisées provenant de déforestation dans sept options d'étude REDD (réduction des émissions de carbone forestier), par région. Les différentes options d'étude sont basées sur des approches variées pour définir la référence à partir de laquelle la déforestation supplémentaire serait mesurée, la nature des mécanismes financiers, les mesures permettant de contrôler les fuites internes de déforestation, vers des pays où les taux historiques de déforestation sont bas, et autres facteurs¹⁶ (session 25). Les résultats de l'analyse montrent que, sans compter les détails de conception particulière, l'approche de réduction des émissions de carbone forestier (REDD) peut réduire les émissions de la déforestation à moins de la moitié. Les résultats diffèrent fortement par région, avec l'Asie et l'Amérique Latine montrant de larges réductions d'émissions par le biais de REDD (réduction des émissions de carbone forestier), tandis que les gains sont très faibles en Afrique. Les résultats sont donc beaucoup plus sensibles aux différences régionales, qu'à la nature de l'étude de REDD (réduction des émissions de carbone forestier)⁷¹.

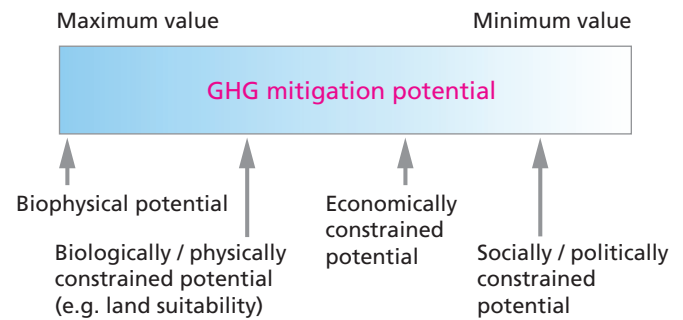


Schéma 15
Impacts des différentes contraintes sur la réduction du potentiel d'atténuation des gaz à effet de serre, du potentiel biophysique théorique maximal au potentiel atteignable plus bas⁷². Contraintes écologiques, telles que les limitations en nutriments ou en eau, peuvent réduire le potentiel biologique théorique d'absorption de carbone dans les systèmes de production. Des réflexions économiques, sociales et politiques peuvent apporter des contraintes supplémentaires, résultant en un niveau d'absorption carbonique réel beaucoup moins important que le maximum théorique.



Technology	Feedstocks	Process technology	Potential competition with food production	Conversion efficiency	Level of feed by-products
1 st generation bioethanol	Cereals, sugar cane, tubers	Fermentation	Low to high	30-65%	High
2 nd generation bioethanol	Residues, waste, bioenergy crops	Fermentation	Low	30-75%	Low to high
Biogas (methane)	Manure, energy crops, organic waste	Mesophilic fermentation	Low to high	60-80%	None
Biodiesel	Oil crops, food & animal waste	Extraction & transesterification	Low to high	85%	Low to high
Biomass to Liquid (diesel)	Any biomass, preferably wood	Thermochemical	Low	50-60%	None
Biomass for heat and power	Any biomass, preferably waste and residues	Thermochemical	Low	50-65%	None
3 rd generation biofuels	Algae, halophytes, waste and residues	Thermochemical, biological, extraction	None	< 65%	Unknown

Tableau 2
 Comparaison de la biomasse avec les technologies de conversion d'énergie. Remarquez l'importante variation dans les économies de conversion. Ceci reflète la différence entre les technologies passées et l'état actuel des choses. Les économies de conversion pour la biomasse en termes de chaleur et d'électricité sont basées sur les économies moyennes sur l'année⁷³⁻⁸⁴.

gaz à effet de serre très importantes et efficaces peuvent être réalisées dans l'agriculture moderne, principalement grâce à des pratiques de gestion modifiées. L'amélioration du stockage de carbone dans le sol pourrait conduire à d'importantes réductions d'émissions à court terme, tout en offrant des augmentations de durabilité des systèmes fermiers à long terme. Ce potentiel d'atténuation, cependant, a peu de chances de se réaliser, à moins qu'un prix réaliste ne soit appliqué aux émissions de gaz à effet de serre. Il y a aussi d'autres obstacles – structurels, institutionnels, financiers et éducatifs – à la modification des pratiques de gestion agricole pour qu'elles deviennent davantage pro-climatiques¹⁶ (session 24), (schéma 15).

Les outils d'atténuation biologiques les plus controversés sont probablement les biocarburants, qui sont produits à partir de biomasse végétale et peuvent être brûlés pour produire de la chaleur et de l'électricité afin qu'ils puissent se substituer aux carburants fossiles (tableau 2). En fin de compte, un secteur de transport moins dépendant des carburants liquides dérivés d'une énergie fossile est nécessaire. À court terme, les biocarburants sont importants pour réduire l'utilisation des carburants fossiles pour voitures ; à plus long terme, ils remplaceront probablement les carburants fossiles pour les avions et les navires¹⁶ (session 18). Le facteur limitant est la quantité de surface de sol qui peut être allouée à la production de biocarburants. Beaucoup d'efforts sont donc actuellement consacrés au développement de systèmes de biocarburant de 2^{ème} génération qui sont basés sur des déchets végétaux, plutôt que sur des

cultures dont le seul objectif est la production d'énergie. En se basant sur ce raisonnement, ainsi que sur une comparaison de l'énergie totale nécessaire à la production et de l'énergie produite totale, l'utilisation d'oléagineux – huile de palme, colza, tournesol et soja – n'est pas durable et devrait donc être évitée¹⁶ (session 18).

Concernant l'adaptation, les secteurs déjà étroitement gérés par des hommes – systèmes alimentaires, forêts, et systèmes d'eau – peuvent être adaptés dès à présent aux impacts des changements climatiques¹⁶ (session 38). Les exploitants agricoles et forestiers peuvent, par exemple, sélectionner des cultures ou espèces d'arbres qui nécessitent moins ou tolèrent plus d'eau, ou encore conservent leur productivité sous des températures plus élevées. Cependant, il y a des limites à de telles adaptations si les changements climatiques évoluent trop ou trop rapidement. En agriculture, l'atténuation ou l'adaptation impliquent souvent les mêmes stratégies de gestion et peuvent donc se réaliser en même temps, permettant des résultats coordonnés⁸⁵.

Il est plus difficile de développer des stratégies d'adaptation pour les systèmes naturels qui fournissent les services écosystémiques indirects à la base du bien-être humain. Un nouveau paradigme pour la conservation de la nature serait plus approprié face aux changements climatiques¹⁶ (sessions 31 & 38). Ce paradigme devrait se concentrer en priorité sur le renforcement de la résilience des écosystèmes fonctionnant bien. Les stratégies d'adaptation appropriées comprennent l'expansion et la connexion des réseaux de zones protégées, le contrôle des espèces étrangères, et l'utilisation de gestion d'adaptation active (schéma 16). Certains outils de préservation utilisés actuellement, tels que des listes d'espèces menacées statiques, des petites zones protégées non-connectées et des frontières politiques servant à délimiter les espèces menacées, ne sont pas des outils d'adaptation efficaces concernant les changements climatiques¹⁶ (session 31).

Même avec les approches d'adaptation les plus efficaces, un très grand nombre d'espèces ne survivront pas au changement climatique actuel (message principal N° 2). Pour éviter une aggravation de la crise d'extinction, il n'y a aucune alternative à l'atténuation rapide et efficace. En outre, des investissements dans la protection *ex-situ* – c'est-à-dire, en gardant des organismes en captivité ou en maintenant des banques de graines – pourraient être réalisés avec l'espoir que ces organismes, un jour, pourront être réintroduits dans la nature si un climat adéquat était retrouvé⁸⁶. Au mieux, cependant, des mesures *ex-situ* seront faisables pour quelques espèces seulement.

Pour les pays en développement, en particulier, le message le plus important émanant des efforts d'adaptation est probablement que les réflexions climatiques devraient être comprises à la fois dans les politiques domestiques et dans l'assistance étrangère. L'adaptation aux changements climatiques ne peut être mise en place avec succès si elle est traitée comme un ajout et instaurée séparément des autres initiatives visant à accueillir un développement économique et social et à accroître la capacité de résilience des sociétés. Bien que l'impact intégral du changement climatique à venir ne soit pas encore connu,

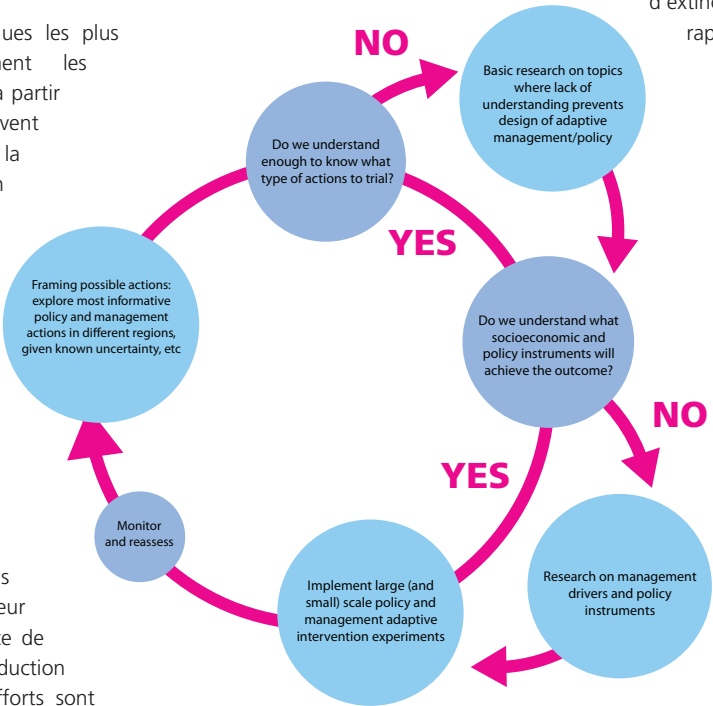
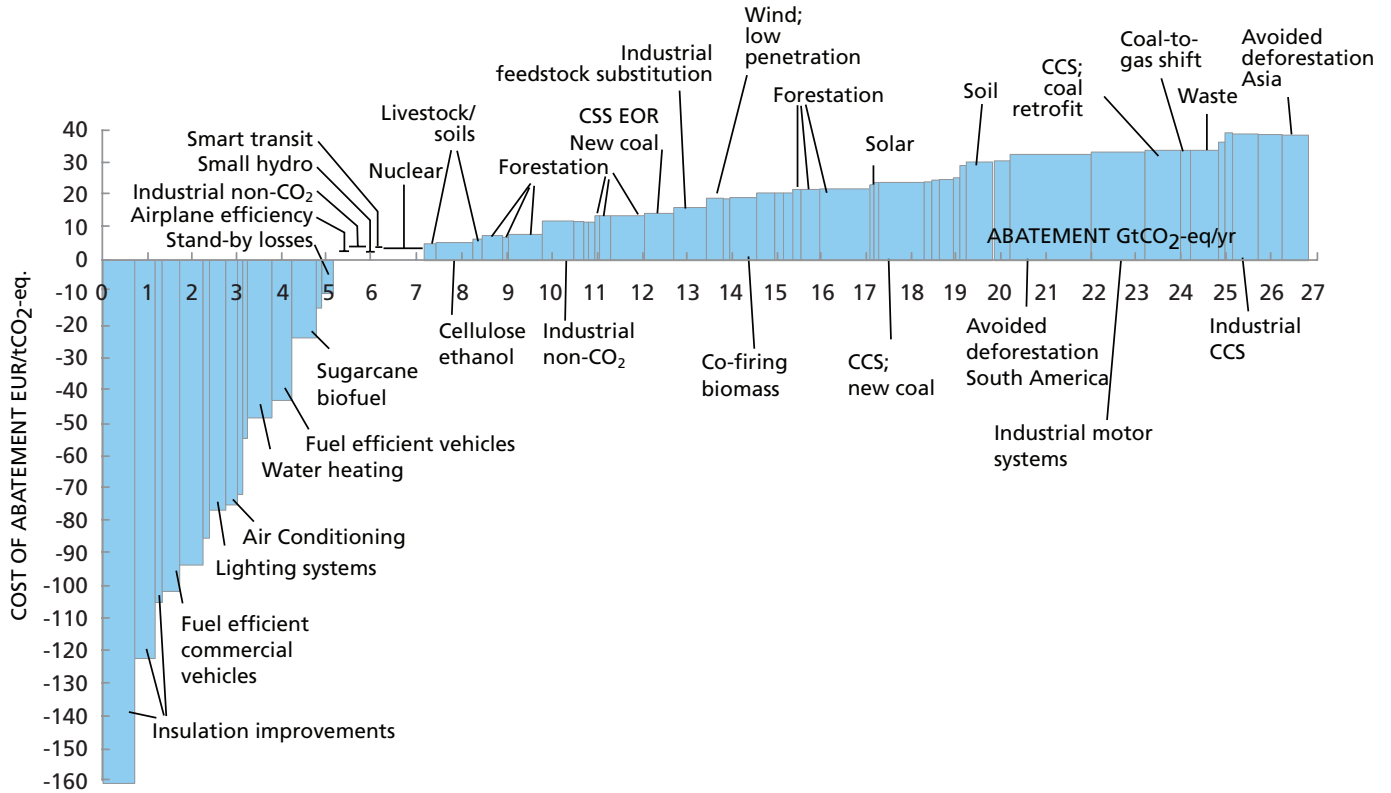


Schéma 16
 Une représentation visuelle d'une gestion d'adaptation active, une approche itérative construite autour du développement explicite basé sur l'expérimentation des options de gestion possibles^{72,86}.

Les avantages de la décarbonisation de l'économie

Prof. Daniel Kammen, kammen@berkeley.edu

ENCADRÉ 11



Une des leçons les plus importantes de la croissance rapide de l'ensemble des énergies économiques, des technologies solaires, éoliennes, à biocarburants et autres technologies faibles en carbone, réside dans le fait que les coûts de déploiement sont plus bas que prévus, et que simultanément, les avantages sont plus importants. Cette apparente situation de « gagnant-gagnant » mérite un examen approfondi et des vérifications continues.

Au cours de la dernière décennie, les marchés des énergies solaires et éoliennes se sont développés à des taux de plus de 30 % par an et dans les dernières années, des taux de croissance de plus de 50 % dans le secteur de l'énergie solaire ont été constatés⁹¹. Cette croissance rapide et durable a entraîné la baisse rapide des coûts et la formation d'un ensemble varié de technologies et d'entreprises innovatrices. Les politiques gouvernementales dans un nombre croissant de villes, états et nations trouvent des moyens créatifs et économiques de continuer à développer ces marchés.

Alors qu'un ensemble diversifié de technologies faibles en carbone apparaît sur le marché, les technologies de basse consommation énergétique (par exemple les fenêtres à double-vitrage et structure isolante, les lampes basse consommation et systèmes de chauffage et de ventilation à économie d'énergie, les produits d'isolation thermique et l'électroménager à économie d'énergie) et les pratiques d'économie d'énergie sont toutes en croissance exponentielle. Beaucoup de ces innovations à basse consommation énergétique indiquent des coûts négatifs avec le temps, ce qui signifie que lorsque tous les avantages (y compris l'amélioration de

la qualité des services d'énergie, de la santé et de la productivité) sont pris en compte, certains investissements dans les énergies durables véhiculent de la création nette d'avantages sociaux à terme.

Les courbes de coût d'abaissement du carbone sont devenues célèbres depuis que la compagnie suédoise d'électricité Vattenfall a collaboré avec l'entreprise McKinsey pour développer un ensemble d'estimations sur ces coûts, afin de déployer et d'exploiter une gamme de technologies de basse consommation énergétique, d'utilisation du sol et de production d'énergie. Ces courbes des coûts de carbone conservé décrivent les coûts (ou économies, dans le cas de plusieurs options à 'coûts négatifs' tels que l'efficacité énergétique d'une construction) ainsi que l'ampleur (en gigatonnes) d'abaissement potentiel à un moment futur projeté. Les théories les plus courantes sont pour 2030.

Le schéma montre les célèbres « courbes de Vattenfall ou de McKinsey », qui fournissent un ensemble d'estimations des dits coûts et récompenses, qui intègrent à la fois le rendement énergétique et les technologies de production d'énergie propres pour l'an 2030.

Beaucoup d'autres innovations concernent l'horizon à court-terme, y compris celles qui utilisent des financements municipaux novateurs pour éliminer totalement les coûts de départ des investissements en économies d'énergie et en énergies renouvelables par le biais d'emprunts, remboursés sur la durée des services fournis par des produits énergétiques propres et économiques⁹².



certaines tendances actuelles deviennent apparentes – le changement d'accès à l'eau potable, la fréquence accrue des orages et inondations, et les zones agricoles affectées par la sécheresse. Beaucoup d'adaptations « sans regrets » – par exemple, celles qui permettent de maintenir des approvisionnements en eau ou de sécuriser les logements – peuvent être mises en place maintenant et créeront une capacité de résilience sociétale face à des changements climatiques supplémentaires⁶⁶.

Pour une construction efficace de l'adaptation, il est nécessaire d'entreprendre des recherches d'urgence sur les implications des politiques existantes et futures en ce qui concerne l'adaptation : soutiennent-elles ou empêchent-elles l'adaptation, et comment doivent-elles être modifiées ? L'investissement dans les infrastructures doit aussi être remis en question dans un contexte d'adaptation au climat : quels sont les projets qui ont les meilleurs rapports avantages/coûts et quand doit-on prendre les décisions d'investissement ? En outre, parce que le climat tend à se rapprocher des projections les plus élevées, les sociétés ont besoin de politiques, pratiques et infrastructures d'adaptation qui peuvent supporter des événements extrêmes, qui se situeraient en haut de l'échelle de sévérité en termes de distribution des probabilités. Les stratégies d'adaptation devraient donc comprendre une très importante préparation aux sinistres, en insistant encore plus sur les services de gestion d'urgence¹⁶ (session 32).

Aussi efficaces et nécessaires que ces approches d'atténuation et d'adaptation peuvent l'être individuellement, l'intégration des activités d'adaptation et d'atténuation dans des encadrements systémiques est désormais indispensable afin de capturer les synergies qui améliorent l'efficacité de chacune et pour éviter des conséquences perverses dans lesquelles les activités d'atténuation pourraient avoir des effets délétères sur l'adaptation et *vice-versa*. Nulle part n'est plus pressant le besoin d'approches intégratrices et à niveaux systémiques, que dans le domaine de l'utilisation du sol. Un des plus grands défis face à la société humaine alors que la population continue à croître est de donner la priorité à l'utilisation du sol pour équilibrer les besoins locaux, tels que la production alimentaire et l'espace pour les logements et commerces, et aux besoins mondiaux, tels que l'élimination de CO₂ de l'atmosphère, la production de biomasse pour l'énergie et les biocarburants et la protection de la biodiversité.

De nos jours, environ 12 % de la surface de sol sur Terre sert à des cultures agricoles intensives^{88,89} et beaucoup plus encore relève du pâturage et des prairies servant à l'élevage. Environ 70 % de l'eau douce est allouée à l'agriculture⁹⁰. Avec la demande alimentaire en constante augmentation parallèlement à l'accroissement de la population, et conjuguée à la demande en croissance fulgurante pour les activités d'atténuation utilisatrices de sol, ainsi qu'un besoin grandissant de « sol pour la nature », la société est sous pression pour gérer équitablement une concurrence sans précédent pour le sol et l'eau à toutes les échelles, de locales à mondiales.

Une grande partie des changements affectant la surface terrestre de la planète résulte de l'utilisation des services de l'écosystème par une population de plus en plus urbaine. Un peu plus de la moitié des êtres humains vit dorénavant dans des villes, mais les zones urbaines comptent pour environ 75 % des émissions de gaz à effet de serre, soit directement, soit indirectement¹⁶ (session 33). De nombreuses villes sont également particulièrement vulnérables aux effets des changements climatiques, tels que les événements météorologiques extrêmes et la montée du niveau de la mer. Cela a incité les Nations Unies à déclarer que la bataille contre le changement climatique sera gagnée ou perdue dans les villes¹⁶ (session 33), et renforce l'importance particulière d'une approche intégrée de l'adaptation et de l'atténuation dans les zones urbaines (encadré 12).

En résumé, la société a de nombreux outils pour faciliter à la fois l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation aux impacts qui ne peuvent pas être évités, mais les débats se concentrent sur les manières de développer davantage ces outils et de les utiliser¹⁶ (sessions 40, 41 & 43). La société dispose également d'un certain nombre d'approches économiques pour promouvoir l'adoption de ces outils et encourager la transitions d'énergie nécessaire pour limiter le réchauffement de la planète (encadré 8). Les ingrédients critiques manquants pour aboutir à la transition sociétale que les changements climatiques exigent sont la volonté politique et l'acceptation sociale du besoin de changement.

Changements climatiques et zones urbaines

Prof. Roberto Sanchez Rodriguez, roberto@ucr.edu

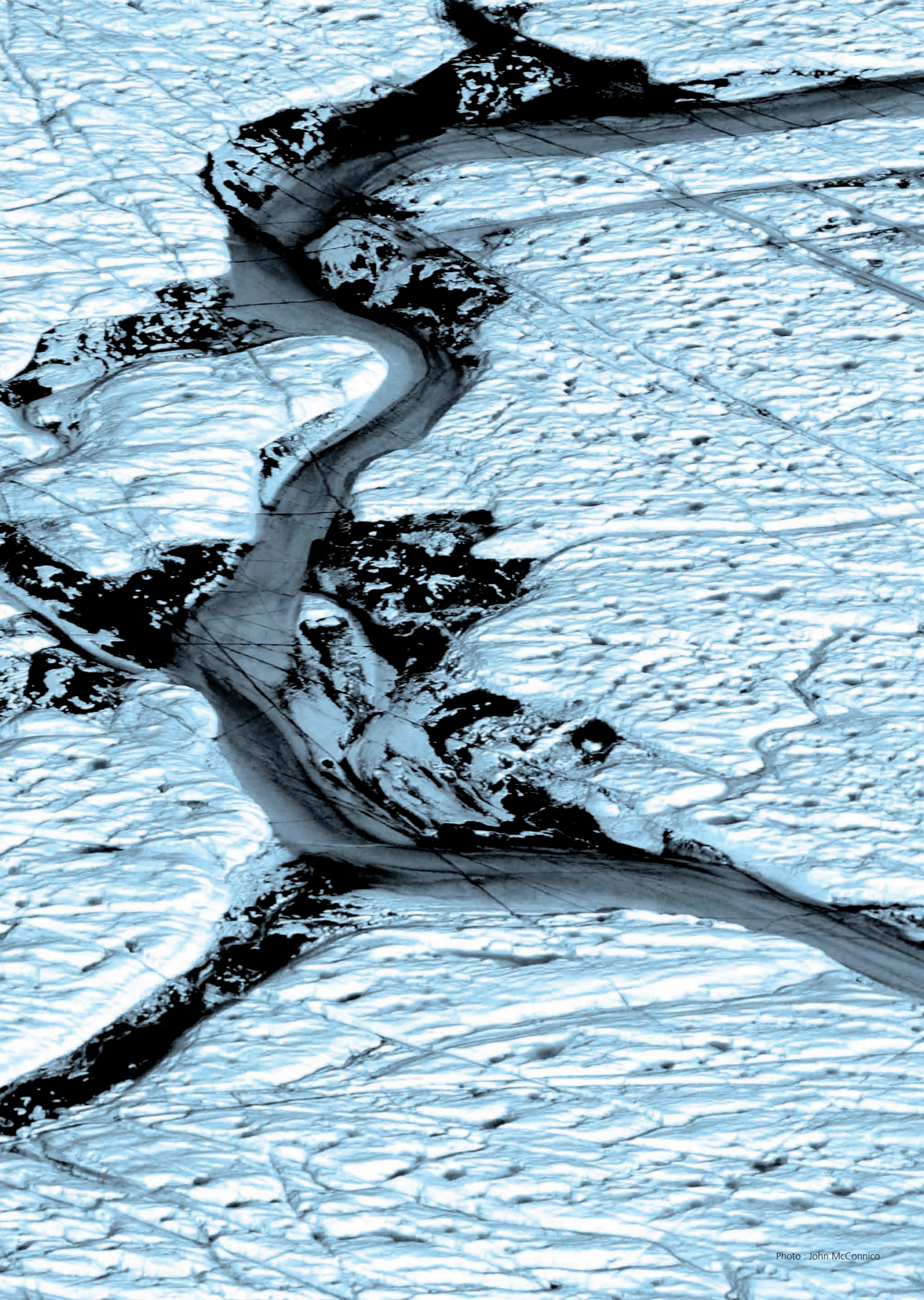
ENCADRÉ 12

Le changement climatique est plus qu'un problème environnemental ; c'est aussi un défi majeur de développement pour les zones urbaines. Les zones urbaines sont très vulnérables aux crises et sinistres liés aux variabilités et changements climatiques. Leurs impacts cumulés ont des coûts économiques et humains sévères ; ils mènent rapidement à des pénuries ou à des situations de crise d'approvisionnement des ressources essentielles telles que l'eau, l'énergie et la nourriture ; et affectent les conditions de vie d'un grand nombre de personnes. Les Nations Unies estiment qu'un total de 2,5 milliards de personnes ont été affectées par des sinistres entre 1995 et 2004, dont 75 % étaient liés à des conditions météorologiques extrêmes.

Réduire la vulnérabilité sociale et urbaine, ainsi qu'améliorer l'adaptation aux impacts des changements climatiques présentent des avantages sociaux, économiques, de santé et environnementaux pour les gouvernements locaux et nationaux. Les stratégies d'adaptation comprennent des éléments importants, tels que la réduction de la pauvreté, l'amélioration des moyens d'existence, la construction de capital humain, la protection d'actifs environnementaux, l'amélioration de la santé publique et la création d'opportunités pour le développement durable. Il existe également un besoin urgent d'incorporer des critères d'adaptation dans la conception et la planification de l'environnement construit – l'infrastructure, les bâtiments et les moyens de

transports urbains. La durée de vie des infrastructures dépasse souvent 75 ans et les structures actuellement en construction supporteront des conditions climatiques différentes durant les décennies à venir. Les investissements actuels tiennent à peine compte des impacts potentiels des changements climatiques, qui pourraient causer des dysfonctionnements importants durant leur gestion.

En incorporant des stratégies d'adaptation multi-dimensionnelles dans les stratégies de développement urbain actuelles, le peu de ressources financières, techniques, humaines et naturelles seront utilisées plus efficacement, surtout dans les pays pauvres et les économies émergentes. Un pas critique dans cette direction consiste à aider les créateurs de politiques, les urbanistes et les parties prenantes à intégrer les stratégies d'adaptation et à définir d'autres chemins durables de la croissance urbaine. Il existe une opportunité extraordinaire d'intégrer les stratégies de développement, d'atténuation et d'adaptation pour créer des zones urbaines plus résilientes. Des délais supplémentaires dans le développement et la mise en place de stratégies d'adaptation auront des conséquences sévères sur des millions d'habitants urbains et par la suite sur les économies locales et nationales.



MESSAGE PRINCIPAL N° 6

RELEVER LE DÉFI

Si la transformation sociétale requise pour relever le défi du changement climatique doit se réaliser, un certain nombre d'importantes contraintes doivent être surmontées et d'opportunités critiques saisies. Celles-ci comprennent la réduction de l'inertie dans les systèmes sociaux et économiques ; profiter d'un désir croissant du public que les gouvernements agissent vis à vis du changement climatique ; la réduction des activités qui augmentent les émissions de gaz à effet de serre et réduisent les capacités de résilience (par exemple, les subventions) ; et permettre le passage de gouvernances inefficaces et institutions faibles à des directions innovantes que ce soit pour les gouvernements, le secteur privé ou la société civile. Relier les changements climatiques aux problèmes plus larges de consommation et de production, ainsi qu'aux questions des droits de l'homme et des valeurs démocratiques est crucial pour faire évoluer les sociétés vers des voies de développement plus durables.

Les preuves présentées précédemment sur la nature des changements climatiques dangereux (messages principaux N° 1 et N° 2), les orientations vers les réductions d'émissions nécessaires pour éviter les changements climatiques dangereux (message principal N° 3) et le besoin de relever ce défi de façon équitable (message principal N° 4), lancent un message clair et fort – « continuer comme si de rien n'était, c'est fini »³⁹. Des changements marginaux à l'actuelle trajectoire socio-économique et technologique de la société contemporaine ne suffiront pas à faciliter la transition sociétale requise pour contenir le changement climatique dans la limite de sécurité de 2 °C. Beaucoup d'outils et d'approches politiques en termes de technologie et de gestion sont désormais disponibles pour mener la transformation requise (message principal N° 5). Les défis principaux consistent à déclencher, faciliter et soutenir la transition – en éliminant les contraintes et en saisissant les nombreuses opportunités qu'une telle transformation sociétale présente.

La recherche nécessaire pour informer et soutenir une transformation sociétale majeure se situe en priorité dans les domaines des sciences humaines et sociales, qui ont été beaucoup moins prépondérantes dans le discours du changement climatique que les sciences naturelles et économiques. Néanmoins, leurs réflexions sur les cultures, les comportements et les organisations humaines sont cruciales pour faire face aux changements climatiques.

La société contemporaine en mutation vers un avenir plus durable doit se développer à de nombreuses échelles – d'individuelle à institutionnelle et gouvernementale – et à de nombreux niveaux – des changements de comportement quotidien à une ré-examen des valeurs, des croyances et visions du monde fondamentales (encadré 13). En effet, le langage employé lors des discussions sur les changements climatiques à cause humaine reflète souvent des visions sous-jacentes du monde. Par exemple, une focalisation du processus politique sur les « réductions » des gaz à effet de serre et le « partage du fardeau » renforcent le point de vue que l'atténuation du changement climatique est un mal qui devrait être évité autant que possible. D'autre part, une focalisation sur les avantages à éviter les impacts graves résultant des changements climatiques tels quels ou sur les opportunités économiques et d'emploi offertes par la décarbonisation de l'économie (encadré 11) permet de développer des visions du monde qui sont beaucoup plus positives et optimistes.

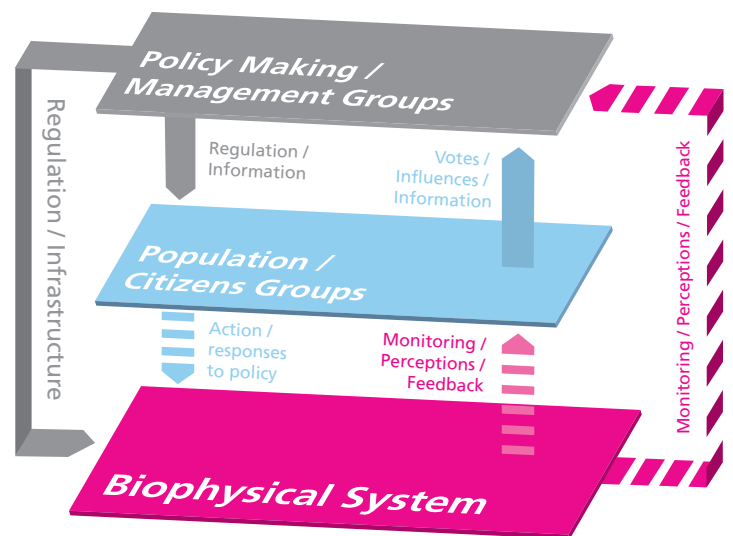


Schéma 17

Interactions typiques dans les systèmes de gouvernance à plusieurs niveaux, dans lesquels les groupes de citoyens peuvent jouer un rôle clé de médiation entre l'élaboration des politiques régionales et nationales et la gestion sur le terrain de systèmes biophysiques, qui se produit souvent à l'échelle locale. Des processus à plusieurs niveaux organisés aussi professionnellement peuvent nous aider à réduire les différences d'échelles et les incohérences de politiques, et à soutenir les changements sociaux intégrés et réglementaires⁹³.

Beaucoup de visions du monde insistent sur l'importance des actions gouvernementales concernant le changement climatique. Pourtant on peut réaliser beaucoup de choses en reconnaissant et en encourageant un grand nombre d'acteurs non-étatiques qui utilisent des approches de « pratique sociale » pour construire sur les bases des actions volontaires d'individus et de petits groupes¹⁶ (session 48). Le changement de comportements est au centre de toute transformation, et l'expérience et l'apprentissage social offrent beaucoup d'espoir pour l'avenir (encadré 14).

De manière isolée, ni les individus, ni les gouvernements nationaux ne peuvent résoudre le problème du changement climatique. Un large éventail d'autres organisations – des corporations multinationales et autres groupes d'affaires, des ONG environnementales, des organismes de recherche scientifique et des

Cultures, valeurs et perspectives sur le monde en tant que facteurs de réponse aux changements climatiques

ENCADRÉ 13

Prof. Karen O'Brien, karen.obrien@sosgeo.uio.no et Prof. Thomas Heyd, heydt@uvic.ca

Aucune politique de changement climatique ne recevra le soutien dont elle a besoin, que ce soit formellement dans l'arène politique, ou à un niveau pragmatique quotidien, à moins que les cultures, les valeurs et les perspectives mondiales ne soient prises en compte dès le départ. Les raisons sont simples. Tout d'abord, même les informations et évaluations de risques d'origine scientifique les plus élaborées ne sont pas nécessairement reçues dans le même sens que celui compris par ceux qui les produisent. Deuxièmement, les politiques, afin d'être efficaces, doivent prendre en compte le contexte socioculturel pré-datant les tentatives de les mettre en place. Les points suivants soulignent la signification de cette découverte majeure :

- Les informations sur les changements climatiques et les interprétations locales des évaluations de risques sont temporisées culturellement par des raisonnements particulièrement émotionnels, des processus de construction d'un sens propre, des conceptions spécifiques de variabilité et changements des climats et paysages, et des notions idiosyncratiques d'atténuation de risque.
- Les croyances religieuses et spirituelles locales, les systèmes de transmission du savoir, la compréhension des relations nature-société et les valeurs et éthiques influencent la façon dont les individus et les communautés perçoivent et réagissent aux changements climatiques. La science des changements climatiques doit reconnaître ces contextes culturels et traditionnels locaux et indigènes, et tenter de les intégrer lors de l'adoption d'activités d'atténuation et d'adaptation sociétales.

- La mise en place de stratégies d'adaptation peut soulever des problèmes entrecoupant des relations de pouvoir dans des situations existantes d'inégalités, pouvant entraîner ainsi des effets imprévus à long terme pour les individus et les communautés. Ceci requiert des approches qui encouragent les débats ouverts, dans des contextes de prise de décision démocratiques. En d'autres termes, les conséquences sociales et culturelles des réponses aux changements climatiques doivent être étudiées, y compris la question suivante : « à qui appartiennent les valeurs qui comptent ? »

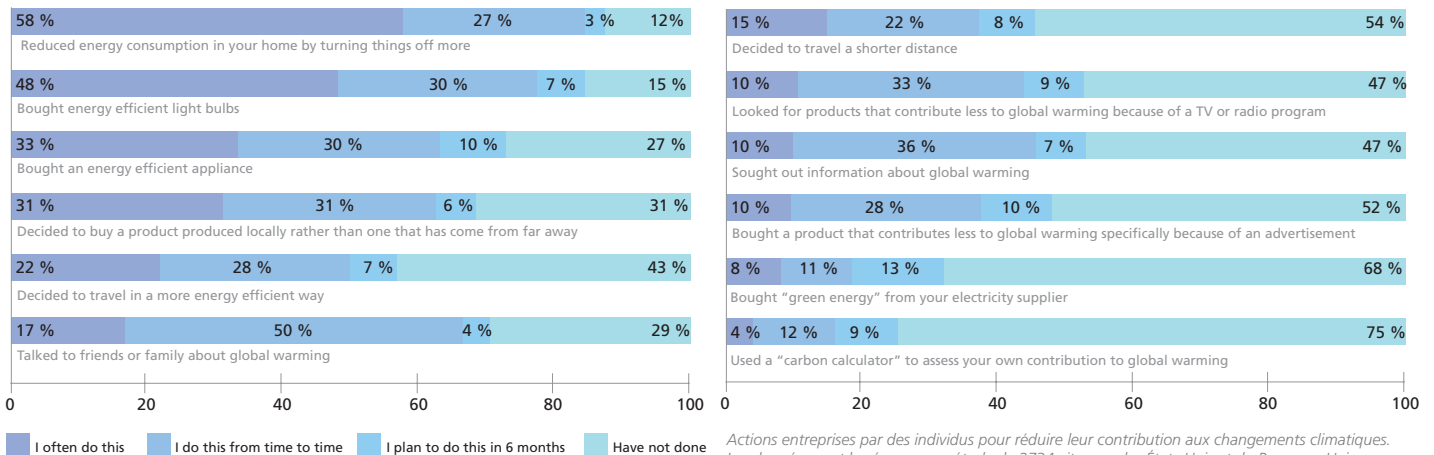
Les recherches sur le rôle de la culture, des valeurs et des visions du monde, devraient devenir une priorité majeure, aussi bien dans la génération des changements climatiques, que dans les réponses qu'on y apporte. Les dimensions culturelles et traditionnelles du changement climatique doivent être intégrées dans des recherches sur ces changements davantage standardisées et systémiques. Elles doivent également être incluses dans les programmes de recherche et de mise en œuvre d'activités d'atténuation et d'adaptation. Cette conclusion va dans le sens d'un rôle nouveau et élargi pour les sciences sociales et humaines en ce qui concerne le relèvement des défis posés par le changement climatique. Elle suggère le besoin d'un ordre du jour de recherche réellement interdisciplinaire et intégré, plaçant le changement climatique dans un contexte sociétal beaucoup plus riche et profond.

L'importance du changement de comportement

ENCADRÉ 14

Prof. Diana Liverman, liverman@u.arizona.edu

What Have You Done to Reduce Your Impact on Climate Change? (US & UK combined)



Actions entreprises par des individus pour réduire leur contribution aux changements climatiques. Les données sont basées sur une étude de 2734 citoyens des États-Unis et du Royaume Uni par « *Accountability, Juin 2007, What Assures Consumers on Climate Change?* »⁹⁴.

Les citoyens individuels peuvent jouer un rôle important dans la réponse aux changements climatiques, surtout lorsqu'ils prennent des décisions pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre ou pour s'adapter aux changements climatiques. Le soutien du public est également crucial pour la réussite des actions gouvernementales nationales et régionales et les perceptions du public peuvent empêcher l'acceptation de technologies d'atténuation. Il existe d'importantes preuves que les changements de comportements individuels peuvent contribuer aux réductions des émissions, surtout de la part des ménages et des moyens de transport, et lorsqu'ils sont soutenus par des politiques gouvernementales, des incitations et des activités du secteur privé (voir le schéma). Parmi les réductions de coûts les plus faibles concernant les émissions de gaz à effet de serre, beaucoup se trouvent dans le secteur résidentiel : l'utilisation d'isolation, d'électroménager et de lumières à basse consommation ainsi que la lecture des renseignements collectés sur les compteurs précis et factures d'énergie détaillées peuvent entraîner des réductions rapides de la demande en énergie, se transformant en économies nettes, sans aucun coût (voir l'encadré 11).

Les changements de comportement et d'attitude sont aussi importants en termes de dirigisme corporatif et politique où, par exemple, les chefs d'entreprise et les maires se sont considérablement engagés à réduire les émissions, en dépassant les obligations politiques nationales ou les simples analyses de rentabilité. En termes d'adaptation, des millions d'agriculteurs et de gardiens de troupeaux ont ajusté leurs pratiques face aux variations climatiques et sont déjà en train de prendre des décisions en réponse aux premiers signes de réchauffement et autres variations associées au changement climatique. Les politiques internationales doivent soutenir et certainement pas contraindre, l'ensemble des individus à répondre réagir au changement climatique. Elles doivent reconnaître l'importance de fournir des informations pertinentes aux citoyens afin qu'ils puissent prendre des décisions en connaissance de cause de leur soutien aux politiques et du changement de leur propre comportement¹⁶ (session 20)^{62,95}.



corporations gouvernementales infranationales – est crucial pour développer une réponse sociétale. La communauté du monde des affaires, tout particulièrement, insiste sur le besoin d'encadrements politiques permettant de créer un environnement favorable aux investissements et au changement. Certaines caractéristiques de cet environnement sont : (i) des partenariats pour l'action qui élaborent une stratégie commune même si les motivations sous-jacentes ne sont pas ; (ii) l'instauration de confiance entre les sociétés commerciales et civiles ; et (iii) des méthodes d'encadrement qui confèrent aux gens des responsabilités accrues et soutiennent la gestion d'apprentissage et d'adaptation¹⁶ (sessions 48 et 54).

La société civile – les communautés et parties prenantes – s'implique dans les politiques climatiques de nombreuses manières (schéma 17). Les consultations et engagements des parties prenantes sont au cœur de nombreuses approches. Les engagements doivent être réciproques – non seulement communiquer les informations des experts, mais aussi collecter celles de la communauté¹⁶ (session 39). Les échanges d'informations par le biais des médias présentent cependant des défis considérables, alors que le changement climatique est souvent présenté comme un « grand débat sur le réchauffement planétaire », plutôt qu'une description des convergences de point de vue entre scientifiques et des complexités et subtilités de l'interface entre la science et les politiques¹⁶ (sessions 53 et 54).

Les réponses aux changements climatiques au niveau communautaire peuvent souvent être plus efficaces si elles se basent sur un mélange de connaissances locales, d'expérience et d'avis d'experts. « Donner les moyens » est un concept clé et est plus efficacement accompli en définissant le but de l'engagement des parties prenantes et en structurant les processus pour permettre la pleine participation des membres de la communauté. Le passage de l'engagement communautaire à l'action communautaire – un résultat habituel d'un engagement réussi – requiert une réflexion progressive sur les institutions, les ressources et l'assistance technique nécessaires au soutien de l'action¹⁶ (session 54).

Aux échelles nationales et mondiales, les instruments économiques tels que le calcul du prix des émissions et les approches mercantiles plus généralement, sont d'une importance centrale. Des approches supplémentaires, cependant, peuvent être nécessaires. Par exemple, une stratégie d'investissement coordonnée à l'échelle mondiale, mais dirigée au niveau national, se fonde peut-être sur l'opportunité offerte par la crise financière mondiale, pourrait promouvoir activement des voies de développement pro-climatiques et aboutir à la diffusion technologique et aux réductions d'émissions plus rapidement qu'avec des instruments mercantiles uniquement. Étant donnée l'urgence du défi du changement climatique (message principal N° 1), une « approche frontale » – par exemple, une poussée forte et immédiate de l'investissement dans les économies d'énergie et les systèmes d'énergies renouvelables – seront certainement plus efficaces qu'adopter une approche plus graduelle¹⁶ (session 55). D'autres approches visionnaires aux échelles régionales élargies et nationales peuvent être nécessaires pour transformer la gestion de notre relation avec l'environnement planétaire. Une telle approche pourrait être considérée comme une division mondiale novatrice des activités liées à l'utilisation des terres, qui améliorerait grandement le modèle géographique de production alimentaire, de protection de la biodiversité, des infrastructures et de la production d'énergie (encadré 15).

Le défi consistant à transformer le paysage de la gouvernance internationale actuelle d'un ensemble de régimes individuels ou de systèmes de gouvernance

en une architecture institutionnelle intégrée pour une gouvernance du système terrestre, est tout aussi immense. Une stratégie réussie pour construire une telle architecture devrait être multi-dimensionnelle et coordonnée avec précaution, en se basant sur certains arrangements institutionnels existants : (i) d'autres régimes environnementaux, comme la Convention sur la diversité biologique, la CBD ; (ii) le commerce international et les mécanismes financiers, comme l'Organisation mondiale du commerce, l'OMC, et la Banque mondiale ; et (iii) les organisations à but de développement, visant à réduire la pauvreté, comme le Global Environment Facility, GEF et les banques de développement régional. En fin de compte, relever le défi du changement climatique nécessitera une mosaïque d'approches conçues pour élaborer un système de gouvernance intégré¹⁶ (session 48).

Dans les systèmes politiques démocratiques, les électeurs individuels ne feront que diriger un tel changement de transformation – des changements pragmatiques des pratiques de voisinage, à la construction de nouveaux systèmes multinationaux d'énergie et de transport, et à de nouveaux régimes institutionnels – que si leurs valeurs sont suffisamment fortes et profondes pour conduire à des décisions fermes et à long terme (encadré 13). Par conséquent, aucune politique de changement climatique ne réussira en fin de compte, à moins que les cultures, les visions du monde et les valeurs fondamentales ne changent de manière à soutenir le développement de politiques efficaces et leur mise en place¹⁶ (sessions 54 et 57).

Les informations scientifiques, les technologies et les instruments économiques font partie de la solution, mais leur interprétation et leur application sont temporisées par les cultures et visions du monde des individus et des communautés (schéma 18). Les croyances religieuses et spirituelles, les systèmes de savoir indigènes, les compréhensions des relations entre la nature et la société, les valeurs et éthiques influencent la manière dont les individus et les communautés perçoivent et réagissent face au changement climatique¹⁶ (session 57). En fin de compte, ces dimensions humaines des changements climatiques détermineront si l'humanité accomplira éventuellement la grande transformation qui est en vue en ce début de 21^{ème} siècle, ou si l'humanité terminera ce siècle avec une « existence misérable dans un monde avec +5°C »¹⁰¹.

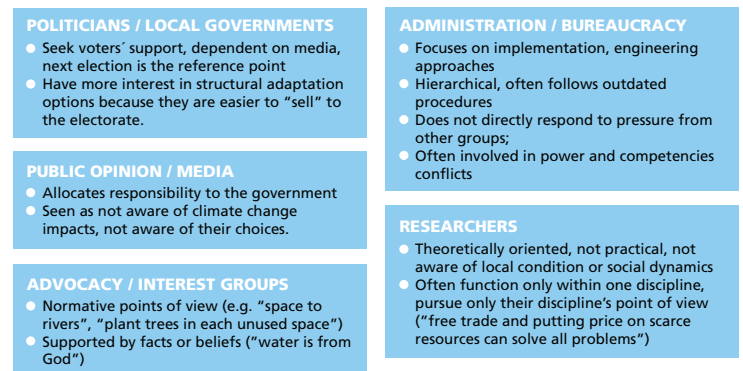


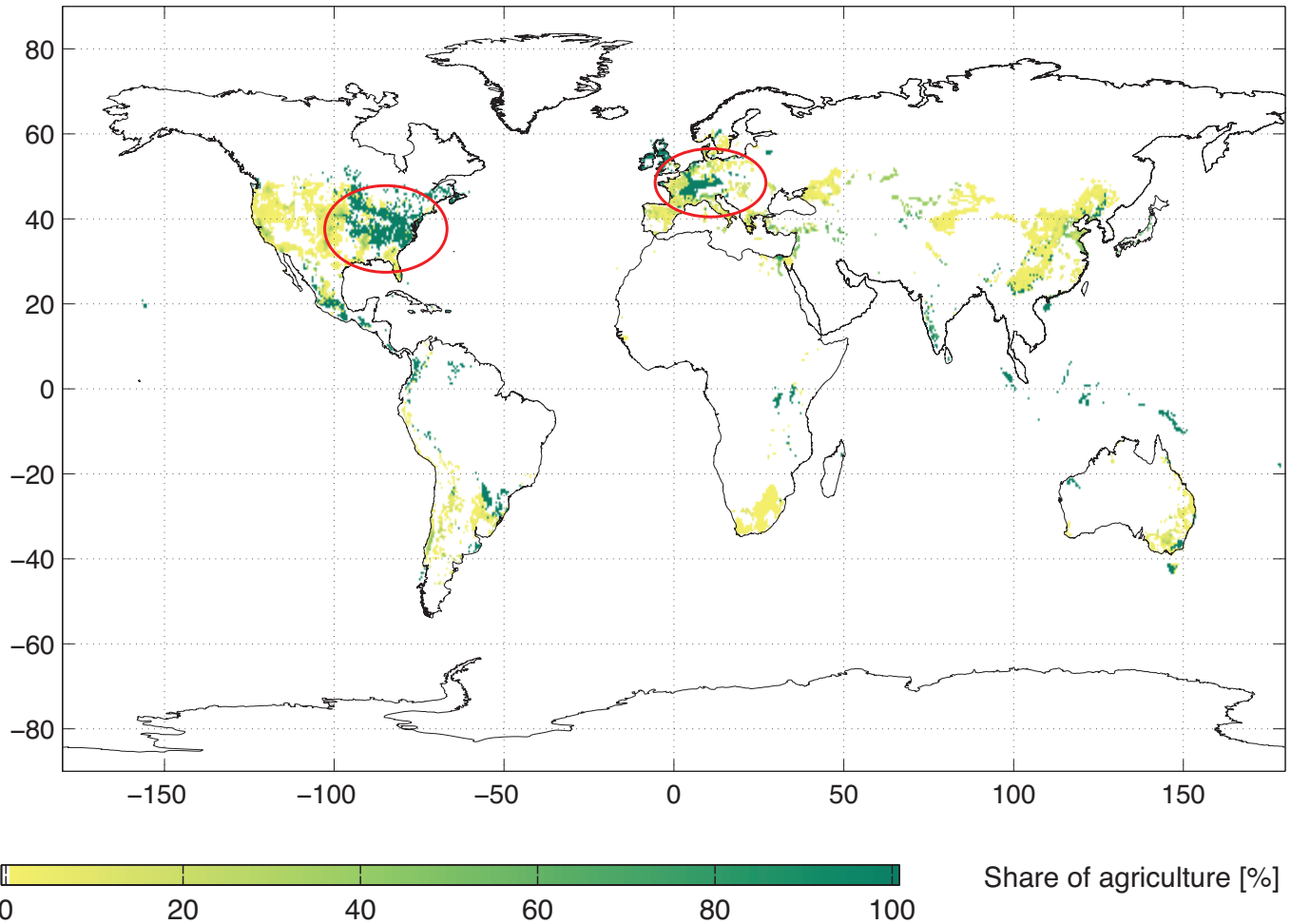
Schéma 18

Groupes de modèles mentaux communs. Les modèles mentaux varient selon différents groupes de société et influencent la façon dont les gens perçoivent les questions liées aux changements climatiques ; ils sont difficiles à changer et créent des obstacles aux communications et actions⁹⁹. Un des défis critiques pour traiter efficacement les changements climatiques est donc d'établir un consensus dans l'ensemble de la société, sur la nature de la menace des changements climatiques et sur la stratégie globale pour y faire face. En fait, un simple modèle – ou une perspective – de haut niveau mental doit être réalisé. Sans cela, une action climatique et politique efficace est improbable.

Vers une grande transformation de l'utilisation des terres ?

Prof. Hans Joachim Schellnhuber, John@pik-potsdam.de & Veronika Huber huber@pik-potsdam.de

ENCADRÉ 15



Le classement des emplacements dans le monde selon leur adéquation pour la production d'alimentation avec les pratiques actuelles de gestion (adoptées à partir de 98). Les ellipses rouges marquent les régions principales considérées comme « territoire communal agricole mondiale ».

Conserver le réchauffement de la planète en-dessous de 2°C nécessitera toute notre ingéniosité en matière d'évolution climatique intelligente des structures existantes, tandis que des mesures de transformation à grande échelle seront aussi nécessaires. En particulier, le modèle actuel d'utilisation des terres sur la planète pourrait devoir changer fondamentalement, étant donné qu'il est le résultat secondaire de processus historiques irréguliers qui ne tenaient aucun compte des considérations de durabilité mondiale. L'utilisation des terres sur la planète à l'avenir doit prendre en compte les multiples demandes concurrentes en denrées alimentaires, fibres, énergie, services, infrastructures et conservation par quelques 9 milliards de personnes – sur une surface mondiale non-extensible. Il se peut que nous ayons à relever de nouveaux défis tels que la création de puits à carbone artificiels par bio-séquestration, pour éviter des changements climatiques dangereux⁹⁶.

La science doit démontrer (i) ce à quoi un modèle « optimal » d'utilisation des terres pourrait ressembler ; (ii) que ce modèle garantirait la création de quantités suffisantes de fonctions et de ressources désirées ; et (iii) quelles stratégies sociopolitiques peuvent réaliser la transformation envisagée à temps. La communauté internationale scientifique commence tout juste à aborder ces questions, cependant certaines réflexions concernant les deux premiers aspects sont déjà disponibles.

Par exemple, le Conseil consultatif allemand sur les changements climatiques (WBGU) a récemment publié divers rapports identifiant les zones sur la Terre qui devraient être réservées à la promotion de la biodiversité, à la production de biomasse et à la récolte d'énergies renouvelables, respectivement⁹⁷. Une conclusion importante réside dans le fait que le boisement de terres dégradées peut créer un fossé potentiel de bioénergie durable d'environ 100 exajoules. Les analyses menées par le Potsdam Institute⁹⁸ indiquent également que 12 milliards de personnes ayant des habitudes alimentaires de 1995 pourraient être nourries avec moins d'un tiers de la surface agricole actuelle – si les meilleurs sites étaient utilisés pour les plantes les plus appropriées et si le commerce alimentaire mondial fonctionnait sans les distorsions du protectionnisme. Cette approche osée ne deviendrait réalisable, cependant, que si les emplacements principaux (comme le montre le schéma) étaient réhabilités ou réservés pour l'agriculture dans le cadre d'un accord mondial à long terme – de la même façon que les forêts tropicales qui seront, nous l'espérons, destinées à la conservation comme faisant partie des biens communs mondiaux.



LE CHEMIN À PRENDRE

Beaucoup des problèmes environnementaux passés ont été résolus lorsque les humains ont réalisé que leurs propres activités menaient à des conséquences néfastes pour leur santé et leur bien-être. Ils ont réagi en changeant de comportement et en développant des nouvelles technologies. Notre société contemporaine réagira-t-elle de façon similaire aux défis des changements climatiques auxquels nous sommes maintenant confrontés ? Les changements climatiques sont fondamentalement différents des problèmes environnementaux que l'humanité a rencontré jusqu'à présent. Les risques, échelles et incertitudes associés aux changements climatiques sont énormes et il existe une probabilité considérable de résultat dévastateur à l'échelle mondiale.

La nature du défi des changements climatiques exige une réflexion visionnaire et révolutionnaire. Le concept¹⁰⁰ de frontières planétaires, visant à définir « l'espace de fonctionnement sécurisé » pour l'humanité, s'inspire d'expériences passées de sociétés qui ont régulé leur propre comportement lorsqu'elles ont eu connaissance de conséquences indésirables. Les frontières planétaires sont définies par rapport aux paliers biophysiques de la Terre, dont le dépassement mènerait à des résultats catastrophiques pour les sociétés (voir les éléments de basculement, message principal N° 2). Les preuves scientifiques laissent sérieusement présumer qu'il existe une limite maximale de concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, soit une « barrière du changement climatique », à l'intérieur de laquelle l'humanité devrait œuvrer pour réduire les risques de résultats catastrophiques. Bien qu'une position précise n'existe pas encore, les preuves actuelles indiquent que l'humanité s'approche rapidement de la barrière, si elle ne l'a pas déjà dépassée¹⁶. Donc, le besoin de réductions rapides et drastiques des émissions de gaz à effet de serre est urgent si l'on veut éviter des impacts climatiques sérieux.

Vivre dans les limites de cette frontière, qui nous sépare des changements climatiques problématiques peut souvent sembler incroyablement difficile. Il n'existe aucun traité ni aucune « solution technologique miracle » qui transformera rapidement et sans douleur la société contemporaine. Transformer une société pour vivre dans les limites d'une frontière de changement climatique prendra du temps et nécessitera un engagement à tous niveaux et de la part de

tous les membres de la société. Comme point de départ, il est essentiel de fixer des objectifs à long terme de réduction d'émissions si la société souhaite réduire le risque de changements climatiques dangereux à des niveaux acceptables. Les trajectoires offrent des indicateurs sur le chemin pour atteindre ces objectifs, mais l'humanité pourrait suivre de nombreuses directions différentes, qui lui permettraient toutes de rester à l'intérieur de la frontière de changement climatique globale.

En 2009, la société ne peut donc pas déterminer précisément la « bonne » ou la « meilleure » voie jusqu'en 2050 et au-delà. Il y aura des changements technologiques, sociétaux et de valeurs à l'avenir qui modifieront la trajectoire. Il ne devrait pas y avoir de pénalité en contrepartie de « ne pas avoir tout eu bon dès la première fois ». La tâche la plus importante consiste à se mettre en chemin dès maintenant. Les premiers pas visent à générer un dialogue élargi à tous les niveaux de la société et à fonder un consensus sur le besoin d'agir. Fort probablement, lorsqu'il s'agit de réagir face aux changements climatiques de cause humaine, la « seule action inexcusable est l'inaction »¹⁰¹.

Cette synthèse, basée sur les discussions engagées durant le Congrès scientifique international IARU et ses résultats *Changement climatique : Risques, défis et décisions au niveau mondial*, résume les connaissances les plus pointues de la communauté scientifique sur les changements climatiques – naturalistes, sociologues, économistes, ingénieurs et anthropologues. Les preuves abondent montrant que les activités humaines changent les conditions fondamentales de la vie sur Terre et que les défis présentés par ces changements sont très inquiétants. Retarder les actions ne fera qu'augmenter les risques pour les générations à venir. Tandis qu'aucune réunion ne peut transformer notre société en celle qui vivrait à l'intérieur des frontières du changement climatique, la conférence sur les changements climatiques des Nations Unies, COP15, qui se tiendra en décembre 2009, offre une occasion unique et opportune de commencer ce voyage de métamorphose. Beaucoup espèrent que si la société réussit à faire face au défi du changement climatique, les générations futures liront dans leurs livres d'histoire que le voyage a réellement commencé avec COP15.



Liste des tableaux

- Tableau 1 : Caractéristiques des scénarios de stabilisation, p. 19
 Tableau 2 : Comparaison de la biomasse aux technologies de conversion d'énergie, p. 28

Liste des schémas

- Schéma 1 : Changement du niveau de la mer de 1970 à 2008, par rapport au niveau de la mer en 1990, p. 8
 Schéma 2 : Le changement du contenu en énergie des différents composants du système terrestre sur deux périodes : de 1961 à 2003 et de 1993 à 2003, p. 8
 Schéma 3 : Changements de la température atmosphérique moyenne globale (aplanie sur 15 ans) par rapport à 1990, p. 9
 Schéma 4 : Changement de l'enthalpie océanique depuis 1951, p. 9
 Schéma 5 : Les tendances en concentrations atmosphériques pour le dioxyde de carbone des gaz à effet de serre (A), CO₂, en ppm (parties par million) de 1958 à nos jours ; (B) le méthane, CH₄, en ppb (parties par milliard) de 1979 à nos jours ; et (C) l'oxyde nitrique, N₂O, en ppb (parties par milliard) de 1978 à nos jours, p.11
 Schéma 6 : (A) Nombres de cyclones tropicaux dans l'Atlantique Nord pour chaque vitesse de vent maximale, indiquée sur l'axe horizontal. (B) Augmentation proportionnelle par catégorie de cyclone (ouragan) résultant de l'augmentation des vitesses de vent maximales de 1, 3 et 5 m/s⁻¹, p. 12
 Schéma 7 : Carte des « éléments de basculement » climatiques potentiels, p. 14
 Schéma 8 : Diagramme exposant les impacts potentiels du changement climatique sur l'augmentation de la température moyenne mondiale, p. 16
 Schéma 9 : Les engagements doivent être réciproques – non seulement communiquer les informations des experts, mais aussi collecter celles de la communauté, p. 20
 Schéma 10 : Prévisions des impacts des changements climatiques sur la production agricole en 2030, exprimées en pourcentage de changement par rapport aux récoltes moyennes de 1998 à 2002, p. 23
 Schéma 11 : Différents aspects des émissions carboniques humaines par pays/région, mettant en valeur les prétendus problèmes de stocks et flux, p. 24
 Schéma 12 : Cellules photovoltaïques de petit format (système moyen – 18 watts) comme celles utilisées au Kenya, p. 24
 Schéma 13 : La baisse de prix des modules de cellules solaires photovoltaïques sur film mince, par rapport à l'augmentation de la production cumulée, p. 26
 Schéma 14 : Émissions modélisées provenant de déforestation dans sept options d'étude REDD (réduction des émissions de carbone forestier), par région, p. 27
 Schéma 15 : Impacts des différentes contraintes sur la réduction du potentiel d'atténuation des gaz à effet de serre, du potentiel biophysique théorique maximal au potentiel atteignable plus bas, p. 27
 Schéma 16 : Une représentation visuelle d'une gestion d'adaptation active, une approche itérative construite autour du développement explicite basé sur l'expérimentation des options de gestion possibles, p. 28
 Schéma 17 : Interactions typiques dans des systèmes de gouvernance à plusieurs niveaux, p. 32
 Schéma 18 : Groupes de modèles mentaux communs, p. 34

Liste d'encadrés

- ENCADRÉ 1 : Changements dans la calotte glaciaire du Groenland, p. 9
 ENCADRÉ 2 : Le cycle carbonique mondial, p. 11
 ENCADRÉ 3 : Effets du changement climatique sur la santé humaine et le bien-être, p. 13
 ENCADRÉ 4 : Ressources en eau et changements climatiques : Construire une capacité de résilience vers un avenir durable, p. 13
 ENCADRÉ 5 : L'acidification de la planète Terre, p. 15
 ENCADRÉ 6 : Biodiversité et changements climatiques : Les découvertes de « l'Évaluation des écosystèmes du Millénaire », p. 15
 ENCADRÉ 7 : Incidences des changements climatiques, en matière de sécurité, p. 17
 ENCADRÉ 8 : Les coûts du retard dans la prise de mesures, p. 19
 ENCADRÉ 9 : Outils économiques pour faire face au défi de l'atténuation, p. 21
 ENCADRÉ 10 : Financement pour l'adaptation, p. 23
 ENCADRÉ 11 : Les avantages de la décarbonisation de l'économie, p. 29
 ENCADRÉ 12 : Le changement climatique et les zones urbaines, p. 30
 ENCADRÉ 13 : Cultures, valeurs et perspectives sur le monde en tant que facteurs de réponse aux changements climatiques, p. 33
 ENCADRÉ 14 : L'importance du changement de comportement, p. 33
 ENCADRÉ 15 : Vers une grande transformation de l'utilisation des terres ?, p. 35

Références

- GIEC, 2007 : Changement climatique en 2007 : Rapport de synthèse. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Rahmstorf, S., Cazenave, A., Church, J.A., Hansen, J.E., Keeling, R.F., Parker, D.E., and R.C.J. Somerville, 2007: Recent climate observations compared to projections. *Science* 316 (5825): 709-709.
- Domingues, C.M, Church, J.A.; White, N.J., Gleckler, P.J, Wijffels, S.E., Barker, P.M. and J.R. Dunn, 2008: Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature* 453:1090-1094.
- Church, J.A, Domingues, C., White, N., Barker, P. and P. Gleckler, 2009: Changes in global upper-ocean heat content over the last half century and comparison with climate models, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6 (3): 032005, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/3>
- Steffen, K., and Huff, R., 2009: University of Colorado at Boulder, personal communication
- Mote, T.L., 2007: Greenland surface melt trends 1973 – 2007: Evidence of a large increase in 2007, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L22507, doi: 10.1029/2007GL031976.
- Wouters, B., D. Chambers, and E. J. O. Schrama 2008: GRACE observes small-scale mass loss in Greenland, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L20501, doi:10.1029/2008GL034816
- Plattner, G.-K., 2009: Long-term commitment of CO₂ emissions on the global carbon cycle and climate. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6: 042008, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/4>.
- Solomon, S., Plattner, G.-K., Knutti, R. and P. Friedlingstein, 2009: Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 1704-1709.
- Richter-Menge, J., Overland, M., Svoboda, J., Box, M.J.J.E., Loonen, A., Proshutinsky, V., Romanovsky, D., Russell, C.D., Sawatzky, M., Simpkins, R., Armstrong, I., Ashik, L.-S., Bai, D., Bromwich, J., Cappelen, E., Carmack, J., Comiso, B., Ebbinge, I., Frolov, J.C., Gascard, M., Itoh, G.J., Jia, R., Krishfield, F., McLaughlin, W., Meier, N., Mikkelsen, J., Morison, T., Mote, S., Nghiem, D., Perovich, I., Polyakov, J.D., Reist, B., Rudels, U., Schauer, A., Shiklomanov, K., Shimada, V., Sokolov, M., Steele, M.-L., Timmermans, J., Toole, B., Veenhuis, D., Walker, J., Walsh, M., Wang, A., Weidick, C. and Zöckler, 2008: Arctic Report Card 2008, Available online at: <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard>.
- Canadell, J.G., Le Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.R., Buitenhuis, E., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A. and G. Marland, 2007: Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 18866-18870.
- Tans, P. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide – Mauna Loa, NOAA/ESRL, Available online at: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
- Hoffman, D.J. The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI) NOAA/ESRL. Available online at: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>
- Dlugokencky, E.J., R.C. Myers, P.M. Lang, K.A. Masarie, A.M. Crotwell, K.W. Thoning, B.D. Hall, J.W. Elkins, and L.P. Steele, 2005: Conversion of NOAA atmospheric dry air CH₄ mole fractions to a gravimetrically-prepared standard scale, *J. Geophys. Res.*, 110, D18306, doi:10.1029/2005JD006035.
- IOP, 2009: Changement climatique : Global Risks, Challenges and Decisions, Copenhagen 10.-12. March 2009. All sessions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences*. Available online at: <http://www.iop.org/EJ/volume/1755-1315/6>
- Caldeira, K., 2009: Ocean acidification: Humanity and the environment in geologic time, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6 (3): 462004, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/46>
- Raupach, M.R., Marland, G., Giais, P., Quéré, C.L., Candadell, J.G., Klepper, G. and C.B. Field, 2007: Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 10288-10293.
- Haywood, A., Bonham, S., Hill, D., Lunt D. and U. Salzmann, 2009: Lessons of the mid. Pliocene: Planet Earth's last interval of greater global warmth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6: 072003, Available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/7>
- Council of the European Union, 2005: Presidency Conclusions – Brussels, 22/23 March 2005, European Commission, Brussels.
- IPCC, 2001: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and K.S. White (Eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Meinshausen M., Meinshausen N., Hare W., Raper S.C.B., Frieler K., Knutti R., Frame D.J., Allen M.R., 2009 Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 degrees C. *Nature*, 458 (7242): 1158-U96
- Steffen, W., 2009: Climate Change 2009: Faster Change and More Serious Risks. Report to the Department of Climate Change, Australian Government, in press.
- Holland, G., 2009: Climate change and extreme weather. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6: 092007, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/9>
- Turley, C., Blackford, J., Widdicombe, S., Lowe, D., Nightingale, P.D. and A.P. Rees, A.P., 2006: Reviewing the impact of increased atmospheric CO₂ on oceanic pH and the marine ecosystem. In: Schellnhuber, H. J., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T. and Yohe, G (Eds), *Avoiding Dangerous Climate Change*, Cambridge University Press, 8, 65-70.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhuber, H. J., 2008: Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (6): 1786-1793.
- Dahl-Jensen, D. (Lead), 2009: The Greenland Ice Sheet in a changing climate. Component 2 in SWIPA: An Arctic Council Project coordinated by AMAP – IASC – WCRP/CLIC – IPY.
- Hofmann, M. and H.J. Schellnhuber, 2009: Oceanic acidification affects marine carbon pump and triggers extended marine oxygen holes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 3017-3022
- Schellnhuber, H.-J. and H. Held, 2002: In: Briden J and T. Downing (eds), *Managing the Earth: The Eleventh Linacre Lectures*, Oxford University Press, Oxford, pp 5–34.
- Smith, J.B., Schneider, S.H., Oppenheimer, M., Yohe GW, Hare W, Mastrandrea, M.D., Patwardhan, A., Burton, I., Corfee-Morlot, J., Magadza, C.H.D., Fussler, H.-M., Pittock, A.B., Rahman, A., Suarez, A. and J.-P. van Ypersele, 2009: Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, doi:10.1073/pnas.0812355106. In press.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- NOAA, 2009: Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, [online] available at: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends> [accessed 04/06/2009], Earth Systems Research Laboratory.
- European Environment Agency, 2009: CSI 013 – Atmospheric greenhouse gas concentrations – Assessment published Mar 2009. Available online at: http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/Specs/Specification20041007131717/Assessment1234255180259/view_content
- Hare, B., and Meinshausen, M., 2006: How Much Warming are We Committed to and How Much can be Avoided? *Climatic Change* 75, 1-2: 111-149.
- Meinshausen, M., Hare, B., Frieler, K., Nabel, J., Markmann, K., Schaeffer M. and J. Rogel, 2009: PRIMAP – Potsdam Real-Time Integrated Model for the probabilistic assessment of emission paths, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6: 052008, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/5>
- Allen, M., Frame, D., Frieler, K., Hare, W., Huntingford, C., Jones, C., Knutti, R., Lowe, J., Meinshausen, M., Meinshausen, N. and S. Raper, 2009: The exit strategy. *Nature Reports Climate Change* 3: 56-58

38. Nordhaus W.D., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>
39. Stern, L. N., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>
40. Spring, U.O., 2009: Social vulnerability and geopolitical conflicts due to socio-environmental migration in Mexico, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562005, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>
41. Warner, K., 2009: Migration: Climate adaptation or failure to adapt? Findings from a global comparative field study, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562006, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>
42. Gleditsch, N.P. and R Nordås., 2009: IPCC and the climate-conflict nexus, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562007, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>
43. Scheffran, J., 2009: Climate-induced instabilities and conflicts. IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562010, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>
44. Brauch, H.G., 2009: Climate change impacts on migration: Conflict and cooperation in the Mediterranean, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562004, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>
45. Wright, S., 2009: Emerging military responses to climate change – the new technopolitics of exclusion, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562001, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>
46. Wright, S., 2009: Climate Change & The New Techno-Politics of Border Exclusion & Zone Denial, presentation at Climate/Security, conference organised by Centre for Advanced Security Theory, Copenhagen, on March 9, 2009 ; http://cast.ku.dk/events/cast_conferences/climatesecurity/wrightcopenhagenpaper.doc/
47. Trombetta, J., 2009: The meaning and function of European discourses on climate security, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562009, available online at <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>.
48. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
49. Urge-Vorsatz, D., Koepfel, S. and S. Mirasgedis 2007: An appraisal of policy instruments for reducing buildings CO2 emissions. Building Research and Information 35(4): 458 – 477.
50. Expert Group on Energy Efficiency 2007. Jochem, E., Dadi, Z., Bashmakov, I., Chandler, W., Farinelli, U., Halpeth, M. K., Jollands, N., Kaiser, T., Laitner, J. S., Levine, M., Moisan, F., Moss, R., Park, H.-C., Platonova-Oquab, A., Schaeffer, R., Sathaye, J., Siegel, J., Urge-Vorsatz, D., Usher, E., Yanjia, W. and E. Worrell: Realizing the Potential of Energy Efficiency: Targets, Policies, and Measures for G8 Countries. United Nations Foundation Expert Report. Washington, DC., United Nations Foundation: 72 pp. Available at http://www.unfoundation.org/files/pdf/2007/Realizing_the_Potential_Energy_Efficiency_full.pdf
51. Schaeffer, M., Kram, T., Meinshausen, M., van Vuuren, D.P., and W.L. Hare, 2008: Near-linear cost increase to reduce climate-change risk. Proceedings of the National Academy of Sciences 105: 20621-20626.
52. Van Vuuren, D.P., de Vries, B., Beusen, A. and P.S.C. Heuberger, 2008. Conditional probabilistic estimates of 21st century greenhouse gas emissions based on the storylines of the IPCC-SRES scenarios. Global Environmental Change 18: 635-654.
53. Biermann, F., 2009: Earth system governance. Outline of a research programme, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 482001, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/48>
54. Matthews, H.D. and K. Caldeira, 2008: Stabilizing Climate requires near-zero emissions. Geophysical Research Letters 35 (4): L04705
55. Nakicenovic, N., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>
56. Knopf, B., Edenhofer, O., Barker, T., Baumstark, L., Kitous, L., Kypreos, S., Leimbach, M., Magne, B., Sclericiu, S. and H. Turton, 2009: Low stabilization pathways: Economic and technical feasibility, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 272002, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/27>
57. Kammen, D., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>
58. Knopf, B., Edenhofer, O., Barker, T., Bauer, N., Baumstark, L., Chateau, B., Criqui, P., Held, A., Isaac, M., Jakob, M., Jochem, E., Kitous, A., Kypreos, S., Leimbach, M., Magné, B., Mima, S., Schade, W., Sclericiu, S., Turton, H. and D. van Vuuren, 2009: The economics of low stabilization: implications for technological change and policy. In M. Hulme and H. Neufeldt (Eds) Making climate change work for us – ADAM synthesis book, Cambridge University Press, in press.
59. Meinshausen, M., 2006: What does a 2 °C target mean for greenhouse gas concentrations? – A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates. In: Schellnhuber, J. S., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley T. M. L. and G. Yohe. Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press.
60. Edenhofer, O., B. Knopf, M. Leimbach, N. Bauer (Eds), 2009: The Economics of Low Stabilization, The Energy Journal (Special Issue), forthcoming
61. Keith, D., 2009: Climate engineering as risk management, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 452002, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/45>
62. Liverman, D., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>
63. Schellnhuber, J., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>
64. Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and R.L. Naylor, 2008: Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. Science 319 (5863): 607-610
65. ESSP Global Environmental Change and Food Systems project, 2009: Global Environmental Change and Food Systems [online], available at www.gecfs.org [access date 04/06/2009]
66. UNDP, 2007: Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human solidarity in a divided world. United Nations, New York.
67. Reid, W.V., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraiappah, A.K., Hassan, R., Kaspasian, R., Leemans, R., May, R.M., McMichael, A.J., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R.T., Zakri, A.H., Shidong, Z., Ash, N.J., Bennett, E., Kumar, P., Lee, M.J., Raudsepp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J. and M.B. Zurek, 2005: Millennium Ecosystem Assessment Synthesis report. Island Press, Washington DC.
68. Munasinghe, M. 2009: Sustainable Development in Practice: Sustainability Framework and Applications, Cambridge University Press, London, UK, Chap.5.
69. Kammen, D., 2009: Figure from plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>. Figure based on Duke and Kammen 1999 ; Nemet and Kammen 2007 ; historical data from Navigant (2007).
70. Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D., and D.A. Wardle, 2001: Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science 294: 804-808
71. Busch, J., Strassburg, B., Cattaneo, A., Lubowski, R., Boltz, F., Ashton, R., Bruner, A., Creed, A., Obersteiner, M. and R. Rice, 2009: Collaborative modelling initiative on REDD economics, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 252019, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/25>
72. Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H.H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, R.J., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U. and S. Towprayoon, 2007: Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment 118: 6-28
73. Shapouri, H., Duffield, J.A., and M.S. Graboski, 1995: Estimating the Net Energy Balance of Corn Ethanol. Agricultural Economic Report, United States Department of Agriculture, Lincoln NE
74. Shapouri, H., Duffield, J.A., and M. Wang, 2002: The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update. Agricultural Economic Report, United States Department of Agriculture, Lincoln NE
75. Ulgiati, S., 2001: A comprehensive energy and economic assessment of biofuels: when "green" is not enough. Critical Reviews in Plant Sciences 20 (1): 71.
76. McLaughlin, S.B., and M.E. Walsh, 1998: Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. Biomass and Bioenergy 14 (1): 317.
77. Kim, S., Dale, B.E. 2005: Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels: bioethanol and biodiesel. Biomass and Bioenergy 29 (6): 426.
78. Venendaal, R., Jørgensen, U., and C.A. Foster, 1997: European Energy Crops: A synthesis. Biomass and Bioenergy 13 (3), 147.
79. Armstrong, A.P., Baro, J., Dartoy, J., Groves, A.P., Nikkonen, J., and D.J. Rieckad, 2002: Energy and greenhouse gas balance of biofuels for europe – an update. CONCAWE, Brussels.
80. Börjesson, P. 2004: Energianalys av drivmedel från spannmål og vall. Lunds Tekniska Högskola, Lund.
81. Bernesson, S. 2004: Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels – a comparison between large- and smallscale production. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
82. Rosenberger, A., Kaul, H.P., Senn, T. and W. Aufhammer, 2001: Improving the energy balance of bioethanol production from winter cereals: the effect of crop production intensity. Applied Energy 68 (1): 51.
83. Elsayed, M.A., Matthews, R., and N.D. Mortimer, 2003: Carbon and energy balances for a range of biofuels options, Hallam University, Sheffield.
84. Bentsen, N.S., and C. Felby, 2009: Energy, feed and land use balance of converting winter wheat to ethanol. Biofuels, bioproducts and biorefining, in review.
85. Olesen, J.E., 2009: Measures to promote both mitigation and adaptation to climate change in agriculture, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 242005, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/24>
86. Smith, M.S., 2009: CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia (unpublished). Contact information: <http://www.csiro.au/people/Mark.Stafford-Smith.html>
87. Steffen, W., Burbidge, A., Hughes, L., Kitching, R., Lindenmayer, D., Musgrave, W., Stafford Smith, M. and P. Werner, 2009: Australia's Biodiversity and Climate Change. CSIRO Publishing, in press.
88. Ramankutty, N., Evan, A. T., Monfreda, C. and J. A. Foley, 2008: Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000, Global Biogeochem. Cycles, 22: GB1003
89. Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Lucht, W. and M. Fischer-Kowalski, 2007: Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences 104 (31): 12942-12947.
90. Aqusatat, 2009: Review of global agricultural water use per country, conclusions, [online] available at http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index6.stm [accessed on 04/06/2009]. Food and Agricultural Organisation of the United Nations
91. Kammen, D. M., 2006: The Rise of Renewable Energy, Scientific American (September): 82-91.
92. Fuller, M., Portis, S., and D.M. Kammen, 2009: Towards a low-carbon economy: municipal financing for energy efficiency and solar power, Environment, 51 (1): 22-32.
93. Daniell, K.A., Mdez Costa, M.A., Ferrand, N., Vassileva, M., Aix, F., Coad, P. and I. S. Ribarova, 2009: Aiding multi-level decision-making processes for climate change mitigation and adaptation, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 392006, available online at <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/39>
94. Forstater, M., Oelschlaegel, J., Monaghan, P., Knight, A., Shah, M., Pedersen, B., Upchurch, L., and P. Bala-Miller, 2007: What assures Consumers on Climate Change?, Research report. Available online at: <http://www.accountability21.net/publications.aspx?id=1090>. AccountAbility, Beijing, Geneva, London, Sao Paolo and Washington DC
95. Butler, C. and N. Pidgeon, 2009: Climate Risk Perceptions and local experiences at the 2007 summer flooding: Opportunities or obstacles to change?, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 262008, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/26>.
96. Read P, 2006: Carbon Cycle Management with Biotic Fixation and Long Term Sinks. In: Schellnhuber, H. J., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T., and G. Yohe (Eds.). Avoiding Dangerous Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, p. 373-378
97. WBGU, 2009: Politikberatung zum Globalen Wandel, [online] available at <http://www.wbgu.de/> [accessed on 04/06/2009]
98. Müller, C., Bondeau, A., Lotze-Campen, H., Cramer, W., and W. Lucht, 2006: Comparative impact of climatic and nonclimatic factors on global terrestrial carbon and water cycles, Global Biogeochemical Cycles 20: GB4015, doi:10.1029/2006GB002742
99. Banaszak, J., Matczak, P. and A. Chorynski, 2009: The role of shared mental models for adaptation policies to climate change, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 392001, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/39>
100. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and J. Foley, 2009: Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Nature, in press.
101. Lynch, A., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>

Tous les liens hypertextes sont accédés en juin 2009



COMITÉ D'ORIENTATION SCIENTIFIQUE

Professor Katherine Richardson (présidence),
University of Copenhagen

Professor Ole Wæver,
University of Copenhagen

Professor Inez Fung,
University of California – Berkeley

Professor Daniel M. Kammen,
University of California, Berkeley

Dr. F. Michael Saunders,
National University of Singapore

Professor Akimasa Sumi,
The University of Tokyo

Professor Kazuhiko Takeuchi,
The University of Tokyo

Mr. Keisuke Hanaki,
The University of Tokyo

Professor Will Steffen,
Australian National University

Dr. Frank Jotzo,
Australian National University

Professor Nina Buchmann,
ETH Zürich

Professor Christoph Schär,
ETH Zürich

Professor Daniel Esty,
Yale University

Professor Diana Liverman,
University of Oxford

Professor Lu,
Peking University

Dr. Terry Barker,
University of Cambridge

Professor Dr. Rik Leemans,
Wageningen University (observateur)

Professor Hans Joachim Schellnhuber,
Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and
Visiting Professor at University of Oxford (observateur)

RELECTEURS

(par ordre alphabétique)

Professor Annela Anger,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of
Cambridge

Professor Rob Bailis,
Yale School of Forestry & Environmental Studies, Yale University

Professor Dennis Baldocchi,
Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California,
Berkeley

Professor C.T. Arthur Chen,
Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-sen University, Taiwan

Professor Lynn Dicks,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of
Cambridge

Professor John Harte,
Department of Environmental Science, Policy & Management, University of California,
Berkeley

Professor Kirsten Hastrup,
Department of Anthropology, University of Copenhagen

Professor Andrew Hector,
Institute of Environmental Sciences University of Zürich

Dr. Frank Jotzo,
Climate Change Institute, Australian National University

Professor Eigil Kaas,
Niels Bohr Institute, University of Copenhagen

Dr Anne Larigauderie,
Executive Director of DIVERSITAS

Professor Katherine Law,
IPSL Service, Aéronomie Boite 102, Université Pierre et Marie Curie

Professor Harold A. Mooney,
Department of Biological Sciences, Stanford University

Professor Karsten Neuhoff,
Faculty of Economics, University of Cambridge

Professor Anand Patwardhan,
S J Mehta School of Management, Indian Institute of Technology, Powai, India

Professor Navin Ramankutty,
Department of Geography & Earth System Science Program,
McGill University

Professor Matthias Roth,
Department of Geography, National University of Singapore

Professor Serban Scrieciu,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of
Cambridge

Executive Director Sybil Seitzinger,
The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) Secretariat

Professor Frank Sejersen,
Department of Cross-Cultural and Regional Studies,
University of Copenhagen

Dr. Mark Stafford Smith,
CSIRO Sustainable Ecosystems & Desert Knowledge CRC, IHDP

Dr. Olga Solomina,
Department of Glaciology, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

Professor Liya Yu,
Division of Environmental Science and Engineering,
National University of Singapore

Professor Dr. Tong Zhu,
College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University

L'équipe des auteurs aimerait remercier le Climate Office de l'université de Copenhague, Dr. Dorthe Hedensted Lund, Dr. Katrine Hahn Kristensen et Professeur Ole John Nielsen, de l'université de Copenhague, et Mme Veronika Huber, du Potsdam Institute for Climate Impact Research pour leur aide dans la rédaction de ce rapport de synthèse.